

SOURCES AND STUDIES
IN THE HISTORY OF
MATHEMATICS AND PHYSICAL SCIENCES

A.J. Kox

Editor



The
Scientific
Correspondence of
H.A. Lorentz

VOLUME I



Springer

The Scientific Correspondence
of H.A. Lorentz, Volume 1

Sources and Studies
in the History of Mathematics and
Physical Sciences

Editorial Board

L. Berggren J.Z. Buchwald J. Lützen

Advisory Board

P.J. Davis T. Hawkins
A.E. Shapiro D. Whiteside

A.J. Kox

The Scientific Correspondence of H.A. Lorentz, Volume 1

 Springer

Prof. Dr. A.J. Kox
University of Amsterdam
1018 XE Amsterdam
The Netherlands
kox@science.uva.nl

Sources Editor:
Jed Z. Buchwald
California Institute of Technology
Division of the Humanities and Social Sciences
MC 101-40
Pasadena, CA 91125
USA

ISBN: 978-0-387-77939-3 e-ISBN: 978-0-387-77940-9
DOI: 10.1007/978-0-387-77940-9

Library of Congress Control Number: 2008935908

Mathematics Subject Classification (2000): 01A75, 76A02, 76D07, 81V10, 81-03

© 2008 Springer Science+Business Media, LLC

All rights reserved. This work may not be translated or copied in whole or in part without the written permission of the publisher (Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA), except for brief excerpts in connection with reviews or scholarly analysis. Use in connection with any form of information storage and retrieval, electronic adaptation, computer software, or by similar or dissimilar methodology now known or hereafter developed is forbidden. The use in this publication of trade names, trademarks, service marks, and similar terms, even if they are not identified as such, is not to be taken as an expression of opinion as to whether or not they are subject to proprietary rights.

Printed on acid-free paper

9 8 7 6 5 4 3 2 1

springer.com

TABLE OF CONTENTS

Introduction	vii
List of Letters	xv
Letters	1
General Bibliography	665
Lorentz Bibliography	709
Index	755

INTRODUCTION

This volume presents a selection of 434 letters from and to the Dutch physicist and Nobel Prize winner Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928), covering the period from 1883 until a few months before his death in February 1928. The sheer size of the available correspondence (approximately 6000 letters from and to Lorentz) preclude a full publication.

The letters included in this volume have been selected according to various criteria, the most important of which is scientific importance. A second criterion has been the availability of letters both from and to Lorentz, so that the reader can follow the exchange between Lorentz and his correspondent. Within such correspondences a few unimportant items, dealing with routine administrative or organizational matters, have been omitted. An exception to the scientific criterion is the exchange of letters between Lorentz and Albert Einstein, Max Planck, Woldemar Voigt, and Wilhelm Wien during World War I: these letters have been included because they shed important light on the disruption of the scientific relations during the war and on the political views of these correspondents as well as of Lorentz. Similar reasons the letters exchanged with Einstein and Planck on post-war political issues have been included.

Biographical sketch

Hendrik Antoon Lorentz was born on July 18, 1853 in the Dutch town of Arnhem. He was the son of a relatively well-to-do owner of a nursery. After a brilliant secondary school career, in which he excelled in all subjects, Lorentz started his studies at Leiden University in 1870. In 1875 he defended his doctoral dissertation, prepared under the direction of P.L. Rijke, who at the time was the only professor of physics in Leiden (and who had also supervised Johannes D. Van der Waals's dissertation).

In 1877 it was decided to split Rijke's chair into two chairs, one for experimental and one for mathematical (or theoretical) physics. Rijke would concentrate on experimental physics; for the new chair Van der Waals was the first candidate. After the latter's refusal — he accepted an offer of the newly created University of Amsterdam — Lorentz was asked. The call came as a surprise to Lorentz: he was in the middle of a job application as secondary-school teacher in Leiden. He accepted immediately, thus justifying his earlier decision to refuse a call to Utrecht as professor of mathematics.

Four years after his appointment, in 1881, Lorentz married Aletta Catharina Kaiser, the niece of Frederik Kaiser, a well-known Leiden astronomer. Lorentz had met his future wife a few years earlier, while he was riding a merry-go-round, as was later reported by one of Aletta's brothers. Lorentz must have been a cheerful young man, judging by the words of the same brother, who writes about Lorentz's "cheerfully sparkling, coal-black eyes behind his shiny

eye-glasses.” Lorentz and his wife had four children, one of which died eleven months after his birth. Of the other ones, two daughters and a son, the elder daughter, Geertruida Luberta also became a physicist. She married the well-known physicist Wander Johannes de Haas.

During the first twenty years of his career Lorentz led a fairly secluded life. He traveled little and concentrated on his research and his heavy teaching-load. As far as we know, the first foreign colleague Lorentz visited was Woldemar Voigt, whom Lorentz visited in 1897 during a vacation trip in Germany. But it was not until the next year, when he was 45 years old, that Lorentz attended his first scientific meeting outside of the Netherlands. It was the 70th *Naturforscherversammlung*, the yearly meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, held in Düsseldorf. He attended the meeting at the invitation of Ludwig Boltzmann, with whom he had already been corresponding for several years. At the meeting Lorentz met many important physicists, such as Max Planck, Wilhelm Wien, and Ludwig Boltzmann. As his daughter recounts, the meeting was a great success and constituted a turning-point in Lorentz’s life: from then on he once and for all exchanged the seclusion of his study for a lively interest in the international scientific community. Almost every year he traveled abroad to attend a conference or to give lectures. Special mention in this respect deserve the five Solvay Conferences that he helped organize and chaired.

In 1902 Lorentz and his Amsterdam colleague (and former Leiden assistant) Pieter Zeeman shared the Nobel Prize for Physics for their work in the field of magneto-optics, in particular the discovery and explanation of the Zeeman Effect. It was one of the first of a long series of honors, honorary degrees and honorary memberships that Lorentz would receive.

In spite of several offers from other universities, Lorentz remained connected with Leiden during his whole career. The most tempting of these offers came in 1905, when he received a call to Munich to occupy the chair that had been left by Boltzmann in 1895 and that had been vacant since. But the promise by the University of the establishment of a new physics chair to relieve Lorentz’s duties made him decide to stay. Around 1910, however, Lorentz decided to leave Leiden. His still heavy teaching load and his many administrative duties left him too little time for his scientific work. In the summer of 1912 he moved to Haarlem, a small provincial town close to Amsterdam, and became *Curator* of the physics laboratory of Teyler’s Foundation. This position also gave him the opportunity to do experimental work, something that he had wished but never been able to do in Leiden. In this work he was assisted by a *Conservator*.

Lorentz did not sever all his ties with Leiden: he remained there, first as extraordinary professor, and after having reached the legal retirement age of 70 years, as “special professor” (“bijzonder hoogleraar”) on a chair specifically created for him; until his death he lectured once a week, on Monday mornings, on recent developments in physics.

Lorentz’s first choice as his successor in Leiden was Albert Einstein, who declined because he had just accepted a call to the ETH in Zurich. Instead, the

then still relatively unknown Austrian Paul Ehrenfest was appointed. Between Lorentz and Ehrenfest a close and complex relationship developed.

In particular after his departure from Leiden, Lorentz's role in the international scientific community became very prominent. The outbreak of the First World War in August 1914 increased the importance of this role. As a member of a neutral country, Lorentz tried to become an intermediary between his colleagues from the countries at war. As becomes clear from the correspondence in this volume, he did his best to limit the damage caused by the disruption of the international scientific contacts. Lorentz continued his efforts after the war, in particular as a member of the Committee on International Intellectual Cooperation of the newly-formed League of Nations.

Until the end of his life, Lorentz remained active, both in science and outside of it. In addition to his work for the League of Nations, he was a member of various Dutch government committees. One of these was the committee that advised the Dutch government on the building of a dike to close off the Zuiderzee, an estuary of the North Sea. As chairman of this committee Lorentz single-handedly created the theoretical framework for the calculations needed to determine the ideal position and height of the dike and its influence on the tides.

In 1925 Lorentz's golden doctorate was celebrated in grand style. A number of prominent scientists and representatives of various governments honored him in speeches; he received an honorary doctorate, an important decoration, and a fund was established in his name to promote activities in the field of theoretical physics. This Lorentz Fund still exists, as well as the Lorentz Medal, a prize that was instituted for outstanding achievements in theoretical physics. In 1927 Max Planck received the first Lorentz Medal out of Lorentz's hands.

Hendrik Antoon Lorentz died on February 4, 1928, at the age of 74, after a brief illness. Official mourning was declared in the Netherlands and the funeral was attended by a great number of people, including Dutch dignitaries and many foreign scientists. As a mark of honor for the deceased, national telegraph service was suspended for several minutes during the funeral.

It is impossible to assess in a few words the importance of Lorentz's work, and perhaps his papers should speak for themselves. But it seems indisputable that he was one of the last great representatives of classical, nineteenth-century science, and that his fundamental ideas, to paraphrase a statement by Albert Einstein, have been absorbed so completely into physics, that it is sometimes difficult to see how bold they were, and how crucial for the development of physics.

What do the letters in this volume add to our knowledge of Lorentz's science and his personality? In the first place they provide evidence of the breadth and depth of his knowledge of physics. The topics on which he corresponds with authority range from the theory of elasticity to hydrodynamics, from electrodynamics to wave mechanics. In several instances his correspondents think they have found a mistake in his work, but in all cases but one it is they who are in error, as is ever so gently pointed out to them. (The one exception is in his work

on hydrodynamics; see Letters 73 and 75). In addition, it becomes clear that Lorentz was chronically overburdened with work: his articles for the *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften*, for instance, suffered delays of many years and letters often remained unanswered for months. The correspondence also gives an impression of Lorentz's well-balanced, perhaps even serene personality, and of his warm interest in other people. This side of Lorentz shows itself not only in his very personal letters to his German colleagues at the beginning of the First World War, but also in his unperturbed and conciliatory responses to several angry and excited letters from Johannes Stark (see, for instance, Letter 274). The correspondence presented here thus confirms the general picture of Lorentz given in most biographical accounts: that of a uniquely gifted scientist and an admirable personality.

Presentation

The letters are presented in their original language (which for this volume is mainly German); a few Dutch drafts are accompanied by English translations. The editorial apparatus is in English. A planned second volume will contain the complete correspondence between Lorentz and his successor Paul Ehrenfest, as well as some supplementary material. The Lorentz-Ehrenfest correspondence contains many Dutch letters; for these items English translations will be provided in addition to the original texts.

In the transcriptions the original text and layout of the letters has been followed as much as possible. Exceptions are interlineated words or lines, which are silently included in the text, and missing punctuation, which is provided without further comment. Where relevant, deleted text is indicated by < >; missing text is denoted by [...], and illegible text by [---]. Each letter is preceded by physical information on the original (letter, postcard, handwritten, typed etc.) and information on its provenance. Where no provenance is given, the letter is in the Lorentz Archive at the Noord-Hollands Archief in Haarlem, the Netherlands.

The level of annotation to the letters is determined by the following considerations. The starting point has been that the written text should speak for itself as much as possible. Notes are only provided in so far as additional information is needed for the intended readership — which is taken to consist of professional historians of science as well as interested scientists — to understand the contents or the context of the letter, both concerning scientific matters and non-scientific ones. This means that bibliographic information is provided wherever necessary, that the meaning of non-obvious formulas and symbols is explained, and that historical context is provided for discussions on physics. No attempt has been made to be exhaustive in providing references to the secondary literature in the annotation. Brief biographical information is given for important persons mentioned in the letters; more detailed biographical background on the correspondents included in this volume is given in a separate introductory biographical section.

This volume has two separate bibliographies: one containing all items referred to in the editorial apparatus, and one giving an annotated bibliography of Lorentz's writings. The latter bibliography supersedes the one given in Volume 9 of Lorentz's *Collected Papers*.

Some of the letters presented here can also be found in other collections. The most important of these are: *The Collected Papers of Albert Einstein*, 10 volumes to date (Princeton: Princeton University Press, 1987–); *Arnold Sommerfeld: Wissenschaftlicher Briefwechsel*, 2 volumes (Berlin [etc.]: GNT Verlag, 2000, 2004); *La correspondance entre Henri Poincaré et les physiciens, chimistes et ingénieurs* (Basel [etc.]: Birkhäuser, 2007).

Biographical notes on the correspondents

Bjerknes, Vilhelm (1862–1951) became Professor of Applied Mechanics and Mathematical Physics at the University of Stockholm in 1895. From 1907 to 1912 he held a chair at the University of Kristiania (Oslo); in 1912 he was appointed Professor of Geophysics in Leipzig. In 1917 he returned to Norway, where he founded the Bergen Geophysical Institute.

Boltzmann, Ludwig (1844–1906). After completing his study of physics in Vienna, Boltzmann became Professor of Mathematical Physics in Graz in 1869. From 1890 to 1894 he was Professor of Theoretical Physics in Munich; he then moved to Vienna (1894–1900), Leipzig (1900–1902), and back to Vienna.

Einstein, Albert (1879–1955). While holding a modest position at the Swiss Patent Office in Bern, in 1905 he published the papers (on special relativity, Brownian motion, and the light quantum) that would make him famous. From 1909 to 1911 he was Professor of Theoretical Physics at the University of Zurich. He then moved to Prague, and then back to Zurich, now at the Eidgenössische Technische Hochschule (1912). In 1914 he moved to Berlin, where he became Professor of Theoretical Physics and salaried member of the Prussian Academy of Sciences. In 1933 he fled the Nazi regime and settled at the Institute of Advanced Study in Princeton, where he remained until his death. In 1922 he received the Nobel Prize for 1921. Einstein and Lorentz had a very special relationship of friendship and mutual admiration (see *Kox 1993* for an analysis).

FitzGerald, George Francis (1851–1901) was Fellow and later (1881) Professor of Natural Philosophy at Trinity College in Dublin from 1877 until his death.

Planck, Max (1858–1947). His first professorship was in Kiel (1885–1892). He then became Professor of Theoretical Physics at the University of Berlin until his retirement in 1927. In 1919 he received the Nobel Prize.

Poincaré, Henri (1854–1912) worked in Caen before taking up a position as lecturer at the University of Paris (Sorbonne) in 1881. In 1886 he became

Professor of Mathematical Physics at that university and in 1896 he was appointed to the chair of Mathematical Astronomy and Celestial Mechanics. Poincaré made important contributions to mathematics as well as physics; he was also influential as a philosopher of science.

Lord Rayleigh (John William Strutt; 1842–1919) was Cavendish Professor of Physics at the University of Cambridge from 1879 to 1884. He then became a private scholar; from 1887 to 1905 he was also Professor of Natural Philosophy at the Royal Institution in London. He received the Nobel Prize in 1904.

Schrödinger, Erwin (1887–1961) became Professor of Physics in Breslau (now Wrocław) in 1921. In 1922 he moved to the University of Zurich, where he stayed until 1927, when he was appointed at the University of Berlin. In 1933 he left Germany because of the Nazi regime. After stays in Oxford and Princeton he eventually was appointed at the University of Graz in 1936. After its German annexation in 1938 he left Austria and eventually ended up at the Dublin Institute for Advanced Studies in 1940. In 1956 he went back to Vienna. He received the Nobel Prize in 1933.

Sommerfeld, Arnold (1868–1951) became *Assistent* with Felix Klein in Göttingen in 1894 and became *Privatdozent* there the following year. In 1897 he was appointed Professor of Mathematics at the Bergakademie in Clausthal; in 1900 he became Professor of Technical Mechanics in Aachen and in 1906 Professor of Theoretical Physics in Munich.

Stark, Johannes (1874–1957) was first *Privatdozent* in Hannover (1906–1907). He then held chairs at the Universities of Greifswald (1907–1909), Aachen (1909–1917), again Greifswald (1917–1920) and Würzburg (1920–1922). From 1933 to 1939 he led the Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin. He was one of the most important proponents of the so-called “German physics” during the Nazi regime. He was awarded the Nobel Prize in 1919.

Voigt, Woldemar (1850–1919) was Extraordinary Professor at the University of Königsberg (1875–1883) before he became Professor of Theoretical Physics in Göttingen, where he stayed until his death. In addition to his work in physics he published musicological works, in particular on the compositions of Johann Sebastian Bach.

Wiechert, Emil (1861–1928) became *Assistent* in physics at the University of Göttingen in 1890. He was appointed Professor of Geophysics there in 1898.

Wien, Wilhelm (1864–1928) was *Privatdozent* in Aachen (1896–1900), then Professor of Physics in Giessen (1899–1900), Würzburg (1900–1920), and Munich (1920–1928). He received the Nobel Prize in 1911.

Acknowledgments

I am indebted to many people and organizations for help and support during the work on this edition. Mrs. L. van den Beld-Smit, Mrs. P. Uythoven-Tol, and Mrs. S. Schatz-Kopuit were of invaluable assistance in transcribing the letters. My colleagues at the Institute of Theoretical Physics of the University of Amsterdam created a stimulating atmosphere for my work. I am in particular grateful to Leo van den Horn and Leendert Suttrop for invaluable moral support and unfailing interest. B.E. Yavelow provided essential information on Lorentz's Russian publications. I am also grateful to Jed Buchwald and Diana Kormos Buchwald for their trust and support and to my fellow editors at the Einstein Papers Project, first at Boston University and now at the California Institute of Technology, for their interest.

Three people deserve special mention. The first is my late teacher Sybren R. de Groot, who has had a decisive influence on my life and career, and who has never let me down. The late Hendrik B.G. Casimir gave me much needed support at crucial moments, for which I am extremely grateful. Over the years I have benefited enormously from conversations with Martin J. Klein. He has taught me many things that are essential for a historian of science.

The initiative to this edition was taken by the Royal Dutch Society of Sciences of Haarlem, the Netherlands. I am grateful to this venerable learned society, in particular to Mr. J.G. de Bruijn, for support throughout the years. The Netherlands Organization for Scientific Research (N.W.O.) has generously financed my work, first through a regular grant, and later through a Constantijn and Christiaan Huygens Fellowship. I am especially indebted to Dr. Hette Weijma of N.W.O. for his unfailing help in matters concerning finance and planning. The Lorentz Fonds (Leiden) has awarded me several travel grants.

Finally: this book would never have been completed without the trust and love of my wife Henriëtte. Words fail to express my gratitude to her and to our daughter Laura. I dedicate this volume to them.

LIST OF LETTERS

1. To Woldemar Voigt, 7 March 1883	1
2. From Woldemar Voigt, 21 March 1883	4
3. From Ludwig Boltzmann, 11 December 1886	5
4. To Ludwig Boltzmann, 19 December 1886	7
5. From Ludwig Boltzmann, 25 December 1886	10
6. From Ludwig Boltzmann, 1 January 1887	13
7. To Ludwig Boltzmann, 8 January 1887	16
8. From Ludwig Boltzmann, 18 January 1887	20
9. From Ludwig Boltzmann, 21 June 1887	21
10. From Ludwig Boltzmann, 11 December 1887	22
11. From Woldemar Voigt, 25 February 1888	22
12. To Woldemar Voigt, 4 March 1888	23
13. To Woldemar Voigt, 7 March 1888	24
14. From Woldemar Voigt, 15 March 1888	31
15. From Woldemar Voigt, 15 May 1888	31
16. To Ludwig Boltzmann, 16 December 1890	33
17. From Ludwig Boltzmann, 21 December 1890	35
18. From Ludwig Boltzmann, 26 December 1890	37
19. To Ludwig Boltzmann, 9 January 1891	39
20. To Ludwig Boltzmann, 10 January 1891	41
21. From Ludwig Boltzmann, 13 January 1891	42
22. To Lord Rayleigh, 18 August 1892	43
23. From Lord Rayleigh, 20 August 1892	45
24. To George Francis FitzGerald, 10 November 1894	45
25. From George Francis FitzGerald, 14 November 1894	46
26. From Ludwig Boltzmann, 12 December 1895	47
27. To Ludwig Boltzmann, after 12 December 1895	47
28. From Woldemar Voigt, 13 March 1896	48
29. To Woldemar Voigt, 29 March 1896	49
30. From Ludwig Boltzmann, 30 January 1897	50
31. From Woldemar Voigt, 9 July 1897	50
32. To Woldemar Voigt, 19 July 1897	52
33. From Woldemar Voigt, 20 July 1897	55
34. From Woldemar Voigt, 23 July 1897	56
35. To Woldemar Voigt, 27 July 1897	56
36. From Woldemar Voigt, 27 July 1897	57
37. From Woldemar Voigt, 28 July 1897	59
38. From Ludwig Boltzmann, 13 October 1897	60
39. To Ludwig Boltzmann, 20 October 1897	61
40. From Woldemar Voigt, 20 November 1897	62
41. To Woldemar Voigt, 1 December 1897	62

42. To Woldemar Voigt, 23 January 1898	66
43. From Woldemar Voigt, 9 March 1898	66
44. From Woldemar Voigt, 9 June 1898	67
45. From Wilhelm Wien, before 1 July 1898	68
46. To Wilhelm Wien, 1 July 1898	68
47. From Wilhelm Wien, 4 July 1898	70
48. To Wilhelm Wien, 17 July 1898	71
49. To Woldemar Voigt, 15 September 1898	72
50. From Max Planck, 21 October 1898	73
51. To Max Planck, 28 October 1898	75
52. From Max Planck, 1 November 1898	77
53. From Woldemar Voigt, 23 November 1898	79
54. From Max Planck, 6 December 1898	80
55. To Max Planck, 13 January 1899	82
56. From Max Planck, 17 January 1899	83
57. To Woldemar Voigt, 10 March 1899	84
58. To Woldemar Voigt, 30 March 1899	86
59. From Woldemar Voigt, 11 May 1899	87
60. To Woldemar Voigt, 17 May 1899	88
61. To Woldemar Voigt, 18 June 1899	89
62. To Woldemar Voigt, 20 July 1899	90
63. From Woldemar Voigt, 22 July 1899	91
64. From Arnold Sommerfeld, 2 September 1899	92
65. To Arnold Sommerfeld, 12 September 1899	93
66. From Arnold Sommerfeld, 30 September 1899	94
67. From Woldemar Voigt, 13 October 1899	96
68. To Arnold Sommerfeld, 4 November 1899	97
69. From Arnold Sommerfeld, 6 November 1899	98
70. To Woldemar Voigt, 11 November 1899	100
71. From Woldemar Voigt, 18 November 1899	103
72. From Woldemar Voigt, 4 July 1900	105
73. To Arnold Sommerfeld, 6 October 1900	106
74. From Arnold Sommerfeld, 8 October 1900	109
75. To Wilhelm Wien, 23 October 1900	111
76. From Wilhelm Wien, after 23 October 1900	114
77. From Arnold Sommerfeld, 10 December 1900	116
78. From Max Planck, 11 December 1900	117
79. From Woldemar Voigt, 25 December 1900	117
80. To Woldemar Voigt, 26 December 1900	119
81. To Lord Rayleigh, 3 January 1901	120
82. To Henri Poincaré, 20 January 1901	121
83. To Wilhelm Wien, 31 January 1901	123
84. To Arnold Sommerfeld, 11 March 1901	125
85. To Wilhelm Wien, 13 March 1901	127

86. From Max Planck, 6 April 1901	128
87. From Wilhelm Wien, 25 April 1901	129
88. From Woldemar Voigt, 29 April 1901	130
89. To Woldemar Voigt, 7 October 1901	131
90. From Woldemar Voigt, 23 October 1901	131
91. To Woldemar Voigt, 2 November 1901	132
92. From Woldemar Voigt, 28 December 1901	133
93. To Woldemar Voigt, 31 December 1901	133
94. From Woldemar Voigt, 13 January 1902	134
95. To Woldemar Voigt, 12 September 1902	135
96. From Wilhelm Wien, 11 November 1902	136
97. To Wilhelm Wien, 25 November 1902	137
98. From Woldemar Voigt, 10 December 1902	139
99. From Arnold Sommerfeld, 6 January 1903	140
100. To Woldemar Voigt, 17 January 1903	141
101. To Woldemar Voigt, 8 January 1904	142
102. From Wilhelm Wien, 20 March 1904	142
103. To Wilhelm Wien, 8 April 1904	143
104. From Wilhelm Wien, 13 April 1904	144
105. From Wilhelm Wien, 28 April 1904	145
106. From Wilhelm Wien, 17 May 1904	146
107. From Arnold Sommerfeld, 29 May 1904	147
108. To Wilhelm Wien, 16 June 1904	148
109. From Wilhelm Wien, 18 June 1904	151
110. To Wilhelm Wien, 8 July 1904	153
111. From Wilhelm Wien, 16 July 1904	157
112. From Woldemar Voigt, 16 August 1904	158
113. From Wilhelm Wien, 22 August 1904	159
114. To Wilhelm Wien, 26 August 1904	159
115. From Wilhelm Wien, after 26 August 1904	160
116. From Vilhelm Bjerknes, 4 September 1904	161
117. From Wilhelm Wien, 14 September 1904	164
118. To Wilhelm Wien, 2 November 1904	164
119. From Arnold Sommerfeld, 6 November 1904	165
120. From Arnold Sommerfeld, 14 December 1904	167
121. To Woldemar Voigt, 18 December 1904	168
122. From Woldemar Voigt, 29 December 1904	169
123. From Wilhelm Wien, 3 January 1905	170
124. To Wilhelm Wien, 13 February 1905	171
125. From Wilhelm Wien, 15 February 1905	175
126. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (1)	176
127. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (2)	178
128. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (3)	179
129. From Max Planck, 4 May 1905	180

130. From Wilhelm Wien, 5 June 1905	180
131. To Wilhelm Wien, 16 June 1905	182
132. From Wilhelm Wien, 19 June 1905	182
133. From Max Planck, 22 July 1905	184
134. To Woldemar Voigt, 4 August 1905	184
135. From Woldemar Voigt, 7 August 1905	185
136. To Vilhelm Bjerknes, 11 November 1905	186
137. From Wilhelm Wien, 12 November 1905	189
138. To Wilhelm Wien, 4 January 1906	192
139. From Vilhelm Bjerknes, 1 February 1906	200
140. To Henri Poincaré, 8 March 1906	203
141. To Wilhelm Wien, 23 October 1906	204
142. From Wilhelm Wien, 6 November 1906	204
143. From Arnold Sommerfeld, 12 December 1906	205
144. To Johannes Stark, 23 March 1907	207
145. From Johannes Stark, 26 March 1907	207
146. To Johannes Stark, 10 April 1907	208
147. From Johannes Stark, 28 April 1907	209
148. To Woldemar Voigt, 9 May 1907	211
149. To Johannes Stark, 11 May 1907	211
150. To Johannes Stark, 21 May 1907	214
151. To Woldemar Voigt, 15 June 1907	214
152. To Johannes Stark, 28 June 1907	215
153. From Johannes Stark, 15 July 1907	216
154. From Wilhelm Wien, 17 August 1907	218
155. To Wilhelm Wien, 22 September 1907	219
156. From Wilhelm Wien, 25 September 1907	222
157. From Max Planck, 19 October 1907	224
158. From Wilhelm Wien, 9 November 1907	225
159. To Woldemar Voigt, 25 November 1907	227
160. From Wilhelm Wien, 27 November 1907	228
161. From Wilhelm Wien, 9 December 1907	229
162. To Wilhelm Wien, 17 December 1907	230
163. From Wilhelm Wien, after 17 December 1907	232
164. From Wilhelm Wien, 25 December 1907	235
165. From Arnold Sommerfeld, 26 December 1907	236
166. To Woldemar Voigt, 1 March 1908	237
167. From Arnold Sommerfeld, 18 March 1908	238
168. To Arnold Sommerfeld, 27 March 1908	239
169. From Max Planck, 1 April 1908	240
170. From Wilhelm Wien, 17 May 1908	241
171. To Wilhelm Wien, 6 June 1908	244
172. From Wilhelm Wien, 9 June 1908	248
173. From Arnold Sommerfeld, 20 June 1908	251

174. To Woldemar Voigt, 13 July 1908	253
175. To Woldemar Voigt, 30 July 1908	254
176. From Max Planck, 7 October 1908	254
177. From Arnold Sommerfeld, 16 November 1908	257
178. From Max Planck, 21 November 1908	258
179. From Max Planck, 13 December 1908	260
180. To Arnold Sommerfeld, 6 January 1909	261
181. To Woldemar Voigt, 12 March 1909	263
182. From Wilhelm Wien, 20 March 1909	264
183. From Albert Einstein, 30 March 1909	265
184. To Wilhelm Wien, 12 April 1909	266
185. From Albert Einstein, 13 April 1909	267
186. From Wilhelm Wien, 14 April 1909	267
187. From Max Planck, 24 April 1909	268
188. To Woldemar Voigt, 1 May 1909	269
189. To Albert Einstein, 6 May 1909	270
190. From Albert Einstein, 23 May 1909	279
191. From Woldemar Voigt, 10 June 1909	284
192. From Max Planck, 16 June 1909	285
193. From Max Planck, 10 July 1909	287
194. To Max Planck, 20 July 1909	289
195. To Max Planck, 30 July 1909	292
196. From Max Planck, 17 November 1909	294
197. From Max Planck, 7 January 1910	294
198. From Arnold Sommerfeld, 9 January 1910	297
199. From Woldemar Voigt, 20 March 1910	298
200. To Woldemar Voigt, 10 April 1910	299
201. From Wilhelm Wien, 24 April 1910	301
202. To Wilhelm Wien, 10 May 1910	301
203. From Wilhelm Wien, 18 May 1910	303
204. From Johannes Stark, 29 May 1910	304
205. To Johannes Stark, 28 June 1910	305
206. From Johannes Stark, 4 August 1910	308
207. To Woldemar Voigt, 6 October 1910	311
208. From Woldemar Voigt, 11 October 1910	312
209. From Johannes Stark, 14 October 1910	312
210. To Johannes Stark, 20 October 1910	313
211. From Johannes Stark, 22 October 1910	314
212. To Woldemar Voigt, 1 November 1910	316
213. From Woldemar Voigt, 27 December 1910 (1)	317
214. From Woldemar Voigt, 27 December 1910 (2)	320
215. From Woldemar Voigt, 12 January 1911	320
216. From Woldmar Voigt, 14 January 1911	321
217. To Woldemar Voigt, 19 January 1911	322

218. From Albert Einstein, 27 January 1911	330
219. To Woldemar Voigt, 5 February 1911	331
220. From Albert Einstein, 15 February 1911	333
221. From Woldemar Voigt, 26 February 1911	334
222. From Wilhelm Wien, 12 April 1911	335
223. From Woldemar Voigt, 19 May 1911	336
224. To Wilhelm Wien, 29 July 1911	337
225. From Wilhelm Wien, 3 August 1911	337
226. From Woldemar Voigt, 4 October 1911	338
227. To Wilhelm Wien, 5 October 1911	339
228. From Albert Einstein, 23 November 1911	340
229. From Emil Wiechert, 28 November 1911	341
230. To Wilhelm Wien, 30 November 1911	342
231. From Wilhelm Wien, 2 December 1911	343
232. To Albert Einstein, 6 December 1911	344
233. To Albert Einstein, 8 December 1911	345
234. From Albert Einstein, 12 December 1911	346
235. To Emil Wiechert, 21 December 1911	347
236. To Albert Einstein, 13 February 1912	348
237. From Emil Wiechert, 15 February 1912	349
238. From Albert Einstein, 18 February 1912	350
239. From Arnold Sommerfeld, 25 February 1912	353
240. From Woldemar Voigt, 27 February 1912	355
241. To Emil Wiechert, 5 March 1912	356
242. From Emil Wiechert, 9 March 1912	359
243. To Emil Wiechert, 19 March 1912	360
244. From Arnold Sommerfeld, 24 April 1912	361
245. To Woldemar Voigt, 13 May 1912	363
246. From Woldemar Voigt, 20 August 1912	364
247. To Woldemar Voigt, 22 November 1912	366
248. From Woldemar Voigt, 24 November 1912	368
249. From Woldemar Voigt, 20 February 1913	369
250. To Woldemar Voigt, 2 March 1913	370
251. From Wilhelm Wien, 3 June 1913	371
252. To Woldemar Voigt, 11 June 1913	372
253. From Woldemar Voigt, 16 June 1913	376
254. From Woldemar Voigt, 30 July 1913	377
255. From Albert Einstein, 14 August 1913	378
256. From Albert Einstein, 16 August 1913	381
257. To Wilhelm Wien, 28 September 1913	382
258. From Max Planck, 11 October 1913	383
259. To Woldemar Voigt, 14 October 1913	384
260. From Woldemar Voigt, 15 October 1913	385
261. To Johannes Stark, 16 December 1913	386

262. From Max Planck, 25 December 1913	387
263. From Woldemar Voigt, 27 December 1913	388
264. To Wilhelm Wien, 20 January 1914	389
265. From Wilhelm Wien, 22 January 1914	390
266. From Woldemar Voigt, 27 January 1914	391
267. From Wilhelm Wien, 31 January 1914	393
268. From Woldemar Voigt, 5 July 1914	394
269. From Wilhelm Wien, 7 October 1914	395
270. From Max Planck, 15 November 1914	396
271. From Woldemar Voigt, 17 November 1914	396
272. From Max Planck, 28 November 1914	398
273. From Woldemar Voigt, 30 November 1914	398
274. From Johannes Stark, 12 December 1914	401
275. To Johannes Stark, 16 December 1914	402
276. To Woldemar Voigt, 27 December 1914	403
277. From Woldemar Voigt, 13 January 1915	404
278. To Albert Einstein, before 23 January 1915	406
279. From Albert Einstein, 23 January 1915	413
280. From Albert Einstein, 3 February 1915	418
281. From Woldemar Voigt, 19 February 1915	419
282. To Woldemar Voigt, 11 March 1915	421
283. From Woldemar Voigt, 16 March 1915	422
284. To Wilhelm Wien, 22 March 1915	424
285. From Max Planck, 28 March 1915	427
286. From Wilhelm Wien, 4 April 1915	429
287. From Wilhelm Wien, 23 April 1915	433
288. From Albert Einstein, 28 April 1915	434
289. To Wilhelm Wien, 3 May 1915	435
290. From Wilhelm Wien, after 3 May 1915	438
291. From Woldemar Voigt, 17 May 1915	443
292. From Albert Einstein, 21 July 1915	443
293. From Johannes Stark, 28 July 1915	444
294. From Albert Einstein, 2 August 1915	446
295. From Johannes Stark, 4 August 1915	447
296. From Max Planck, 8 August 1915	449
297. To Johannes Stark, 25 August 1915	450
298. From Johannes Stark, 3 September 1915	452
299. From Wilhelm Wien, 22 September 1915	454
300. From Albert Einstein, 23 September 1915	456
301. From Albert Einstein, 12 October 1915	458
302. From Max Planck, 7 November 1915	459
303. From Johannes Stark, 16 November 1915	460
304. From Albert Einstein, 1 January 1916	461
305. From Albert Einstein, 17 January 1916	462

306. From Albert Einstein, 19 January 1916	465
307. From Woldemar Voigt, 28 January 1916	466
308. From Max Planck, 27 February 1916	467
309. To Max Planck, 20 March 1916	469
310. From Max Planck, 28 March 1916	472
311. From Max Planck, 28 April 1916	474
312. From Woldemar Voigt, 29 May 1916	475
313. To Albert Einstein, 6 June 1916	476
314. From Albert Einstein, 17 June 1916	479
315. From Max Planck, 23 October 1916	481
316. From Albert Einstein, 13 November 1916	483
317. To Arnold Sommerfeld, 14 February 1917	485
318. From Arnold Sommerfeld, 5 March 1917	485
319. To Albert Einstein, 22 March 1917	487
320. From Albert Einstein, 3 April 1917	488
321. From Max Planck, 24 July 1917	489
322. From Max Planck, 3 September 1917	490
323. To Woldemar Voigt, 23 September 1917	491
324. From Max Planck, 11 November 1917	492
325. From Albert Einstein, 18 December 1917	493
326. From Max Planck, 5 January 1918	494
327. To Max Planck, 31 January 1918	496
328. From Max Planck, 14 February 1918	497
329. From Max Planck, 4 March 1918	498
330. From Max Planck, 31 March 1918	499
331. From Woldemar Voigt, 30 May 1918	500
332. From Max Planck, 1 June 1918	502
333. To Woldemar Voigt, 17 September 1918	503
334. From Albert Einstein, 26 April 1919	504
335. To Albert Einstein, 4 May 1919	505
336. To Albert Einstein, 26 July 1919	508
337. From Albert Einstein, 1 August 1919	510
338. From Albert Einstein, 21 September 1919	511
339. To Albert Einstein, 22 September 1919	513
340. From Albert Einstein, 22 September 1919	513
341. To Albert Einstein, 7 October 1919	514
342. To Albert Einstein, 30 October 1919	516
343. To Albert Einstein, 14 November 1919	516
344. From Albert Einstein, 15 November 1919	517
345. To Albert Einstein, 21 December 1919	518
346. From Max Planck, 21 December 1919	519
347. From Albert Einstein, 12 January 1920	520
348. To Albert Einstein, 16 January 1920	522
349. From Albert Einstein, 19 January 1920	523

350. To Albert Einstein, 11 February 1920	524
351. To Albert Einstein, 17 March 1920	525
352. From Albert Einstein, 18 March 1920	526
353. To Albert Einstein, 18 May 1920	527
354. From Albert Einstein, 22 May 1920	528
355. To Albert Einstein, 27 May 1920	529
356. To Albert Einstein, 9 June 1920	529
357. From Albert Einstein, 15 June 1920	531
358. To Albert Einstein, 23 June 1920	532
359. From Albert Einstein, 4 August 1920	533
360. To Albert Einstein, 3 September 1920	535
361. To Albert Einstein, 10 September 1920	535
362. From Albert Einstein, after 10 September 1920	537
363. From Albert Einstein, 1 January 1921	538
364. From Arnold Sommerfeld, 5 January 1921	540
365. To Albert Einstein, 6 January 1921	541
366. From Albert Einstein, 22 February 1921	541
367. To Albert Einstein, 19 March 1921	543
368. From Emil Wiechert, 16 April 1921	544
369. From Albert Einstein, 30 June 1921	544
370. From Max Planck, 6 July 1921	545
371. To Albert Einstein, 13 November 1921	546
372. To Wilhelm Wien, 4 March 1923	551
373. From Wilhelm Wien, 8 March 1923	551
374. To Albert Einstein, 1 May 1923	552
375. To Albert Einstein, 12 May 1923	553
376. To Albert Einstein, 15 July 1923	554
377. From Albert Einstein, 15 July 1923	555
378. From Max Planck, 28 July 1923	556
379. From Albert Einstein, 16 August 1923	557
380. To Albert Einstein, 15 September 1923	558
381. To Albert Einstein, 3 October 1923	560
382. From Max Planck, 5 December 1923	560
383. To Albert Einstein, 20 December 1923	562
384. From Albert Einstein, 25 December 1923	563
385. To Albert Einstein, 21 April 1924	565
386. From Albert Einstein, 21 May 1924	565
387. To Albert Einstein, 11 July 1924	566
388. To Albert Einstein, 12 September 1924	567
389. From Albert Einstein, 16 December 1924	568
390. From Albert Einstein, 9 January 1925	569
391. To Albert Einstein, 2 March 1925	571
392. From Max Planck, 30 June 1925	572
393. From Max Planck, 26 July 1925	574

394. To Max Planck, 20 August 1925	575
395. From Max Planck, 22 September 1925	576
396. To Albert Einstein, 18 October 1925	577
397. From Albert Einstein, 21 October 1925	585
398. To Albert Einstein, 8 December 1925	586
399. From Arnold Sommerfeld, 8 December 1925	589
400. From Max Planck, 10 December 1925	590
401. From Max Planck, 15 December 1925	590
402. To Albert Einstein, 22 February 1926	591
403. From Albert Einstein, 13 March 1926	592
404. To Albert Einstein, 14 March 1926	593
405. From Erwin Schrödinger, 30 March 1926	594
406. To Albert Einstein, 6 April 1926	596
407. From Albert Einstein, 12 April 1926	598
408. From Albert Einstein, 15 April 1926	600
409. To Albert Einstein, 28 April 1926	600
410. From Albert Einstein, 1 May 1926	602
411. From Max Planck, 12 May 1926	602
412. To Erwin Schrödinger, 27 May 1926	603
413. From Erwin Schrödinger, 6 June 1926	611
414. From Max Planck, 13 June 1926	618
415. To Albert Einstein, 18 June 1926	621
416. To Erwin Schrödinger, 19 June 1926	621
417. From Albert Einstein, 22 June 1926	638
418. From Erwin Schrödinger, 23 June 1926	639
419. From Max Planck, 1 January 1927	641
420. To Erwin Schrödinger, 21 January 1927	642
421. From Erwin Schrödinger, 26 January 1927	644
422. To Albert Einstein, 30 January 1927	646
423. From Max Planck, 2 February 1927	647
424. From Albert Einstein, 16 February 1927	649
425. From Max Planck, 10 May 1927	649
426. From Max Planck, 6 June 1927	650
427. From Albert Einstein, 17 June 1927	651
428. To Erwin Schrödinger, 17 Juni 1927	652
429. From Erwin Schrödinger, 23 June 1927	654
430. To Erwin Schrödinger, 8 Juli 1927	657
431. From Erwin Schrödinger, 16 July 1927	657
432. From Albert Einstein, 13 September 1927	658
433. From Max Planck, 12 October 1927	659
Appendix: 178a. To Arnold Sommerfeld, 23 November 1908	660

1. To Woldemar Voigt, 7 March 1883

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 7 März 1883

Hochgeehrter Herr,

Mit besonderm Interesse las ich vor einigen Jahren Ihre Abhandlung über die Elasticität des Steinsalzes,^[1] und ich wünschte jetzt bei meinen Vorträgen über mathematische Physik an der hiesigen Universität die Resultate derselben mitzutheilen. Ich hatte schon behauptet, dass Ihre Untersuchung den besten Beweis lieferte für die Ungelässigkeit der Poisson'schen Theorie, doch bei näherer Ueberlegung erhob sich bei mir ein Bedenken gegen die von Ihnen angewandte Berechnungsweise. Wenn man nämlich nicht die Cauchy'sche sondern die in jüngster Zeit noch von Ihnen selbst begründete de-Saint-Venant'sche Formel für die Torsion benutzt,^[2] so werden dadurch die Resultate Ihrer Versuche so geändert, dass gerade jene Behauptung hinfällig wird. Da Sie vielleicht — wenigstens so ging es mir zuerst — einen so grossen Einfluss der veränderten Formel nicht erwarten, erlaube ich mir, Ihnen meine Berechnung Ihrer Versuche kurz mitzutheilen.

Nach der Formel von de Saint-Venant ist zunächst für Stäbchen normal zur Würfelfläche^[3]

$$M = \varepsilon \tau \frac{bd^3}{l} \left[\frac{1}{3} - \frac{1}{16} \left(\frac{4}{\pi} \right)^5 \frac{d^k}{b} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)^5} \frac{e^{(2k+1)\frac{\pi b}{d}} - 1}{e^{(2k+1)\frac{\pi b}{d}} + 1} \right],$$

wo für die von Ihnen benutzten Stäbchen mit hinreichender Genauigkeit der letzte Bruch = 1 gesetzt werden darf, wodurch

$$M = \frac{1}{3} \varepsilon \tau \frac{bd^3}{l} \left[1 - 0,630249 \frac{d}{b} \right]$$

oder

$$\tau = \frac{3Ml}{\varepsilon bd^3} \frac{1}{1 - 0,630249 \frac{d}{b}}$$

wird.

Berechne ich hiermit $\frac{1}{\varepsilon}$ so finde ich^[4]

aus	W_I	$10^6 \frac{1}{\varepsilon} = 0,7899,$
	W_I (Torsion um die Axe)	0,7891,
	W_{II}	0,7936,
	W_{III}	0,8003.

Im Mittel

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{0,793}{10^6}$$

Die Biegung hat ergeben

$$\frac{1}{\varepsilon} - \frac{2}{A-B} = \frac{0,206}{10^6}$$

und wir haben also

$$\frac{2}{A-B} = \frac{0,587}{10^6}.$$

Für die Stäbchen der Gattung *GA* lautet die Formel von de Saint-Venant

$$\tau = \frac{3Ml}{\varepsilon b d^3} \frac{1}{1 - 0,630249 \sqrt{\frac{2\varepsilon}{A-B} \frac{d}{b}}}.$$

Wenn ich nun für

$$\sqrt{\frac{2\varepsilon}{A-B}}$$

den aus den obigen Resultaten folgenden Werth setze kann ich aus den beobachteten Werthen von τ jedesmal ε berechnen. Ich finde dann

$$\text{aus } GA \text{ (I)} \quad 10^6 \frac{1}{\varepsilon} = 0,794,$$

$$\text{" } GA \text{ (II)} \quad 0,786,$$

was gut mit dem bereits gefundenen stimmt.

In gleicher Weise lassen die Beobachtungen an den Stäbchen *GB* zu $\frac{2}{A-B}$ zu berechnen. Für diese Stäbchen ist nämlich

$$\tau = \frac{3Ml}{\frac{1}{2}(A-B)bd^3} \frac{1}{1 - 0,630249 \sqrt{\frac{A-B}{2\varepsilon} \frac{d}{b}}},$$

und ich nehme wieder für $\sqrt{\frac{A-B}{2\varepsilon}}$ den bereits gefundenen Werth. Ich erhalte dann aus

$$GB \text{ V} \quad 10^6 \frac{2}{A-B} = 0,591,$$

$$\text{" (Torsion um Axe)} \quad 0,586,$$

in befriedigender Uebereinstimmung mit dem vorher gefundenen. Die beiden Stäbchen *GB* II und *GB* III geben dagegen für $10^6 \frac{2}{A-B}$ die Werthe 0,613 und 0,466. Es sind dies die Stäbchen, die Sie von der Berechnung ausgeschlossen haben.

Setze ich nun

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{0,793}{10^6}, \quad \frac{2}{A-B} = \frac{0,587}{10^6}$$

und nach den Biegungsversuchen

$$\frac{1}{\varepsilon} - \frac{2B}{(A-B)(A+2B)} = \frac{0,693}{10^6},$$

so wird

$$\frac{2}{A-B} \frac{B}{A+2B} = \frac{0,100}{10^6}, \quad (\alpha)$$

$$\frac{A+2B}{B} = 5,87,$$

$$\frac{A-B}{B} = 2,87 \quad (\text{nebenbei } \frac{A}{B} = 3,87),$$

$$\frac{1}{B} = \frac{0,842}{10^6}.$$

Nach der Theorie von Poisson sollte $\varepsilon = B$ sein.^[5] Die Rechnung giebt zwar einen Unterschied zwischen $\frac{1}{\varepsilon}$ und $\frac{1}{B}$ doch liesse sich derselbe durch Beobachtungsfehler erklären. Wenn nämlich der Werth (α) um etwa 0,003 zu klein wäre, was sehr gut möglich ist, so wäre wirklich $\frac{1}{B} = \frac{1}{\varepsilon}$.

Es scheinen mir also Ihre Versuche *innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler* das Poisson'sche Gesetz zu bestätigen.

Vielleicht haben Sie selbst schon diese Folgerung gezogen; wenn das der Fall ist bitte ich freundlichst um Entschuldigung für dieses nutzlose Schreiben. Andernfalls wäre es mir sehr angenehm zu erfahren, ob Sie mit meiner Berechnung einverstanden sind.

Beiläufig will ich noch bemerken, dass die Theorie mir für die Torsion um eine Kante den nämlichen Werth gegeben hat wie für die Drillung um die Axe, eine Bestätigung Ihrer experimentellen Resultate.

Mit vorzüglicher Hochachtung verbleibe ich
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Voigt 1876, which summarizes Voigt's doctoral dissertation.

^[2]See Voigt 1882a; for the work of Cauchy and De Saint-Venant, see, e.g., Love 1927 (in particular its "Historical Introduction").

^[3]In the equation M is the moment exerted on the bar, b , d , and l are its dimensions, and τ is the torsional angle. For the crystals studied by Voigt the elasticity coefficients ε , A , and B used in this letter are defined (following Franz Neumann) by $\sigma_{ii} = (A-B)\varepsilon_{ii} + B\text{Tr}\sigma$ and $\sigma_{ij} = 2\varepsilon\varepsilon_{ij}$ ($i \neq j$), with σ_{ij} the stress tensor and ε_{ij} the strain tensor.

^[4]Lorentz uses Voigt's designation for the various bars that were studied. See Voigt 1876, p. 196, for more details.

^[5]See, e.g., Love 1927, "Historical Introduction," for more on Poisson's theory. For Voigt's equations to conform to Poisson's theory for non-crystalline bodies the additional relation $A = 3B$ should be satisfied.

2. From Woldemar Voigt, 21 March 1883

Handwritten letter in German script.

Königsberg i/Pr. d. 21/3 83.

Hochgeehrter Herr!

Für Ihr freundliches Schreiben^[1] sage ich meinen besten Dank. Ich habe bereits im vorigen Sommer bei Publication meiner Formeln für Krystallelasticität^[2] meine Steinsalz-Beobachtungen neu zu berechnen begonnen u. den grossen Einfluss bemerkt, den die genauere Formel auf die Endresultate hat. (Als ich die Beobachtungen 1873 machte, war ich noch Student und ganz unter Neumann's Einfluss,^[3] der S. Venant wenig kennt, dies erklärt dass ich seine Formeln nicht benutzte.) Die Folgerung, welche Sie gezogen haben, hatte ich aber nicht gemacht, zumal weil verschiedene Erfahrungen bei späteren Beobachtungen mir eine *Wiederholung* der Torsionsbeobachtungen räthlich erscheinen liessen, u. ich die definitive Berechnung bis nach deren Vollendung verschieben wollte. Ihr Resultat ist von grosser Wichtigkeit und lässt sehr wahrscheinlich erscheinen, dass die Abweichungen von der Poisson'schen Theorie, die mehrfach bei *unkrystallinen* Studien beobachtet worden sind, von irgendwelchen *Nebenumständen* abhängen. Dass nach meinen Beobachtungen Glas in *entgegengesetztem* Sinne von der Theorie abweicht, wie die Metalle spricht ebenfalls dafür.^[4]

Lieb wäre mir, wenn Sie auf die Publication Ihrer Berechnung freundlichst verzichteten; ich gedenke im Sommer neue Beobachtungen anzustellen u. würde dann bei der Veröffentlichung Ihre Resultate mittheilen.^[5]

Hochachtungsvollst

W. Voigt.

^[1]Letter 1.

^[2]See *Voigt 1882b*.

^[3]Voigt was then working on his doctoral dissertation in Königsberg under Franz Neumann (1798–1895).

^[4]Voigt refers here in particular to the discrepancy between the measured values of Poisson's ratio and its theoretical value of 0.25. For glass Voigt had found values smaller than 0.25 (see *Voigt 1888a*). See also *Love 1927*, "Historical Introduction."

^[5]Voigt's new results were published as *Voigt 1884*; see also *Voigt 1883*, in which he comments on Lorentz's remarks (pp. 971–972).

3. From Ludwig Boltzmann, 11 December 1886

Handwritten letter.

Graz, Halbärtgasse 1 11/12 1886.

Hochgeehrter Herr!

Mit grossem Interesse habe ich das mir gefälligst zugesandte Manuscript gelesen.^[1] Ich freue mich sehr, dass sich in Ihnen jemand gefunden hat, welcher an dem Weiterbau meiner Ideen über Gastheorie arbeitet. In Deutschland ist fast niemand, welcher die Sache ordentlich verstünde. Auch Ihre ältere Abhandlung betreffend die Ableitung der hydrodynamischen Gleichungen aus der Gastheorie^[2] habe ich mit grösstem Interesse gelesen und danke Ihnen für die Zusendung. Den Separatabdruck Ihrer Abhandlung über das Hallphänomen^[3] habe ich leider nicht erhalten. Wenn Sie noch genügend viele besitzen, würde ich um Zusendung eines neuen an meine obige genaue Adresse bitten.

Was nun den Gegenstand Ihres letzten Manuscripts betrifft, so haben Sie unbedingt Recht, dass da meine Deductionen einer wesentlichen Verbesserung bedürfen.^[4] Meine Behauptung, dass die von mir aufgestellte Zustandsvertheilung weder durch die Zusammenstösse noch durch die innere Bewegung der Moleküle verändert wird, sobald sie zu Anfang schon vorhanden war, bleibt richtig; nur ihr Beweis erfährt eine Modification. Denn wenn schon zu Anfang die Wahrscheinlichkeit, dass $\xi_1 \dots w_r$ zwischen den Grenzen ξ_1 und $\xi_1 + d\xi_1 \dots w_r$ und $w_r + dw_r$ liegen^[5] gleich $Ae^{-h(\chi + \lambda)} d\xi_1 \dots dw_r$ war, wobei χ die Kraftfunction, λ die lebendige Kraft ist, so ist ja die Bedingung $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r) = \varphi(\xi_1 \dots \xi_r, -u_1 \dots -w_r)$ ^[6] erfüllt und es kann bewiesen werden, dass die betreffende Zustandsvertheilung sich erhält. Dass mein Beweis, dass diese Zustandsvertheilung die einzig mögliche ist, für einatomige Moleküle richtig bleibt, bemerken Sie selbst. Auch für Moleküle bleibt er, wie ich glaube, richtig, die sich wie feste Körper verhalten, die 3 aufeinander senkrechte Symmetrieebenen haben. Dagegen wird mein Beweis, dass diese Zustandsvertheilung die einzig mögliche ist, in allen andern Fällen im allgemeinen wenigstens falsch und ich sehe vorläufig wenigstens nicht, wie man ihn durch einen vollkommen von jeder Hypothese freien ersetzen könnte. Das eine scheint mir wohl, dass wenn $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r)$ nicht $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, -u_1 \dots -w_r)$ wäre und doch Gleichgewicht der lebendigen Kraft wäre, man folgende Betrachtung anstellen könnte. Man liesse das Gleichgewicht der lebendigen Kraft eine sehr lange (unendlich lange) Zeit T hindurch fortbestehen. Dann dächte man sich die Richtung der Geschwindigkeit jedes Atoms umgekehrt, ohne die Grösse zu ändern. Es würde hierauf das Gas alle frühern Zustände entgegengesetzt durchlaufen; es wäre gewissermassen bloss die Zeit umgekehrt. Es würde also das Gas jetzt in einer Zustandsvertheilung unendlich lange verharren, in welcher $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r)$ denselben Werth hätte wie früher $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, -u_1 \dots -w_r)$. Wenn also ein Wärmegleichgewicht möglich ist, wobei $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r)$ einen werth a hat, welcher vom Werthe b der Function $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, -u_1 \dots -w_r)$ verschieden ist, so ist immer noch ein zweites

Wärmeleichgewicht möglich, für welches $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, -u_1 \dots -w_r) = a$ und $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r) = b$ ist. Es scheint mir fast als ob auch die Geschwindigkeitsvertheilung, wobei $\varphi(\xi_1 \dots \xi_r, u_1 \dots w_r) = ma + nb$ ist, nicht durch die Zusammenstöße gestört werden könnte, wo m und n beliebige Constanten sind; aber dafür gelang mir der Beweis noch nicht. Mit alledem sind aber Ihre Bedenken nicht widerlegt, da kein Beweis geliefert ist, dass nicht zwei verschiedene Wärmeleichgewichte möglich sind.

Wünschen Sie vielleicht, dass ich Ihr Manuscript der Wiener Academie der Wissenschaften vorlege? Dann werde ich diess sogleich thun und es etwa mit einer Bemerkung begleiten, welche meiner Sätze dadurch tangirt werden.^[7] Vielleicht gelingt es Ihnen, das was ich oben kurz andeutete, weiter zu entwickeln. Jedesfalls freue ich mich, von Ihnen bald wieder einen Brief zu erhalten.^[8] Mit ausgezeichnete Hochachtung

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]The manuscript of *Lorentz 1887a*, as becomes clear from the discussion in this and the following letter.

^[2]*Lorentz 1880a* or its French translation *Lorentz 1881d*.

^[3]*Lorentz 1883a* or its French translation *Lorentz 1884a*.

^[4]*Lorentz 1887a* criticizes *Boltzmann 1872*, in which the H -theorem is derived on the assumption of ‘inverse’ collisions taking place with the same probability as the original ‘direct’ collision (the inverse collision is constructed from the direct one by interchanging the colliding particles immediately after the collision). Lorentz shows that for non-spherical molecules inverse collisions in general do not exist and gives an alternative treatment.

^[5] $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \dots, \xi_r, \eta_r, \zeta_r$ are the center of mass coordinates of the r ‘material points’ of which a polyatomic molecule is composed; $u_1, v_1, w_1, \dots, u_r, v_r, w_r$ are the corresponding velocity-components. There are only $6r - 3$ independent coordinates: ξ_r, η_r, ζ_r are functions of the other coordinates (through the center of mass condition).

^[6]In *Lorentz 1887a* it is shown that this condition for the one-particle distribution function φ (or f in Lorentz’s notation) is a sufficient condition for stationarity of the distribution function. Lorentz also finds that it implies the equality $f_1 f_2 = f_1' f_2'$, which Boltzmann had shown to be necessary for stationarity (f_i has the coordinates and velocity of colliding particle i before the collision as its arguments; f_i' refers to the situation after the collision). According to Lorentz, Boltzmann’s proof that the above equality implies stationarity was flawed.

^[7]The manuscript was published in the *Sitzungsberichte* of the Vienna Academy (see note 1); the paper is immediately followed by *Boltzmann 1887a*, in which the mistake of *Boltzmann 1872* is corrected.

^[8]See the discussion in Letters 4–8; see also *Kox 1982, 1990, 1993a* for historical discussions of the Lorentz–Boltzmann correspondence and Lorentz’s work in kinetic gas theory.

4. To Ludwig Boltzmann, 19 December 1886

Handwritten draft. The first page of the ms. is marked: "Aan Boltzmann" ("To Boltzmann"). Above and below the salutation the following addition is written: "Es gereicht mir zur besonderen Freude, dass Sie, dem wir die molekularkinetische Behandlungsweise des Problems der mehratomigen Moleküle verdanken, bereit sind die Schwierigkeiten, auf welche man bei diesem Problem stösst, mit mir in Discussion zu treten."

Leiden, 19 Dez. 1886.

Hochgeehrter Herr,

Empfangen Sie meinen besten Dank für die so freundliche Weise in welcher Sie meine Bedenken beantwortet haben.^[1] Von Ihrer Erlaubnis mache ich recht gern Gebrauch um noch einmal auf die Sache zurückzukommen.

Es scheint mir nämlich, dass nach meinen Betrachtungen nicht nur der Beweis dass die von Ihnen gefundene Zustandsvertheilung die einzig mögliche ist, sondern auch der Beweis, dass dieselbe existiren kann, hinfällig wird, oder wenigstens nicht ohne gewisse Hypothesen stichhaltig bleibt. Wie ich in dem Manuscript, das ich Ihnen zukommen liess, bemerkte, kann der Beweis, dass das Gas sich einem Endzustande nähert, bei welchem $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, geliefert werden, sobald man von einem Anfangszustande ausgeht, für welchen die Relation $f(\xi_1 \dots \xi_{r-1}, -u_1 \dots -w_r) = f(\dots)$ besteht,^[2] und *annimmt dass diese Relation dann immer bestehen bleibt*. Ist nun der angenommene Anfangszustand derart, dass für denselben schon $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, so ist der Anfangszustand selbst der Endzustand, immer wenn man annimmt, dass die Relation $f(\dots) = f(\dots)$ bestehen bleiben muss.

Man kann dies auch so einsehen. Wenn einmal $f(\dots) = f(\dots)$ und gleichzeitig $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, so kann man zeigen, dass wenn in einem Zeitelement p Theilchen die Gruppe A verlassen gleich viele Theilchen in die Gruppe $A(-)$ hineingetreten sind;^[3] dass also die Gesamtzahl der Theilchen, welche zu den beiden Gruppen gehören, ungeändert geblieben ist. Daraus folgt aber nur dann, dass auch für jede Gruppe einzeln genommen die Molekülzahl ungeändert bleibt, wenn man annimmt, dass nicht eine Verschiedenheit in den Zahlen der Gruppe A und der Gruppe $A(-)$ entstehen kann. Man kann sagen: Besteht einmal der Zustand \dots , so wird dieser entweder ungeändert bleiben, oder es wird aus demselben ein Zustand entstehen, in welchem nicht mehr \dots ist.

— — — —

Was zweitens die in Ihrem Schreiben enthaltene Betrachtung betrifft, bei welcher aus einem Zustande des Gases P durch Umkehrung aller Bewegungsrichtungen ein neuer Zustand $P(-)$ hergeleitet wird, so fürchte ich, dass dieser letztere kein stabiler Gleichgewichtszustand sein würde, und demzufolge auch nicht als ein natürlicher Zustand des Gases auftreten könnte; er könnte wie ich glaube nur bestehen, wenn das System der Moleküle in der von Ihnen gedachten Weise sorgfältig präpariert worden ist, und jeden noch so kleinen störenden Einfluss entzogen wäre.

Betrachten wir z.B. die Zusammenstösse

$$(A, B) \rightarrow (A', B') \quad (1)$$

welche in dem Zustande P vor sich gehen; sei n ihre Zahl in einem Zeitelement. In dem Zustande $P(-)$ werden dann während des correspondirenden Zeitelementes gleich viel Zusammenstöße nach dem Schema

$$[A'(-), B'(-)] \rightarrow [A(-), B(-)] \quad (2)$$

stattfinden.

Unter den Theilchen, welche in dem Zustande P nach der Zeit dt die Bewegung A' haben können wir unterscheiden diejenigen, welche auch schon vor der Zeit die Bewegung A' hatten (deren Zahl n_1 sei) und die, welche während der Zeit dt durch einen Zusammenstoß diese Bewegung erhielten (deren Zahl n_2 ist). Einige unter diesen letzteren haben gerade einen Zusammenstoß wie (1) erlitten; ihre Zahl sei = n .

Es ist nun deutlich, dass die Zahl der Stöße (1) gar nicht in directer Weise von $n_1 + n_2$ abhängt; sie wird vielmehr bedingt durch die Anzahl der Theilchen, welche vor der Zeit dt die Bewegungen A und B hatten.

Betrachten wir jetzt das Gas im Zustande $P(-)$ und zwar vor der Zeit dt . Wenn der Zustand ein natürlicher wäre, und wenn also die Theilchen ganz regellos im Raume vertheilt wären, so müsste die Anzahl unter den $n_1 + n_2$ Theilchen mit dem Zustande $A'(-)$, welche in der Zeit dt einen Zusammenstoß erleiden, mit der ganzen Zahl $n_1 + n_2$ proportional sein; sie kann also nicht gleich n_2 sein. Dagegen in dem Zustande $P(-)$, wie sie ihn entstehen lassen, haben vor dem Zeitelemente dt die Theilchen gerade *solche Positionen*, dass die Anzahl der Zusammenstöße in der Zeit dt gleich n_2 wird.

In dem Zustande P besteht weiter ein gewisses Verhältnis zwischen den Zahlen, welche ich mit n_2 und n bezeichnet habe. Dieses Verhältnis wird bestimmt durch die Zahlen der verschiedenen Molekülgruppen aus welchen durch Zusammenstoß ein Molekül mit dem Zustande A' entstehen kann. Wenn aber der Zustand $P(-)$ ein natürlicher wäre, so würde das Verhältnis zwischen der Anzahl der Theilchen mit dem Zustande $A'(-)$, welche überhaupt einen Zusammenstoß erleiden, und der Anzahl der Theilchen, welche gerade einen Stoß (2) erleiden, bedingt werden durch ganz andere Umstände als soeben das Verhältnis von n_2 und n .

Man kann schliesslich noch die Phasen der Theilchen betrachten. Theilchen mit der Bewegungsart A' können noch allerhand verschiedene Phasen besitzen. Es ist nun sehr gut möglich, dass in dem Momente wo diese Bewegungsart in dem Zustande P des Gases entsteht, bestimmte Phasen vorherrschen; ich will sagen die Phasen α . In dem Gase mit dem Zustande $P(-)$, wie Sie denselben präpariert haben, würden dann die Theilchen mit dem Zustande $A'(-)$ vorzugsweise einen Zusammenstoß erleiden, wenn sie sich in der Phase α befinden. In einem natürlichen Zustande aber werden die Theilchen mit einer gewissen Bewegungsart ebenso wohl in der einen als in der anderen Phase einen Zusammenstoß erleiden.

Man kann, glaube ich, die Sache kurz so ausdrücken. Wir dürfen annehmen dass in einem natürlichen Gase die Theilchen was ihre Positionen und ihre Phasen betrifft eine vollkommene *Regellosigkeit* zeigen, dass jedenfalls gar keine bestimmte Beziehung zwischen den Positionen welche die Theilchen vor der Zeit dt

haben, und den Zusammenstößen welche sie erleiden werden besteht. Dagegen ist es klar, dass die Positionen und Phasen der Theilchen in Bezug auf die vorhergegangenen Zusammenstöße nicht völlig regellos sind, denn dieselben sind eben aus diesen Stößen hervorgegangen. Wenn man nun, wie Sie das thun wollen, alle Geschwindigkeiten umkehrt, so erhält man einen Zustand in welchem die Positionen und Phasen für die noch zu erwartenden Stöße präpariert sind, in welchem also keine völlige Regellosigkeit mehr besteht. Man sieht aber unmittelbar, dass wenn wirklich die Umkehrung der Geschwindigkeiten stattgefunden hätte, durch allerlei kleine Störungen die Regellosigkeit im Gase sich wieder herstellen würde. Der Zustand würde dann aber nicht mehr der bleiben, den ich $P(-)$ nannte, sondern könnte ein ganz anderer werden.

Es ist wirklich zu bedauern, dass wir wegen der Schwierigkeit, welche sich der mathematischen Behandlung entzieht noch so wenige ganz gewisse Errungenschaften in der kinetischen Gastheorie aufweisen können. Wenn man der Sache auf den Grund geht, ist, glaube ich, nicht einmal das Maxwell'sche Gesetz für die progressiven Bewegungen mehratomiger Moleküle bewiesen und lässt sich z.B. für solche Moleküle auch das Avogadro'sche Gesetz nicht streng deduciren.

Es wäre glaube ich schon als ein Fortschritt zu betrachten wenn man aus den Betrachtungen mehratomiger Moleküle die inneren Bewegungen gewissermassen ausscheiden könnte, und etwas über die progressiven Bewegungen für sich ableiten könnte. Vielleicht gelingt Ihnen dieses, vielleicht auch fällt Ihnen noch ein Mittel ein, die von mir geschilderten Schwierigkeiten zu beseitigen, und durch eine entsprechend modificirte Theorie zu neuen Ergebnissen zu gelangen. Jedenfalls aber wird die von Ihnen eingeführte Behandlungsweise das Vorbild für alle künftigen exacten Untersuchungen bleiben müssen.

— — — —

Wenn Sie die Güte haben wollen, meine Abhandlung der Wiener Akademie vorzulegen, werde ich Ihnen sehr verbunden sein, und es wird mich sehr freuen, wenn Sie dabei dieselbe von einigen Bemerkungen Ihrerseits begleiten.^[4] Ich wünsche sehr, dass meine Betrachtungen als etwas erscheinen, worüber wir uns schon vorher verständigt haben.

Da ich bei der Absendung meines Manuscriptes nicht daran dachte, dass dasselbe in die Wiener Sitzungsberichte aufgenommen werden könnte ist dasselbe nicht ganz für den Druck bereit. Es fehlt nämlich ein Titel und ich möchte noch ein Paar Anmerkungen hinzufügen. Darf ich Ihnen daher bitten, damit ich eine Hin- und Hersendung des Manuscriptes erspare, den einliegenden Blatt demselben beizufügen.^[5]

Empfangen Sie noch meinen Dank für die Zusendung der beiden Abhandlungen der Herren von Ettingshausen und Nernst,^[6] welche ich mit grossem Interesse lesen werde. Was den Separatabdruck meiner frühen Abhandlung über das Hall'sche Phänomen^[7] betrifft, den ich Ihnen versprach, derselbe ist leider, ohne dass ich es wüsste, hier liegen geblieben. Ich sende ihn jetzt gleichzeitig mit diesem Briefe, und möchte da ich noch Exemplare genug besitze auch den genannten Herren einen anbieten. Haben Sie vielleicht die Güte, mir ihre Adresse mitzutheilen?

Mit bestem Dank für Ihre freundlichen Bemühungen verbleibe ich hochachtungsvoll
Ihr ergebener

Zum Schluss^[8] wünsche ich zu bemerken, dass, wenn auch das Ziel, welches Herr Boltzmann sich vorstellte, mir vorläufig nicht erreicht scheint, dennoch die von ihm in die Theorie mehratomiger Moleküle eingeführte Behandlungsweise die Grundlage bleiben muss für jede strenge Untersuchung der Bewegungen solcher Theilchen. Jede ins Einzelne gehende derartige Untersuchung wird ja damit anfangen müssen, die Moleküle nach ihren Bewegungsweisen in Gruppen zu ordnen, was in der von Herrn Boltzmann gezeigten Weise zum mathematischen Ausdruck gebracht wird. Und das ist auch wohl gewiss, dass die Gleichung ... in der kinetischen Theorie immer eine wichtige Rolle spielen wird.

^[1]See Letter 3.

^[2] $f(\)$ stands for $f(\xi_1, \dots, \xi_{r-1}, \dots, u_1, \dots, w_r)$. See Letter 3, notes 6 and 7, for the meaning of the symbols.

^[3]The group $A(-)$ is constructed from A by reversing the velocities of all particles belonging to this group.

^[4]See Letter 3, note 7. *Boltzmann 1887a* gives a modified proof of the H -theorem for polyatomic molecules and for the theorem that the equality $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ implies equilibrium.

^[5]See the end of this letter for Lorentz's additional remarks.

^[6]Albert von Ettingshausen (1850–1932) was Professor of Physics at the University of Graz; Walther Nernst (1864–1941) was studying in Würzburg after having studied with Boltzmann in Graz. The papers are *Ettingshausen and Nernst 1886, 1887*, in which the Ettingshausen-Nernst effect is described: when a conductor or semiconductor is subjected to a temperature gradient and to a magnetic field perpendicular to the temperature gradient, an electric field arises perpendicular to both the temperature gradient and the magnetic field.

^[7]*Lorentz 1883a*, or its French translation *Lorentz 1884a*.

^[8]The following passage was not included in *Lorentz 1887a*. Instead, in the final paragraph of its sec. III, Lorentz points out that Boltzmann has found a new proof. He calls it "einwurfsfrei".

5. From Ludwig Boltzmann, 25 December 1886

Handwritten letter.

Graz, Halbärtgasse 1 25./12 1886.

Hochgeehrter Herr!

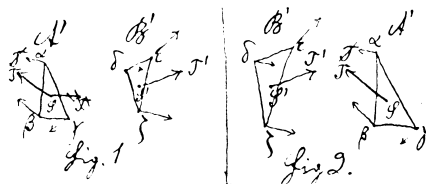
Meinen besten Dank für den Separatabdruck Ihrer Abhandlung über das Hallphänomen und für Ihren letzten Brief.^[1] Es ist Schade, dass wir so weit entfernt sind und wir uns nicht mündlich verständigen können, was mir sehr interessant wäre. Was Sie im letzten Briefe schrieben, scheint mir vollkommen richtig; na-

mentlich auch das, was Sie darüber sagen, dass die durch Umkehrung der Zeit gewonnene Zustandsvertheilung keine „natürliche“ sondern eine „labile“ wäre. Vielleicht liesse sich gegen Ihre Betrachtungen einwenden, dass die „labile“ Zustandsvertheilung beliebig lange dauern könnte, wenn man die Zeit erst nach beliebig langer Zeit umkehrte, während mir in der Natur einer labilen Zustandsvertheilung zu liegen scheint, dass sie nur durch eine endliche Zeit dauern kann. Doch habe ich jetzt die Sache von einer ganz andern Seite angefasst. Ich denke mir beliebige mehratomige Moleküle. Der Moment des Beginns und ebenso der des Endes eines Zusammenstosses sei dadurch bestimmt, dass die Entfernung „ s “ der Schwerpunkte zweier Moleküle gleich einer bestimmten Constanten „ l “ wird. (Darüber dass hierin keine Beschränkung der Allgemeinheit liegt vrgl. meine „Weitern Studien“ Wien. Ber. LXVI, October 1872, IV. Abschnitt.)^[2] Wir wollen nun alle möglichen Zustände, welche einem Paare zweier Moleküle, deren Schwerpunkte die Distanz l haben, zukommen können, in 2 grosse Gruppen theilen. Die erste umfasst die Zustände aller Moleküle, für welche $\frac{ds}{dt}$ negativ ist, im

Momente, wo $s = l$ ist; für die 2. Gruppe ist $\frac{ds}{dt}$ positiv. Den Fall, dass für $s = l$

$\frac{ds}{dt} = 0$ wird, ohne dass der Zusammenstoss damit zu Ende ist, können wir ausser

Acht lassen, da ja angenommen wurde, dass für $s = l$ eine erhebliche Wechselwirkung irgend welcher Atome, die nicht demselben Moleküle angehören, ausgeschlossen ist. Alle Molekülpaare der 1. Gruppe können nur einen beginnenden Zusammenstoss darstellen. Sobald 2 Moleküle mit den Zuständen A und B in eine Constellation „ K “ treten, welche der ersten Gruppe angehört, vermindert sich die Zahl der Moleküle mit dem Zustande A um eine Einheit, ebenso die der Moleküle B . Im Momente des Endes dieses Stosses sollen die beiden Moleküle die Zustände A' und B' haben. Die Constellation „ C “, welche sie im Momente des Endes des Stosses darstellen, gehört der 2. Gruppe an und kann nie den Anfang eines Stosses bilden. Doch können wir aus der Constellation C eine andere „ D “ ableiten, indem wir das eine Molekül A' ganz unverändert belassen, das andere B' aber parallel zu sich selbst in der die Schwerpunkte verbindenden Richtung um die Strecke $2l$ gegen das Molekül A' hin verschieben; dabei sollen alle Atome des Moleküls ihre



Geschwindigkeiten ganz unverändert beibehalten. Fig 1 stellt schematisch zwei dreiatomige Moleküle A' und B' mit den Atomen $\alpha\beta\gamma$ und $\delta\epsilon\zeta$ in der Constellation C dar; Fig 2 dieselben Moleküle in der Constellation D . S, S' sind die Schwerpunkte, $ST, S'T'$ deren Geschwindigkeiten. Die Constellation D gehört nun der 1.

Gruppe an und es wird Zusammenstöße geben, welche mit der Constellation D beginnen. Die kleinen Pfeile der Figur stellen die Geschwindigkeiten der Atome der Moleküle dar. Aus dem, was ich im vierten Abschnitte meiner bereits citirten „weitem Studien“ bewiesen habe, scheint mir nun hervorzugehen*, dass die Wahrscheinlichkeit der Zusammenstöße, welche mit der Constellation K beginnen und mit der Constellation C enden, genau so gross ist wie derjenigen, welche mit der Constellation D beginnen wenn $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist;^[4] freilich wird die Endconstellation der letztern Zusammenstöße im Allgemeinen in keiner einfachen Beziehung zur Constellation K stehen. Aber genug 1. die erstern Zusammenstöße sind gleich wahrscheinlich wie die letztern, 2. durch jeden der erstern Zusammenstöße gewinnt, durch jeden der letztern verliert die Zahl der Moleküle mit den Zuständen A' und B' je eine Einheit, 3. jeder Constellation der 2. Gruppe lässt sich eine der 1. Gruppe und umgekehrt zuordnen, die sich wie die durch die Figuren 1. und 2. dargestellten Constellationen C und D verhalten; ergo herrscht Wärmegleichgewicht, wenn $f_1 f_2 = f_1' f_2'$. Dieselbe Betrachtung könnte auch zum Beweise dienen,

dass $\iint \dots f \log f d\xi_1 \dots dw_{r-1}$ ein Minimum sein muss. Die Vorstellung, dass der Zusammenstoss im Momente $s = l$ eintritt hat freilich für Moleküle etwas unnatürliches, die sich wie feste elastische Körper verhalten. Für diese müsste l das Doppelte des grössten vom Schwerpunkte an die Oberfläche des Moleküles gezogenen Radiusvectors sein;[†] es wird höchst wahrscheinlich der Beweis auch möglich sein, wenn man die Bedingung des Zusammenstosses ganz allgemein schreibt $F(x_1 \dots z_r, x_1' \dots z_r') = 0$, doch habe ich darüber noch nicht weiter nachgedacht; überhaupt habe ich hier nur ganz flüchtig meine Gedanken hingeschrieben und bitte Sie mir sogleich mitzuthemen, wenn ich mich irgendwo unverständlich ausgedrückt habe oder wenn Ihnen irgend etwas, was ich hier schrieb, unbegründet oder falsch vorkommt. Es wird mich sehr interessiren an Ihrem Urtheile über die Sache meine eigenen Gedanken weiter zu entwickeln.^[5]

Erlauben Sie mir noch ein Paar Worte zur Erläuterung. Der Ausdruck 51) meiner „weitem Studien“ gibt die Zahl der Zusammenstöße in der Volumeneinheit während Δt , deren Ende durch die Constellation C fig 1 (des Briefes) bestimmt ist. Am Ende dieser Stöße haben die Moleküle die Zustände A' und B' oder wie ich in den „weitem Studien“ sagte die Variablen liegen zwischen den Grenzen H . Durch jeden dieser Stöße gewinnt ein Molekül den Zustand A' und eines den Zustand B' . Von dem Ausdrucke 56) der weitem Studien wurde dort gesagt, er gebe die Zahl der Zusammenstöße, welche mit der Constellation C beginnen; diess ist nicht richtig, da mit Constellation C nie Stöße beginnen, sondern nur enden können. Dagegen gibt der in Rede stehende Ausdruck 56) die Zahl der Zusammen-

*Was ich daselbst bei Entwicklung der Formel 49) sagte ist auf Fig 2) ebensogut wie auf Fig 1) anwendbar.^[3]

†Denn ich behaupte nur, dass für $s > l$ keine Wirkung der Moleküle statthat; diese kann erst beginnen, wenn s schon bedeutend kleiner als Null ist.

stöße in der Volumeneinheit während Δt , welche mit der Constellation D fig 2 dieses Briefes beginnen; freilich enden diese mit einer ganz andern als der Constellation K ; trotzdem verliert durch jeden ein Molekül den Zustand A' und eines den Zustand B' . Wenn daher die Ausdrücke 51) und 56) gleich sind, herrscht Wärmegleichgewicht, und auch die weitere Berechnung von $\frac{dE}{dt}$ kann genau wie in den weitem Studien geschehen.^[6]

Ich sehe in nächster Zeit wieder einem Briefe von Ihnen entgegen und werde sehr gerne weitere Auskunft geben, da mich die Sache sehr interessirt und meine frühern Publicationen jedenfalls einer wesentlichen Verbesserung diesbezüglich bedürfen.

Hr. Professor Dr. Albert von Ettingshausen wohnt wie ich Graz, Halbärtgasse 1, physik. Institut und lässt Ihnen im Vorhinein für den Separatabdruck danken, Herr Walter Nernst wohnt jetzt Würzburg Baiern Pleicherthorstrasse 10^{III}.

Mit ausgezeichnetener Hochachtung
Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]Letter 4.

^[2]*Boltzmann 1872*; sec. IV is headed "Betrachtung mehratomiger Gasmoleküle."

^[3]Eq. (49) of *Boltzmann 1872* gives the size of the volume containing the particles that undergo a certain specified collision in a specified time-interval.

^[4]See Letter 3, notes 5 and 6, for the meaning of the symbols.

^[5]See also the following two letters for a further development of the proof sketched here and for Lorentz's comments.

^[6] E is the quantity usually denoted by H ($\int \log f$, integrated over all momenta). Because it can be shown that this quantity never increases (the so-called H -theorem) it is often interpreted as being proportional to the negative of the entropy.

6. From Ludwig Boltzmann, 1 January 1887

Handwritten letter.

Graz, den 1. Jänner 1887 Halbärtgasse 1

Hochgeehrter Herr!

Ich erlaube mir Ihnen zu meinem letzten Briefe^[1] noch einen kleinen Nachtrag zu senden, der mir erst später einfiel. Ich wende da die Methode an, die ich im Abschnitte II meiner „weitem Studien“ vom 10. October 1872 zuerst entwickelte.^[2] Jedes Molekül soll nur im Stande sein eine endliche Anzahl von Zuständen zu durchlaufen. Die Wahrscheinlichkeit des Zustands 1 sei w_1 , die des Zustands 2 w_2 ... Die Zustände zweier Moleküle im Momente des Beginns irgend eines Zusammenstoßes seien b und c , deren gesammte Constellation in diesem Momente werde symbolisch durch (b,c) dargestellt. Die „entgegengesetzte“ Constellation,

wobei alle Coordinaten dieselben Werthe, alle Geschwindigkeiten aber das entgegengesetzte Zeichen haben, werde mit $(-b,-c)$ bezeichnet. Diejenige Constellation, welche aus (b,c) dadurch entsteht, dass die Orte der Schwerpunkte beider Moleküle vertauscht werden, während alle Geschwindigkeiten im Grösse und Richtung unverändert bleiben und auch alle Coordinaten jedes Moleküls relativ gegen dessen Schwerpunkt sich nicht ändern, heisst die der Constellation (b,c) entsprechende und werde mit (c,b) bezeichnet. Von allen überhaupt möglichen Constellationen, wobei die Schwerpunctdistanz l ist, entspricht die Hälfte einem beginnenden, die andere Hälfte einem endenden Zusammenstosse. Jede Constellation der 1. Hälfte hat in der 2. eine und nur eine entgegengesetzte Constellation, Jede Constell. der 2. Hälfte hat in der 1. Hälfte eine und nur eine entgegengesetzte

Constell.

"	"	"	1.	"	"	"	"	2.	"	"	"	"	"	entsprechende
														"
"	"	"	2.	"	"	"	"	1.	"	"	"	"	"	"
														*"

$a_{de}^{bc} w_b w_c$ sei die Wahrscheinlichkeit des Zusammenstosses $\begin{pmatrix} bc \\ de \end{pmatrix}$ welcher mit der Constellation (b,c) beginnt, mit der Constellation (d,e) endigt; die Wahrscheinlichkeit des Zusammenstosses, welcher mit derjenigen Constellation (e,d) endigt, die der Constellation (d,e) entspricht, sei $a_{fg}^{ed} w_d w_e$. Die Endconstellation des letzterwähnten Zusammenstosses ist im allgemeinen eine neue und wurde mit (f,g) bezeichnet. Nach Formel 76) und 77) meiner „weitem Studien“^[3] ist dann $a_{de}^{bc} = a_{fg}^{ed}$. An Stelle der Gleichung 70) meiner weitem Studien tritt jetzt für die Wahrscheinlichkeit w_b irgend eines Zustands b folgende Gleichung

$$\frac{dw_b}{dt} = a_{bc}^{de} w_d w_e + a_{bh}^{fg} w_f w_g + \dots - a_{mn}^{bl} w_b w_l - a_{qp}^{bp} w_b w_p - \dots \quad \text{A)}$$

Denken wir uns alle Gleichungen für alle $\frac{dw}{dt}$ aufgeschrieben und dann den Ausdruck $E' = l_1 \frac{dw_1}{dt} + l_2 \frac{dw_2}{dt} + \dots$ gebildet, wo l_1 die Bedeutung $\log w_1$ u.s.f. hat.

Irgend ein positives Glied $a_{34}^2 w_1 w_2$ der Gleichungen A) kommt in $\frac{dw_3}{dt}$ und $\frac{dw_4}{dt}$ vor und liefert daher in E' die beiden Glieder $a_{34}^2 w_1 w_2 (l_3 + l_4)$. Das Glied

*Wenn die Anfangsconstellation eines Zusammenstosses der Endconstellation eines 2. entspricht heisst der erste dem 2. entsprechend; solche werden mit $\begin{pmatrix} bc \\ de \end{pmatrix}$ und $\begin{pmatrix} ed \\ fg \end{pmatrix}$ bezeichnet. Wenn die Endconstellation des ersten der Anfangsconst. des 2. entgegengesetzt ist, heisst auch der 2. Stoss dem 1. entgegengesetzt, wie $\begin{pmatrix} bc \\ de \end{pmatrix}$ und $\begin{pmatrix} -d-e \\ -b-c \end{pmatrix}$.

$a_{34}^{21}w_1w_2$ rührt von einem Zusammenstosse $\binom{21}{34}$ her. Es muss einen diesem entsprechenden Stoss $\binom{43}{56}$ geben. Dieser liefert in $\frac{dw_3}{dt}$ und $\frac{dw_4}{dt}$ je das Glied $-a_{56}^{43}w_1w_2$ dagegen in $\frac{dw_5}{dt}$ das Glied $a_{56}^{43}w_3w_4$ in $\frac{dw_6}{dt}$ auch das Glied $a_{56}^{43}w_3w_4$. Daher liefert er in E' die Summe $a_{56}^{43}w_3w_4(l_5 + l_6 - l_3 - l_4)$. Nach dem Bewiesenen ist $a_{56}^{43} = a_{34}^{21}$. Es gibt wieder einen Stoss $\binom{65}{78}$, welcher dem Stosse $\binom{43}{56}$ entspricht. Der zuletzt genannte liefert in E' die Summe $a_{78}^{65}(l_7 + l_8 - l_5 - l_6)w_5w_6$. Fahren wir so fort, so müssen wir zu einem letzten Stosse $\binom{k\ k-1}{x\ y}$ oder L gelangen, welchem irgend einer der schon genannten $\binom{12}{34}$, $\binom{43}{56}$, $\binom{65}{78}$... entspricht, da wir eine endliche Zahl möglicher Zustände annehmen; und zwar müssen wir zu dem ersten $\binom{12}{34}$ gelangen; denn würde dem letzten Stosse L etwa der Stoss $\binom{65}{78}$ entsprechen, so müsste der Stoss L genau mit derselben Constellation enden, wie der Stoss $\binom{43}{56}$, es müsste daher ein Stoss, welcher mit der Constellation $(-5, -6)$ anfängt, sowohl mit der Constellation $(-4, -3)$ als auch mit der Constellation $(-k, -k + 1)$ enden, d.h. L müsste überhaupt mit $\binom{43}{56}$ und der L vorhergehende Stoss $\binom{k-2\ k-3}{k-1\ k}$ mit $\binom{12}{34}$ identisch sein. Es wäre also der Cyclus schon früher geschlossen. Daraus folgt, dass man je eine Gruppe von Gliedern, die in E' vorkommen, zu einem Cyclus von der Form

$$a_{34}^{21}[w_1w_2(l_3 + l_4 - l_1 - l_2)] + w_3w_4(l_5 + l_6 - l_3 - l_4) + \dots$$

$$\dots w_{k-1}w_k(l_1 + l_2 - l_{k-1} - l_k)$$

anordnen kann. Bezeichnen wir den Ausdruck in der eckigen Klammer mit $\log x$ und setzen $w_1w_2 = a$, $w_3w_4 = b$, ... $w_{k-1}w_k = p$, so ist $x = a^{p-a}b^{a-b}c^{b-c}d^{c-d} \dots p^{a-p}$. Man kann leicht beweisen, dass $x \leq 1$ ist. Denn ist $a = b$ so wird $x = a^{p-a}c^{b-c}d^{c-d} \dots p^{a-p}$. Es verwandelt sich also in einem gleichgebauten Ausdruck, der um einen Factor weniger hat. Wenn also alle Zahlen $a, b, c \dots p$ gleich sind, so ist $x = 1$, sonst können wir die gleichen wegschaffen und annehmen, es seien alle verschieden. Sei irgend eine der Zahlen $a, b, c \dots$ kleiner als ihre beiden benachbarten, also z.B. $b > c < d$, so schreiben wir $x = \left(\frac{c}{d}\right)^{b-c} a^{p-a}b^{a-b}d^{b-d} \dots p^{a-p}$. Es ist also x gleich dem ächten Bruche

$\left(\frac{c}{b}\right)^{b-c}$ multiplicirt mit einem x gleich gebautem Ausdrucke, der um einen Factor weniger hat; in letzterem Ausdrucke muss mindestens wieder eine der Zahlen $a, b, d, e, \dots o, p$ kleiner sein, als ihre beiden benachbarten, wobei o und a als dem p benachbart gelten u.s.f. So reduzirt sich x auf ein Product lauter ächter Brüche in einem Ausdruck von der Form $m^n - m n^{m-n}$, der wieder ein ächter Bruch ist. Es ist somit bewiesen, dass $E' = \frac{dE}{dt}$ negativ sein muss, wenn nicht für alle möglichen

Zusammenstösse $\left(\frac{bc}{de}\right)$ die Gleichung besteht $w_b w_c = w_d w_e$.

Mir scheint es, dass damit die Richtigkeit aller meiner Sätze aufrecht bleibt; allein mein früherer Beweis derselben war sehr mangelhaft und ich bin Ihnen für die Aufdeckung dieses Umstandes sehr dankbar. Ich bin schon sehr auf Ihr Urteil über meinen neuen Beweis gespannt^[4] und zeichne mit ausgezeichnetener Hochachtung
Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]Letter 5.

^[2]*Boltzmann 1872*; sec. II is headed "Ersetzung der Integrale durch Summen".

^[3]Eqs. (76) and (77) give expressions for the probability of collisions with initial or final variables lying in a specified range.

^[4]See Letter 7.

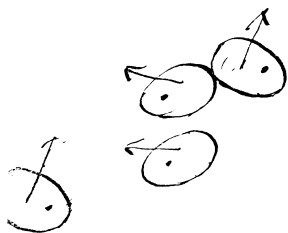
7. To Ludwig Boltzmann, 8 January 1887

Handwritten draft.

Leiden, 8 Januar 1887.

Hochgeehrter Herr,

Eine Abwesenheit einiger Tage war Ursache, dass ich Ihre beiden letzten Briefe^[1] ziemlich spät erhielt, und da ich wünschte, zuvor ruhig über den Inhalt derselben nachzudenken, kann ich Ihnen erst jetzt schreiben. Ich muss sogleich sagen, dass es nach meiner Meinung ein recht glücklicher Gedanke war, die „entsprechenden“ Zusammenstösse zu betrachten; so viel ich jetzt sehe wird in der That durch die Ihrem letzten Briefe benutzte Methode der Satz bewiesen, dass bei mehratomigen Molekülen deren Bestandtheile sich nicht von einander trennen können, nur dann Wärmegleichgewicht besteht, wenn bei jedem Zusammenstoss $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist.^[2]



Als ich Ihre Briefe zum ersten Mal las schien mir eine Schwierigkeit darin zu liegen, dass was Sie einen „entsprechenden“ Stoss nennen nicht immer ein Stoss ist. Es kann nämlich sehr gut geschehen, dass, wenn aus der Constellation *C* in welcher sich zwei Theilchen zu Ende eines Zusammenstosses befinden, durch Vertauschung der Schwerpunkte eine neue abgeleitet wird, die sich in dieser neuen

Constellation befindenden Moleküle gar nicht mit einander in Wechselwirkung treten. Wenn z.B. die Theilchen elastische feste Körper sind, bei welchen die Entfernungen der Schwerpunkte zu den verschiedenen Punkten der Oberfläche sehr verschieden sind. So können die oben erwähnten Constellationen ähnlich sein, wie ich in nebenstehender Figur angegeben habe. Und es schien mir nun, dass bei Ihrem Beweise, dass, wenn $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, eine Gruppe von Theilchen ebenso viele Moleküle gewinnt als verliert, ein Fehler daraus entstehen könnte, dass bei dem Verlust Theilchen mitgetheilt^[3] wurden, welche gar keinen Zusammenstoss erlitten haben. Doch sah ich bei weiterem Nachdenken die Unrichtigkeit dieses Bedenkens ein. Denn wenn man um den Schwerpunkt jedes Moleküls mit dem Radius *l* einen Kugel beschreibt (die „Sphäre“ des Moleküls), so kann man einerseits die Anzahl *n* der Theilchen mit einem bestimmten Bewegungszustande *A* betrachten, welche in der Zeit *dt* mit ihren Schwerpunkten in eine der Sphären eintreten, und andererseits die Anzahl *n'* der Moleküle deren Schwerpunkt in der gleichen Zeit eine der Sphären verlässt und welche dabei den Bewegungszustand *A* haben. Is dann immer $n = n'$ so besteht ganz gewiss Gleichgewicht, ganz unabhängig davon ob unter den *n* und *n'* Theilchen auch solche vorkommen, welche nicht in Wechselwirkung mit einem anderen getreten sind. In der That ist die Bedingung $n = n'$ gleichbedeutend mit der Forderung, dass gleich viel Moleküle durch einen wirklichen Zusammenstoss den Zustand *A* verlieren und annehmen, denn Theilchen deren Schwerpunkt eine Sphäre durchsetzt ohne dass es zu einem Stoss kommt sind eben bei *n* und *n'* mitgezählt.

Wie mir scheint wird die Vorstellung des Gegenstandes am einfachsten, wenn man unter Zusammenstoss den Fall versteht, dass der Schwerpunkt eines Moleküls eine Sphäre durchsetzt gleichviel ob Wechselwirkung eintritt oder nicht. Jede Schwierigkeit bei der Betrachtung fester elastischer Moleküle lässt sich auch in dieser Weise beseitigen; man kann ja den Radius der Sphäre etwas grösser wählen, als die grösste Entfernung zweier Schwerpunkte, bei welcher noch eine Berührung möglich ist.

Nachdem ich so meine eigenen Bedenken gegen Ihren ersten Brief^[4] widerlegt hatte schien es mir einen Augenblick alsob ein ähnliches Bedenken dennoch gegen Ihr zweites Schreiben erhoben werden könnte. Denn in der Reihenfolge von Stössen, welche Sie dort schildern, kann es sehr gut solche geben, welche keine eigentlichen Wechselwirkungen sind. Bei einem solchen „Stosse“ im oben angegebenen allgemeinen Sinne treten dann keine neuen Bewegungszustände auf; wenigstens erleiden nur die Phasen eine Aenderung während der Zeit in welcher der Schwerpunkt des einen Moleküls die Sphäre des anderen durchfliegt. Man kann

aber dessenungeachtet auch zu einem derartigen uneigentlichen Stosse den entsprechenden aufsuchen. In den meisten Fällen ist dieser dann wieder ein eigentlicher Stoss; ist er das nicht, so wird man doch, wie mir scheint, wenn man nur immer wieder die entsprechenden Stösse nimmt, schliesslich wieder zu eigentlichen kommen, und dadurch fängt das zeitweilig unterbrochene Fortlaufen in der von Ihnen angegebenen Folge von Zuständen wieder an.

Diese Folge ist nach Ihrem Dafürhalten ein Cyclus und in der That beruht Ihr neuer Beweis ganz darauf dass man zu einem ursprünglichen Zustande, wenn auch nicht durch einen einzigen entgegengesetzten Stoss, dennoch durch eine hinreichend lange fortgesetzte Reihe entsprechender Stösse zurückkehren können. Hier scheint mir der Uebergang von einer endlichen Zahl möglicher Zustände (bei welcher natürlich die nämlichen wieder zurückkehren müssen) zu einer unendlichen Zahl nicht ganz ohne Gefahr; wenigstens scheint es mir vorsichtiger, die Betrachtung so einzukleiden, dass sie unmittelbar für eine unendliche Zahl von Zuständen gilt. Man muss gestehen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Zurückkehren eines Stosses nicht sehr gross ist. Denn nicht nur müssen die *beiden* Theilchen wieder gleichzeitig die ursprünglichen Bewegungszustände erhalten, sondern auch für die Verbindungslinie der Schwerpunkte muss wieder die ursprüngliche Richtung auftreten.

Die Frage hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dieser, ob man in einem Raume immer nach einem bestimmten Gesetze von einem Punkte *A* zu einem andern *B* überspringend, von diesem zu einem Punkte *C*, u.s.w., schliesslich wieder den Ausgangspunkt erreicht. Wenn der Zustand eines Moleküls durch *k* Grössen bestimmt wird, und man diese Grössen für die beiden Moleküle, sowie die zwei welche die Richtung der Verbindungslinie der Schwerpunkte angeben, als die Coordinaten eines Punktes in einem Raume von $2k + 2$ Dimensionen auffasst, so wird die geometrische Frage ganz identisch mit der hier in der Gastheorie vorliegenden. Kann man sich übrigens nicht damit begnügen, dass man die Reihenfolge der entsprechenden Stösse immer weiter fortsetzend sich wohl nicht in gleichem Maasse immer weiter von dem ursprünglichen Zustand entfernt? Es scheint mir, als wäre es möglich zu zeigen, dass der Ausdruck

$$\left(\frac{b}{a}\right)^a \left(\frac{c}{b}\right)^b \left(\frac{d}{c}\right)^c \dots$$

kleiner als eins sein muss, wenn nur bei stetiger Fortsetzung die letzte Zahl sich nicht immer weiter von *a* entfernt.

Ich habe gute Hoffnung, dass es Ihnen gelingen wird, den Gegenstand vollkommen einwurfsfrei zu behandeln und wird es mich sehr freuen, wenn in dieser Weise der wichtige von Ihnen entdeckte Satz in der Gastheorie bestehen bleibt.

Erlauben Sie mir übrigens noch die Bemerkung, dass, wie Sie das schon selbst früher hervorgehoben haben, der bewiesene Satz noch nicht gleichbedeutend ist mit demjenigen, dass in einem wirklichen Gase $f = Ae^{-hE}$ ist (*E* die Energie). Zunächst ist es nicht bewiesen, dass dies die einzige Function ist, welche der Bedingung $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ genügt. Aber was mir noch wichtiger zu sein scheint, der

Satz dass Wärmegleichgewicht besteht, wenn $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, ist abgeleitet unter der nachdrücklichen Voraussetzung, dass die Moleküle nicht dissociert werden.

Zur Vereinfachung nehme ich an, es sei p die grösste innere Energie, welche ein als Ganzes bestehendes Molekül besitzen kann. Geht man nun von einem Anfangszustande aus, in welchem alle Theilchen eine Energie $< p$ haben, so wird durch die Wechselwirkung der Theilchen, wodurch eben die Grösse E abnimmt, bei einigen Molekülen eine grössere Energie auftreten. Ist dann nicht das Streben der Grösse E nach kleinere Werthen gleichbedeutend mit der Tendenz zur Dissociation und ist es nicht möglich, dass der Gleichgewichtszustand nicht durch $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ characterisirt ist, sondern in complicirter Weise als Dissociationsgleichgewicht? Ich gebe gerne zu dass in vielen Fällen die Dissociation nur in ganz geringem Grade auftreten wird, aber das kann daher rühren, dass schon eine kleine Anzahl zersetzter Moleküle einen verhältnismässig grossen Einfluss auf das Wärmegleichgewicht haben. Vielleicht gelingt es Ihnen auch mit Rücksicht auf die Dissociation die Sache noch näher zu beleuchten. Aber jedenfalls ist der Satz, dass unzersetzte Moleküle nicht in Wärmegleichgewicht sein können, wenn nicht $f_1 f_2 = f_1' f_2'$ ist, an und für sich von Wichtigkeit.

Dieser Brief ist schon so lange geworden, dass ich was ich noch weiter zu schreiben gedachte auf einige Tage verschiebe. Bei dem Beweise nämlich, den Sie in der Abhandlung über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gas-molekülen für die Gleichung (19) gegeben haben scheint mir doch das Passiren der Stelle, wo F sein Maximum hat, nicht so ganz einfach;^[5] der Umstand, dass hier E verschwindet macht eine weitere Betrachtung nöthig. Ich habe deshalb einen neuen Beweis gesucht, der glaube ich auch etwas einfacher ist und der Sie vielleicht interessirt. Ich werde denselben demnächst mittheilen.^[6]

Mit freundlichem Gruss verbleibe ich hochachtungsvoll

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Letters 5 and 6.

^[2]See Letter 3, note 6, and Letter 5, note 6, for the meaning of the symbols used here.

^[3]“mitgetheilt” should be “mitgezählt”.

^[4]The words “Nachdem ... Brief” have been crossed out and replaced by “Es scheint mir auch der Mühe werth”.

^[5]See *Boltzmann 1871*. Eq. (19) expresses the invariance for intermolecular collisions of the volume element in velocity-space. F is a function of the intermolecular distance, chosen in such a way that the beginning and end of a collision are characterized by the equality $F = b$ (b is a certain constant), while during a collision F first increases to a maximum and then decreases again to the value b .

^[6]Lorentz sent Boltzmann the proof in a letter that is now lost. The proof was added to the manuscript by Boltzmann and published as sec. IV of *Lorentz 1887a* (see Letter 8).

8. From Ludwig Boltzmann, 18 January 1887

Handwritten letter.

Graz, den 18/1 1887.

Hochgeehrter Herr!

Ihr Manuscript, sowie meine eigenen daran geknüpften Bemerkungen habe ich bereits der Wiener Academie übersandt und werden selbe am nächsten Donners- tage zur Vorlage gelangen.^[1] Der Beweis, welchen Sie in Ihrem letzten Briefe für die Gleichung 19) meiner Abhandlung über das Wärmegleichgewicht mehratomiger Gasmoleküle geben schien mir vollkommen drückfähig und ich habe ihn als Abschnitt IV unter Anbringung einiger unwesentlichen Abänderungen Ihrem Manuscripte beigefügt.^[2] Sollten Sie das nicht wünschen, so müsste ich bitten, mir sogleich zu schreiben; ich könnte ihn dann noch unterdrücken lassen. Überhaupt habe ich etliche durch unsre Correspondenz bedingte unwesentliche Abänderungen vorgenommen, die Sie dann bei der Correctur sehen werden und noch weiter verändern können.

Dass aus der Gleichung $fF = f'F'$ noch die Gleichheit der mittlern lebendigen Kraft für alle kinds of freedom nicht mit Notwendigkeit folgt, habe ich ja selbst bereits ausgesprochen und allerdings freilich in meinen spätern Abhandlungen vielleicht zu wenig hervorgehoben.

Auch die Dissociation könnte Schwierigkeiten machen; doch glaube ich das nicht nach dem, was ich in meinen Abhandlungen über die Beziehung des 2. Hauptsatzes zur Wahrscheinlichkeitsrechnung und über die monocyclischen Systeme gesagt habe. Denn alle diese Sätze über mehratomige Gase scheinen mir nur specielle Fälle der Systeme zu sein, die ich dort als „Ergoden“ bezeichnete.^[3] Daher bezweifelte ich auch die Richtigkeit meiner Sätze keinen Augenblick, als Sie deren Beweis erschütterten, sondern war überzeugt, dass es sich nur um einen neuen Beweis handle.

Es ist jetzt eine Abhandlung von mir im Drucke begriffen, worin ich Hern Taits Behauptungen entgegentrete, welche dieser phil. mag. 5 ser, vol. XXI pag 343 und Edinburgh transact XXXIII pag 65 aufstellt.^[4] Ich zeige daselbst, dass sich sowohl Avogadros Gesetz als auch das Gleichgewicht eines schweren Gases mittelst des Minimalgesetzes der Grösse E beweisen lässt,^[5] ohne die vielen Hypothesen Hrn Taits.

Da die Berichte der Wiener Academie in Deutschland nicht sehr viel gelesen werden, so möchte ich davon einen Auszug in Wiedemanns Annalen geben, worin ich gleich Ihre Vereinfachung des Minimalbeweises anbringen möchte. Es wäre sehr gut, wenn auch von Ihrer Abhandlung ein Auszug in Wiedemanns Annalen käme, wo vielleicht Ihr Beweis, dass, wenn $(A \rightarrow B)$ möglich ist, $(-A \rightarrow -B)$ im Allgemeinen nicht möglich ist^[6] und auch der Abschnitt III Ihrer Arbeit nur kurz anzudeuten wären. Ich dachte sogar schon an einen von uns beiden gemeinsam abzufassenden Auszug aller dieser Arbeiten.^[7]

Falls Sie von irgend welchen Abhandlungen von mir Separatabdrücke Wünschen, bitte ich, mir es zu schreiben; ich werde Ihnen gerne solche, so weit ich sie besitze senden. Mit ausgezeichneter Hochachtung

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]*Lorentz 1887a* and *Boltzmann 1887a* were submitted on 20 January 1887.

^[2]See Letter 7, note 6.

^[3]See, e.g., *Boltzmann 1877, 1884*. “Ergode” is Boltzmann’s term for what Gibbs later called the microcanonical ensemble.

^[4]*Boltzmann 1886; Tait 1886*. The discussion was continued in *Tait 1887a, 1887b* and *Boltzmann 1887b*. See *Brush 1976*, pp. 356–358, for a historical discussion.

^[5]See Letter 5, note 6 for the definition of *E*.

^[6]Here $(-A \rightarrow -B)$ denotes the collision inverse to $(A \rightarrow B)$. See Letter 3, note 4, for the definition of inverse collisions.

^[7]There are no summaries of Boltzmann’s and Lorentz’s papers in the *Annalen der Physik*, nor did a joint paper ever appear. *Boltzmann 1887b* makes extensive use of methods developed in *Lorentz 1887a*.

9. From Ludwig Boltzmann, 21 June 1887

Handwritten letter.

Graz, 21/6 1887 .

Hochgeehrter Herr!

Beifolgend erlaube ich mir Ihnen einige Separatabdrücke meiniger Abhandlungen zu senden und bitte Sie zugleich um einen Separatabdruck Ihrer Abhandlung über das Wärmegleichgewicht unter ein- und mehratomigen Gasmolekülen,^[1] da ich auf Ihre Resultate basierend in dieser Richtung weiter arbeiten möchte. Das Heft der Wiener Academie aber, wo diese Ihre Arbeit erschien, ist noch nicht zu bekommen. Hochachtungsvoll

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]*Lorentz 1887a*.

10. From Ludwig Boltzmann, 11 December 1887

Handwritten letter.

Graz, den 11/12 1887.

Hochgeehrter Herr!

Meinen besten Dank für Ihren letzten Brief. Von der Idee einer gemeinsamen Arbeit^[1] bin ich selbst mittlerweile abgekommen; wir sind hiezu doch allzuweit entfernt.

Für eine Zusendung eines Exemplars von Huygens Werken^[2] sage ich Ihnen im Vorhinein meinen besten Dank, ich werde darüber grosse Freude haben.

Hoffentlich wenden Sie Sich nicht ganz von der Gastheorie ab; denn diess würde ich sehr bedauern. Mit ausgezeichnete Hochachtung

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]The idea was raised in Letter 8.

^[2]Presumably the first volume of *Huygens 1888–1950*. Lorentz was a member of the editorial board of this edition.

11. From Woldemar Voigt, 25 February 1888

Handwritten letter in German script.

Göttingen d. 25/II 88

Hochgeehrter Herr College!

Dürfte ich mir wohl erlauben Sie ganz ergebenst um Mittheilung Ihrer Ansicht über die Beweiskraft der neusten Experimente von A. Michelson bezüglich der Frage, ob der Aether relativ zur Erde ruht, zu bitten?^[1] Ich habe seinerzeit in einer Arbeit,^[2] die ich auch Ihnen übersandte, nachgewiesen, dass jene Resultate negativer Art von meinem (Neumann'schen) Standpunkte^[3] *nothwendig* erscheinen und mich demgemäss gegen Herrn M. geäussert. Derselbe führt mir gegenüber in einem Briefe gerade Sie als Autorität dafür an, dass seine Experimente die relative Ruhe des Aethers *fordern*, – Grund genug auf eine directe Äusserung Ihrer Ansicht gespannt zu sein.^[4]

Mit der Bitte die Belästigung zu entschuldigen

Ihr hochachtungsvollst ergebener

W. Voigt.

^[1]See *Michelson 1881* and *Michelson and Morley 1887* for the ether-drift experiments. See, e.g., *Swenson 1972* and *Miller 1981* for historical discussions of this and related experiments to detect the motion of the Earth through the ether. Albert Abraham Michelson

(1852–1931) was Professor of Physics at the Case School of Applied Science in Cleveland, Ohio.

^[2]See *Voigt 1887b*, in which it is postulated that the motion of the ether is completely independent of the motion of the Earth. Absolute rest of the ether is explicitly not assumed.

^[3]The point of view that the ether has everywhere the same density, which allows the postulate mentioned in note 2.

^[4]See Lorentz's remarks in Letters 12 and 13.

12. To Woldemar Voigt, 4 March 1888

Handwritten draft.

Leiden, 4 März 1888

Hochgeehrter Herr College,

Von der Abhandlung über die Aberration und damit verwandte Erscheinungen, auf welche Herr Michelson sich bezieht,^[1] habe ich, wenn ich mich nicht irre, auch Ihnen früher einen Separatabdruck zukommen lassen. Für den Fall aber, dass ich dieses versäumte, oder dass er Ihnen nicht zu Hand gekommen ist, erlaube ich mir, Ihnen anbei einen neuen zu senden. Sie werden aus dieser Abhandlung ersehen, dass ich, von gewissen Voraussetzungen ausgehend, zu dem Schluss gelangte, dass zwar eine Verschiebung der Interferenzstreifen, wie sie Herr M erwartete eintreten kann, dass er aber die Grösse der Verschiebung zwei mal zu hoch angeschlagen hatte.^[2] Nach meinen Betrachtungen waren demzufolge bei seinen ersten Experimenten die Versuchsfehler zu gross um die etwa stattfindende Lagenänderung der Streifen ungetrübt hervortreten zu lassen.

Den neuen Versuchen des Herrn M^[3] gegenüber fällt diese Behauptung fort und wenn meine Theorie richtig ist, so muss bei diesen Versuchen der Aether entweder relativ zur Erde geruht haben, oder wenigstens eine kleinere relative Geschwindigkeit besessen haben als nach der Fresnel'schen Vorstellung der Fall sein wurde.^[4] In meiner Abhandlung wird nämlich, wie Sie sehen werden, auch die Möglichkeit besprochen, dass die relative Geschwindigkeit andere Werthe besitzt als jene Vorstellung sie verlangt.

Mein Schluss über das Michelson'sche Experiment weicht von dem Ihrigen ab und es interessirt mich sehr den Grund dieser Verschiedenheit aufzudecken. Habe ich einen Fehler begangen, oder sind unsere verschiedenen Resultate durch die verschiedenen Prämissen bedingt? So bald ich die Zeit gefunden habe, diese Frage ruhig zu erwägen, hoffe ich Ihnen wieder zu schreiben^[5] und es wird mich sehr freuen wenn auch Sie Ihrerseits über die Frage nachdenken wollen. Mein Wunsch, gleich jetzt ausführlich zu schreiben ist auch die Ursache, weshalb ich mit meiner Antwort eine ganze Woche zurückblieb. Leider muss ich gestehen, dass mir jetzt die Sache noch nicht ganz klar ist. Ich darf Sie aber nicht länger warten lassen.

Mit bestem Gruss
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz 1886a or its French translation Lorentz 1887c. Lorentz responds to Letter 11.

^[2]The mistake is made in Michelson 1881.

^[3]See Michelson and Morley 1887.

^[4]Fresnel's point of view is the assumption that the Earth is completely transparent for the stationary ether, so that the ether does not participate in the motion of the Earth.

^[5]See Letter 13.

13. To Woldemar Voigt, 7 March 1888

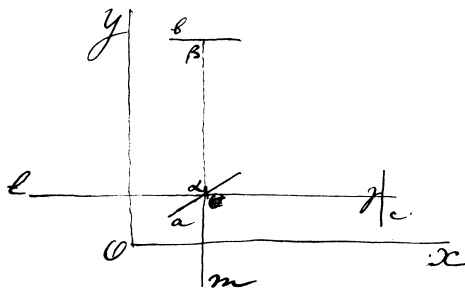
Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 7 März 1888

Hochgeehrter Herr College,

In der Abhandlung, welche ich Ihnen vor einigen Tagen zukommen liess,^[1] habe ich immer mit der relativen Bewegung des Lichtes gegen die ponderabele Materie gearbeitet. Hierdurch werden zwar die Betrachtungen erheblich vereinfacht; ich fürchtete aber, als ich das Resultat Ihrer Berechnungen über das Michelson'sche Experiment kennen lernte,^[2] dass ich irgendwo einen Fehler begangen hatte. Ich habe deshalb diesen Versuch aufs Neue berechnet und habe dabei immer die wirkliche Bewegung der Lichtwellen im Aether zu Grunde gelegt. Meine jetzige Methode schliesst sich also der von Ihnen befolgten an. Ich erlaube mir, Ihnen meine Berechnung, wodurch ich wieder zu dem früher erhaltenen Resultat gelangte, hier ausführlich mitzuthemen.

Zur Abkürzung will ich sagen, dass der Aether ruht und dass die verschiedenen Spiegel sich durch denselben bewegen. Bewegt sich auch der Aether so ändert das natürlich nur in so weit etwas an den Betrachtungen, dass man die Geschwindigkeit der Spiegel durch die relative Geschw gegen den Aether zu ersetzen hat.



Ich betrachte weiter den Spiegel a als eine geometrische Ebene, welche im Stande ist beiderseits das Licht zu reflectiren.

Ich führe die ruhenden Coordinataxen OX , OY , parallel zu $\alpha\gamma$ und $\alpha\beta$ ein und nenne X und Y die Geschwindigkeiten der Spiegel in den Axenrichtungen. Ich setze weiter V für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Aether, und

$$\frac{X}{V} = \delta, \quad \frac{Y}{V} = \varepsilon \quad (1)$$

Es sind these kleine Grössen „erster Ordnung“ und es sollen Grössen zweiter Ordnung beibehalten werden.

Ich nehme an, dass zur Zeit $t = 0$ der Punkt α des Spiegels a in O liegt; es sind dann zur Zeit t die Coordinaten von a :

$$Xt \text{ und } Yt,$$

oder

$$\delta Vt \text{ und } \varepsilon Vt.$$

Die Gleichungen der spiegelnden Flächen sind dann zur Zeit t :

$$\begin{aligned} \text{für } a : \quad & y - \varepsilon Vt = x - \delta Vt, \\ \text{oder} \quad & y = x - (\delta - \varepsilon)Vt, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{für } b: \quad y = L + \varepsilon Vt, \quad (3)$$

$$\text{" } c: \quad x = L + \delta Vt. \quad (4)$$

Dabei ist $\alpha\beta = \alpha\gamma = L$.

Es kommen nur Systeme ebener Wellen in Betracht, wenn nämlich das einfallende Licht aus solch einem Systeme besteht. Jedes derartige System wird vorgestellt durch einen Ausdruck wie

$$\rho = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x \cos \alpha + y \sin \alpha}{V} + p\right)\right)$$

wo T , α und p für die verschiedenen Systeme verschieden sind.

Das einfallende Licht pflanze sich in einer Richtung fort, welche einen kleinen Winkel mit $\iota\alpha$ bildet. Die einfallenden „relativen“ Strahlen haben nämlich immer die Richtung von $\iota\alpha$; die wahren Strahlen weichen davon um einen Winkel ab, welcher, wenn man die Glieder zweiter Ordnung nicht berücksichtigt, $= \varepsilon$ gesetzt werden kann, aber, wenn man genauer rechnen will, noch ein Glied mit $\delta\varepsilon$ enthält. Es genügt indess, diesen Winkel durch K vorzustellen, und zu berücksichtigen, dass er von der nämlichen Grössenordnung ist, wie δ und ε .

Ich setze nun für das einfallende Licht:

$$\rho_1 = a_1 \cos \frac{2\pi}{T_1} \left[t - \frac{x \cos \alpha_1 + y \sin \alpha_1}{V} \right], \quad (5)$$

für das an a nach b reflectirte

$$\rho_2 = a_2 \cos \frac{2\pi}{T_2} \left[t - \frac{x \cos \alpha_2 + y \sin \alpha_2}{V} + p_2 \right], \quad (6)$$

für das von b nach m zurückgeworfene

$$\rho_3 = a_3 \cos \frac{2\pi}{T_3} \left[t + \frac{x \cos \alpha_3 + y \sin \alpha_3}{V} + p_3 \right], \quad (7)$$

für das durch c reflectirte

$$\rho_4 = a_4 \cos \frac{2\pi}{T_4} \left[t + \frac{x \cos \alpha_4 + y \sin \alpha_4}{V} + p_4 \right], \quad (8)$$

endlich für das Licht, das hieraus durch Reflection an a entsteht

$$\rho_5 = a_5 \cos \frac{2\pi}{T_5} \left[t + \frac{x \cos \alpha_5 + y \sin \alpha_5}{V} + p_5 \right]. \quad (9)$$

Die Winkel α_1 und α_4 sind sehr klein, die Winkel α_2 , α_3 und α_5 sehr wenig von $\frac{1}{2}\pi$ verschieden. Ich setze:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= K \\ \alpha_2 &= \frac{1}{2}\pi - \eta \\ \alpha_3 &= \frac{1}{2}\pi - \eta' \\ \alpha_4 &= \eta'' \\ \alpha_5 &= \frac{1}{2}\pi - \eta''' \end{aligned} \quad (10)$$

Dabei sind K , η , η' , η'' und η''' alle Grössen erster Ordnung.

K ist positiv. Das Zeichen der vier anderen Grössen geht aus der Berechnung hervor.

Wir haben nun die Bedingungen, dass bei jeder Reflexion die Bogen, deren Cosinus in den Ausdrücken für das einfallende und reflectirte Licht vorkommen, an der spiegelnden Fläche übereinstimmen müssen, also einander gleich werden müssen, wenn man eine der Coordinaten aus der Gleichung der Fläche substituirt. Die Bedingungen sind:^[3]

$$\begin{aligned} \frac{1}{T_2} \left[t - \frac{x(\cos \alpha_2 + \sin \alpha_2)}{V_2} + (\delta - \varepsilon)t \sin \alpha_2 + p_2 \right] &= \\ &= \frac{1}{T_1} \left[t - \frac{x(\cos \alpha_1 + \sin \alpha_1)}{V_1} + (\delta - \varepsilon)t \sin \alpha_1 \right] \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{T_3} \left[t + \frac{x \cos \alpha_3 + L \sin \alpha_3}{V_3} + \varepsilon t \sin \alpha_3 + p_3 \right] &= \\ &= \frac{1}{T_2} \left[t - \frac{x \cos \alpha_2 + L \sin \alpha_2}{V_2} - \varepsilon t \sin \alpha_2 + p_2 \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{T_4} \left[t + \frac{L \cos \alpha_4 + y \sin \alpha_4}{V_4} + \delta t \cos \alpha_4 + p_4 \right] &= \\ &= \frac{1}{T_1} \left[t - \frac{L \cos \alpha_1 + y \sin \alpha_1}{V_1} - \delta t \cos \alpha_1 \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{T_5} \left[t + \frac{x(\cos \alpha_5 + \sin \alpha_5)}{V_5} - (\delta - \varepsilon)t \sin \alpha_5 + p_5 \right] &= \\ &= \frac{1}{T_4} \left[t + \frac{x(\cos \alpha_4 + \sin \alpha_4)}{V_4} - (\delta - \varepsilon)t \sin \alpha_4 + p_4 \right]. \end{aligned} \quad (14)$$

Hieraus findet man zunächst:

$$\frac{\cos \alpha_2 + \sin \alpha_2}{1 + (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_2} = \frac{\cos \alpha_1 + \sin \alpha_1}{1 + (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_1}, \quad (11')$$

$$\frac{\cos \alpha_3}{1 + \varepsilon \sin \alpha_3} = -\frac{\cos \alpha_2}{1 - \varepsilon \sin \alpha_2}, \quad (12')$$

$$\frac{\sin \alpha_4}{1 + \delta \cos \alpha_4} = -\frac{\sin \alpha_1}{1 - \delta \cos \alpha_1}, \quad (13')$$

$$\frac{\cos \alpha_5 + \sin \alpha_5}{1 - (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_5} = \frac{\cos \alpha_4 + \sin \alpha_4}{1 - (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_4}, \quad (14')$$

woraus der Reihe nach folgt:

$$\begin{aligned} \eta &= (K + \delta - \varepsilon) + K(\delta - \varepsilon) + \frac{1}{2}(\delta - \varepsilon)^2, \\ \eta' &= -(K + \delta - \varepsilon) - K(\delta - \varepsilon) - \frac{1}{2}(\delta - \varepsilon)^2 - 2\varepsilon(K + \delta - \varepsilon), \\ \eta'' &= -K - 2K\delta, \\ \eta''' &= -(K + \delta - \varepsilon) - K(\delta + \varepsilon) + \frac{1}{2}(\delta - \varepsilon)^2. \end{aligned} \quad (15)$$

Zur Bestimmung der Schwingungszeiten findet man aus (11)–(14)

$$\frac{1}{T_2} [1 + (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_2] = \frac{1}{T_1} [1 + (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_1], \quad (11'')$$

$$\frac{1}{T_3} [1 + \varepsilon \sin \alpha_3] = \frac{1}{T_2} [1 - \varepsilon \sin \alpha_2], \quad (12'')$$

$$\frac{1}{T_4} [1 + \delta \cos \alpha_4] = \frac{1}{T_1} [1 - \delta \cos \alpha_1], \quad (13'')$$

$$\frac{1}{T_5} [1 + (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_5] = \frac{1}{T_4} [1 - (\delta - \varepsilon) \sin \alpha_4], \quad (14'')$$

oder:

$$\frac{1}{T_2} [1 + (\delta - \varepsilon)] = \frac{1}{T_1} [1 + (\delta - \varepsilon)K],$$

$$\frac{1}{T_3} [1 + \varepsilon] = \frac{1}{T_2} [1 - \varepsilon],$$

$$\frac{1}{T_4}[1 + \delta] = \frac{1}{T_1}[1 - \delta],$$

$$\frac{1}{T_5}[1 - (\delta - \varepsilon)] = \frac{1}{T_4}[1 - (\delta - \varepsilon)\eta''].$$

Hieraus folgt

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1}[1 - (\delta - \varepsilon) + (\delta - \varepsilon)^2 + (\delta - \varepsilon)K],$$

$$\frac{1}{T_3} = \frac{1}{T_1}[1 - (\delta + \varepsilon) + (\delta^2 + \varepsilon^2) + (\delta - \varepsilon)K], \quad (16)$$

$$\frac{1}{T_4} = \frac{1}{T_1}[1 - 2\delta + 2\delta^2],$$

$$\frac{1}{T_5} = \frac{1}{T_1}[1 - (\delta + \varepsilon) + (\delta^2 + \varepsilon^2) + (\delta - \varepsilon)K].$$

mithin

$$T_5 = T_3. \quad (17)$$

Schliesslich folgt aus (11)–(14) für die Phasen:

$$p_2 = 0, \quad (11''')$$

$$\frac{p_3}{T_3} + \frac{L}{T_3V}\sin\alpha_3 = -\frac{L}{T_2V}\sin\alpha_2, \quad (12''')$$

$$\frac{p_4}{T_4} + \frac{L}{T_4V}\cos\alpha_4 = -\frac{L}{T_1V}\cos\alpha_1, \quad (13''')$$

$$\frac{p_5}{T_5} = \frac{p_4}{T_4}, \quad (14''')$$

also:

$$\frac{p_3}{T_3} = -\frac{L}{T_1V}[2 - 2\delta - K^2 + (\delta^2 + \varepsilon^2)], \quad (18)$$

$$\frac{p_5}{T_5} = -\frac{L}{T_1V}[2 - 2\delta - K^2 + 2\delta^2].$$

Die interferierenden Wellensysteme sind (7) und (9). Dieselben haben nach (17) die gleiche Schwingungszeit; nach (15) ist aber die Fortpflanzungsrichtung nicht vollkommen dieselbe. Man hat nämlich:

$$\alpha_5 - \alpha_3 = \eta' - \eta''' = \varepsilon^2 - \delta^2.$$

In irgend einem Punkte von αm , etwa in der Entfernung D von α hat man

$$x = \delta Vt, \quad y = \varepsilon Vt - D$$

Die Ausdrücke (7) und (9) werden also in diesem Punkt

$$p_3 = a_3 \cos \frac{2\pi}{T_3} \left[t + (\delta \cos \alpha_3 + \varepsilon \sin \alpha_3)t - \frac{D \sin \alpha_3}{V} + p_3 \right],$$

$$\rho_5 = a_5 \cos \frac{2\pi}{T_5} \left[t + (\delta \cos \alpha_5 + \varepsilon \sin \alpha_5) t - \frac{D \sin \alpha_5}{V} + p_5 \right].$$

Die eingeklammerten Grössen sind, wenn man Glieder 3ter Ordnung vernachlässigt

$$t + (\delta \eta' + \varepsilon) t - \frac{D(1 - \eta'^2/2)}{V} + p_3$$

und

$$t + (\delta \eta''' + \varepsilon) t - \frac{D(1 - \eta'''^2/2)}{V} + p_5,$$

und, da der Unterschied zwischen η und η''' eine Grösse zweiter Ordnung ist, kann man hier η''' durch η' ersetzen. Daraus geht hervor dass die Phasendifferenz, in Wellenlängen oder Schwingungszeiten ausgedrückt

$$\frac{p_3}{T_3} - \frac{p_5}{T_5}$$

beträgt, also nach (18):

$$\frac{L}{T_1 V} (\delta^2 - \varepsilon^2).$$

Hierbei hängt eigentlich T_1 noch von der Geschwindigkeit X ab. Man darf aber, wegen des Factors $(\delta^2 - \varepsilon^2)$ T_1 durch die eigene Schwingungszeit T der Lichtquelle ersetzen. Die Phasendifferenz wird also:

$$\frac{L}{TV} (\delta^2 - \varepsilon^2).$$

Ist g die Geschwindigkeit der Erde (relativ gegen den Aether), so wird bei den zwei Positionen, welche bei dem Michelson'sche Versuche vorkommen, das eine Mal

$$\delta = \pm \frac{g}{V}, \quad \varepsilon = 0,$$

das andere Mal

$$\delta = 0, \quad \varepsilon = \pm \frac{g}{V}.$$

Die Aenderung, welche die Phasendifferenz durch die Rotation des Apparates erleidet, wird also:

$$2 \frac{L}{TV} \cdot \frac{g^2}{V^2},$$

was ich das auch früher gefunden habe.

Ist these Berechnung richtig, so muss in Ihren Betrachtungen irgendwo ein kleiner Fehler versteckt sein. In der That kann ich mich mit einigen Punkten in denselben nicht unmittelbar vereinigen.

1. Ist es wohl richtig, dass die Wellen (S. 58) parallel bc den Weg^[4]

$$L_1 \left(1 + \frac{\Omega_{n_1}}{v} \right)$$

zurücklegen müssen? Wenn die Wellen mit der Geschwindigkeit v von α (in meiner Figur) ausgehen, während β mit der Geschwindigkeit Ω_{n_1} zurückweicht, so wird die Zeit, welche die Wellen brauchen um β zu erreichen

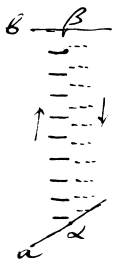
$$\frac{L_1}{v - \Omega_{n_1}}$$

und der in Wirklichkeit durchlaufene Weg

$$\frac{L_1 v}{v - \Omega_{n_1}} = L_1 \left[1 + \frac{\Omega_{n_1}}{v} + \left(\frac{\Omega_{n_1}}{v} \right)^2 \right].$$

2. Haben Sie auch berücksichtigt, dass die Wellen nicht immer parallel $\alpha\beta$ von a nach b gehen, und dass, wenn man Grössen 2ter Ordnung behält, der zurückgelegte Weg nicht durch seine Projection auf $\alpha\beta$ ersetzt werden darf?

3. Ich glaube nicht, dass es richtig ist, die *zurückgelegten Wege* durch die *Wellenlängen* zu dividiren. Bei der Reflexion wird jedesmal die Schwingungszeit geändert und damit auch die Wellenlänge. Letztere ist dann die Entfernung in welcher die Oerter gleicher Phase im Aether von einander liegen, und zwar in einem bestimmten Augenblick.



Es können z.B. in irgend einem Momente diese Oerter liegen, wie in nebenstehender Figur, wo die vollgezogenen Linien sich auf das Licht beziehen, welches von a nach b geht, die gestrichelten auf das an b reflectirte Licht. Um nun die Phasendifferenz der beiden Wellensysteme in α zu bestimmen hat man nur zu zählen, wie viele Wellenlängen in der Figur stehen. Dazu hat man aber die *wirkliche* Distanz $\alpha\beta$ zuerst durch die eine, dann durch die andere Wellenlänge zu dividiren.

Will man mit den zurückgelegten Wegen arbeiten, so hat man durch die Geschwindigkeiten zu dividiren. Man erhält dann die Differenz der Zeiten, welche die Schwingungen für die beiden Wege von der Lichtquelle nach dem Interferenzpunkte brauchen und reducirt dann schliesslich auf die Schwingungszeit, wie dieselbe am Interferenzpunkte ist.

Diese Bemerkungen können indessen auf ein Missverstehen meinerseits beruhen und möchte ich Sie nur Ihrem Urtheile unterwerfen. Es wird mich sehr freuen jetzt auch Ihre nähere Meinung über den Gegenstand zu vernehmen.^[5]

Mit bestem Gruss verbleibe ich hochachtungsvoll
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 12, in particular note 1.

^[2]See Letter 11, in particular note 2, for more on Voigt's calculations.

^[3]In eqs. (11)–(14) $V_1 \dots V_5$ should be V .

^[4]In the expression below Ω is the velocity (with respect to the ether) of one of the mirrors in the Michelson-Morley experiment. The page number refers to Lorentz's offprint of *Voigt 1887b*; it is p. 174 in the journal version.

^[5]See Letters 14 and 15 for Voigt's response.

14. From Woldemar Voigt, 15 March 1888

Handwritten postcard in German script. On the message side has the text “Pension Weiss. Castellamare di Stabia” is printed.

15/III 88

Hochgeehrter Herr College!

Von Göttingen aus erhalte ich die Nachricht, dass Sie eine ausführliche Untersuchung der angeregten Frage an mich abgesandt haben,^[1] nachdem ich zuvor schon Ihren freundlichen Brief^[2] nachgeschickt erhalten. Ich danke Ihnen bestens für Ihre grosse Güte und bitte freundlichst zu entschuldigen, wenn ich meinerseits erst nach der Rückkehr nach Göttingen antworte.^[3] Nur das Eine hebe ich hervor, dass der Widerspruch zwischen unseren Resultaten mir sehr begreiflich ist, da wir — gemäss den verschiedenen *Anschauungen* — ganz verschiedene *Grenzbedingungen* für Reflexion u. Brechung haben. Ich habe Herrn M.s neuste Resultate als Bestätigung der meinigen betrachtet.

Hochachtungsvollst Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 13.

^[2]Letter 12.

^[3]See Letter 15.

15. From Woldemar Voigt, 15 May 1888

Handwritten letter in German script.

Göttingen d. 15/V 1888.

Hochverehrter Herr College!

Von meiner Reise zurückgekehrt habe ich nach Erledigung der angehäuften Geschäfte sogleich Ihre Mittheilungen genau studirt^[1] und muss mich für vollständig geschlagen bekennen — in unbegreiflicher Weise habe ich $L\left(1 \pm \frac{g}{v}\right)$ statt

$L\left(1 \mp \frac{g}{v}\right)$ für den zurückgelegten Weg der Lichtwellen benutzt und dadurch das falsche Resultat erhalten. — Auch was ich aus Italien über die Verschiedenheit der Grenzbedingungen schrieb, war irrig. Ich entsann mich, dass in den Grenzgleichungen, die Herr Ketteler benutzt, der ja die verschiedene Geschwindigkeit des Aethers in den verschiedenen Medien einführt,^[2] andere Geschwindigkeitscomponenten auftreten und glaubte, dass sich auch die Differenz zwischen unsern

Resultaten ähnlich aus der Verschiedenheit der benutzten Grundvorstellungen erklären werde.

Es thut mir recht leid, dass ich Ihnen unnöthige Mühe gemacht habe, aber Sie werden begreifen, dass mein (falsches) Resultat, das eine grosse Schwierigkeit der Theorie in so einfacher Weise zu erledigen schien, mir im hohen Grade werthvoll schien!

Wollen Sie freundlichst nun nicht wegen des einen Fehlers meine ganze Untersuchung verwerfen — meines Erachtens wird kein anderes der erhaltenen Resultate durch diesen einen Fehler tangirt.

Scheint nämlich auch das neuste Experiment von Herrn Michelson zu beweisen, dass die Erde den Aether *zum Theil mitnimmt* — obgleich ich zum vollen Beweis noch eine im Winter gemachte Messungsreihe für nöthig erachten würde, — so bleibt doch für die Erklärung des Fizeau'schen, von Michelson wiederholten Experimentes die Schwierigkeit unverändert.^[3] Denn wengleich mit den Sätzen der Elasticitätstheorie vereinbar ist, dass die Geschwindigkeit des Aethers in *planetarischen* Entfernungen variirt, so kann ich doch erhebliche Unterschiede in den *uns zugänglichen* Räumen, z.B. in den beiden Röhren des Fizeau'schen Apparates, nicht für annehmbar halten. Ich glaube daher, dass man die Annahme nicht entbehren kann, dass die bewegten ponderablen Theile anders auf den Aether wirken als die ruhenden — und eben die hiefür nach dem Princip der Energie zulässigen Gesetze habe ich untersucht.^[4]

Mit hochachtungsvollem Gruss

Ihr ganz ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letters 12 and 13.

^[2]See, e.g., *Ketteler 1873*.

^[3]See *Michelson and Morley 1886*, which presents measurements of the speed of propagation of light in streaming water that confirm the existence of the so-called Fresnel dragging coefficient. Apart from assuming the ether to be stationary, Fresnel had postulated that light propagating in a transparent medium that is moving through the ether is dragged along by

the medium by a fraction of $1 - \frac{1}{n^2}$ of the speed of the medium with respect to the ether (n

is the index of refraction). The experiment was a repetition of an earlier very similar experiment by Hippolyte Fizeau (*Fizeau 1851*). See, e.g., *Laue 1911* (or later editions) for a discussion.

^[4]In *Voigt 1887b*.

16. To Ludwig Boltzmann, 16 December 1890

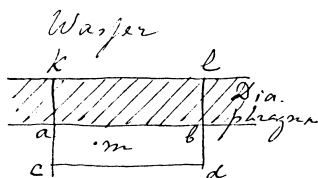
Handwritten letter (private collection).

Leiden 16 December 1890.

Hochgeehrter Herr,

Während ich selbst mit einem für die Zeitschrift f. physik. Chemie bestimmten Aufsätze über die Molekulartheorie verdünnter Lösungen beschäftigt war^[1] las ich Ihre Abhandlung über den osmotischen Druck.^[2] Da der darin gegebene Beweis mir nicht ganz einwurfsfrei scheint erlaubte ich mir meinem Manuscripte einige Bemerkungen darüber hinzuzufügen. Ich beeile mich indessen, Ihnen eine Abschrift derselben zu senden; wenn ich mich geirrt haben möchte kann ich sie noch ehe meine Abhandlung gedruckt wird zurücknehmen und wenn das nicht nöthig ist, wünschen Sie vielleicht sogleich in der Zeitschrift zu antworten und wenn Sie es für zweckmässig halten, eine Vervollständigung Ihres Beweises zu geben.^[3]

Sie erlauben mir wohl, dass ich Ihnen in aller Kürze auch meine Behandlung des Gegenstandes mittheile, welche den letzten Abschnitt meiner Abhandlung bildet,^[4] nachdem ich vorher den Einfluss äusserer Kräfte auf die Concentration, die Verdampfung und den Gefrierpunkt besprochen habe. Was nun den osmotischen Druck betrifft, war ich bemüht an ein Paar Beispielen zu zeigen, dass jede Hypothese, welche die Semipermeabilität erklärt, folgerichtig durchgeführt auch von der Druckdifferenz Rechenschaft giebt. Das erste Beispiel thut jetzt nicht zur Sache.^[5] Im zweiten setze ich voraus, 1. dass das Diaphragma von einigen sehr feinen Poren durchzogen ist, welche zusammen nur einen zu vernachlässigenden Bruchtheil vom Volumen des Diaphragma einnehmen, 2. dass das Diaphragma auf die Salzmoleküle nicht anziehend wirkt und auf die Wassermoleküle nur in Distanzen, welche sehr klein sind gegen den Radius ρ der Wirkungssphäre für die Anziehung Wasser-Salz, 3. dass auch die grösste Entfernung, in welcher die Wassertheilchen auf einander wirken, sehr viel kleiner als ρ ist, 4. dass das Diaphragma wenigstens die Dicke ρ hat.



Das Wasser hat nun bis zur Ebene ab die gewöhnliche Dichtigkeit; da aber ein Salzmolekül m von dem Wasser nach unten gezogen wird, muss in der äussersten Schicht $abcd$ der Lösung die Concentration nach dem Diaphragma hin abnehmen. Ich nehme an, dass dieses so weit geht, dass an der Ebene ab die

Concentration verschwindend klein wird und erkläre somit die Undurchlässigkeit des Diaphragma für das Salz aus dem Umstande, dass die Salztheilchen, von dem Wasser zurückgezogen, die Wand nicht erreichen können.

Es sei cd eine Ebene, welche durch die höchsten Punkte geht, wo die Concentration den gleichen Werth hat wie im Innern und es sei Z die nach unten gerichtete Kraft, welche das Wasser auf das im Cylinder $abcd$ (Grundfläche $ab = 1$) befindliche Salz ausübt. Durch Betrachtungen, welche den von Ihnen mitgetheilten ähn-

lich sind, findet man dass im Gleichgewichtszustande diese Kraft Z dem kinetischen Drucke K an der Ebene cd gleich sein muss. Kinetischer Druck nenne ich nämlich die Aenderung der Bewegungsgrösse der im Cylinder $abcd$ enthaltenen Salzmoleküle, welche durch den Austausch von Molekülen an der Wand cd hervorgebracht wird.

Durch Betrachtungen, welche ich hier übergehe, habe ich noch bewiesen, oder wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Kraft Z ganz aus Attractionskräften zusammengesetzt ist, und dass die bei den Zusammenstössen auftretenden Kräfte keinen Beitrag zu Z liefern.^[6]

Wäre der Raum oberhalb der Ebene ab mit reinem Wasser gefüllt, so würde die Anziehung, welche ein Salzmolekül m im Ganzen von der Flüssigkeit erleidet einen so kleinen Werth haben, dass man wenn die Lösung eine unendlich kleine Concentration hat, die Kraft, welche auf die Salzmenge im Cylinder wirken würde, als eine Grösse zweiter Ordnung vernachlässigen kann. Man sieht daraus dass auch die Anziehung zwischen einer Wassermasse über ab und dem Salze unterhalb dieser Ebene für die Flächeneinheit berechnet den Werth K haben würde.

Die in den Poren des Diaphragma liegenden Wassertheilchen werden nun von dem in der Grenzschicht zurückgebliebenen Salze nach unten gezogen und zwar so lange bis der Druck an der Ebene ab (wo sich nur reines Wasser befindet) der Druck an der Seite kl um einen gewissen Betrag übertrifft. Diese Differenz ist der osmotische Druck.

Befinden sich in einem Diaphragma so weite Canäle, dass man auf die in denselben liegende Flüssigkeit die Gesetze der Hydrostatik anwenden kann, so ist es leicht die Druckdifferenz anzugeben, welche durch äussere Kräfte normal zur Wand hervorgerufen wird. Man denke sich nämlich in der Wand ein Loch $abkl$ (Fläche $ab = 1$). Die Kraft, welche auf eine dieses Loch füllende Flüssigkeitsmasse wirken würde, giebt uns die gesuchte Druckdifferenz. Wendet man diesen Satz auch auf den vorliegenden Fall an, obgleich jetzt vielleicht die Poren nur wenige Wassermoleküle enthalten können, so findet man für den osmotischen Druck gerade den Werth K .

Dass übrigens diese Anwendung gerechtfertigt ist, lässt sich ableiten aus dem mit dem zweiten Gesetze der Thermodynamik zusammenhängenden Satze dass ein System von Molekülen unter dem Einflusse äusserer Kräfte, für welche ein Potential besteht, einen Gleichgewichtszustand annimmt. Ein solcher Zustand muss auch eintreten, wenn in eine äusseren Kräften unterworfenen Fl. senkrecht zu der Richtung der Kräfte ein Diaphragma gestellt wird, dass in der einen Hälfte weite Canäle, in der anderen Hälfte beliebig feine Poren besitzt. Es muss aber im Gleichgewichtszustande die Druckdifferenz zwischen den beiden Seiten des Diaphragma an allen Stellen den gleichen Werth haben.

Obiges wird genügen um Ihnen zu zeigen, inwiefern unsere Behandlungsweisen des Problems von einander verschieden sind. Es wird mich sehr freuen, wenn sie die Güte haben wollen, mir Ihre Meinung über die von mir gemachten Bemerkungen mitzuthemen.

Seit ich Ihnen das letzte Mal schrieb sind Sie nach München übergesiedelt.^[7] Meine besten Wünsche zum neuen Arbeitsfelde.

Wir sind jetzt fertig mit dem dritten Bande des „Oeuvres complètes de Huygens“^[8] und hoffe ich Ihnen in einigen Wochen ein Exemplar zukommen zu lassen.

Mit freundlichem Gruss
Ihr ganz ergebener

H.A. Lorentz

^[1]The manuscript of *Lorentz, 1891a*.

^[2]*Boltzmann 1890*.

^[3]Lorentz's criticism was printed as an addition to *Lorentz, 1891a*; see Letter 20 for its text. In response, Boltzmann wrote a correction to his paper (*Boltzmann 1891*), which appeared immediately following Lorentz's paper.

^[4]In the last section of his paper (headed "Druckdifferenz bei semipermeabeln Wänden") Lorentz, like Boltzmann in his paper, considers a system in which a semipermeable membrane separates a dilute salt-solution from a quantity of pure solvent.

^[5]In the first example (sec. 19) the membrane is idealized to a mathematical surface that only the molecules of the solvent can pass. For this case Van 't Hoff's law for the osmotic pressure is easily derived.

^[6]Lorentz uses an argument in which the attractive intermolecular forces are replaced by equivalent external forces (see sec. 10 of the paper).

^[7]Since August 1890 Boltzmann had been Professor of Theoretical Physics in Munich.

^[8]The third volume of *Huygens 1888–1950*.

17. From Ludwig Boltzmann, 21 December 1890

Handwritten letter.

München, den 21/12 1890

Hochgeehrter Herr College!

Schon an dem Poststempel und der Handschrift erkannte ich, dass der Brief^[1] von Ihnen stammt und hatte eine Freude. Freilich bedeutet jeder Brief von Ihnen einen von mir gemachten Fehler; allein ich lerne dabei immer so viel, dass ich fast wünschen möchte noch mehr Fehler zu machen, um von Ihnen noch mehr Briefe zu erhalten.

Auch diesmal haben Sie vollständig recht und ich bitte Sie jedenfalls den Zusatz zu Ihrer Abhandlung, auf derer vollständiges Erscheinen ich mich schon freue* drucken zu lassen.^[2] Höchstens möchte ich Sie vielleicht ersuchen statt der Worte

„Ganz gelungen scheint mir der gegebene Beweis nicht zu sein.“
etwa zu setzen

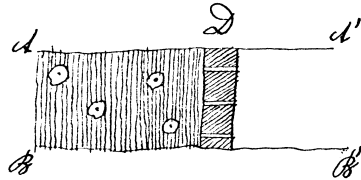
*Gerade solche specielle Beispiele sind ja enorm wichtig, da man daran die Richtigkeit aller allgemeinen Schlüsse erproben kann.

„Ein Schritt seines Beweises scheint mir jedoch unzureichend begründet zu sein.“^[3]

denn gerade durch meine Uebersiedlung nach München und Ablehnung nach Berlin^[4] habe ich mich sehr den Pfeilen der leider in Deutschland zahlreichen wissenschaftlichen Klatschbasen exponirt, welche um so mehr an der Form hängen, je weniger sie vom Inhalte verstehen.

Was glauben Sie, könnte mein Beweis nicht in der folgenden Weise streng gemacht werden?^[5]

„Sei $AA'BB'$ das in meiner Abhandlung fingirte cylindrische Gefäss, D das Diaphragma, in welchem ich mir wenige sehr enge Kanäle denke. Rechts davon soll sich reine Flüssigkeit befinden. Links sollen die Punkte die Centra der Salzmoleküle und die



um dieselben gezogenen Curven diejenigen Gebiete darstellen, in denen die Beschaffenheit der Flüssigkeit durch deren Anwesenheit modificirt ist. Ich setze voraus, dass die Summe aller dieser Gebiete ein Volumen liefert, welches klein gegen das in der Zeichnung vertikal schraffirte Volumen desjenigen Theils der Flüssigkeit ist, welcher durch die Anwesenheit der Salzmoleküle in seiner Beschaffenheit gar keine Modification erlitten hat. Diese Annahme, nicht bloss die, dass die Distanz zweier benachbarter Salzmolekülcentra gegen die zweier benachbarter Flüssigkeitsmolekülcentra sehr gross ist, scheint mir zum Beweise des Van 't Hoff'schen Satzes nöthig zu sein und da ich sie in meiner Abhandlung nicht in die Rechnung einführte, konnte ich zu keinem einwurfsfreien Beweise gelangen.

Nach der Poisson-van der Waalsschen Theorie herrscht im Innern jeder Flüssigkeit ein Spannungs- oder besser Compressionszustand, der durch die auf die Oberfläche wirkenden Kräfte bestimmt ist. Die gesammte Kraft nun, welche die Moleküle linken Seite des Diaphragmas auf die anliegenden Flüssigkeitsmoleküle ausüben und zwar in der Richtung von rechts nach links, heisse D_f' , die Kraft, welche die Moleküle der rechten Seite des Diaphragmas in der Richtung von links nach rechts auf die anliegenden rechts vom Diaphragma befindlichen Flüssigkeitsmoleküle ausüben heisse D_f'' . Dann kommen zu dem durch die Flüssigkeitsoberfläche selbst bestimmten Spannungs- oder Compressionszustande auf der rechten Seite noch D_f'' , auf der linken noch $D_f' + S_f$ hinzu, wobei S_f die Kraft ist, welche die beim Diaphragma in die Nähe der Flüssigkeitsgrenze gelangenden Salzmoleküle auf die Flüssigkeit von rechts nach links ausüben. Da die Flüssigkeit in den Kanälen vollkommen beweglich ist, so muss, damit die Flüssigkeit durch dieselben weder nach der einen noch nach der andern Seite ströme, der Compressionszustand im Innern der Flüssigkeit rechts vom Diaphragma gleich dem Compressionszustande sein, der im Innern der vertikal schraffirten Flüssigkeitsmasse herrscht, also $S_f + D_f' = D_f''$. Nun ist aber $D_f' - D_f''$ die gesammte Kraft D_f welche das Diaphragma auf die gesammte Flüssigkeitsmasse ausübt, womit die von Ihnen beanständete Gleichung $S_f + D_f = 0$ bewiesen ist. Der Einfluss der Stelle, wo das Diaphragma durch die Kanäle unterbrochen ist, kann die Richtigkeit dieser Schlüsse nicht stören, da die Zahl der Kanäle beliebig klein gewählt

werden kann. Es genügt sogar schon ein einziger ausserordentlich feiner, für das Salz impermeabler, für die Flüssigkeit aber vollkommen permeabler Kanal.”

Es würde mich sehr freuen, wenn Sie mir recht bald Ihre Ansicht über das vorstehende brieflich mittheilen würden;^[6] vielleicht gelangen wir dann doch zusammen bald zum ganz allgemeinen Beweise.

Mit ausgezeichnetener Hochachtung und den herzlichsten Grüßen
Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]Letter 16.

^[2]See Letter 16, note 3.

^[3]This suggestion was taken over by Lorentz in *Lorentz 1891a*.

^[4]In 1888 Boltzmann had cancelled his appointment as Gustav Kirchhoff's successor in Berlin at the last moment. See, e.g., *Jungnickel and McCormmach 1986*, p. 149, for a historical account.

^[5]See Letter 18 for yet another proof.

^[6]See Letter 19.

18. From Ludwig Boltzmann, 26 December 1890

Handwritten letter.

München, den 16/12 1890

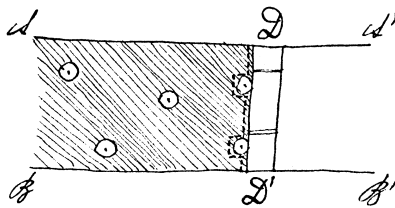
Hochgeehrter Herr!

Meine letzhin Ihnen übersandte Notiz war, wenn ich nicht irre, in deutscher Currentschrift geschrieben, welche Sie vielleicht nur schwer lesen können.^[1] Ich liess sie daher nochmal in Lateinschrift abschreiben und auch stilistisch einiges verändern und erlaube mir, Ihnen die Abschrift nochmals zu übersenden.^[2] Ich bin doch begierig, ob der allgemeine Beweis noch gelingt oder ob er unmöglich ist.

Mit ausgezeichnetener Hochachtung
Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

Herr H. A. Lorentz hatte die Güte mir Einwände gegen meine Begründung der Gleichung $S_f + D_f = 0$ brieflich mitzutheilen. Ich gebe die Berechtigung dieser Einwände zu und ersetze meine Beweisführung durch die folgende: Sei $AA'BB'$ das von mir pag. 476 fingirte Gefäss, DD' das Diaphragma, in welchem ich mir sehr wenige, sehr enge Kanäle denke. Rechts davon soll sich reine Flüssigkeit befinden, links sollen die Punkte die natürlich in fortwährender Bewegung begriffenen Centra der Salzmoleküle und die um diesel-



ben gezogenen Curven diejenigen Gebiete G darstellen, wo die Beschaffenheit der Flüssigkeit durch die Anwesenheit der Salzmoleküle modificirt ist. Ich setze voraus, dass die Summe der Gebiete G noch immer klein gegenüber dem in der Zeichnung schraffirten Volumen desjenigen Theiles der links vom Diaphragma befindlichen Flüssigkeit ist, welcher durch die Anwesenheit der Salzmoleküle in seiner Beschaffenheit gar keine Modifikation erlitten hat. Diese Annahme, nicht bloss die, dass die Distanz zweier benachbarter Salzmolekülcentra gegen die zweier benachbarter Flüssigkeitsmolekülcentra sehr gross ist, scheint mir zum Beweise des van 't Hoff'schen Satzes nothwendig zu sein. Sei P der Druck, welchen die rechts vom Diaphragma befindliche Flüssigkeit auf die Flächeneinheit ausübt, also auch der Druck, welcher auf jedem Flüssigkeitsquerschnitte lastet, da wir voraussetzen, dass der Querschnitt des zylindrischen Gefässes den Flächeninhalt 1 hat; dann muss derselbe Druck auch auf die rechte Begrenzungsfläche des Diaphragmas von der Flüssigkeit ausgeübt werden. Es ist also D_f' d.h. die gesammte Kraft, welche die Moleküle der rechten Seite des Diaphragmas auf die anliegende Flüssigkeit in der Richtung von links nach rechts ausüben gleich gross P . Eine Correction wegen der Poren des Diaphragmas ist hiebei nicht nothwendig da dieselben sehr wenig zahlreich und sehr enge vorausgesetzt wurden, ja sogar ein einziger sehr enger für das Salz impermeabler für die Flüssigkeit dagegen vollkommen permeabler Canal hinreicht. Damit die Flüssigkeit im Canale weder nach der einen noch nach der andern Richtung ströme, ist nothwendig, dass derselbe Druck P auch in dem schraffirten Gebiete der links vom Diaphragma befindlichen Flüssigkeit herrsche. An allen Stellen S wo dieses Gebiet unmittelbar bis ans Diaphragma reicht herrschen dieselben Verhältnissen wie rechts vom Diaphragma; nur an den Stellen Σ , wo zufällig eins der Gebiete G am Diaphragma anliegt erscheinen diese modificirt. Wir construiren nun eine Fläche F deren Flächenelemente sämtlich theils senkrecht theils parallel der Achse des cilindriscen Gefässes sein sollen und welche das ganze Gefäss durchqueren soll. An allen Stellen S soll diese Fläche unmittelbar an der linken Seite des Diaphragmas anliegen; an den Stellen Σ dagegen soll sie das hier befindliche Gebiet G rechts liegen lassen, aber sich ziemlich eng an dieses Gebiet anschliessen. Diese Fläche F ist in der Figur durch eine punktirte Linie angedeutet. Da die Resultierende aller Kräfte, welche ein Salzmolekül, das sich ganz im Innern der Flüssigkeit befindet, auf diese ausübt offenbar gleich Null sein muss, so muss der gesammte Druck, welcher auf die Fläche F lastet und der wieder den Wert P hat gleich der Kraft D_f'' sein, welche die Moleküle der linken Seite des Diaphragmas auf die anliegende Flüssigkeit ausüben, vermehrt um die Kraft S_f , welche die in der Nähe des Diaphragmas befindlichen Salzmoleküle auf die Flüssigkeit ausüben, beide Kräfte in der Richtung von rechts nach links wirkend gedacht. Wir haben also $P = D_f' = D_f'' + S_f$ und da $D_f'' - D_f'$ die gesamte Kraft D_f ist, welche das Diaphragma von rechts nach links auf die gesamte zu beiden Seiten befindliche Flüssigkeit ausübt, so ist die in Rede stehende Gleichung $S_f + D_f = 0$ erwiesen.

^[1]Boltzmann refers to Letter 17, which was not in German script. (Lorentz could read German script without difficulties: see Letter 20.)

^[2]The text that follows is identical to the main text of *Boltzmann 1891*; the paper contains in addition an introductory paragraph and a footnote (see also Letter 21).

19. To Ludwig Boltzmann, 9 January 1891

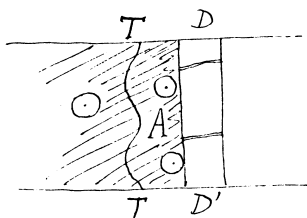
Handwritten letter (private collection).

Leiden 9 Januar 1891.

Hochgeehrter Herr,

Ich habe Sie zunächst um Entschuldigung dafür zu bitten, dass ich Ihre beiden Briefe^[1] so spät beantworte. Während der Weihnachtsferien war ich einige Zeit von hier und ich erhielt demzufolge die Briefe nicht sogleich; nach meiner Rückkehr war ich mit Beschäftigungen überhäuft.

Gegen Ihren letzten Beweis habe ich nichts einzuwenden. Wäre es aber nicht gut einen Schritt in demselben noch etwas näher zu beleuchten? Ich meine die Stelle: „Da die Resultierende aller Kräfte, welche ein Salzmolekül, das sich ganz im Innern der Flüssigkeit befindet, auf diese ausübt, offenbar gleich Null sein muss, so muss der gesammte Druck, welcher auf die Fläche T lastet und der wieder den Wert P hat, gleich der Kraft D_f'' sein, welche die Moleküle der linken Seite des Diaphragma's auf die anliegende Flüssigkeit ausüben, vermehrt um die Kraft S_f , welche die in der Nähe des Diaphragma's befindlichen Salzmoleküle auf die Flüssigkeit ausüben.“



Man könnte sich wie mir scheint folgenderweise ausdrücken. Es sei T eine beliebige Fläche, welche ganz in dem „freien“ Raume liegt, d.h. in dem Raume wo die Flüssigkeit nicht durch die Salzmoleküle affiziert wird. (Man kann dieser Fläche, wenn man will, die von Ihnen gewählte Gestalt geben.) Zwischen den Flüssigkeitsmassen, welche diese Fläche von einander trennt, besteht

der Druck P . Suchen wir jetzt die Gleichgewichtsbedingung für die Flüssigkeit, welche in dem Raum A zwischen T und dem Diaphragma liegt. Dieselbe erfährt zunächst von der Flüssigkeit an der linken Seite eine Kraft P nach rechts; weiter wirken nach links die Kraft D_f'' und eine Kraft S_f , welche alle Salzmoleküle zusammengenommen, auf die Flüssigkeit in A ausüben. Da aber die links von T liegenden Salzmoleküle auf die Flüssigkeit in A nicht wirken können kann man auch sagen: S_f ist die Kraft, mit welcher die Salzmoleküle in A auf die Flüssigkeit in A wirken. Oder auch: S_f ist die Kraft, mit welcher die Salzmoleküle in A auf die ganze Flüssigkeit wirken, da ja die Flüssigkeit links von T auf das Salz rechts von T nicht wirken kann. In dieser Weise zeigt es sich, dass, wenn F_s die Bedeutung hat, welche Sie in Ihrer Abhandlung angegeben haben,^[2] wirklich $S_f = -F_s$ ist.

Wie Ihr Beweis jetzt lautet hat er einige Aehnlichkeit mit dem meinigen. Wir haben nämlich beide die Gleichgewichtsbedingung benutzt für einen Flüssigkeitsfaden, der sich durch die Oeffnung eines Canals von der einen Seite des Diaphragma's nach der anderen ausdehnt. (Die Betrachtung eines solchen Fadens scheint mir unumgänglich nothwendig.) Wir haben ausserdem beide solche Voraussetzungen eingeführt, dass dieser Faden aus dem reinen Lösungsmittel besteht und in einem Raum endet und anfängt, wo ebenfalls kein Salz vorhanden ist. Sie erreichen das durch die Annahme, dass es zwischen den Salz molekülen einen von ihrem Einfluss freien Raum gebe, ich durch die Annahme, dass an dem Diaphragma die Concentration unmerklich ist.

Bei Ihnen wirkt das Salz auf die Theilchen des Flüssigkeitsfadens gar nicht ein und die Gleichgewichtsbedingung besteht in der Gleichheit des Druckes an allen Stellen, wo sich das reine, durch das Salz nicht modificirte Lösungsmittel befindet. Bei mir dagegen werden die Theilchen des Fadens von dem Salze angezogen und besteht eine Druckdifferenz. Dennoch gelangen wir beide zu dem nämlichen Resultat und ergänzen unsere Beweisführungen einander.

Indessen ist Ihr Beweis der allgemeinste. Nur bemerke ich, 1. dass derselbe verlangt, dass auch in den experimentell untersuchten Fällen die Voraussetzung über die Wirkungsweise der Salz moleküle zutrifft, 2. dass Sie die Undurchlässigkeit der Wand für das Salz eigentlich nicht erklärt haben. Aber es lag das auch nicht in Ihrer Absicht.

Ich habe gestern schon die Correctur meines Aufsatzes empfangen.^[3] Ich werde darin zunächst die von Ihnen gewünschte Aenderung^[4] anbringen und am Schluss hinzufügen:^[5] „Wie Herr Boltzmann mir freundlichst mittheilte ist es ihm gelungen, die nach obigen Bemerkungen nothwendige Ergänzung an seine Betrachtungen anzubringen, und mit Zugrundelegung einer gewissen Annahme über die Wirkungsweise und die gegenseitige Entfernung der Salz moleküle, einen Beweis zu finden, allgemeiner als der von mir gegebene und, wie mir scheint, ganz einwurfsfrei.“

Es freut mich sehr, dass wir uns so gut verständigt haben und ich bin Ihnen für Ihre Bereitwilligkeit zur freundschaftlichen Discussion sehr verbunden.

Mit den besten Wünschen zum neuen Jahr verbleibe ich
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Letters 17 and 18.

^[2]The symbol F_s does not occur in *Boltzmann 1890*; it presumably denotes the force exerted by the fluid on the salt, in analogy to F_d . See also Letter 20.

^[3]The proofs of *Lorentz 1891a*.

^[4]See Letter 17.

^[5]The sentence between quotation marks below forms the final paragraph of the addendum to *Lorentz 1891a*. See Letter 20 for the full text.

20. To Ludwig Boltzmann, 10 January 1891

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 10 Januar 91

Hochgeehrter Herr,

Ich habe bemerkt, dass ich in meiner Bemerkung über Ihre Arbeit unter S_f das verstanden habe, was Sie F_s nannten, und so auch in allen ähnlichen Fällen.^[1] Freilich thut diese Verwechslung nichts zur Sache, aber ich habe doch was ich schrieb an Ihre Benennungen angepasst. Meine Bemerkung lautet jetzt folgendermaassen:^[2]

„Während ich diesen Aufsatz niederschrieb kam mir die jüngst erschienene Abhandlung des Herrn Boltzmann zu Gesicht, in welcher versucht wird, ohne beschränkende Voraussetzungen nachzuweisen, dass nach der Molekulartheorie der osmotische Druck dem kinetischen Druck des gelösten Körpers gleich sein muss. Ein Schritt in dem gegebenen Beweise scheint mir jedoch unzureichend begründet zu sein.

Herr Boltzmann leitet zunächst eine Gleichung ab, welche in meiner Bezeichnungsweise so geschrieben werden kann:

$$S_f + S_d = K,$$

und in welcher S_f und S_d die Kräfte vorstellen, welche die Salzteilchen auf die Flüssigkeit und das Diaphragma ausüben. Es wird dann weiter bemerkt, dass die Flüssigkeit im ganzen weder nach der einen noch nach der anderen Seite getrieben wird. Daraus wird geschlossen, dass die Kraft D_f , welche sie von dem Diaphragma erfährt, den Werth $-S_f$ hat; es wird demzufolge $S_f = F_d$, wenn $F_d = -D_f$ die Kraft ist, welche die Flüssigkeit auf das Diaphragma ausübt, mithin $S_f + S_d = K$, welche Gleichung den zu beweisenden Satz ausdrückt.

Wenn nun aber von der Gesamtheit der Flüssigkeit und von der Gesamtheit der Salzmoleküle die Rede ist, darf man nicht übersehen, dass die Lösung links und das reine Lösungsmittel durch die Stempel begrenzt werden, welche den Cylinder verschliessen. In der Gleichung $S_f + S_d = K$ ist unter S_f die Kraft zu verstehen, welche die Flüssigkeit von dem Salze erfährt, das sich zwischen dem Diaphragma und der „kritischen Ebene“^[3] befindet, und dieses ist nicht die Kraft, welche alle Salzmoleküle zusammengenommen auf die Flüssigkeit ausüben. Zwar ist richtig, was Herr Boltzmann von einem ganz im Innern der Flüssigkeit befindlichen Salzmolekül sagt, aber es werden die Moleküle, welche dem linken Stempel ganz nahe liegen, die Flüssigkeit nach links ziehen.

Wenn man die Gleichgewichtsbedingung für die ganze Flüssigkeitsmasse angeben will, ist ausserdem noch zu beachten, dass auf dieselbe nicht nur das Diaphragma und die Salzmoleküle, sondern auch die beiden Stempel wirken.

Wie Herr Boltzmann mir freundlichst mittheilte ist es ihm gelungen, u.s.w.”

Mit bestem Gruss verbleibe ich
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

Ich vergass noch, Ihnen zu sagen, dass ich deutsche Schrift ganz gut lesen kann;^[4] Sie brauchen also vorkommenden Falls nicht die Mühe zu nehmen, welche Sie neulich so freundlich waren, sich zu getrösten.

^[1]Contrary to what Lorentz claims here, the notation used by him in Letter 19 does conform to the usage in *Boltzmann 1890*. See also Letter 19, note 2.

^[2]The following is the text of the addendum to *Lorentz 1891a*. See Letter 19 for the wording of its final paragraph.

^[3]The term “kritische Ebene” is used by Boltzmann to indicate the boundary of a region, adjacent to the membrane, beyond which the salt-molecules exert no forces on the membrane.

^[4]In Letter 18 Boltzmann had assumed that Lorentz could not easily read German script.

21. From Ludwig Boltzmann, 13 January 1891

Handwritten letter.

München, den 13/1 1891.

Hochgeehrter Herr College!

Sowohl für die Bemerkungen in Ihrer Abhandlung, welche mich betreffen als auch für Ihren letzten Brief meinen besten Dank.^[1] Ich habe einen kleinen Nachtrag, welcher fast wörtlich mit meinem letzten Briefe an Sie übereinstimmt an Ostwald^[2] zu Publication gesandt und werde noch eine kleine Bemerkung im Sinne Ihres geschätzten letzten Briefes beifügen.^[3]

Ihre Neujahrswünsche aufs freundlichste erwidern bin ich mit ausgezeichnete Hochachtung und besten Grüßen

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]See Letter 20.

^[2]Wilhelm Ostwald (1853–1932) was Professor of Physical Chemistry at the University of Leipzig and the editor of the *Zeitschrift für physikalische Chemie*.

^[3]*Boltzmann 1891* contains a footnote summarizing the argument of Letter 19.

22. To Lord Rayleigh, 18 August 1892

Handwritten letter (Rayleigh Archives, Hanscom Air Force Base, Bedford, MA).

Leiden, August 18th 1892.

My Lord,

Many months have already elapsed since you were so kind as to send me a copy of Waterston's memoir which has so long been buried in the Archives of the Royal Society.^[1] I wished to read the paper before acknowledging the receipt of it, but, for some time, my occupations did not allow me the necessary leisure. I now thank you most heartily for your kindness; the paper seems to me highly interesting, though I can understand that it failed to convince the reader of 1845. Doubtless, it would be a just homage to the merits of your countryman, if his name were henceforth attached to the law governing the temperature equilibrium between gaseous bodies.

Your remarks on page 39^[2] reminded me of your probably not possessing a copy of my paper on the kinetic theory as applied to the phenomena of sound which I published many years ago.^[3] I therefore beg you to accept the copy, which I address to you simultaneously with this letter. I have added to it a French translation of my paper on aberration as I find only the original (in Dutch)^[4] mentioned in your note in „Nature”.^[5]

I have read this note with much interest and I gather from it that you agree completely as to the position of the case. Fresnel's hypothesis, taken conjointly with his coefficient $1 - \frac{1}{n^2}$, would serve admirably to account for all the observed phenomena, were it not for the interferential experiment of Mr. Michelson which has, as you know, been repeated after I published some remarks on its original form and which seems decidedly to contradict Fresnel's views.^[6]

I am really at a loss how to clear away this contradiction and yet I believe that if we were to abandon Fresnel's theory we should have no adequate theory of aberration at all, the conditions which Mr. Stokes has imposed on the movement of the aether being irreconcilable to each other.^[7]

Can there be some point in the theory of Mr. Michelson's experiment which has as yet been overlooked?

In the meantime I have endeavoured to apply the electromagnetic theory to a body which moves through the aether without dragging the medium along with it; my paper is now under the press and I hope, in a few weeks, to be able to send you a copy of it. Assuming a supposition which may appear somewhat startling but which may, as I think, serve as a working hypothesis, I have found the right value $1 - \frac{1}{n^2}$ for Fresnel's coefficient.^[8] I hope to apply to some other problems the equations obtained, as, for instance, to Mr. Fizeau's experiments on the rotation of the plane of polarization by a pile of glass plates.^[9]

I remain, My Lord, most respectfully
Your obedient servant

H.A. Lorentz

^[1]In 1845 the British scientist John James Waterston (1811–1883) submitted a manuscript to the Royal Society for publication in its *Philosophical Transactions*. The manuscript, in which an early version of kinetic gas theory was developed, was rejected by the Royal Society and disappeared in its archives, in spite of Waterston's efforts to get it back. In 1891 it was discovered by Lord Rayleigh, who had it published with some introductory remarks (see *Waterstone 1893*). See *Brush 1976*, pp. 156–159, for more historical background.

^[2]In a footnote on p. 39 of the paper Rayleigh comments on Waterstone's supposition that there is a direct connection between the velocity of sound and those of the molecules of the medium, calling it "of great interest".

^[3]*Lorentz 1880a* or its French translation *Lorentz 1881d*.

^[4]*Lorentz 1887c* is the French translation of *Lorentz 1886a*.

^[5]*Rayleigh 1892*.

^[6]See Letter 12 for Fresnel's views and Lorentz's comments on Michelson's experiments. Apart from assuming the ether to be stationary, Fresnel had postulated that light propagating in a transparent medium that is moving through the ether is dragged along by the medium by a fraction of $1 - \frac{1}{n^2}$ of the speed of the medium with respect to the ether (n is the index of refraction).

^[7]Stokes had assumed that close to the Earth the ether was completely dragged along by it and had shown that this implied that the motion of the ether was determined by a velocity-potential (see *Stokes 1845, 1846*). In *Lorentz 1886a* it is shown that complete dragging of the ether at the surface of the Earth is incompatible with the existence of a velocity-potential.

^[8]See *Lorentz 1892f*. A central supposition in this paper is that each molecule contains one charged particle that is harmonically bound to a center by intramolecular forces (the 'hypothesis of a single vibrating particle'). The supposition Lorentz is referring to here is that the harmonic force is affected by a translation in the same way as electromagnetic forces. In the approximation used in *Lorentz 1892f* — only terms of first order in p/V , with p the translation speed and V the speed of light, are taken into account — this implies that the intramolecular forces are not affected at all. A few months after the date of this letter Lorentz generalized his supposition to intermolecular forces, applied it to ponderable bodies moving through the ether, including also terms of second order, and concluded to the existence of what became later known as the Lorentz-FitzGerald contraction (see *Lorentz 1892c*, which was submitted 26 November 1892).

^[9]Fizeau's measurements of the rotation of the plane of polarization by a pile of glass plates seemed to show an influence of the motion of the Earth through the ether (see *Fizeau 1860*). Lorentz never succeeded in finding an explanation of these results within the framework of Fresnel's theory and on several occasions expressed his doubts about the validity of Fizeau's conclusions (see *Lorentz 1895b*, secs. 93–102, and *Lorentz 1904f*, sec. 58).

23. From Lord Rayleigh, 20 August 1892

Handwritten letter.

Terling Place, Witham, Essex Aug 20/92

Dear Sir

I am much obliged to you for the copies of your works.^[1] It is true that I was ignorant that you had written upon the relation of vel. of sound to molecular vel.

I agree that the aberration question is a very obstinate one. Prof. Lodge is bringing out a paper on the subject (in the Phil. Trans.) w. may interest you, though probably enough you will not agree with all of it.^[2]

I remain y^{rs} faithfully

Rayleigh

^[1]See Letter 22.

^[2]Oliver Lodge (1851–1940) was Professor of Physics at University College in Liverpool. The paper is *Lodge 1893*.

24. To George Francis FitzGerald, 10 November 1894

Handwritten letter (Royal Dublin Society Archive).

Leiden, Nov. 10th 1894.

My dear Sir,^[1]

Prof. Oliver Lodge, in his „Aberration Problems“^[2] mentions a hypothesis, which you have imagined in order to account for the negative result of Mr. Michelson’s experiment.^[3] Some time ago I arrived at the same view, as you may see from the number of the Proceedings of the Dutch Academy of Sciences which I have the honour to forward to you conjointly with this letter.^[4]

A memoir in which I consider the whole subject of Aberration in connexion with the electromagnetic theory of light being now in course of publication^[5] — it will in fact appear in a week — you would oblige me very much by telling me, if your hypothesis has already been published.^[6] I have been unable to find it and yet I should wish to refer to it.

Most respectfully yours

H.A. Lorentz

^[1]George Francis FitzGerald (1851–1901) taught at Trinity College, Dublin.

^[2]*Lodge 1893*.

^[3]The hypothesis of the Lorentz-FitzGerald contraction (see Letter 22, note 8).

^[4]*Lorentz 1892c*.

^[5]*Lorentz 1895b*. In a footnote on p. 122 Lorentz acknowledges that FitzGerald had formulated the hypothesis independently.

^[6]See Letter 25.

25. From George Francis FitzGerald, 14 November 1894

Handwritten letter. Letterhead of Trinity College, Dublin.

14.11.94.

My dear Sir,

I have been for years preaching and lecturing on the doctrine that Michelson's experiment proves, and is one of the only ways of proving, that the length of a body depends on how it is moving through the ether. A couple of years after Michelson's results were published, as well as I recollect, I wrote a letter to „Science” the American paper that has recently become defunct, explaining my view, but I do not know whether they ever published it, for I did not see the journal for some time afterwards.^[1] I am pretty sure that your publication is then prior to any of my printed publications for I have looked up several places where I thought I might have mentioned it but cannot find that I did. I certainly never wrote any special article about it as I ought to have done for the information of others besides my students here.

I am particularly delighted to hear that you agree with me, for I have been rather laughed at for my view over here. I could not even persuade my own pupil W. Preston to introduce this criticism into his book on Light published in 1890^[2] although I pressed upon him to do so and it was only after reiterated positiveness that I induced Dr. Lodge to mention it in his paper;^[3] but now that I have you as an advocate and authority I shall begin to jeer at others for holding any other view.

Thank you very much for your papers. I can make out their general drift and wish I were able to reciprocate by replying to you in Dutch.

Yours most sincerely

Geo. Fras. Fitzgerald

^[1]The letter was published as *FitzGerald 1889*. See also Letter 24, to which this one is a reply.

^[2]*Preston 1890*.

^[3]See *Lodge 1893*.

26. From Ludwig Boltzmann, 12 December 1895

Handwritten letter.

Wien, am 12. December 1895.

Hochgeehrter Herr!

Ich hoffe, dass Sie am 1. Theile meiner Gasttheorie^[1] einiges Interesse finden werden, den ich gleichzeitig übersende.

Ich erlaube mir auch einen Aufruf für ein Loschmidt-Denkmal beizulegen.^[2] Es liegt uns hauptsächlich daran, dass auch die Namen der ausgezeichnetsten auswärtigen Gelehrten gewonnen werden. Wir werden mit ganz kleinen Geldbeiträgen zufrieden sein, da ja das Denkmal selbst ganz bescheiden ausfallen wird. Loschmidts Verdienste sind gewürdigt in Maxwells treatise on electricity I pag 4, in Maxwells scientific papers II pag 460.^[3]

Ich hoffe, dass Sie nicht ungehalten sein werden und bin mit ausgezeichneter Hochachtung

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]*Boltzmann 1895*.

^[2]Johann Josef Loschmidt (b. 1821) had died on 8 July 1895. The monument was erected in Vienna; its unveiling took place on 5 November 1899. See *Boltzmann 1900a* for Boltzmann's speech on this occasion; see also *Boltzmann 1900b* for an earlier memorial lecture.

^[3]See *Maxwell 1873*, p. 4 of which only contains a reference to *Loschmidt 1865* in a footnote, and *Maxwell 1875*, which on the indicated page gives a brief discussion of Loschmidt's work.

27. To Ludwig Boltzmann, after 12 December 1895

Handwritten draft. The date is inferred from the reference to Letter 26, to which this one replies.

Hochgeehrter Herr College,

Ich muss Sie sehr um Verzeihung dafür bitten, dass ich Ihr Schreiben vom 12ten December^[1] nicht früher beantwortet habe. Dasselbe hatte mir den Eindruck gegeben dass bloss ein Beitrag für das Loschmidt-Denkmal von mir erwartet wurde, und damit hatte es natürlich keine Eile. Ich vernehme aber jetzt von meinem Collegen Herrn Van der Waals dass unseres Zutreten zu einem grösseren Comité gewünscht wurde, und ich will jetzt nicht länger zögern, Ihnen zu sagen dass ich, wenn es noch nicht zu spät ist, gerne einen Aufruf mit unterzeichnen werde; was Loschmidt geleistet hat verdient ganz gewiss dass wir sein Andenken ehren.

Freilich werden wir hier in Holland wohl nicht viel einsammeln können; ich war gerade noch für das Helmholtz Denkmal thätig.^[2]

Dass ich Sie so lange habe warten lassen hat theilweise seinen Grund darin dass ich Sie über so Vieles schreiben möchte, und einen ruhigen Tag abwarten wollte, der leider nicht so bald kam. Zunächst fühle ich das Bedürfnis Ihnen recht herzlich zu danken für das günstige Urtheil über meine Arbeiten das Sie der Münchener Facultät gegenüber ausgesprochen haben.^[3] Ich darf Ihnen das jetzt wohl schreiben, da ich wohl annehmen darf dass die Bemühungen [?] der Facultät erfolglos geblieben sind. Direkt habe ich von derselben zwar nicht gehört, auf Umwegen aber genug um mir den Fall zu denken dass ich zwischen München und Leiden zu wählen haben würde. Die Entscheidung würde mir gewiss nicht leicht gewesen sein. Es würde mir sehr schwer fallen die Heimath zu verlassen, aber einen grösseren Wirkungskreis zu finden hat auch etwas sehr Verlockendes, und ich würde es als eine ganz besondere Auszeichnung betrachtet [?] haben gerade Ihr Nachfolger gewesen zu sein. Wie es jetzt gegangen ist, habe ich [---] können ohne gezwungen zu sein eine so schwere Entscheidung zu treffen. Die Ernennung zu correspondirend Mitglied der Münchener Akademie hatte nur eine angenehme Seite; auch darin erkenne ich Ihren Einfluss. Seien Sie davon versichert dass mir gerade an Ihrer guten Meinung sehr viel gelegen ist und dass ich sehr hoffe einmal in der Gelegenheit zu sein, Ihnen persönlich zu danken.

Auch für die Zusendung Ihrer Gasttheorie bin ich zu Dank verpflichtet.

^[1]Letter 26.

^[2]A statue of Hermann von Helmholtz (1821–1884) was unveiled on 6 June 1899 in Berlin. See *Koenigsberger 1902–03*, vol. 3, pp. 138–139.

^[3]In July 1895 Boltzmann had returned from Munich to Vienna, where he had accepted the chair of theoretical physics. He recommended Lorentz as his successor; this recommendation was taken over by the Munich faculty, but it never came to a call. It would take until 1905 before the chair was filled by Arnold Sommerfeld (1868–1951) (this was after Lorentz had declined an official offer from Munich in 1905). See *Jungnickel and McCormmach 1986*, pp. 157–158, 276–277, for details.

28. From Woldemar Voigt, 13 March 1896

Handwritten letter.

Göttingen, 13/3 96

Hochgeehrter Herr College!

Gleichzeitig mit diesen Zeilen wird der II. Band meines “Kompendiums”^[1] von Leipzig aus an Sie abgehen. Wollen Sie das Werk an dem ich mit ganzer Hingebung und grosser Freude gearbeitet habe freundlich aufnehmen.

Ich darf hoffen, dass Sie eine einheitliche Bearbeitung der theor. Physik vom Standpunkt, nicht des Mathematikers — wie viele existiren — sondern des Phy-

sikers, nicht für unnütz halten, und dass meine Darstellung Ihnen nicht unsympathisch ist. Gewiss wird sie nicht fehlerfrei sein, denn das verarbeitete Material ist gross und “aliquando dormavit et bonus Homerus”^[2] — bei aller Liebe sind Versehen nicht zu vermeiden.

Wäre es vielleicht möglich, in einer niederländischen wissenschaftlichen Zeitschrift eine Besprechung des Buches zu veranlassen? Ich stelle diese Anfrage besonders im Interesse meines Verlegers; denn ein so schweres Buch hat an und für sich keinen grossen Leserkreis, — man muss also ein wenig nachhelfen. Sie würden mich zu grossem Danke verpflichten, wenn Sie sich hierfür interessiren wollten, — etwa auch Ihre Schüler auf das Kompendium aufmerksam machen wollten.^[3]

Hochachtungsvoll
Ihr sehr ergebener

W. Voigt.

^[1]*Voigt 1896a*, the companion volume to *Voigt 1895*. See *Jungnickel and McCormach 1986*, pp. 123–124, for a characterization of Voigt’s *Kompendium*.

^[2]Cf. Horace, *Ars Poetica* 359: “Indignor quandoque bonus dormirat Homerus” (“But if the god Homer nods for a moment, I think it a shame;” usually paraphrased as: “Even the great Homer nods sometimes”).

^[3]See Letter 29 for Lorentz’s response.

29. To Woldemar Voigt, 29 March 1896

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 29 März 1896

Hochgeehrter Herr College,

Ich versäumte noch immer, um Ihnen herzlich zu danken für Ihr schönes Geschenk, den zweiten Band Ihres „Kompendiums”.^[1] Aufs neue bewundere ich die Arbeitskraft, mit welcher Sie ein so grosses Unternehmen zu Ende geführt haben, und Sie erlauben mir wohl, Ihnen zu der Vollendung glückzuwünschen.

Natürlich habe ich noch keine Zeit gefunden, das Werk mehr als flüchtig einzusehen; ich freue mich aber sehr darauf, es bald durchzustudieren.

Das Bedürfnis an einem die ganze theoretische Physik umfassenden Buche habe ich bei meinem Unterrichte öfters empfunden; ich werde denn auch nicht unterlassen, meine Schüler und eventuell holländische Fachgenossen auf Ihr Werk aufmerksam zu machen. Leider kann ich Ihnen eine Ankündigung in einer niederländischen Zeitschrift schwerlich versprechen. Unsere wichtigsten Publicationen auf naturwissenschaftlichem Gebiet erscheinen in den Abhandlungen der Amsterdamer Akademie und in den Archives néerlandaises, wo aber Besprechung von Büchern nicht an seinem Ort wäre. Was aber in den „Beiblättern”,^[2] in der „Naturwissenschaftlichen Rundschau” und etwa in der englischen Zeitschrift „Na-

ture” über ein Buch gesagt wird, entgeht uns Holländern nicht. Uebrigens werde ich, bei der kleinen Zahl der Fachgenossen, durch mündliche Mittheilung fast dasselbe erreichen können wie durch eine Besprechung in einer Zeitschrift.

Mit freundlichen Grüßen und vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 28.

^[2]The *Beiblätter zu den Annalen der Physik*, the companion journal to the *Annalen der Physik*, devoted to reviews and abstracts.

30. From Ludwig Boltzmann, 30 January 1897

Handwritten letter in German script.

Wien, am 30/1 1897.

Hochgeehrter Herr!

Besten Dank für die Summe von 17M 55 welche ich dem Loschmidtdenkmal-fonde zugeführt habe.^[1] Ich habe von den Werken Huygens^[2] die Bände I, II, III, V und VI. Es fehlt in der That der Band IV. Wenn es Ihnen möglich wäre, mir denselben zukommen zu lassen, so wäre ich Ihnen allerdings zu grossem Dank verpflichtet. Sehr interessiert haben mich Hr. P. Zeemanns Versuche über Verbreitung u. Circularpolarisation der Na Linien durch Magnetismus.^[3]

Mit ausgezeichnete Hochachtung
Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]See Letters 26 and 27 for more on the Loschmidt monument.

^[2]*Huygens 1888–1950*.

^[3]Pieter Zeeman (1865–1943) was Lecturer in Physics at the University of Amsterdam. His discovery of what would later be known as the Zeeman effect is described in *Zeeman 1896a, 1896b*. See also *Kox 1997* for a historical account.

31. From Woldemar Voigt, 9 July 1897

Handwritten letter.

Göttingen 9/7 97.

Verehrter Herr College!

Wollen Sie die Güte haben, eine Anfrage zu entschuldigen.

Sie haben durch die Virialgleichung in schönster Weise die Grösse der Moleküle in dem Ausdruck für den Druck zu berücksichtigen gelehrt.*^[1] Aber diese Methode versagt, soweit ich sehe, wenn man dasselbe für die *innere Reibung* u.a. zu machen versucht, und der Weg, den man dort seit Clausius geht, giebt umgekehrt jenen von Ihnen gefundenen Werth *nicht* in dem Ausdruck für den *Druck*.

In der That ist die Grundgleichung von Clausius zu schreiben möglich

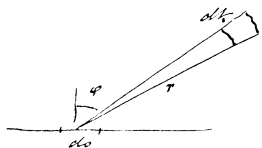
$$\frac{dn}{n} = -\zeta dt = -\frac{dt}{\tau}$$

wobei n eine Anzahl Moleküle, dn die von ihnen während dt abgelenkten und ζ die Anzahl Stösse bezeichnet, die *ein* Theilchen von der gegebenen Geschwindigkeit in der Zeiteinheit erfährt; τ ist somit die mittlere freie Flugdauer.

Nimmt man *zwischen* den Stössen die Geschwindigkeit *constant* an und die Dauer der Stösse gegen τ verschwindend, so erhält man auch

$$\frac{dn}{n} = -\frac{ds}{\lambda}, \quad n = n_0 e^{-\frac{s}{\lambda}}$$

wo ds der in dt zurückgelegte Weg, $\lambda = \tau V$ die mittlere Weglänge ist.



Berechnet man aber mit dieser Formel in bekannter Weise den Druck,^[2] — indem man die aus dK nach ds gelangenden Theile gleich

$$\frac{NdKds \cos \varphi \zeta}{4\pi r^2} e^{-\frac{r}{\lambda}}$$

setzt, unter N die Molekülzahl in der Volumeneinheit verstanden, — so erhält man den *unendlich kleinen* Molekülen entsprechenden Werth.^[3] Hier liegt also ein offener Widerspruch vor.

Die Ausgangsgleichung $dn/n = -dt/\tau$ scheint so allgemein, dass ein Einwand gegen sie nicht möglich ist, und die Annahme von *zwischen* den Stössen constanten Geschwindigkeiten machen auch Sie; dazu spielt die *Dauer* des Stosses in der Virialmethode gar keine Rolle. Ich sehe deshalb keine Möglichkeit, den Widerspruch aufzuklären. Sollten Sie vielleicht schon einmal über diesen Punkt nachgedacht haben, vielleicht aus Veranlassung einer Vorlesung? Wenn Sie in der Frage klar sehen, würden Sie mich durch Mittheilung Ihrer Ansicht zu grossem Danke verpflichten.^[4]

Ich bemerke, dass, *wenn die Dauer des Stosses nicht vernachlässigt werden kann*, man auf dem oben angegebenen Wege zu einer der van der Waals'schen Formel *aequivalenten* kommen kann, in der dann „ b “ eine ganz andere Bedeutung besitzt.^[5] Aber dadurch wird der Widerspruch nicht gehoben, auf den ich oben hinwies.

In ausgezeichnete Hochachtung
Ihr ganz ergebener

W. Voigt.

*Wied. Ann. XII

^[1]See *Lorentz 1881a*.

^[2]See for this calculation, e.g., *Meyer 1899*, “Mathematische Zusätze,” pp. 89–92, and *Voigt 1895*, pp. 67–68.

^[3]I.e., the ideal gas law.

^[4]See Letter 32.

^[5]The quantity b in Van der Waals’s equation of state accounts for the finite size of the molecules (or, alternatively, for their mutual short-range repulsion).

32. To Woldemar Voigt, 19 July 1897

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Hartmann’s Gasthof Holzhausen bei Horn in Lippe 19 Juli 1897

Sehr geehrter Herr College,

Ich erhielt Ihr Schreiben^[1] hier in der Sommerfrische, und Sie werden es also wohl entschuldigen dass ich erst jetzt dazu komme, dasselbe zu beantworten.

Wie mir scheint lässt sich der von Ihnen hervorgehoben Widerspruch etwa in folgender Weise lösen.^[2]



Es sei ω ein (in Vergleichung mit den molekularen Entfernungen sehr grosses) Flächenelement im Inneren eines Gases, n die von der Seite 1 nach der Seite 2 gezogene Normale. Wir betrachten einatomige Moleküle (obgleich mit geringen Abänderungen das Folgende sich auch auf mehratomige Moleküle anwenden lässt) und wollen sagen dass ein Molekül diesseits oder jenseits der Fläche ω liegt, je nachdem sein Schwerpunkt sich in dem Raume 1 oder 2 befindet; dass aber ein Molekül durch ω hindurchfliege, wenn sein Schwerpunkt dieses thut.

Es sei nun

p der Druck pro Flächeneinheit;

$K\omega$ die nach der Richtung n entbundene Bewegungsgrösse sämtlicher Moleküle, welche in der Zeiteinheit in der Richtung $1 \rightarrow 2$ passiren, vermindert um die nach derselben Richtung genommene Bewegungsgrösse für diejenigen Moleküle, welche sich in entgegengesetzter Richtung durch ω hindurch bewegen;

$F\omega$ die dem Elemente ω entsprechende* Resultante aller Kräfte, die von den in 2 liegenden Molekülen auf die in 1 liegenden, jedesmal in der Richtung n ausgeübt werden.

Man hat dann offenbar:

$$p = K - F \quad (1)$$

Es lässt sich weiter folgender leicht zu beweisende Hilfssatz benützen:

*Es ist hiermit Folgendes gemeint. Wir nehmen an, dass die Wirkung zwischen zwei Molekülen in zwei längs einer bestimmten Linie wirkenden Kräften bestehen und es sollen nur die Kräfte in Betracht kommen deren Wirkingslinie das Stück ω durchschneidet.

Werden in dem betrachteten Raume sehr viele parallele und gleiche Vektoren gezogen, so wird ein Flächenstück ω von

$$\omega N l \cos \vartheta$$

dieser Vektoren durchschnitten, wenn l die Länge der Vektoren ist, ϑ der spitze Winkel den sie mit der Normale zu ω bilden, und N die Zahl der in der Volumeneinheit liegenden Anfangspunkte.

— — — —

Es lässt sich nun zunächst beweisen dass, unabhängig von der Wechselwirkung und der Grösse der Moleküle, die Grösse K dem $2/3$ der in der Raumeinheit enthaltenen kinetischen Energie gleich kommt. Ich stelle mir vor dass die Moleküle (genauer gesagt: die Schwerpunkte) unter dem Einfluss der zwischen denselben bestehenden Kräfte krummlinige Bahnen beschreiben — die von harten elastischen Kugeln beschriebenen Zickzacklinien bilden einen Grenzfall. Unter allen Molekülen betrachte ich nun die, welche zur Zeit t eine bestimmte Geschwindigkeit v in bestimmter Richtung haben und ich wende den Hilfssatz an auf die Bahnelemente, welche diese Theilchen in der Zeit dt zurücklegen. Enthält die Volumeneinheit N Moleküle der genannten Gruppe, so werden

$$\omega N v \cos \vartheta dt$$

dieser Moleküle das Element ω durchsetzen; da nun für jedes derselben die nach n gerechnete Bewegungsgrösse

$$m v \cos \vartheta$$

beträgt, so erhält man

$$K = \sum m N v^2 \cos^2 \vartheta = \frac{1}{3} \sum m N v^2.$$

Es ist dieses der Druck, den *unendlich kleine* Moleküle vermöge ihrer Bewegung hervorbringen würden, und den auch Sie berechnen. Bestehen aber anziehende oder abstossende Kräfte, so kommt noch das letzte Glied in der Gleichung (1) hinzu, und zwar hat dieses das eine oder das andere Zeichen, je nachdem die anziehenden oder abstossenden Kräfte überwiegen. Unter gewissen Voraussetzungen kann man den Theil von F , der von der molekularen Anziehung herrührt, auf die van der Waals'sche Form a/V^2 bringen. Jetzt interessieren uns aber nur die bei den Zusammenstössen wirkenden abstossenden Kräfte; berechnet man den diesen letzteren entsprechenden Werth von F , so erhält man dasselbe Resultat, zu dem auch die Betrachtung des Virials führt.

Ich fange, gerade wie bei jener Betrachtung, damit an, dass ich den Zusammenstössen eine gewisse Dauer τ zuschreibe; mit f bezeichne ich die in irgend einem Zeitpunkte innerhalb des Intervalles τ wirkende Abstossung.

Zu einer bestimmten Zeit t sind nun einige Paare von Molekülen im Zusammenstoss begriffen, und können wir alle diejenigen Paare hinausgreifen, bei welchen die „Verbindungsline“ (d.h. der Schwerpunkte) eine bestimmte Länge (σ) und Richtung, die Abstossung f aber einen bestimmten Werth hat. Giebt es in der Raumeinheit V derartige Paare, und bilden die Verbindungslinien den Winkel ϑ mit der Normale n , so werden

$$\omega V \sigma \cos \vartheta$$

Verbindungslinien von dem Elemente ω durchschnitten; ebensoviele Molekülpaaire liefern einen Beitrag zur Resultante $F\omega$ und zwar beträgt dieser für jedes Molekül

$$-f \cos \vartheta.$$

Man erhält also

$$F\omega = -\omega \sum V \sigma f \cos^2 \vartheta$$

oder

$$F = -\frac{1}{3} \sum V \sigma f$$

was sich dann für den Grenzfall absolut harter und elastischer Moleküle ganz so umformen lässt, wie ich es in meinem früheren Aufsatze gezeigt habe.^[3]

Der Widerspruch ist also jedenfalls gehoben, da man zu dem Schluss, der sich aus dem Virialsatze ergibt, auch in der oben geschilderten Weise gelangt, wenn man nur beachtet, dass der Druck nicht vollständig durch die eine Fläche passierende Bewegungsgrösse bestimmt wird, sondern dass es noch des Correctionsgliedes $-F$ in der Gleichung (1) bedarf.

Sie erinnern sich übrigens wohl, wie Herr van der Waals in seiner bekannten Schrift die Grösse der Moleküle in Rechnung zieht, indem er die durch dieselbe bewirkte Verkürzung der mittleren Weglänge ins Auge fasst, welche dann wieder eine grössere Zahl von Stössen gegen die Wände veranlasst.^[4]

Die Ableitung aus dem Virialsatze ist strenger aber wohl etwas gekünstelt; der Weg, dem ich jetzt gefolgt bin, ist jedoch so einfach wie man es nur wünschen kann.

Ich habe auch wohl versucht, eine ähnliche Theorie für die innere Reibung auszuarbeiten; natürlich lässt sich sofort eine der Formel (1) entsprechende Gleichung aufstellen. Man hat nur p zu ersetzen durch die Reibung zwischen zwei Schichten, K durch die passirende nach einer tangentiellen Richtung genommene Bewegungsgrösse, und F durch die in eben dieser Richtung zwischen den Schichten bestehende Kraft. In dieser Weise eine Theorie für die Reibung in dichteren Zuständen zu gewinnen wäre mir namentlich mit Rücksicht auf die im Leidener Laboratorium ausgeführten Messungen sehr erfreulich gewesen.^[5] Leider hat mir die Sache nicht gelingen wollen; sogar die erste Abweichung vom Gesetze dass der Reibungscoefficient unabhängig von der Dichte sei habe ich nicht theoretisch ermitteln können.

Es würde mir viel Vergnügen machen, wenn Sie mir Ihr Urtheil über obige Betrachtungen mittheilen wollten. Vielleicht können wir die Frage auch noch besprechen; wenn meine Zeit es zulässt hoffe ich nächste Woche einen kurzen Ausflug nach Göttingen zu machen.^[6] Schon lange habe ich den Wunsch gehegt, Sie, Herr College, persönlich kennen zu lernen, und gern möchte ich auch Herrn Nernst^[7] besuchen.

Inzwischen verbleibe ich mit vorzüglicher Hochachtung
Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 31.

^[2]See also similar discussions in *Lorentz 1891a*, footnote to sec. 5, and *Lorentz 1904b*, secs. 1–4.

^[3]See *Lorentz 1881a*.

^[4]See Van der Waals's dissertation, *Van der Waals 1873*.

^[5]See, e.g., the doctoral dissertations of Leendert Stoel (*Stoel 1891*) and Marc de Haas (*De Haas, M. 1894*) for the Leiden measurements.

^[6]The distance between Holzhausen and Göttingen is approximately 100 km. See Letters 33–36 for Voigt's response and for more details about Lorentz's visit to Göttingen.

^[7]Walther Nernst had become Professor of Physical Chemistry and Director of the Institute for Physical Chemistry and Electrochemistry at the University of Göttingen.

33. From Woldemar Voigt, 20 July 1897

Handwritten letter in German script.

Göttingen 20/7 97.

Verehrter Herr College!

Für Ihre sehr freundliche Zuschrift^[1] danke ich Ihnen auf das Herzlichste. Ihre Neue Ableitung des v.d. Waals'schen Gesetzes befriedigt mich ausserordentlich und hebt alle meine Bedenken. Ich habe, wie ich Ihnen schrieb, einen Ausweg in einer *andern* Richtung gesucht, der vielleicht den Vortheil hat, die molekulare Wechselwirkung nicht so zerlegen zu müssen, wie Sie thun, sondern bei Berechnung der *Bewegungsgrösse* das v.d. Waals'sche *b* schon zu erhalten, sodass a/v^2 die *gesammte* Wechselwirkung — die ich als *Anziehung* auffasse — in sich enthält. Natürlich hat dann *b* eine etwas andere Bedeutung, als bei Ihnen; doch lässt sich eine Beziehung zwischen beiden leicht herstellen.

Gerne spräche ich mit Ihnen über diese Fragen bei Ihrem Hiersein.

In Bezug auf Letzteres erlaube ich mir die Bitte dass Sie bei mir absteigen möchten. Sie würden mir durch die Gewährung derselben eine grosse Freude bereiten und auch meine Frau würde stolz darauf sein, einen Gast aufzunehmen, den ich so überaus schätze.

Ausser Sonntags bin ich Mittwochs von Amtsgeschäften frei; es wäre deshalb gut, wenn Sie einen dieser Tage für Ihren Besuch wählen könnten. Wenn Sie mit Ihrer Frau Gemahlin zusammen in Holzhausen sind, so bitte ich derselben gleichfalls unsere Einladung zu übermitteln.

In aufrichtiger Hochachtung
Ihr ganz ergebener

W. Voigt.

^[1]Letter 32.

34. From Woldemar Voigt, 23 July 1897

Handwritten postcard.

G. 23/7 97.

Verehrter Herr College!

Herzlichen Dank für Ihre freundliche Zusage!^[1] Aber der Zug von Cassel kommt erst gegen 11 Uhr und das ist unbedingt zu spät! Suchen Sie doch die Abreise hierher schon morgen, *Sonnabend*, möglich zu machen und bleiben Sie die Nacht bei uns.* Wenn Sie mir telegraphisch Nachricht von Ihrer Ankunft geben, so werde ich Sie am Bahnhof erwarten. Mein Signalement ist: ziemliche Körperlänge, blondes Haar und Vollbart, keine Brille. Vielleicht können Sie mich darauf hin erkennen. Mein Wunsch ist, Ihnen Göttingen ordentlich zu zeigen, und so *gar* schnell geht das doch nicht; Nernst's Institut, und manches in dem unsrigen^[2] erfordert einige Zeit, — auch möchte ich gern mit Ihnen conferiren.

Mit herzlichem Gruss Ihr sehr ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letters 32 and 33 for Voigt's invitation.

^[2]Voigt was Director of the Mathematical Physics Institute.

35. To Woldemar Voigt, 27 July 1897

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Holzhausen, 27 Juli 1897

Lieber College,

Es ist mir ein Bedürfnis, Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin noch ein Mal recht herzlich zu danken für den schönen Tag, den Sie mir vorgestern bereitet haben.^[1] Ich hatte, als ich heimgekehrt war, meiner Frau viel zu erzählen von Ihre Freundlichkeit und von Allem was ich gesehen habe, und ich werde immer mit Vergnügen zurückdenken an das anregende Gespräch mit Ihnen und den anderen Herren, de-

*oder reisen Sie erst Montag zurück

nen Sie so freundlich waren, mich vorzustellen.^[2] Schade nur dass Herr Nernst nicht an unserer Unterhaltung Theil nehmen konnte; ich hoffe, dass er sich bald wieder hergestellt haben werde.

Sie wollen wohl die Güte haben, Herrn Des Coudres^[3] zu sagen dass ich es sehr bedauere, ihn nicht in Göttingen gefunden zu haben.

Mit freundlichem Gruss von uns beiden an Sie und die Ihrigen und mit den besten Wünschen für die baldige Genesung Ihrer Fräulein Tochter verbleibe ich
Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz had visited Voigt in Göttingen. See Letters 32–34.

^[2]In a letter to Pieter Zeeman of 27 July 1897 (Zeeman Archive, Haarlem) Lorentz mentions that on his visit he met Felix Klein (1849–1925, Professor of Mathematics), Walther Nernst, Eduard Riecke (1845–1815, Professor of Physics), Arnold Sommerfeld (1868–1951, Privatdozent of Mathematics), Emil Wiechert (1861–1928), and Ernst Zermelo (1871–1953).

^[3]Theodor Des Coudres (1862–1926) was Extraordinary Professor of Physics.

36. From Woldemar Voigt, 27 July 1897

Handwritten letter.

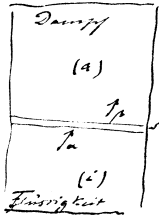
Göttingen 27/7 97.

Verehrter Herr College!

Lassen Sie mich Ihnen zunächst noch ein Mal recht herzlich für Ihren freundlichen Besuch danken.^[1] Er erfüllte mir einen langgehegten Wunsch in der angenehmsten Weise; denn was mir im Voraus *drückend* erschien, — das Gefühl meiner Unbedeutendheit neben Ihrer herrlichen und beneidenswerthen Begabung — das haben Sie durch Ihre *grosse* Freundlichkeit, soweit das überhaupt möglich ist, erleichtert und gemildert.

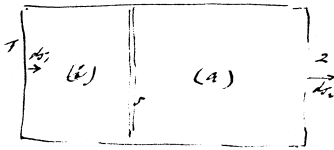
Hoffentlich haben Sie eine nicht zu beschwerliche Reise gehabt und haben die Ihrigen wohl angetroffen. Leider habe ich vergessen, Sie über die Dauer Ihres Aufenthaltes in Holzhausen zu befragen; wenn Sie bis über den 6. August dort bleiben, hätte ich grosse Lust, Sie zu besuchen und über einen Gegenstand, der mich etwas beschäftigt, Ihre Meinung zu hören, wenn Sie die Güte haben wollen, mir dieselbe zu sagen.

Es handelt sich um eben denjenigen Punkt in meiner letzten Arbeit,^[2] um desentwillen ich Sie ersuchte, mit der Lectüre noch zu warten. Darf ich denselben bezeichnen in der Hoffnung, dass Sie in einer müssigen Stunde darüber nachdenken?



Ich verfolge den Vorgang der *Verdampfung* unter der Annahme, dass in der *inhomogenen Grenzschicht s* die *Stöße vernachlässigt werden können*, d.h. zu jedem einfahrenden Theilchen α sich ein ausfahrendes β ordnen lässt, das sich so bewegt, wie α bei Abwesenheit von Stößen thun würde. Ich nehme das Maxwell'sche Gesetz für die Geschwindigkeiten in (i) und (a) an und beweise, dass dasselbe durch den molekularen Austausch nicht gestört wird.

Ich finde dann, dass die wahrscheinlichste Geschwindigkeit G in Flüssigkeit und coexistirendem Dampf gleich ist und dass zwischen Dichtigkeiten ρ_i und ρ_a die Beziehung besteht $\rho_i e^{-\gamma^2} = \rho_a$, wobei $\gamma^2 = c^2/G^2$ ist, und $\frac{1}{2}mc^2$ den Verlust an lebendiger Kraft bezeichnet, den ein Molekül beim Austritt in Folge der capillaren Kräfte erleidet.



Dann gelange ich zu einem Ausdruck für die Verdampfungswärme, indem ich die beiden Böden (1) und (2) des gezeichneten Cylinders so bewegt denke, dass die Grenzschicht s trotz der Verdampfung *ruht*. Wende ich dann das Energieprincip an, so giebt dies wegen^[3]

$$dA + d\Omega = dE \quad \text{hier}$$

$$qp(ds_1 - ds_2) + d\Omega = dS + \frac{1}{2}dm(v_a^2 - v_i^2);$$

darin ist q der Querschnitt des Cylinders; p der äussere Druck, ds_1, ds_2 sind die in dt vorgenommenen Verschiebungen der Böden (1) und (2); dS ist die Arbeit der inneren Kräfte; dm die verdampfte Menge während dt ; v_a und v_i sind die Translationsgeschwindigkeiten von Dampf und Flüssigkeit, also $v_a = ds_2/dt$, $v_i = ds_1/dt$. Das letzte Glied der Formel kann unendlich klein gemacht werden; Es gilt dann für die mechanisch gemessene Verdampfungswärme $d\Omega = dS + pq(ds_2 - ds_1)$ und dS ist *dieselbe* Arbeit, die beim *Gleichgewichtszustande* an der austretenden Masse dm geleistet wird, somit gleich $\frac{1}{2}c^2 dm$. So folgt^[4]

$$\frac{d\Omega}{dm} = A Q = \frac{1}{2}c^2 + p\left(\frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_i}\right)$$

oder auch wegen des früheren Resultates

$$A Q = \frac{1}{2}G^2 l \left(\frac{\rho_i}{\rho_a}\right) + p\left(\frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_i}\right)$$

Nun giebt aber das Van der Waals'sche Gesetz nach Bakker's und Nernsts Auffassung^[5]

$$A Q = \int_{v_i}^{v_a} \left(p + \frac{a}{v^2}\right) dv = B T \int_{v_i}^{v_a} \frac{dv}{v-b} = B T l \left(\frac{v_a - b}{v_i - b}\right)$$

also bei Vernachlässigung von b , das bei meiner Betrachtung, offenbar in Folge der an die Spitze gestellte Hypothese, nicht auftritt:

$$AQ = BTl\left(\frac{\rho_i}{\rho_a}\right) = \frac{1}{2}G^2l\left(\frac{\rho_i}{\rho_a}\right)$$

Die beiden Ausdrücke unterscheiden sich somit wesentlich nur durch das Glied $-dA = p\left(\frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_i}\right)$.

Meine Frage ist nun die: ist in der vorstehenden so einfachen Berechnung von $d\Omega$ ein Umstand *übersehen*, der das Glied dA gerade compensirt? oder liegt in dem Bakker-Nernst'schen Schluss ein Fehler?^[6] In dem gedruckten Aufsatz bin ich einen etwas anderen Weg gegangen aber zu demselben Resultat gekommen, wie oben.^[7] Ich lege einen Abzug bei, für den Fall Sie den Gedankengang controllieren wollen. —

Gerne spräche ich mit Ihnen über die Sache; und wenn Sie am 7. noch in Holzhausen sind und mir einige Zeit schenken wollen käme ich gerne auf 1–2 Tage zu Ihnen. Darf ich Sie bitten, mir in Bezug hierauf mit einer Karte Nachricht zu geben?

Mit herzlichem Gruss an Sie und die Ihrigen
Ihr sehr ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letter 35.

^[2]Voigt 1897a.

^[3]In the following equations dA is the work done and $d\Omega$ the heat of evaporation.

^[4] A in the first equality is the mechanical equivalent of heat; l in the second one denotes the logarithm.

^[5]See Bakker 1892 and Nernst 1893, p. 204. In the calculation below Voigt uses the Van der

Waals equation of state $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = NkT$; v_i and v_a are the volumes of the system

before and after vaporization, respectively.

^[6]See Letter 37; cf. also Voigt 1897b.

^[7]See Voigt 1897a; see also Voigt 1896b.

37. From Woldemar Voigt, 28 July 1897

Handwritten postcard.

G. 28/7 97.

Verehrter Herr College!

Mir scheint, dass der Widerspruch, von dem ich Ihnen schrieb,^[1] sich einfach löst, indem dS nicht die ganze innere Arbeit ist, sondern die Capillarkräfte^[2] an den Theilen nächst den verschiebbaren Böden noch einen Antheil geben, sodass an Stelle von dS zu setzen ist: $dS + K_i q ds_i + K_a q ds_a$. Dies compensirt in der That

die äussere Arbeit $p_i q ds_i - p_a q ds_a$; denn es ist (ohne b) $p_i + K_i = BT\rho_i$, $p_a + K_a = BT\rho_a$ und $\rho_i ds_i = \rho_a ds_a$. Damit dürfte die Schwierigkeit beseitigt sein und ich habe nun wegen der Belästigung um Entschuldigung zu bitten, die ich Ihnen zugefügt habe. Ihre Freundlichkeit ist allein Schuld daran, dass ich Sie vor-schnell um Rath fragte. — Für Ihre Zeilen herzlichsten Dank.

Ihr ganz ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letter 36.

^[2]“Capillarkräfte” are the attractive forces between the molecules (as expressed by the term a/v^2 in the Van der Waals equation of state).

38. From Ludwig Boltzmann, 13 October 1897

Handwritten letter.

Wien, am 13. October 1897.

Sehr geehrter Herr!

Nächstes Jahr in der 2. Hälfte September wird das Meeting der deutschen Naturforschergesellschaft in Düsseldorf sein.^[1] Es wird dort von Hrn Willy Wien in Aachen ein Referat über die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Aethers betreffen, gehalten und darüber debattirt werden.^[2] Man hat den Entschluss gefasst eine Reihe holländischer Gelehrter, darunter auch Sie hiezu besonders einzuladen. Da Sie gerade über den Gegenstand des Referates speciell gearbeitet haben, würde es uns besonders freuen, wenn Sie Sich an der Debatte betheiligen würden. Ausserdem würde es uns sehr freuen, wenn Sie über ein beliebig von Ihnen gewähltes Thema, z.B. das neue Zeemannsche Phänomen oder die Wirkung des Magneten auf Kathodenstralen oder was immer, einen kurzen Vortrag halten würden in deutscher, französischer oder englischer Sprache, holländisch würden wir leider zu wenig verstehen. Übrigens können Sie auch den Vortrag, wenn Sie es vorziehen, weglassen.^[3]

Da es mich besonders freuen würde, Sie persönlich kennen zu lernen, habe ich schon jetzt über diese Sache an Sie geschrieben.^[4] Wenn einige Aussicht vorhanden ist, dass Sie kommen, wird seinerzeit eine officielle Einladung an Sie geschickt werden. Mit ausgezeichnete Hochachtung,

Ihr ergebenster

Ludwig Boltzmann

^[1]The 70th meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte was held from 19 to 24 September 1898.

^[2]Wilhelm Wien (1864–1928) was Professor of Physics at the Technische Hochschule in Aachen. Of his lecture two printed versions exist: one appeared before the Düsseldorf meet-

ing in the *Annalen der Physik* (Wien 1898b); the second, somewhat shortened one was published in the *Verhandlungen* of the meeting (Wien 1898c).

^[3]Lorentz accepted the invitation to come to Düsseldorf; it was his first scientific meeting outside of the Netherlands. His contribution (a “Correferat” to Wien’s paper) was published as *Lorentz 1898h*. See Letter 39 for Lorentz’s acceptance; see also the correspondence with Wien in 1898 (Letters 45–48) for more on the meeting. *De Haas-Lorentz 1957b*, pp. 89–90, describes how much Lorentz enjoyed the meeting and how it influenced his further career.

^[4]Another letter of invitation, dated 20 October 1897, came from Felix Klein. He explained that at the latest Naturforscherversammlung it had been decided to involve the Dutch mathematicians and physicists more closely in the yearly meetings and asked Lorentz to convey the invitation to his colleagues. He also pointed out that the mathematicians had selected the mathematical treatment of the theory of electricity as a special topic for the next meeting, adding that this made Lorentz’s presence be very desirable.

39. To Ludwig Boltzmann, 20 October 1897

Handwritten draft.

Leiden, 20 October 1897.

Sehr verehrter Herr College,

Besten Dank für Ihr wohlwollendes Schreiben.^[1] Werde ich nicht in unerwarteter Weise verhindert, so will ich recht gern die freundliche Einladung zum Meeting der Naturforschergesellschaft annehmen, und mich an der Debatte über die Aetherfrage, die mich ja sehr interessirt, betheiligen. Auch hoffe ich wohl einen kurzen Vortrag halten zu können.

Zu dem Besten das ich mir von der Reise nach Düsseldorf verspreche rechne ich die Gelegenheit, geehrter Herr College, Sie persönlich kennen zu lernen; es wird dadurch ein lange von mir gehegter Wunsch erfüllt werden.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

Mit lebhaftem Interesse las ich Ihr Buch über die Principe der Mechanik;^[2] ich hoffe dass Sie die Fachgenossen nun auch bald mit dem zweiten Theil der Gastheorie werden erfreuen können.^[3]

^[1]Letter 38.

^[2]The first volume of *Boltzmann 1897–1904*.

^[3]The second volume of the *Gastheorie* appeared in 1898 (*Boltzmann 1898*).

40. From Woldemar Voigt, 20 November 1897

Handwritten letter.

Göttingen 20/XI 97.

Verehrter Herr College!

Möchten Sie wohl die Güte haben mir — wenn es Ihre Zeit erlaubt — in einigen Worten Ihr Urtheil über die Theorie der Electrodynamik sagen, welche Prof. Wiechert entwickelt und auch Ihnen zugestellt hat.^[1] Es handelt sich um die Schlichtung einer Meinungsdivergenz, die über diese Arbeit in unserm Kreise entstanden ist und die sich weniger auf die Grundhypothesen, als auf die darin erwiesene Beherrschung der Mittel der Analysis und folgerichtiger Schlüsse bezieht. Die Frage hat actuelles Interesse, weil von ihrer Entscheidung vielleicht die Berufung Wiecherts in eine Professur abhängt.^[2]

Mit der Bitte die Belästigung freundlichst zu entschuldigen
Ihr ergebener

W. Voigt.

^[1]See *Wiechert 1896a, 1896b*. See Letter 41 for Lorentz's comments.

^[2]Emil Wiechert was later appointed Professor of Geophysics in Göttingen (see also Letter 44).

41. To Woldemar Voigt, 1 December 1897

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 1 Dec 1897.

Verehrter Herr College,

Obgleich ich schon früher die Abhandlungen Hr. Wiechert's über die Electrodynamik mit lebhaftem Interesse gelesen hatte, musste ich dieselben noch einmal durchstudiren, bevor ich Ihren Brief beantworten konnte;^[1] daher die Verspätung dieses Schreibens, die ich freundlichst zu entschuldigen bitte.

Es scheint mir aus den mir bekannten Arbeiten^{*} hervorzugehen dass Prof. Wiechert die Hilfsmittel der Vektorenanalyse vollständig beherrscht; oft ist es ihm trefflich gelungen, den Gleichungen der Electrodynamik eine höchst einfache und durchsichtige Form zu geben. Dass er auf die Unterscheidung zwischen einem Vector und einem Rotor^[3] mehr Gewicht legt als ich es (im Interesse der Einfachheit) thun würde, ist Geschmackssache; jedenfalls ist es erwünscht, den Unter-

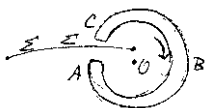
*Ich werde zur Abkürzung die Abhandlung „Die Theorie der Elektrodynamik u die Röntgen'sche Entdeckung“ (Abh. d. physik-ökon. Gesellsch. zu Königsberg) mit I, und die Arbeit über die Grundlagen der Elektrodyn (Wied. Ann. 59, p. 283) mit II bezeichnen.^[2]

schied, auch wenn man ihn nicht immer zum Ausdruck bringen will, gelegentlich einmal zu betonen und dann zu zeigen, wie W. es thut (II, p. 290) dass man entweder R als Vector und H als Rotor aufzufassen hat, oder umgekehrt.^[4] Die Gründe, welche W. zu Gunsten des Vectorcharakters von R anführt (II, p.p. 290, 291) scheinen mir nicht zwingend zu sein;* wohl erkenne ich seine Auffassung als die am Meisten auf der Hand liegende an.

Einen bestimmten Fehler habe ich in den Schlussfolgerungen nirgendwo, und in den mathematischen Betrachtungen kaum ein einziges Mal gefunden (vergl. weiter unten); ich bedauere es indessen dass Hr. Wiechert sich bisweilen zu kurz gefasst hat um seine Gedanken in voller Klarheit hervortreten zu lassen. Ein Beispiel davon finden Sie dort, wo es sich um die electriche Erregung im Inneren eines ponderablen Körpers handelt. Wie man sich diese zu denken habe, hängt natürlich mit der Frage zusammen, ob man den Aether auch im Inneren eines Atoms bestehen lassen will oder nicht. Wer sich für die erste Auffassung erklärt, der kann kurz und gut auch von der Erregung des Aethers im Inneren eines Atoms reden; anderenfalls wird man R auf die Zwischenräume zu beschränken oder neue Definitionen einzuführen haben. Jedenfalls wären nähere Angaben über die Bedeutung von R nicht überflüssig gewesen.

Wenn Prof. Wiechert (II, p.p. 294–297) die Gleichung (16^a) ableitet, setzt er nachdrücklich voraus dass die Fläche Σ sich zu den Zeiten t_1 und t_2 ganz im freien Aether befinde;^[6] bei der Anwendung der Gleichung, auf stationäre Ströme z.B. (p. 300) hat man daher sich vorzustellen dass die Fläche zu jenen Zeiten kein einziges electriche Atom durchschneidet. Allerdings kann man sich die Sache so denken und gelangt dann zur Formel (18^b);^[7] ich habe denn auch die Ableitung dieses Resultates (die mir gerade sehr bemerkenswerth zu sein scheint) nicht beanstanden wollen, und meinte nur darauf hinweisen zu müssen dass über die Ableitung eine gewisse Unklarheit schwebt.[†] Auch die Betrachtungen über die Ener-

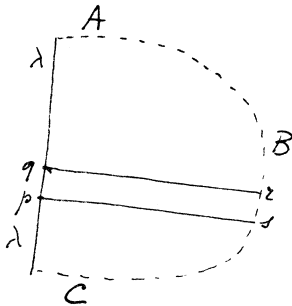
*Stellt man sich R als einen Rotor vor, so hat man anzunehmen dass eine electricirte Kugel überall in ihrer Umgebung einen derartigen Rotor R , dessen Axe radial gerichtet ist, hervorbringe. Bringt man nun eine solche Kugel in ein (etwa homogenes) Feld, wo schon vorher ein Rotor R_2 bestand, so kann man sich sehr gut denken, dass die Kugel nach der Seite getrieben wird, wo die „Wirbelrichtungen“ von R_1 und R_2 mit einander übereinstimmen. Ist R ein Rotor, so wird natürlich H ein Vector (man denke z.B. an die älteren Ansichten über die Strömung einer Materie durch einen Magneten hindurch). Wie Sie wissen, hat Hr. Sommerfeld (Wied Ann 46, p. 139)^[5] eine Theorie entwickelt, in welcher R als ein Rotor betrachtet wird.



†Als ich zuerst den §18 (II, p. 296) las, war es mir nicht klar, welche Fälle hier gemeint seien. Später fiel mir folgendes Beispiel ein. Es habe der electricirte Körper die Gestalt eines geschlitzten, kreisförmigen Ringes ABC . Wird dieser von der in der Figur gezeichneten Lage aus um seinen Mittelpunkt O um 360° gedreht, so durchsetzt er wirklich die Fläche Σ . Es ist nun nicht möglich, eine Fläche Σ' von den im §17 vorausgesetzten Eigenschaften zu finden, aber man kann sich helfen wie W. es angeht.^[8]

gie und deren Umsetzungen hätten wohl hier und da mit Vortheil etwas ausführlicher sein können.

Als ich oben von einem Fehler sprach, dachte ich an die Weise, wie Wiechert den Rotor P (I, p.p. 21 u. 22; II, p.p. 301 u. 302) einführt.^[9] Natürlich habe ich gegen die Annahme der electricischen Wirbel nichts einzuwenden; es handelt sich nur um die Festsetzung des Rotors, der die Intensität und Richtung dieser Wirbel darzustellen geeignet ist. Wenn nun W sagt (II, p. 301): „Für den Strom i_m u.s.w. ... wobei P_v eine gewisse Constante ist“,^[10] so lässt sich, wie mir scheint, Folgendes bemerken.



Wenn man die Ebene so weit ausdehnt dass der Rand ABC , den sie ausser der Geraden $\lambda\lambda$ hat, sich in einem Gebiete befindet, wo keine electricischen Bewegungen der hier betrachteten Art vor sich gehen, so ist allerdings der Strom i_m durch die Fläche eine nur von der Lage von $\lambda\lambda$ abhängige Grösse. Man könnte aber bezweifeln, ob sich jedem Elemente von $\lambda\lambda$ ein ganz bestimmter Theil von i_m so zuordnen lasse, dass dieser Theil durch die Bewegungen in der Nähe von pq bestimmt sei.

Man hätte, um dieses zu thun, zunächst die Ebene

in irgend einer Weise, etwa durch Senkrechten auf $\lambda\lambda$ in Streifen zu zerlegen, die je einem Elemente der Kante entsprechen. Es ist aber denkbar dass der Strom durch den Streifen $pqrs$ auch von den Vorgängen in der Nähe der langen Seiten qr und ps abhängt.

Uebrigens liesse sich durch eine geänderte Darstellungsweise der Einwand wohl beseitigen und Wiechert hat selbst, I, p. 15, bei der Einführung des „Rotors der Flächenbewegung“ einen Weg gezeigt der zu einer besseren Definition des Rotors P führen dürfte.

Wie Sie sehen, betreffen meine Bedenken nur vereinzelte Punkte in der umfangreichen Arbeit, die ich im Ganzen als eine sehr werthvolle betrachte. Ich fühle mich verpflichtet hierauf Nachdruck zu legen; nicht gern möchte ich zu hart urtheilen. Weiss ich doch aus eigener Erfahrung wie leicht kleine Ungenauigkeiten und Lücken in der Darstellung einschlüpfen können.

Dass ich mit dem Inhalte der Abhandlungen grösstentheils einverstanden bin, brauche ich wohl kaum zu sagen; Sie wissen ja wie Hr. Wiechert und ich unabhängig von einander zu ganz übereinstimmenden Ideen gelangt sind. Dennoch fand ich in seinen aufsätzen Manches das mir neu war.

Als besonders gut gelungen möchte ich folgende Stellen hervorheben:

a. Die Betrachtung über die Unveränderlichkeit der Electricitätsmenge, I, p. 13. Zwar lässt sich der dort gezogene Schluss noch in einfacherer Weise gewinnen (vergl. II, p. 294, §16); doch bleibt jedenfalls der Zusammenhang mit der *endlichen* Fortpflanzungsgeschwindigkeit beachtenswerth.

b. Die allgemeinen Betrachtungen, I, p.p. 11 u. 13 über die durch einen ruhenden oder bewegten Körper hervorgerufene Erregung des Aethers, und die Weise,

wie der Verf. daran anschliessend, die Begriffe der Electricitätsmenge und des magnetischen Momentes einführt.

c. Die Stelle: „Sehr bemerkenswerth ist, ... ergeben“, I, p. 16, Z. 18 und 17 v. u.^[11]

d. Die Erörterung über die Bedeutung der Annahme $\Theta=1$, I, p. 39.^[12]

Alles zusammengenommen glaube ich Prof. Wiechert für einen sehr tüchtigen Physiker und selbständigen Denker halten zu dürfen, von dessen Leistungen wir noch Vieles zu hoffen haben.

Ob nun das Vorstehende, das ich in aller Bescheidenheit Ihrem Urtheile anheimstellen möchte, etwas zur Schlichtung der Meinungsdivergenz von der Sie reden beitragen kann, weiss ich natürlich nicht. Vielleicht könnte ich besser Ihrem Wunsche entsprechen, wenn ich wüsste, auf welche bestimmten Punkte sich diese Meinungsdivergenz bezieht.

Es geht uns allen sehr gut und ich hoffe sehr dass dieses auch in Ihrer Familie der Fall sein möge und dass namentlich Ihr Fräulein Tochter jetzt oder vielleicht schon früher ganz wieder hergestellt sei.

Mit freundlichen Grüßen, die ich Sie auch an ihre Frau Gemahlin zu übermitteln bitte, verbleibe ich

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 40.

^[2]The papers are *Wiechert 1896a, 1896b*, respectively.

^[3]‘Rotor’ was Wiechert’s term for an axial vector. The latter designation was also used at the time, but was disapproved of by Wiechert (see *Wiechert 1896b*, p. 286, footnote 2).

^[4] R is the electric field and H the magnetic induction, both for the free ether.

^[5]*Sommerfeld 1892*.

^[6]Wiechert considers a plane Σ in the free ether, with boundary Λ . Between the times t_1 and t_2 an electrified body passes through Σ , without touching Λ . Eq. (16^a) applies to this

case and reads (in modernized notation) $V \int_{t_1}^{t_2} dt \oint_{\Lambda} \vec{H} \cdot d\vec{s} = - \int_{\Sigma} d\vec{S} \cdot \vec{R} \Big|_{t_1}^{t_2} - 4\pi E$, with V the speed of light and E the quantity of electricity passing through Σ .

^[7]Eq. (18^b) reads $V dt \oint_{\Lambda} \vec{H} \cdot d\vec{s} = -4\pi i$, with i the electric current through Σ .

^[8]The plane Σ' is another plane in the free ether, with the same boundary as Σ (see note 6), but which is not touched by the electrified body during its motion. For the case where it is impossible to find a plane Σ' Wiechert indicates a way around it.

^[9] P is the magnetic polarization in terms of a magnetization current (up to a factor).

^[10]The passage reads: “Für den Strom i_m durch die Fläche wegen der magnetischen Molecularbewegungen kommen allein die Bewegungen in der Nähe der Kante in Betracht, denn in grösseren Entfernungen wird die Fläche von jedem sich bewegenden Teilchen ebenso oft in der einen wie in der anderen Richtung durchschnitten, sodass die Beiträge zu i_m sich herausheben. Ein jedes Längenelement $d\lambda$ der Kante liefert zu i_m den Beitrag $P_v d\lambda$, wobei P_v eine gewisse Constante ist.” Here Wiechert considers a plane inside a magnetized body,

bounded on one side by a straight edge (see the figure). The current i_m is the ‘molecular current,’ i.e., the current produced by the molecular motions that cause magnetism.

^[11]“Sehr bemerkenswerth ist, dass alle diese Sätze, welche von Eigenschaften der Elektrizität in Körpern zu handeln scheinen, sich als Folgerungen aus den Eigenschaften des Aethers ergeben.”

^[12] Θ is a constant, occurring in Wiechert’s expression for the force exerted by a magnetic field on a moving charge. According to Wiechert, putting this constant equal to 1 implies that no induced electromotive forces occur in a system that moves with respect to the ether while within the system no relative changes take place.

42. To Woldemar Voigt, 23 January 1898

Handwritten letter.

Leiden, 23 Januar 1898.

Sehr verehrter Herr College,

Ich versäumte noch immer, Ihnen zu danken für die freundliche Zusendung Ihres Buches über Krystallphysik.^[1] Ich wünschte damit zu warten bis ich dasselbe durchgelesen hatte und dazu fehlte es mir leider während vieler Wochen an Zeit. Jetzt habe ich mit recht vielem Vergnügen die Lectüre zu Ende gebracht. Sie haben den Physikern einen grossen Dienst geleistet durch diese klare, und dennoch eingehende und umfassende Uebersicht über das Gebiet zu dessen Bearbeitung Sie so viel beigetragen haben. Ich wenigstens, der ich die meisten der behandelten Gegenstände nie gründlich studirt hatte, habe Vieles aus dem Buch gelernt. Namentlich haben mir die reizvollen Erscheinungen der Piezo-Electricität viele Freude gemacht.

Mit freundschaftlichem Gruss verbleibe ich
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]*Voigt 1898a.*

43. From Woldemar Voigt, 9 March 1898

Handwritten letter.

Göttingen 9/3 98.

Verehrter Herr College:

Bei Ihrem letzten Besuch in Göttingen, erwähnten Sie, dass Sie sich mit einer Vervollständigung der Theorie der innern Reibung der Gase durch weitergehende

Berücksichtigung der Ausdehnung der Moleküle beschäftigt hätten.^[1]

Wollen Sie nicht die Resultate, zu denen Sie hier gekommen sind, bekannt geben? Nicht nur ich, sondern gewiss noch andere würden dieselben gerne kennen lernen. Vielleicht beehren Sie unsere „Göttinger Nachrichten“ mit der Erlaubnis der Publication. Ich würde mich freuen, die Vermittelung zu übernehmen.^[2]

Mit hochachtungsvollem Gruss

Ihr ganz ergebener

W. Voigt.

^[1]See also Lorentz's remarks on this topic in Letter 32.

^[2]No such publication by Lorentz appeared. See also Letter 49 for Lorentz's comments.

44. From Woldemar Voigt, 9 June 1898

Handwritten letter.

Göttingen 9/6 98

Verehrter Herr College!

Für die sehr freundliche Benachrichtigung über das Van der Waals-Jubiläum danke ich Ihnen herzlichst.^[1] Es wird uns eine ganz besondere Freude sein, dem berühmten und verdienten Forscher unsern Glückwunsch zu senden.

Wiechert hat eine ausserordentliche Professur für Geophysik erhalten,^[2] und es scheint, dass wir ihm ein hübsches Observatorium auf dem Berge hinter der Stadt werden erwirken können wo u.a. der Erdmagnetismus und die Seismik gepflegt werden sollen.

Darf ich meine Bitte um Veröffentlichung Ihrer „corrigirten Theorie der innern Reibung der Gase“ wiederholen?^[3] Ich nehme ein hohes Interesse an den Resultaten, da ich selbst mit ähnlichen Problemen einmal beschäftigt gewesen bin.

Für die kleinen Arbeiten, die ich morgen an Sie absende erbitte ich freundliche Aufnahme.

Mit herzlicher Verehrung

Ihr ergebener

W. Voigt.

^[1]On 14 June 1898 the 25th anniversary of Van der Waals's doctorate was celebrated. A special fund, the 'Van der Waals Fonds,' was established to provide additional financial support for Van der Waals's work in gas theory.

^[2]See Letter 41 for Lorentz's comments on Wiechert's work.

^[3]See Letter 43 for Voigt's request and Letter 49 for Lorentz's response.

45. From Wilhelm Wien, before 1 July 1898

Handwritten letter in German script. The dated is inferred from the reply (Letter 46).

Aachen.

Hochverehrter Herr Professor!

Für die Naturforscherversammlung in Düsseldorf^[1] habe ich das physikalische Referat „Ueber die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen“ übernommen.^[2] Ihre ausführliche Diskussion in Ihrer „Theorie bewegter Körper“^[3] dient mir als Grundlage für die Erörterung der meisten experimentellen Versuche. Nur über zwei Punkte erlaube ich mir Sie um Auskunft zu bitten. Erstens hätte, wie mir scheint, der von Röntgen 1888 (Berliner Sitzber.) ange stellte Versuch, ob durch die Bewegung der Erde von einem geladenen Condensator magnetische Kräfte erzeugt werden, ein positives Ergebnis ergeben müssen.^[4]

Zweitens müsste jede starke elektrische Ladung durch die Erdbewegung eine recht bemerkenswerthe magnetische Kraft erzeugt werden. Durch das Ausbleiben einer solchen würden der Theorie ruhenden Aethers, wie mir scheint, wieder erhebliche Schwierigkeiten entstehen.

Für die Annahme beweglichen Aethers habe ich einige Berechnungen aus den Helmholtzschen Gleichungen durchzuführen gesucht, die aber zu wenig wahrscheinlichen Consequenzen führen.

In der Erwartung, dass ich Ihre Zeit nicht ungebührlich mit meiner Bitte Anspruch nehme verbleibe ich

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letter 38 for more on the meeting.

^[2]Wien's lecture was delivered on 20 September 1898. It was published in two versions: one appeared in the *Annalen der Physik* before the Düsseldorf meeting (*Wien 1898b*); the second, somewhat shortened version was printed in the *Verhandlungen* of the conference (*Wien 1898c*). Lorentz's lecture (*Lorentz 1898h*) served as a 'Correferat' to Wien's paper.

^[3]*Lorentz 1895b*.

^[4]See *Röntgen 1888*.

46. To Wilhelm Wien, 1 July 1898

Handwritten letter (private collection).

Arnhem, 1 Juli 1898.

Sehr verehrter Herr College,

Ich komme endlich dazu, Ihr Schreiben^[1] zu beantworten; wie ich Ihnen schon mittheilte, hatten mich die vielen Beschäftigungen in Leiden davon abgehalten.

Die letzten beiden Wochen hatte ich an den Prüfungen an einigen Gymnasien theilzunehmen und leider habe ich meine Absicht, in den freien Stunden über die von Ihnen gestellten Fragen nachzudenken nicht so gut verwirklichen können als ich gehofft hatte. Dazu kommt noch, dass ich in der Eile vergessen habe, Ihren Brief auf der Reise mitzunehmen.

Indessen glaube ich den Inhalt desselben genau genug zu kennen. Sie meinten zunächst, nach meiner Theorie hätte der von Ihnen genannte Versuch Herrn Röntgens ein positives Resultat ergeben müssen, und zweitens, es müsse ein beliebiger geladener Körper vermöge der Erdbewegung ein magnetisches Feld von bemerklicher Stärke hervorrufen.

Gestatten Sie mir, mit der letzten Frage anzufangen. Dass wirklich in der Umgebung eines geladenen Körpers ein magnetisches Feld bestehen muss, gebe ich gerne zu; ich habe z.B. auf Seite 36 meines „Versuchs einer Theorie der electr. und opt. Erscheinungen, u.s.w.“^[2] die Componenten von \mathfrak{H} angegeben, mittelst der Formeln^[3]

$$\mathfrak{H}_z = 4\pi \left(p_y \frac{\partial \omega}{\partial z} - p_z \frac{\partial \omega}{\partial y} \right), \quad \text{u.s.w.} \quad (\alpha)$$

Doch glaube ich, dass diese Kraft sich der Beobachtung entziehen müsse. Gesetzt z.B., es befinde sich in der Nähe des geladenen Körpers K eine Magnetnadel N . Es wird dann der Körper K eine Ladung auf dieser Nadel induciren, und es lässt sich leicht zeigen, dass diese Ladung in allen Punkten im Inneren von N die magnetische Kraft genau zum Verschwinden bringen wird. Wir haben nämlich unter ω in den Formeln (α) das „Potential“ (so kann man die Function wohl nennen) zu verstehen, das von *allen Ionen* zusammen, der Gleichung^[4]

$$\left\{ \Delta - \frac{1}{V^2} \left(p_x \frac{\partial}{\partial x} + p_y \frac{\partial}{\partial y} + p_z \frac{\partial}{\partial z} \right)^2 \right\} \omega = \rho$$

entsprechend hervorgebracht wird. Im Falle des electrostatischen Gleichgewichtes muss nun dieses ω im Inneren von N constant sein, wie das aus dem Umstande folgt, dass hier die Componenten der electricischen Kraft

$$\mathfrak{E}_x = 4\pi(V^2 - p^2) \frac{\partial \omega}{\partial x}, \quad \text{u.s.w.}$$

verschwinden müssen. Zugleich mit den Differentialquotienten von ω verschwindet nun aber nach (α) die magnetische Kraft \mathfrak{H} .

Eine ähnliche Betrachtung gilt, wenn man die Magnetnadel N durch einen Stromleiter ersetzt; für diesen Fall habe ich schon in meiner Abhandlung nachzuweisen versucht, dass eine vermöge der Erdbewegung durch K auf den Stromleiter ausgeübte Kraft nicht existire.^[5] Die erste der vier Gleichungen oben auf Seite 43 drückt dasselbe aus, was ich oben für den Fall der Magnetnadel habe sagen wollen.

Uebrigens brauche ich wohl kaum zu sagen, dass ich die Fragen über den Einfluss der Erdbewegung auf die Kräfte zwischen geladenen Körpern, Magneten und Stromleitern hiermit keineswegs für erledigt halte. Verschiedene Punkte bedürfen noch einer näheren Ueberlegung.

Was nun den Versuch des Hrn. Röntgen betrifft, so wäre das negative Resultat desselben sofort erklärt, wenn man die mitgetheilte Betrachtung auch auf den Fall ausdehnen dürfte, dass ein Theil des Raumes ein beliebiges Dielectricum enthält. Ich glaube, dass dem nichts im Wege stehe. Wir können uns ja die Polarisation des Dielectricums als durch eine Verschiebung von Ionen hervorgerufen denken, und haben es dann schliesslich, Alles zusammengenommen, wieder mit einem System von Ionen zu tun, das ein bestimmtes Potential ω hervorbringt. Dieses ω wird wieder nach den Formeln (α) die magnetische Kraft \mathfrak{S} bestimmen und muss im Inneren eines Leiters, also auch im Inneren eines Magneten oder eines stromführenden Drahtes einen constanten Werth haben.

Es würde mich sehr freuen, wenn Sie sich mit diesen Betrachtungen einverstanden erklären könnten. Morgen kehre ich nach Leiden zurück und dort werde ich mehr freie Zeit haben. Ich verspreche Ihnen gerne, dass ich Sie dann eventuell nicht so lange auf Antwort werde warten lassen; ich schäme mich wirklich darüber, dass ich jetzt so unfreundlich habe scheinen müssen.

Meinerseits werde ich mir die Sache auch noch näher klar zu machen suchen.

Ich glaube Ihnen noch nicht für Ihre letzten Abhandlungen gedankt zu haben. Mit recht vielem Vergnügen habe ich die Beschreibung Ihrer Versuche über die Kathodenstrahlen gelesen und ich gratulire von Herzen zu der schönen Entdeckung der magnetischen Deflexion der Kanalstrahlen.^[6]

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 45.

^[2]*Lorentz 1895b*.

^[3]The equation holds for a static system moving with speed p relative to the ether. The coordinates x , y , and z are relative coordinates; the meaning of ω is explained in the text following eq. (α).

^[4]Here V is the speed of light and ρ the charge density. Lorentz uses the word 'Ionen' for the charged particles that would later be called electrons.

^[5]In *Lorentz 1895b* it is shown that the force is of the order p^2/V^2 .

^[6]See *Wien 1897*, and *Wien 1898a*, respectively.

47. From Wilhelm Wien, 4 July 1898

Handwritten letter in German script.

Aachen 4/7/98

Hochverehrter Herr Professor!

Für Ihren liebenswürdigen Brief^[1] und Ihre ausführliche Auskunft sage ich Ihnen meinen besten Dank. Leider habe ich den Druck des Referats schon vorher abgeschlossen, sonst würde ich einige Punkte etwas modificirt haben. Ich werde aber

im mündlichen Vortrage Ihre Darlegungen berücksichtigen. Ich bin vollkommen überzeugt, dass statische Ladungen keine beobachtbaren magnetischen Effekte erzielen können. Der Versuch Röntgens scheint mir allerdings in seinen Wirkungen noch nicht ganz geklärt zu sein.^[2]

Indessen bin ich doch der Meinung, dass für die Annahme ruhenden Aethers Schwierigkeiten bestehen, wenn man die Sache umkehrt und nach den elektrischen Kräften fragt, die mit der Erde bewegte Magnete ausüben müssen. Hier liegt die Sache anders. Die magnetischen Kräfte sind nicht beobachtbar, weil im Innern der Magnetnadel die elektrischen Kräfte der bewegten Ladungen verschwinden. Der bewegte Magnetpol muss aber um sich herum elektrische Kräfte hervorrufen, deren Beobachtung, wie mir scheint, nichts im Wege steht.^[3] Diese Kräfte hätten sich aber schon bei den Versuchen über unipolare Induktion und Diamagnetismus zeigen müssen, da ihre Grösse ja recht erheblich ist.

Vielleicht haben Sie die Güte mir auch hierüber Ihre Ansicht mitzuthemen und mich zu entschuldigen, da ich im Interesse unserer Wissenschaft zu handeln glaube wenn ich schon vorher die bei diesem wichtigen Referat noch unklaren Punkte möglichst zu klären suche.

Mit vielem Dank verbleibe ich

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Letter 46.

^[2]In his Düsseldorf lecture (*Wien 1898b, 1898c*) Wien states that the experiment by Röntgen is incompatible with the hypothesis of a stationary ether.

^[3]In his lecture Wien makes the same remark.

48. To Wilhelm Wien, 17 July 1898

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 17 Juli 1898.

Sehr verehrter Herr College,

Empfangen Sie meinen besten Dank für die freundliche Zusendung Ihres Referates über die Frage nach der Beweglichkeit des Aethers.^[1] Ich habe Ihre klare und vollständige Auseinandersetzung mit lebhaftem Interesse und vielem Vergnügen gelesen, und hoffe recht sehr, dass dieselbe dazu beitragen werde, der Lösung der wichtigen Frage um einen Schritt näher zu treten.

Dem Düsseldorfer Meeting werde ich beiwohnen; ich zweifle nicht daran, dass ich in der Discussion viel Belehrung und Anregung finden werde. Sehr wird es mich freuen bei dieser Gelegenheit auch Ihre Bekanntschaft zu machen.^[2]

Vielleicht erlaube ich mir, im Laufe des Sommers noch auf einige Punkte zurückzukommen.^[3] Für jetzt möchte ich mich darauf beschränken, Ihr letztes

Schreiben kurz zu beantworten. Haben Sie nicht, als Sie die Meinung äusserten, es würde ein Magnet vermöge der Erdbewegung recht erhebliche electrostatische Wirkungen ausüben, die „Compensationsladung“ vergessen, die ich auf Seite 40 meiner Schrift^[4] betrachtet habe und von der auch schon bei Hrn. Budde die Rede ist?^[5] Jedenfalls wird, wie mir scheint, diese Ladung jede electrostatische Wirkung eines stationären Stromes aufheben und es könnte nur noch fraglich sein, ob man das Recht habe, auch bei diesem Problem einen permanenten Magnet ohne weiteres durch einen stationären Strom zu ersetzen. Weitere Untersuchungen werden hier nöthig sein; jedoch ist es sehr wahrscheinlich, dass was für einen constanten Strom gilt auch jetzt für einen Magnet gelten wird.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Wien 1898b. See also Letter 47.

^[2]See Letter 38 for more on the meeting. Other colleagues that Lorentz met for the first time were Ludwig Boltzmann and Max Planck.

^[3]Cf. Lorentz 1898h.

^[4]Lorentz 1895b.

^[5]See Budde 1880, 1881.

49. To Woldemar Voigt, 15 September 1898

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 15 Sept. 1898.

Sehr verehrter Herr College,

Empfangen Sie meinen besten Dank für die freundliche Zusendung Ihrer letzten Arbeit. Da ich mich schon vor längerer Zeit mit dem Problem der Totalreflexion beschäftigt habe, interessiren mich Ihre Betrachtungen und die schöne Erscheinung, der Sie auf die Spur gekommen sind, ganz besonders.^[1] Freilich habe ich Ihren Aufsatz noch nicht gründlich studiren können.

Sonntag reise ich nach Düsseldorf wo es mich sehr freuen würde, Sie während der Tage der Versammlung zu treffen.^[2]

Ich bin Ihnen noch immer die Antwort schuldig geblieben auf Ihre Anregung zur Publication meiner Betrachtungen über kinetische Gastheorie, von denen wir in Göttingen redeten.^[3] Sie werden das, wie ich hoffe, entschuldigen. Leider haben mich das ganze Jahr andere Studien von der Gastheorie abgehalten.

Mit herzlichem Gruss Ihr hochachtungsvoll ergebener

H.A. Lorentz

^[1]The paper is *Voigt 1898c*, in which a method is described to observe the light penetrating the second medium in the case of total reflection. See *Lorentz 1875b*, chap. 5, for Lorentz's earlier work on total reflection.

^[2]See Letter 38 for more on the meeting.

^[3]See Letters 43 and 44.

50. From Max Planck, 21 October 1898

Handwritten letter.

Berlin, 21.X.98.

Sehr verehrter Herr College!

Gestatten Sie freundlichst, dass ich Sie um die Erlaubniss bitte, unser Gespräch von Düsseldorf fortzusetzen,^[1] da mir sehr daran liegt, Ihre Meinung über folgendes zu erfahren. Es handelt sich zunächst nur um Materie, nicht um Aether.

Wenn man sich den kosmischen Raum mit feiner Materie (Gas) angefüllt denkt, so entsteht die Frage, ob dieses Gas, welches durch die Gravitation in der Nähe der Erde verdichtet wird, an der Oberfläche der Erde wesentlich haftet oder nicht. Betrachtet man die Bewegung der Erde als geradlinig und gleichförmig, und legt den Ursprung der Coordinaten in der Mittelpunkt der Erde, so ergibt sich die Aufgabe der Hydrodynamik: „Eine ruhende Kugel befindet sich in einem gleichförmig strömenden Gase, das gegen die Kugel hin gravitirt“.

Diese Aufgabe lässt eine einfache Lösung zu, die, soweit ich sehe, gut brauchbar ist.

Die Bewegung des Gases sei stationär und rotationslos. Ist nun φ das Geschwindigkeitspotential, k die Dichtigkeit des Gases, so hat man:

$$\frac{\partial\left(k\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)}{\partial x} + \frac{\partial\left(k\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)}{\partial y} + \frac{\partial\left(k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)}{\partial z} = 0. \quad \text{I}$$

Ferner, wenn p den Druck, V das Gravitationspotential pro Masseneinheit des Gases bedeutet:

$$\int \frac{dp}{k} + V + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z} \right)^2 \right\} = \text{const.}$$

In dieser Gleichung wollen wir als erste Annäherung die Annahme einführen, dass p proportional k , ferner dass das Glied mit dem Quadrat der Geschwindigkeit überall gegen jeder der beiden andern zu vernachlässigen ist — was im Fall der Erde wirklich (als erste Annäherung) zutrifft. Dann erhält man:

$$\log k - \log k_0 - \alpha \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) = 0. \quad \text{II}$$

Hierbei ist die Constante $\alpha = \frac{r_0^2 g k_0}{p_0}$. Der Index 0 bezieht sich auf die Oberfläche der Erde. (Hiefür ist $\alpha = 5 \cdot 10^{11}$ cm.), g die Beschleunigung der Schwere für $r = r_0$.

Die Gleichungen I und II werden *genau* befriedigt, wenn man setzt:

$$\varphi = z \left[a \left(\frac{\alpha}{2r} - 1 \right) + b \left(\frac{\alpha}{2r} + 1 \right) e^{-\frac{\alpha}{r}} \right].$$

Die Integrationsconstanten a und b bestimmen sich leicht aus den beiden Grenzbedingungen:

1.) für $r = \infty$ muss $\frac{\partial \varphi}{\partial z} = c$ sein, $\frac{\partial \varphi}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0$. (Geschwindigkeit der Erde $3 \cdot 10^6 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$).

2.) für $r = r_0$ muss $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0$ sein.

Dies ergibt für die Grösse der Geschwindigkeit, mit der das Gas an der Oberfläche der Kugel gleitet, den Werth:

$$\frac{b}{4} \left(\frac{\alpha}{r_0} \right)^3 e^{-\frac{\alpha}{r_0}} \cos \varphi \quad (\varphi \text{ geogr. Breite}).$$

Bedenkt man, dass für die Erde $\frac{\alpha}{r_0} = \text{ca. } 800$, so kann man sagen, dass die Luft an

der Erdoberfläche im Wesentlichen *haftet*.

Dies kann sich nicht ändern, wenn man Rücksicht nimmt auf die ungleichmässige Temperatur-vertheilung, auf das vernachlässigte Glied in Gleichung II, auf die variable Zusammensetzung der Luft, etc.

Das wäre also erledigt. Nun möchte ich aber sehr gern Ihre Meinung darüber erfahren, ob Sie es für möglich halten, dass man auf eine solche Bewegung eine rationale Erklärung der Aberration des Lichts bauen könnte, unter der Stokeschen Voraussetzung, dass der Aether an der Materie haftet.^[2] Ich sollte glauben: ja; denn der Mangel der Stokeschen Theorie besteht doch nur darin, dass sie keine Bewegung anzugeben vermag, bei der der Aether an der Erdoberfläche relativ ruht.^[3]

Schwieriger denke ich mir die Erklärung der Fizeauschen (Michelson und Morleyschen) Versuches mit dem strömenden Wasser durch die Stokesche Theorie.^[4]

Wenn Sie einmal ein Stündchen Zeit finden sollten, mir hierüber zu schreiben, so wäre ich Ihnen ausserordentlich dankbar; betrachte ich doch die Bekanntschaft mit Ihnen als eins der wertvollsten Resultate, die mir von der Düsseldorfer Versammlung geblieben sind.

Stets Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]Planck and Lorentz had met in Düsseldorf at the 70th Naturforscherversammlung. See the notes to Letter 38 for more on the meeting.

^[2]For Lorentz's comments, see Letter 51 and *Lorentz 1899e*. For Stokes's theory, see Letter 22, note 7.

^[3]Lorentz had pointed out this consequence of Stokes's theory (see Letter 22, note 7).

^[4]See Doc. 15, note 3, for the streaming water experiment of Michelson and Morley.

51. To Max Planck, 28 October 1898

Handwritten draft. Incomplete.

Leiden, 28 October 1898

Sehr verehrter Herr College,

Wie mir scheint ist der Schluss, den Sie aus Ihren Gleichungen ziehen, dass nämlich die Luft an der Erde *hafte*, nicht richtig und lässt sich deshalb auf dem jetzt von Ihnen versuchten Wege eine Erklärung der Aberration nicht erreichen.^[1] Für die beiden Integrationskonstanten in der Formel

$$\varphi = z \left[a \left(\frac{\alpha}{2r} - 1 \right) + b \left(\frac{\alpha}{2r} + 1 \right) e^{-\frac{\alpha}{r}} \right]$$

finde ich nämlich:^[2]

$a = -c$ (aus der Bedingung $\frac{\partial \varphi}{\partial z} = c$ für $r = \infty$), und

$$b e^{-\frac{\alpha}{r_0}} = \frac{c}{1 + \frac{\alpha}{r_0} + \frac{1}{2} \frac{\alpha^2}{r_0^2}}$$

(aus der Bedingung $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0$ für $r = r_0$).

Setzt man nun weiter

$$\frac{z}{r} = \cos \psi$$

und also an der Oberfläche:

$$\varphi = \cos \psi \left[a \left(\frac{1}{2} \alpha - r_0 \right) + b \left(\frac{1}{2} \alpha + r_0 \right) e^{-\frac{\alpha}{r_0}} \right],$$

so ergibt sich für die Geschwindigkeit, mit der die Luft an der Oberfläche gleitet,

$$\frac{\partial \phi}{\partial h} = -\frac{d\phi}{r_0 d\psi} = \sin \psi \left[a \left(\frac{1}{2} \alpha - r_0 \right) + b \left(\frac{1}{2} \alpha + r_0 \right) e^{-\frac{\alpha}{r_0}} \right],$$

oder, wenn man die Werthe von a und $b e^{-\frac{\alpha}{r_0}}$ einsetzt,

$$c \sin \psi \left[1 - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{r_0} - \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{\alpha}{r_0}}{1 + \frac{\alpha}{r_0} + \frac{\alpha^2}{2r_0^2}} \right].$$

Da $\frac{\alpha}{r_0}$ ca. 800 ist, so überwiegt bei weitem das zweite Glied. An dem Kreise

$\psi = 90^\circ$ wäre also die Geschwindigkeit ca. $-400c$. Uebrigens darf, wenn die Geschwindigkeiten so hoch ansteigen, das letzte Glied auf der linken Seite der Gleichung

$$\int \frac{dp}{k} + V + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 \right\} = \text{const.}$$

gar nicht mehr vernachlässigt werden.

Gestatten Sie mir, bevor ich auf die Aberrationsfrage noch etwas weiter eingehe, die Bemerkung dass das jetzt von Ihnen behandelte Problem an und für sich mir sehr interessant scheint. Nach Ihren Gleichungen nämlich wenn meine Berechnung richtig ist, würde eine Atmosphäre gar nicht dem Planeten folgen können. Man kann sich aber vorstellen dass die ganze Atmosphäre die gleiche Geschwindigkeit hat wie der Himmelskörper selbst, aber wie steht es dann mit der oberen Grenze der Atmosphäre? Das ist eine wichtige Frage.^[3]

Aber lassen Sie mich auf die Aberration zurückkommen. Wenn man nicht davon zurückschreckt, einige gewagte Annahmen zu machen, so kann man allerdings die Grundidee der Stokes'schen Theorie aufrecht erhalten. Man kann ja immer wohl, wenn man die Incompressibilität des Aethers aufgibt, einen Bewegungszustand fingiren, bei dem ein Geschwindigkeitspotential existirt, und zu gleicher Zeit an der Oberfläche der Erde die Geschwindigkeit des Aethers mit der Geschwindigkeit der Erde selbst übereinstimmt. Bei diesem Zustande müssen nothwendig Dichtigkeitsunterschiede im Aether bestehen; wenn man nun aber annimmt, dass diese, was die Fortpflanzung des Lichtes betrifft, vollkommen gleichgültig sind, so wird natürlich die Stokes'sche Erklärung zulässig.

Zu obigen Annahmen möchte ich nun aber Folgendes bemerken.

1. Man kann natürlich für das Geschwindigkeitspotential ϕ noch sehr verschiedene Werthe annehmen. Es läge wohl

^[1]See Letter 50 for Planck's equations.

^[2]The following results are incorrect; see Letter 52. See also Letter 54 and *Lorentz 1899e*.

^[3]From here to the end of this draft the text has been crossed out and replaced by a reference to a document "A", which is missing.

52. From Max Planck, 1 November 1898

Handwritten letter.

Berlin, 1. Novbr. 1898.

Verehrter Herr College!

Meinen besten Dank für Ihren ausführlichen Brief vom 28. v.M.^[1] Sie müssen mir aber zunächst erlauben, dass ich meine Rechnungen, die ich mehrfach controlirt habe, etwas in Schutz nehme. Aus dem allgemeinen Integral:

$$\varphi = z \left[a \left(\frac{\alpha}{2r} - 1 \right) + b \left(\frac{\alpha}{2r} + 1 \right) e^{-\frac{\alpha}{r}} \right]$$

folgt doch, wenn für $r = \infty$ $\frac{\partial \varphi}{\partial z} = c$ sein soll:

$$c = -a + b$$

(Sie lassen das b fort; warum, ist mir nicht klar.)

und, wenn für $r = r_0$ $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0$ sein soll:

$$a = \left(\frac{\alpha^2}{2r_0^2} + \frac{\alpha}{r_0} + 1 \right) e^{-\frac{\alpha}{r_0} b}.$$

Daraus ergeben sich die Werthe von a und b , und somit die Geschwindigkeit, mit der die Luft längs dem „Aequator“ der Erde gleitet: (die Axe parallel der Richtung der Geschwindigkeit c genommen)

$$v_0 = \frac{\alpha^3}{4r_0^3} e^{-\frac{\alpha}{r_0} b}.$$

Für die Erde *verschwindet* a gegen b also b nahe $= c$ und man erhält:

$$v_0 = 1,4 \cdot 10^{-333} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}.$$

Wenn ich also von einem „Haften“ der Luft an der Erdoberfläche spreche, so wird gewiss kein Physiker oder Meteorologe etwas dagegen einwenden können. (Uebrigens will ich vorsichtigerweise meine Rechnungen lieber nicht auf die Erde, sondern nur auf einen Planeten angewendet wissen, dessen Geschwindigkeit *klein* ist gegen $\sqrt{r_0 g_0}$, wo r_0 sein Radius, g_0 die Gravitationsbeschleunigung an seiner Oberfläche ist.)

Der Umstand nun, dass die Luft an dem Planeten so gut wie haftet, steht durchaus nicht im Widerspruch mit dem Resultate Ihrer mir sehr interessanten und einleuchtenden Betrachtungen, dass nämlich die Luft überall ruhen müsste, wenn sie an der Kugeloberfläche ruht.^[2] Denn Sie nehmen das „Haften“ im absoluten mathematischen Sinn, und bei dieser Annahme erscheint mir auch Ihre Folgerung durchaus plausibel. Sobald man aber die Relativgeschwindigkeit der Luft an der Planetenoberfläche nur unmessbar klein nimmt, kommt man durch genügend oft

wiederholter Differentiiren zu endlichen Werthen, und kann dann Ihre Schlussfolgerung nicht mehr anstellen.

Ich glaube daher auch bei meiner Meinung bleiben zu müssen, dass die Schwierigkeiten der Stokes'schen Aberrationstheorie überwunden werden können, wenn man annimmt:

- 1.) dass der Aether an der Materie absolut haftet
- 2.) dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts im Aether unabhängig ist von der Dichte.

Dagegen sehe ich allerdings, ebenso wie Sie, absolut keinen Ausweg, um auf Grund dieser Vorstellungen zu einer Erklärung der Versuche mit dem strömenden Wasser zu gelangen, wenigstens einstweilen.*

Daher möchte ich mir auch vorderhand noch durchaus nicht eine bestimmte Behauptung aneignen über die Beweglichkeit des Lichtäthers.

Wenn man dagegen einstweilen den Aether ganz aus dem Spiele lässt und lediglich die Vorgänge in der Materie nach den bekannten Gesetzen der Mechanik verfolgt, so scheint es mir in der That, dass eine weitere Verfolgung und Ausarbeitung der obigen Gleichungen für die Beurtheilung des Verhaltens der Atmosphäre von Interesse sein würde. Vor Allem müsste darauf Rücksicht genommen werden, dass bei der Erde die Bahn-Geschwindigkeit nicht klein ist gegen $\sqrt{r_0 g_0}$, denn erstere ist $3 \cdot 10^6 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$, letztere nur $7,9 \cdot 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$. Man wird also ganz wie Sie sagen das

Glied $\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z}\right)^2$ in der Diff.gleichung berücksichtigen müssen. In

der Nähe der Erdoberfläche aber verschwindet der Einfluss dieses Gliedes.

Ich hoffe, dass Sie mit dieser Lösung unserer Meinungsverschiedenheit betreffende des „Haftens“ einverstanden sind, und wäre Ihnen sehr dankbar, wenn Sie mich über die zuerst besprochene Divergenz unserer Rechnungen aufklären wollten, eventuell nur mit einigen Zeilen.

Bestens grüssend
Ihr aufrichtig ergebener

M. Planck.

^[1]See Letter 51 for a draft.

^[2]See Lorentz 1886a.

*Es wäre doch wohl noch denkbar, dass von der Röhrenwand ein verzögernder Einfluss auf die Fortpflanzung der Wellenfront ausginge, was nicht im Widerspruch stände mit der obigen Annahme 2.).

53. From Woldemar Voigt, 23 November 1898

Handwritten postcard. The year is inferred from the reference to *Voigt 1898d*.

Göttingen 23/XI

Verehrter Herr College!

Meine Arbeit über Faraday-Zeeman ist erst in diesen Tagen in Druck erschienen.^[1] Inzwischen ist eine merkwürdige Bestätigung der von mir entwickelten Theorie erschienen, die Beobachtungen von Macaluso (C.R. vom 17/X) und von Becquerel (C.R. vom 31/X),^[2] die mit dem von mir Seite 7 angegebenen, insbesondere mit Formel 28 genau zu stimmen scheinen.^[3] Ich bin unterdessen bemüht, die auf S. 8 und 12 gezogenen Folgerungen zu realisiren.^[4] Soweit ich sehe reichen dazu unsere *hiesigen* Mittel aus, und ich habe nicht nöthig, *Sie* dabei zu belästigen.^[5] — Aber darauf, Sie in Ihrem Arbeitsgebiet zu sehen, freue ich mich sehr, und ich hoffe, dass die Möglichkeit hierzu sich im kommenden Jahre ergeben wird.

Hochachtungsvoll

Ihr

W. Voigt.

^[1]*Voigt 1898d*. At the Naturforscherversammlung in Düsseldorf (see the notes to Letter 38 for more on the meeting), Voigt had presented a paper on the same topic (the connection between the Zeeman effect and the Faraday effect; see *Voigt 1898b*). The paper had given rise to “an extensive discussion in a small group” (“eine ausführliche Discussion im kleineren Kreise;” *Voigt 1898e*, p. 354). See also note 2.

^[2]*Macaluso and Corbino 1898*; *Becquerel 1898*. These authors had observed the Faraday effect in light propagating through sodium vapour under the influence of a magnetic field parallel to the direction of propagation. The occurrence of this effect, as well as the occurrence of a magnetic double refraction in directions perpendicular to the magnetic field, had been predicted by Voigt (*Voigt 1898b, 1898d*). See also *Voigt 1908c*, secs. 78–104, for a detailed discussion of these phenomena, both of which are intimately related to the inverse Zeeman effect.

^[3]The reference is to the page number in the offprint of *Voigt 1898d*; it is p. 335 in the journal version. Eq. (28) gives an expression for the magnitude of the Faraday rotation as a function of the field strength and the frequency of the incident light.

^[4]On p. 8 (336) the conclusion is drawn that for frequencies equal to the absorption frequency and in the absence of a magnetic field the angle of rotation is no longer proportional to the strength of the magnetic field, but reaches a maximum for a certain value of the field; on p. 12 (340) the phenomenon of double refraction in directions perpendicular to the field is predicted (see note 2). See *Voigt 1898e, 1898f* for details on the experiments planned by Voigt; see also Letter 57.

^[5]From a remark in Letter 57 it becomes clear that Voigt was considering doing some experimental work in Leiden.

54. From Max Planck, 6 December 1898

Handwritten letter.

Berlin, 6. December 1898.

Verehrter Herr College!

Nehmen Sie meinen besten Dank für Ihre beiden freundlichen Briefe, deren erster mir eine willkommene Erleichterung brachte, während der letzte mir durch seine ausführliche Behandlung der uns beschäftigenden Fragen von grösstem Werthe ist. Ich möchte gleich von vorneherein bemerken, dass ich die Dinge jetzt im Wesentlichen von dem nämlichen Standpunkt ansehe, wie Sie in Ihren letzten Briefe; einiges Einzelne möchte ich noch hinzufügen.

Zuerst beginne ich noch einmal mit der ponderablen Materie, die sich ja ganz unabhängig vom Aether behandeln lässt.

Ich bin mir natürlich vom ersten Augenblick an klar gewesen, dass meine ersten Rechnungen sich nur auf einen idealen Grenzfall beziehen; es lag mir nur an der principiellen Frage, ob es überhaupt denkbar ist, dass die Gravitation allein hinreicht, um die Luft an der Erde festzuhalten, und diese Frage habe ich bejahen müssen. In der Natur kommen aber erhebliche Abweichungen von jenem idealen Grenzfall in Betracht, wozu ich hauptsächlich rechne 1.) die allgemeine Gravitation (statt der *Erdgravitation*), 2.) die Veränderlichkeit der Temperatur, 3.) die Reibung, 4.) die Abweichungen von der Compressibilität idealer Gase, 5.) die chemische Zusammensetzung der Luft, 6.) die Rotation der Erde.

Der Einfluss ad 1.) ist erst in so grossen Entfernungen vom Erdmittelpunkt merklich, dass man ihn wohl ganz vernachlässigen kann, abgesehen von der Gravitation nach der Sonne, die aber, wie Sie auch gefunden haben, nur die Form, nicht aber die Existenz der Geschwindigkeitspotentials verändert.

Dagegen ist der Einfluss ad 2.) (Temperatur) so kolossal, dass man bei der gänzlichen Unbekanntschaft mit der Temperaturvertheilung wohl einstweilen darauf verzichten muss, auch nur Vermuthungen über die Dichte der Luft in grösseren Entfernungen von der Erde aufzustellen. Ich habe z.B., um den wirklichen Verhältnissen etwas näher zu kommen, „adiabatische“ Temperaturvertheilung in der Atmosphäre vorausgesetzt, und erwartete, wegen der Abnahme der Temperatur mit der Entfernung, grössere Dichten der Luft zu bekommen als bei der früher vorausgesetzten isothermen Anordnung. Zu meiner Ueberraschung ergibt sich aber das Gegentheil: anfangs zwar langsamere, später aber viel schnellere Abnahme der Dichte, und in der Entfernung:

$$r = \frac{r_0}{1 - \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p_0}{k_0 r_0 g}}$$

sogar die Dichte Null! (und auch die Temperatur Null)

r_0 Radius der Erde

γ Verhältnis der spezifischen wärmen

p_0 Atmosphärendruck an der Oberfläche der Erde
 k_0 Dichte der Luft " " " " "
 g Beschleunigung der Schwere " " "
 oder in Zahlen:

$$r = 1,03.r_0$$

Das ist so kolossal abweichend von meinem früheren Resultat, dass ich nun ganz davon abgekommen bin, jenem eine physikalische Bedeutung beizulegen.

Als positives Ergebniss dieser Untersuchungen wird jedenfalls der Satz übrig bleiben, dass in grossen Entfernungen von der Erde die Luft eine Dichte besitzt, auf die man nicht mehr die idealen Gasgesetze anwenden darf („Crookescher Raum“^[1]) und damit verliert, wie Sie bemerken, natürlich die Hypothese des „Haftens“ des Aethers an der Materie ihrer Sinn, da sie ja nur auf continuirliche Materie anwendbar ist.

Auch die Ueberlegung der Resultate des Michelson u. Morley-Experiments mit strömendem Wasser oder Luft bietet mir keine Aussicht mehr auf eine Erklärung durch die „Haft“hypothese, zumal nach Ihrer Bemerkung, dass das Licht wohl nur in der *Axe* der Röhren fortschreitet. Ich wäre noch eher zu diesem Schluss gekommen, wenn mich nicht ein Gedanke noch länger festgehalten hätte, der glaube ich noch nicht zur Sprache gekommen ist, und den ich hier erwähnen möchte.

Stellt man sich nämlich auf den Standpunkt der Hafthypothese, so ergibt sich, dass ein in strömendes Wasser eintretender Lichtstrahl im Allgemeinen eine *Aberration* erleiden muss, die sich vollzieht in dem Raume, der den Uebergang von der ruhenden Luft bis zu dem *gleichmässig* in constanter Richtung stromenden Wasser vermittelt. Daraus folgt, dass die *Wege* der beiden im strömendem Wasser sich in entgegengesetzten Richtungen fortpflanzenden Strahlen im Allgemeinen *verschieden* sind. Dies wird zu einem neuen Gangunterschied Veranlassung geben, und ich dachte eine Zeitlang, es könne hierin eine Erklärung für die Beobachtungsergebnisse vom Standpunkt der Hafthypothese gefunden werden. Aber das scheint mir nun doch unmöglich zu sein.

Somit stehe ich gleich Ihnen vor der Wahl, entweder einen absolut ruhenden Aether anzunehmen, oder einen sowohl im Raume als auch in der Materie beweglichen, an der Erde im Wesentlichen haftenden, der sich wie ein ideales isothermes Gas verhält und der Gravitation unterliegt. Ich muss nun gestehen, dass mir die letzten Annahmen sehr wenig plausibel erscheinen, da ich gar keine Veranlassung sehe, dem Lichtäther Eigenschaften beizulegen, welche die ponderable Materie besitzt, da er sich doch eben von der ponderablen Materie in den wesentlichsten Punkten unterscheidet. Selbst wenn also aus dieser Anschauung keine Widersprüche erwachsen — und das scheint ja nach Ihren Rechnungen der Fall zu sein — so halte ich dieselbe doch, ebenso wie Sie, für complicirter und zugleich auch für willkürlicher als die einfache Annahme ruhenden Aethers. Wenn nur in einem einzigen Falle eine optische oder electrodynamische Wirkung der Bewegung eines in allen Theilen mit constanter Geschwindigkeit fortschreitenden ponderablen Systems relativ zum Aether nachgewiesen werden könnte!

Eine Frage gestatten Sie mir noch an Sie zu richten, deren Beantwortung mir sehr interessant wäre. Leider bin ich noch zu wenig in die Einzelheiten Ihrer Theorie eingedrungen, um sie mir selber zu geben. Es ist klar, dass nach Ihrer Theorie die Aberration nicht allein von der relativen Bewegung der Erde gegen den Fixstern, sondern von der absoluten Bewegung sowohl der Erde als auch des Fixsterns gegen den Aether abhängt. Ist es nun möglich oder aussichtsvoll, die absolute Bewegung eines Fixsterns (oder der Sonne) hieraus zu finden? Bez. in welchen Grenzen ist die absolute Bewegung der Sonne gegen den Aether festgestellt?

Ich will aber Ihre Zeit durchaus nicht gerne über Gebühr in Anspruch nehmen, und bitte Sie daher nur, mir ganz gelegentlich ein Wort hierüber zu schreiben, vielleicht einmal in den Ferien.^[2]

Mit den besten Grüßen

Ihr ganz ergebenster

M. Planck.

^[1]William Crookes (1832–1919) had studied highly dilute gases (see, e.g., *Crookes 1881*).

^[2]See Letter 55 for a draft of Lorentz's reply.

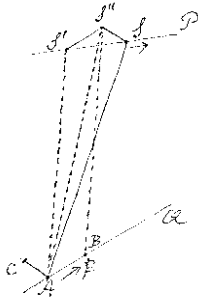
55. To Max Planck, 13 January 1899

Handwritten draft.

Leiden, 13 Januar 1899.

Verehrter Herr College,

Endlich komme ich dazu — dass ich so lange gewartet habe, werden Sie, wie ich hoffe, entschuldigen wollen — Ihr letztes Schreiben zu beantworten.^[1] Es hat mich sehr gefreut, aus demselben zu sehen dass wir über die Aberrationsfragen derselben Meinung sind. Was die letzte von Ihnen berührte Frage betrifft, so hängt nach meinen (und ebenso auch nach anderen) Betrachtungen die scheinbare Ortsveränderung eines Himmels-Körpers schliesslich nur von der *relativen* Bewegung der Erde gegen denselben ab.



Gesetzt, es bewege sich der Stern S in der geraden Linie P und die Erde in der Richtung Q , beide mit constanter Geschwindigkeit. Diese Geschwindigkeiten seien v_s und v_e und die Geschwindigkeit des Lichtes V . Zur Beobachtungszeit t mögen sich die beiden Körper in S und A befinden, und S' sei die Stelle, wo sich der Stern befand als er das Licht aussandte, das die Erde in A zur Zeit t erreicht. Es ist dann $S'A$ die Normale der die Erde treffenden Wellen, und *diese* Richtung wird nun durch die Aberration geändert. Es sei ϑ die zum Durchlaufen des Weges

$S'A$ erforderliche Zeit, mithin $S'A = V\vartheta$.

Um nun die durch die Aberration geänderte Richtung zu finden können wir den Vector $AS' = V\vartheta$ mit einem Vector $AB = v_e\vartheta$ zusammensetzen; wir können also auch von S' aus einen Vector $S'S'' = v_e\vartheta$, und parallel zu Q ziehen, und erhalten dann in S'' den scheinbaren Ort. Da nun $S'S = v_s\vartheta$ ist, so wird S'' mit dem wahren Orte zusammenfallen, wenn die beiden Geschwindigkeiten in Richtung und Grösse übereinstimmen. Sind sie von einander verschieden, so könnte man jedenfalls die scheinbare Richtung AS'' erhalten, wenn man AS zusammensetzt mit dem Vector AC der in Richtung und Grösse mit SS'' übereinstimmt. Oder auch, wenn man einen Vector $\frac{AS}{\vartheta}$ zusammensetzt mit $\frac{AC}{\vartheta}$. Der letztere ist aber die relative Geschwindigkeit der Erde in Bezug auf den Stern, und statt $\frac{AS}{\vartheta}$ kann man (wenn

man bei der Berechnung des Winkels SAS'' Grössen von der Ordnung $\left(\frac{v_e}{V}\right)^2$ vernachlässigt, einen Vector V in der Richtung AS nehmen. Es kommt also schliesslich auf dasselbe hinaus, alsob der Stern ruhte.

Wollen Sie mir nun gestatten, zu erwähnen dass Sie meine Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit dieser Erklärung hingelenkt haben, indem Sie zeigten dass ein Gas vermöge der Gravitation genügend an der Erde „haften“ kann. Ich könnte hierbei Ihre Formeln mittheilen, und anführen dass diese sich auf die Atmosphäre anwenden lassen, doch ziehen Sie es wahrscheinlich vor, den Gegenstand selbst einmal zu behandeln.^[2]

^[1]Letter 54.

^[2]See Lorentz 1899e, in which Lorentz reports on the results of his discussion with Planck.

56. From Max Planck, 17 January 1899

Handwritten letter.

Berlin, 17. Januar 1899.

Verehrter Herr College!

Für Ihren freundlichen Brief vom 13. d.M.^[1] sage ich Ihnen meinen besten Dank.

Ihre Beantwortung meiner Frage nach dem Einfluss der absoluten Bewegung von Erde und Gestirn auf die Aberration leuchtet mit natürlich Punkt für Punkt vollkommen ein, und stimmt auch ganz überein mit den Vorstellungen, die ich mir von der Sache gemacht hatte. Was ich sagen wollte, war nur, dass auch bei relativer Ruhe von Erde und Gestirn (d.h. wenn die abs. Geschwindigkeiten in jedem

Augenblick gleich und gleichgerichtet sind) ein Aberrationseffekt auftreten muss, falls die abs. Geschwindigkeit nicht geradlinig und gleichförmig ist, dass also auch umgekehrt ein beobachteter Aberrationseffekt zur *vollständigen* Erklärung^[2] einer Annahme über die absolute Geschwindigkeit bedarf. Soviel ich sehe, stimmt dies auch mit Ihrer Darlegung überein, und es herrscht somit volle sachliche Klarheit.

Auf Ihre Frage wegen der Erwähnung meiner Formeln etc. kann ich Ihnen nur erwidern, dass ich nicht nur damit einverstanden, sondern auch Ihnen zu grossem Danke verpflichtet bin, dafür dass Sie meine Bemühungen, über die Stokes sche Theorie ins Klare zu kommen, obwohl sie ja praktisch nutzlos gewesen sind, einer Besprechung unterziehen wollen. Benutzen Sie also bitte Alles, was Ihnen passt, ev. auch dass mir die Stokes sche Theorie jetzt wenig aussichtsvoll erscheint und ich die Ihrige als gegenwärtig die leistungsfähigste ansehe.

Ich selber werde wohl kaum jemals auf diese Sache zurückkommen, die nur so lange einen eigenthümlichen Reiz auf mich ausübte, als ich mein wissenschaftliches Gewissen durch eine Lücke in den aufgestellten Erklärungssystemen beunruhigt glaubte. Nun sich gezeigt hat, dass eine solche Lücke in Wirklichkeit gar nicht existirt, oder doch wenigstens verhältnissmässig unbedeutend ist, fühle ich mich wieder behaglich und überlasse diese ganze Theorie Ihrer bewährten und, wie ich zu meiner Freude gesehen habe, auch gänzlich unpartheiischen Führung.

Mit bestem Gruss u. Erwiderung Ihrer guten Wünsche fürs neue Jahr
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Letter 55 for a draft.

^[2]I.e., to all orders in v/c .

57. To Woldemar Voigt, 10 March 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 10 März 1899.

Sehr verehrter Herr College,

Zu lange schon versäumte ich, Ihnen herzlichst zu danken für die freundliche Zusendung Ihrer letzten wichtigen Abhandlungen.^[1] Die weitere Entwicklung Ihrer theoretischen Betrachtungen hat mir ausserordentlich gefallen und Ihre Erklärung der Versuche von Macaluso und Corbino,^[2] sowie der Versuch mittelst dessen Sie und Wiechert die Doppelbrechung des Na-Dampfes senkrecht zu den Kraftlinien nachgewiesen haben,^[3] hat mir viele Freude gemacht. Wirklich, es gestaltet sich das ganze Gebiet der magneto-optischen Erscheinungen mehr und mehr zu einem wunderschönen Ganzen.

In Kurzem hoffe ich Ihnen eine kleine Mittheilung zukommen zu lassen, in der ich einen Versuch gemacht habe — freilich einen sehr gewagten Versuch — die mehrfachen Linien bei der Zeeman'schen Erscheinung zu erklären.^[4]

Nur Eines bedauere ich bei der Wendung, welche die Sache genommen hat; dass Sie nämlich das Bedürfnis nicht empfunden haben, auf dem hiesigen Institute einige Versuche zu machen und dass wir in Folge dessen Ihren Besuch, der uns sehr willkommen gewesen wäre, verfehlt haben.^[5]

Ich weiss nicht ob wir in Düsseldorf^[6] schon gesprochen haben über die Versammlung der holländischen Naturforschervereinigung (Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres) die im Anfang des nächsten Monats (7 und 8 April) in Haarlem stattfinden wird. Wenn Sie, oder andere der Göttinger Fachgenossen — Sie wollen wohl gefälligst die Güte haben, dieses den Herren zu sagen — diesen Anlass benutzen wollten, um Holland einmal zu besuchen, so würde das den holländischen Physikern recht viele Freude machen.^[7] Ich möchte in diesem Falle um zeitige Nachricht bitten, damit für eine gute Wohnung gesorgt werden könne.

Der Vorstehende der diesjährigen Versammlung ist Prof. Bosscha;^[8] in einer der beiden Generalsitzungen wird ausserdem W. H. Julius aus Utrecht einen Vortrag über Aethertheorien halten.^[9] In der physikalischen Abtheilung wird es, nebst kleineren Mittheilungen, Vorträge geben von Ramsay über die neuen Elemente in der Atmosphäre und von Zeeman über Strahlung im magnetischen Felde.^[10] Natürlich ist, der kürzeren Dauer des Meeting entsprechend, die Anzahl der Vorträge eine viel beschränktere als auf der deutschen Naturforscherversammlung und spricht, mit Ausnahme von Ramsay, Jedermann holländisch.

Haben Sie jetzt keine Zeit oder Lust, die Reise zu unternehmen, so hoffe ich doch sehr dass Sie einmal nach Holland und speciell nach Leiden kommen werden.

Mit den herzlichsten Grüssen an Sie und Ihre mir bekannten Collegen, und den besten Empfehlungen an Ihre verehrte Frau Gemahlin verbleibe ich

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]*Voigt 1898e, 1898f, 1899a.*

^[2]See Letter 53, note 2.

^[3]Wiechert had collaborated in the observations of double refraction in a magnetic field. See *Voigt 1898f*, p. 357.

^[4]*Lorentz 1899b* or one of its translations. In this paper Lorentz employs a model of vibrating uniformly charged spherical shells to explain the anomalous Zeeman effect. See *Lorentz 1909i*, pp. 115–117, for his own later objections to this model.

^[5]Voigt had announced his plan in Letter 53.

^[6]At the Naturforscherversammlung. See Letter 49.

^[7]The seventh Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres was held in Haarlem from 6 to 9 April 1899. Lorentz was vice- chairman. Voigt attended the meeting and presented a paper on double refraction in a magnetic field (*Voigt 1899b*). See Letters 58 and 59 for more details on Voigt's visit.

^[8]Johannes Bosscha (1831–1911) had been Professor of Physics at the Polytechnic in Delft and was Secretary of the Dutch Society of Sciences, based in Haarlem.

^[9]See *Julius 1899*. Wilem Henri Julius (1860–1925) was Professor of Physics, Physical Geography, and Meteorology at the University of Utrecht.

^[10]See *Ramsay 1899* and *Zeeman 1899*. Sir William Ramsay (1852–1916) was Professor of Chemistry at University College, London.

58. To Woldemar Voigt, 30 March 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 30 März 1899.

Verehrter Herr College,

Ich hoffe sehr dass es Ihnen möglich sein wird, nach Haarlem zu kommen,^[1] und wir dürfen in diesem Falle gewiss wohl darauf rechnen dass Sie uns das Vergnügen machen, vor oder nach der Versammlung auch Leiden zu besuchen. (Nach Ablauf derselben kann ich am Besten über meine Zeit verfügen.) Da die Hôtels in Haarlem doch wohl überfüllt sein werden, so habe ich Wohnung für Sie angefragt, mit der Hinzufügung jedoch, dass es nicht feststeht dass Sie kommen können. Man hat mir jetzt geantwortet dass die Familie Smits, Gedempte Oude Gracht, sehr gerne ihr Gastzimmer für Sie bereit halten wird. Zu gleicher Zeit liess diese Familie mich bitten, Sie aus ihrem Namen freundlichst einzuladen. Dass Sie gastliche Aufnahme finden werden, davon können Sie gewiss sein.

Es wird uns natürlich in hohem Maasse freuen, wenn Sie uns Ihren schönen Versuch zeigen wollen; ein kräftiger Electromagnet steht zu Ihrer Verfügung.^[2] Zeeman wird den Versuch von Righi machen.^[3] Natürlich schreiben Sie mir wohl, wenn ich Ihnen in irgend einer Hinsicht, z.B. was die Apparate betrifft, behilflich sein kann.

Mit herzlichen Grüßen und in der Hoffnung Sie nächste Woche zu sehen verbleibe ich

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 57 for Lorentz's invitation.

^[2]As part of his lecture at the Haarlem meeting Voigt gave an experimental demonstration of the phenomenon of magnetic double refraction (cf. Letter 53, note 2).

^[3]The Righi experiment demonstrated the Faraday effect in sodium vapor (cf. Letter 53, note 2) in a particularly simple way. See *Righi 1898, 1899*, and *Zeeman 1899*.

59. From Woldemar Voigt, 11 May 1899

Handwritten letter.

Göttingen 11.5.99.

Verehrter Freund und College!

Es kommt mir selbst sonderbar vor, dass ich seit meiner Abreise kein Wort wieder an Sie gerichtet habe, so viel auch die Erinnerungen an unser Zusammensein und die in Ihrem lieben Hause genossene Gastfreundschaft in mir nachwirken.^[1] Aber hier in G. angekommen fand ich eine solche Menge von Geschäften vor, dass ich seit Wochen kaum zur Ruhe komme. Das Dekanat bringt endlose Examina und Sitzungen, daneben stellt das herannahende Gauss-Weber-Fest grosse Anforderungen,^[2] endlich ist am Anfang des Semesters auch die gewöhnliche Amtsarbeit in Vorlesung u. Practicum besonders zeitraubend. Der heutige Festtag giebt mir endlich die gewünschte Gelegenheit, mein Schweigen zu brechen und Ihnen nochmals für alle mir erwiesene Freundlichkeit recht herzlich zu danken.

In Amsterdam hat mir Coll. Zeeman das Institut und seine Beobachtungsanordnung gezeigt, die mich sehr interessirte. Bei Herrn van der Waals kam ich in eine etwas unbehagliche Situation dadurch, dass ich der Boltzmann'schen Auffassung molekularer Theorien nicht ganz widersprach. Ich äusserte mich etwa so, dass unsere Phantasie, um ein *vollständiges Bild* des Mechanismus zu erhalten, zu den in den Gleichungen *ausgedrückten* Elementen des Vorganges weitere hinzuzufügen pflegte, die nicht in den Formeln Ausdruck gewannen und daher sehr wohl im Widerspruch mit der Wirklichkeit stehen könnten, obwohl die Formeln durch die Erfahrung bestätigt würden. Diese Auffassung erregte Herrn v.d.W. sichtlich so unangenehm, dass ich mich schneller empfahl, als ich sonst wohl getan hätte.^[3]

So leid es mir einerseits that, dem von mir so hochverehrten Forscher einen unangenehmen Eindruck zu machen, — so lehrreich war mir sein leidenschaftliches Festhalten an seinem „Bilde“. Wir Menschen werden eben immer *da* am leichtesten erregt, wo strenge Schlüsse nich ankommen können. —

Ihre freundliche Anregung, auf meinem Wege die Quadruplets, Quintuplets u.s.f. zu erklären, habe ich nicht vergessen. Schon vor 14 Tagen ca. habe ich an Wiedemann eine Notiz geschickt, in der meine darauf bezüglichen Resultate mitgetheilt sind.^[4] Mir scheint die Erklärung ohne irgend eine Gewaltsamkeit möglich, — ich bin sehr neugierig, ob Sie befriedigt sein werden. —

Eine *grosse, grosse* Freude würden Sie uns Allen und mir besonders bereiten, wenn Sie zu unserm Gauss-Weber-Fest kommen wollten! Bitte überlegen Sie doch, ob Sie die Reise nicht ermöglichen können! Freitag früh abreisend sind Sie am Abend hier und in der Nacht von Sonntag zu Montag können Sie wieder in Leiden sein. Wir würden uns bemühen, Ihnen die Zeit recht angenehm zu machen, und die Namen *Gauss-Weber* rechtfertigen vielleicht ein Opfer!^[5]

Mit herzlichem Gruss an Ihre ganze Familie incl. die sieben Puppen im Kinderzimmer

Ihr treu ergebner

W. Voigt.

^[1]Cf. Letters 57 and 58.

^[2]On 17 June 1899 a monument dedicated to Carl Friedrich Gauss and Wilhelm Weber was unveiled in Göttingen. Voigt was chairman of the organizing committee and delivered the dedication speech (see *Voigt 1899d*). A Festschrift was published (*Festschrift 1899*); it contained a paper by Emil Wiechert on the foundations of electrodynamics (*Wiechert 1899*) and David Hilbert's influential paper on the foundations of geometry (*Hilbert 1899*).

^[3]In a paper published in 1897 Boltzmann had qualified his belief in the existence of atoms and argued that atoms could also be considered mere pictures or models (see *Boltzmann 1897*). Van der Waals, on the other hand, was a staunch believer in the reality of atoms (see, e.g., *Van der Waals 1911*, his Nobel lecture).

^[4]See *Voigt 1899c*. Here, as well as in his other early papers on magneto-optics, Voigt, in contrast to Lorentz, takes a phenomenological approach, not based on any (microscopic) physical model: his starting point is a set of coupled differential equations that are postulated for the macroscopic field quantities. Voigt called his method 'neutral', and was aware of its disadvantages (in particular its lack of 'Anschaulichkeit'; see *Voigt 1899c*, p. 362, or *Voigt 1911c*, pp. 896–897, 899); see, e.g., Letter 71 for Voigt's defense of his approach. He later changed his point of view somewhat; see, e.g., *Voigt 1908c*, in particular chap. 4, for a more electron-theoretical approach. See Letter 62 for comments by Lorentz; see also Lorentz's lucid analysis of Voigt's work in his review of *Voigt 1908c* (*Physikalische Zeitschrift* 10 (1909): 36–39).

^[5]See Letter 60.

60. To Woldemar Voigt, 17 May 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 17 Mai 1899.

Sehr verehrter Freund,

Es war eine freudenvolle Ueberraschung für die Kinder als das grosse Packet aus Göttingen geöffnet wurde und der schöne Inhalt zum Vorschein kam. Alle waren entzückt, ganz besonders Berta,^[1] die es, wie sie sagt, kaum glauben kann dass diese zwei Bände für sie bestimmt seien. Sie hat dieselben natürlich sofort der Lehrerin und den Freundinnen gezeigt.

Empfangen Sie mit Ihrer Frau Gemahlin vorläufig unseren herzlichsten Dank für Ihre Freundlichkeit. Ich sage „vorläufig“, denn meine Frau, die Ihnen und auch Erika noch zu danken hat für die Glückwünsche zu ihrem Geburtstage, und die Mädchen wollen selbst schreiben. Da aber Berta einen deutschen Brief versuchen will, so geht das nicht so rasch, und meine Frau ist augenblicklich sehr beschäftigt mit der Einrichtung einer kleinen Wohnung die wir für die Sommermonate in Noordwijk in der Nähe der Dünen, und sogar eines Tannenwäldchens gemiethet haben.

Wir freuen uns noch immer sehr darüber dass Sie in den Osterferien die Reise nach Holland haben machen wollen,^[2] und ich meinerseits käme, wenn es ginge, jetzt auch recht gerne in Göttingen, zumal da der Anlass dazu ein so schöner ist, und Sie mich mit so liebenswürdigem Andrange dazu einladen.^[3] Aber leider, es geht wirklich nicht. Vom 19 Juni an habe ich als Regierungsdelegirter dem Abiturientenexamen einiger Gymnasien beizuwohnen, und die vielen Examina an der Universität, die im nächsten Monat stattfinden sollen, werden deswegen in die Woche vom 12 bis 17^{ten} zusammengedrängt. Ich kann mich nicht dazu entschliessen, meine Collegen gerade in den letzten Tagen jener Woche im Stich zu lassen. Hoffentlich werden Andere in glücklicherer Lage sein und werden viele Fachgenossen aus verschiedenen Ländern der Feierlichkeit beiwohnen. Möge das schöne Fest in jeder Beziehung in erfreulichster Weise von Statten gehen.

Es ist Schade dass Sie sich mit van der Waals nicht besser verständigt haben. Hätten Sie Zeit gehabt zu einer ruhigen und eingehenderen Discussion, so hätte sich doch wohl, davon bin ich fast gewiss, gezeigt dass die beiderseitigen Meinungen im Grunde nicht so weit aus einander gehen.

Dass ich auf Ihre Arbeit über die Quadruplets und Quintuplets sehr gespannt bin, das brauche ich wohl kaum zu sagen.^[4] Ich erstaune darüber dass Sie in der kurzen Zeit bei den vielen Geschäften damit haben fertig werden können.

Mit herzlichen Grüssen, auch an Ihre Gemahlin und Fräulein Erika, von uns Allen

Ihr freundschaftlich ergebener

H.A. Lorentz

Sie werden mich sehr zu Dank verpflichten, wenn Sie dem Comitee zur Errichtung des G.W-Denkmal's meinen herzlichen Dank für die verehrende Einladung überbringen wollen.

^[1]Lorentz's elder daughter Geertruida Luberta (1885–1973).

^[2]See Letters 57–59.

^[3]See Letter 59 for the invitation.

^[4]See *Voigt 1899b*.

61. To Woldemar Voigt, 18 June 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 18 Juni 1899.

Sehr verehrter Herr College,

Die Auszeichnung die mir die philosophische Facultät Ihrer Universität hat zu Theil werden lassen gereicht mir zur höchsten Ehre,^[1] und während ich im Kurzen der Facultät gegenüber meinen herzlichen Dank auszusprechen hoffe, ist es mir

ein Bedürfnis, Ihre Depesche sofort zu beantworten. Dass, bei einer Feier wie die gestrige, die berühmte Göttinger Universität mich für nicht unwürdig gehalten hat, in nähere Beziehung zu ihr zu treten, betrachte ich als eines der schönsten Ereignisse in meinem Leben, und Ihr günstiges Urtheil über meine Bestrebungen, das ja wohl dem Beschlusse der Facultät zu Grunde liegt, ist für mich von hohem Werth. Seien Sie davon versichert dass ich es tief fühle, wie es mir obliegt, mich soweit meine Kräfte es zulassen der mir verliehenen Anerkennung würdig zu zeigen.

Ich hoffe bald die Nachrichten über die Gauss-Weber-Feier, der ich so gerne beigewohnt hätte, zu lesen. Derselben wurde mehrmals gedacht bei einem Festessen das Hr van Rijckevorsel in Rotterdam gestern zu Ehren seiner Gäste Lord und Lady Kelvin veranstaltet hatte,^[2] und zu dem verschiedene holländische Physiker eingeladen waren. Ich hatte das Glück dass Lord Kelvin sich längere Zeit mit mir unterhielt und es ging mir wie Ihnen früher in Glasgow; ich fühlte den mächtigen Reiz der anspruchslosen und dennoch so tiefsinnigen Weise, in der er über manche Probleme, speciell über die Geheimnisse des Aethers und der Gravitation sprach. Lord Kelvin ist noch sehr rüstig und obgleich er erst gestern Vormittag angekommen war, schienen ihn die vielen Gespräche kaum zu ermüden.^[3]

Es kam die Rede auch auf die Elasticität der Krystalle und bei dieser Gelegenheit erkundigte er sich auch nach Ihnen. Es freute mich sehr dass ich seine Fragen nach Ihrem Wohlbefinden beantworten konnte.

Mit herzlichen Grüssen, auch an Ihre Frau Gemahlin und von den Meinigen
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]On the occasion of the Gauss-Weber celebration (see Letter 59, note 2), Lorentz was awarded an honorary doctorate by the University of Göttingen.

^[2]Lord Kelvin (1824–1907) visited Rotterdam on his way home from a visit to Rome; he was the guest of the Rotterdam learned society ‘Bataafsche Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte,’ of which he had been a corresponding member since 1885 (see *Thompson 1910*, p. 1010). Kelvin’s host Elie van Rijckevorsel (1845–1928) was a well-known Dutch meteorologist who had done pioneering work in measuring the magnetic field of the Earth in Africa, South America and Indonesia, and who in 1893 had received an honorary doctorate out of Kelvin’s hands in Glasgow.

^[3]Kelvin was then 74 years old.

62. To Woldemar Voigt, 20 July 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Noordwijkerhout, 20 Juli 1899.

Sehr verehrter Herr College,

Empfangen Sie meinen besten Dank, zunächst für die hochinteressante Fest-

schrift zur Feier der Enthüllung des Gauss-Weber-Denkmal^[1] (ich darf diesen Dank ja wohl an Sie, als Vorsitzenden des Fest-Comitee richten) und zweitens für Ihre letzte Abhandlung über das Zeeman'sche Phänomen.^[2] Ich habe dieselbe mit lebhaftem Interesse gelesen und bin vollkommen Ihrer Meinung dass man in dieser Weise zu dem Quadruplet und manchen anderen Formen der Erscheinung gelangen kann. Auch haben Sie ganz Recht dass man immer wohl einen zu den Formeln passenden Mechanismus wird ersinnen können; nur Schade dass es so schwierig ist, einen einigermaassen *einfachen* Mechanismus anzugeben.

Vielleicht komme ich noch einmal auf den Gegenstand zurück; jetzt fehlt mir die Zeit zu einem längeren Briefe, da wir eben in die Sommerfrische angekommen sind und ich mit den Mädchen radfahren soll.

Ich sah erst neulich in „Nature“ dass Sie der Stokes-Feier beigewohnt haben und dass die Universität Cambridge Sie bei dieser Gelegenheit zum Doctor honoris causa ernannt hat.^[3] Ich gratulire herzlichst zu dieser so wohlverdienten Auszeichnung.

Empfehlen Sie uns, bitte, Ihrer Frau Gemahlin. Mit besten Grüßen, auch von meiner Frau und den Mädchen, Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

Das mir vom Universitätspedellen zugeschickte Doctordiplom habe ich in bester Ordnung erhalten.^[4]

^[1]*Festschrift 1899*. See also Letter 59, note 2.

^[2]*Voigt 1899c*. See also Letter 59, note 4.

^[3]On 1 and 2 June 1899 George Gabriel Stokes's (1819–1903) 50-year occupancy of the Lucasian chair of mathematics at Cambridge University was officially celebrated in Cambridge. Stokes was presented with a gold medal; furthermore, several foreign scientists, including Voigt, were awarded honorary doctorates. Van der Waals represented the Royal Dutch Academy of Sciences. (See *Nature* 40 (1899): 125–129, for more details.)

^[4]Cf. Letter 61, note 1.

63. From Woldemar Voigt, 22 July 1899

Handwritten postcard. The year is inferred from the postmark.

G. 22/7.

Hochverehrter Herr College!

Nehmen Sie meinen herzlichen Dank für Ihr sehr freundliches Schreiben.^[1] Es freut mich, dass mein Vorschlag zur Erweiterung der Theorie des Zeeman-Phänomenes Ihre Zustimmung findet. Ich habe in Cambridge Michelson^[2] ersucht, Beobachtungen über die Abhängigkeit der Zerlegung von der Feldstärke und über die Polarisation in den Zwischenräumen zwischen den Linien anzustellen, namentlich bei den *a*normalen Systemen, und erhoffe davon neue Aufklärungen. — Die

Briefe Ihrer Damen haben uns wirklich *herzliche* Freude gemacht und wir danken ihnen allen! Meine Frau hofft bald zu schreiben. Bisher hatten wir durch Gauss-Weber-Fest und dann durch unsere silberne Hochzeit sehr viel Unruhe im Hause; auch war meine Frau lange bei meiner Tochter, die uns das erste Enkeltöchterchen geschenkt hat.

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]Letter 62.

^[2]Albert Michelson, Professor of Physics at the University of Chicago since 1892.

64. From Arnold Sommerfeld, 2 September 1899

Handwritten letter. The year is inferred from Lorentz's reply (Letter 65).

Göttingen, 2 September

Hochverehrter Herr Professor!

Der Plan der mathematischen Encyclopädie, an der Sie vor einem Jahr ein so freundliches Interesse nahmen,^[1] ist soweit herangereift, dass ich Ihnen anbei die Disposition von Mechanik und Mathem. Physik zuschicken kann.^[1] Ich brauche Sie nicht zu versichern, wie wertvoll es für unser Unternehmen sein wird, wenn wir Sie als Mitarbeiter gewinnen können. Ich hoffe, dass Sie Ihre in Leiden gegebene vorläufige Zusage jetzt definitiv machen wollen.

Da noch keine Verabredungen über die Bearbeitung der Artikel getroffen ist, kann ich Ihnen die freie Auswahl anheimstellen. Besonders wertvoll wäre es mir, wenn ich einen Wunsch äussern darf, die Art. V 13 und V 20 in Ihren Händen zu wissen. In diesen Artikeln werden ja hauptsächlich Ihre eigenen Arbeiten (zusammen mit denen von Wiechert u. Larmor) darzustellen sein, so dass diese auf Ihr besonderes Interesse rechnen dürfen.^[2] Jedoch wird uns auch jeder andere Beitrag von Ihnen im höchsten Grade willkommen sein.

Die in unserer Disposition vorgesehene Abgrenzung des Stoffes kann, wenn Sie diesbezügliche Wünsche haben, abgeändert werden. Es wäre mir sehr lieb, wenn Sie (nach einiger Zeit) diejenigen Gegenstände ungefähr namhaft machen wollen, die Sie in den von Ihnen zu übernehmenden Artikeln bringen wollen.

Für's Erste bitte Ich Sie ganz ergebenst, mir mitteilen zu wollen, ob Sie an Band V der Encyclopädie mitzuarbeiten bereit sind, und welche Artikel Sie wählen. Je mehr es sind, desto lieber wird es mir sein. Das Honorar pro Bogen (16 Seiten) beträgt 75 Mark. Die meisten Artikel (speciell die oben genannten) sind auf 2 Bogen berechnet. Überschreitungen dieses Raumes sind zulässig, werden aber nur mit einem geringeren Satze honoriert.

Da ich in München bei der Naturforschergesellschaft über den Stand des Unternehmens zu berichten haben werde, erbitte ich mir Ihre Antwort bis zum 15^{ten} September.^[3]

Die Artikel selbst brauche ich nicht vor 1.I.1901.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr sehr ergebener

A. Sommerfeld

^[1]Sommerfeld and Felix Klein had visited Leiden in September 1898 to discuss the plan for an *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften* with the Leiden physicists. Klein had taken the initiative to the publication of this comprehensive overview of mathematics and mathematical physics and was Chief Editor; Sommerfeld had taken on the editorship of Volume 5 (Physik). For the Leiden visit, see Felix Klein to Lorentz, 5 September 1898, and *Encyklopädie*, Vol. 6, “Vorrede,” pp. v–vi; see also *Encyklopädie*, Vol. 1, “Einleitender Bericht über das Encyklopädieunternehmen,” pp. v–xx, or *Sommerfeld 2000*, p. 40–44, for histories of the preparations for the *Encyklopädie*.

^[2]Articles 13 and 20 of Volume 5 were planned to deal with electron theory and radiation theory, respectively.

^[3]The 71st Naturforscherversammlung took place in Munich in September 1899.

65. To Arnold Sommerfeld, 12 September 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 12 September 1899.

Sehr verehrter Herr College,

Ich danke Ihnen bestens für die Zusendung der vorläufigen Disposition zu Band IV und V der Encyclopädie,^[1] die offenbar, wie mir übrigens schon bekannt war, mit der grössten Sorgfalt zusammengestellt worden ist. Was meine Mitwirkung betrifft, so erheben sich zwei Schwierigkeiten. Zunächst weiss ich nicht ob es mir gelingen würde — diesen Zweifel äusserte ich schon bei unseren mündlichen Besprechungen^[2] — Ihrer Absicht, dass der Nachdruck auf die *mathematische* Seite der Theorien gelegt werde, gehörig zu entsprechen. Und dann bin ich bis Sept. 1900 Rector der Universität, sodass meine Arbeitszeit sehr beschränkt sein wird, und ich nicht zu viel versprechen darf.

Am liebsten wäre es mir also wenn es meiner Mitwirkung nicht brauchte. Sollte es aber schwer halten, eine genügende Zahl von Mitarbeitern zu finden, so will ich mich dem Unternehmen nicht entziehen. In diesem Falle bin ich bereit die von Ihnen genannten Artikel V 13 und V 20 zu bearbeiten, denen ich dann noch V 19 hinzufügen möchte.^[3] Wenn ich sage „bearbeiten“, so verstehe ich das so, dass ich entweder selbst die Arbeit unternehme, oder Ihnen einen Stellvertreter vorschlage, der unter meiner Leitung die Artikel zusammenstellen könnte.

Sie werden wohl die Güte haben wollen, mir mitzuteilen ob Sie, nachdem die Besprechungen mit anderen Fachgenossen stattgefunden haben, meine Mitwirkung noch für nötig halten, oder nicht.

Ich benutze diese Gelegenheit Ihnen zu danken für die werthvollen Arbeiten die Sie mir im Laufe des verflossenen Jahres gütigst zukommen liessen.

Mit bestem Gruss und vorzüglicher Hochachtung

Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 64.

^[2]In September 1898.

^[3]Article V.19 is perhaps the article on the electromagnetic theory of light, later renumbered to V.22 and written by Wilhelm Wien (*Wien 1909a*).

66. From Arnold Sommerfeld, 30 September 1899

Handwritten letter.

Clausthal, 30. September 99

Hochverehrter Herr Professor!

Von München zurückgekehrt, beeile ich mich, Ihren freundlichen Brief vom 12.2 zu beantworten.^[1]

Von Gelehrten, welche statt Ihnen Art. V 13 und V 20 der Encyclopädie bearbeiten könnten, kämen wohl nur in Betracht: Larmor,^[2] Wiechert u. W. Wien. Larmor, den ich im August gesehen habe, hat die Mitwirkung abgelehnt, Wiechert ist durch die Redaction von Bd. VI (Geophysik etc.) absorbiert, W. Wien ist bereit, V 13 *oder* V 20 zu behandeln. Ich möchte nun, um Ihrem Zeitmangel Rechnung zu tragen, mir erlauben, Ihnen folgenden Vorschlag zu machen: Wien übernimmt art. 20, in welchem Gebiete er ja wichtige Originalarbeiten gemacht hat.^[3] Sie selbst bitte ich recht inständig, art. 13 und, wenn irgend möglich, auch art. 12 zu schreiben.^[4] Art. 13 hoffe ich, werden Sie nicht ablehnen, da es sich ja um Ihre eigenste Theorie handelt. Um ferner meine Bitte betr. art. 12 annehmbar zu machen, diene Folgendes: Es ist sicher gut, wenn diese beiden eng zusammenhängenden Referate in einer Hand sind. Wegen V 12 hatte ich mich zuerst an Planck gewandt, der aber wegen zu grosser Arbeitslast ablehnte. Er verwies mich auf Sie und Boltzmann. B. hat in sehr erfreulicher Weise die kinetische Gasth. übernommen, die ein langes Referat (3 Bogen) abgeben wird.^[5] Sicher wird V 12 einer der wichtigsten und vielgelesenen Teile werden, so dass wir ihn gerne einer besonders kundigen Hand anvertrauen möchten. Abgesehen davon sind wir Jüngeren der Maxwell'schen Theorie gegenüber in einer weniger günstigen Lage, wie Sie, da Sie das Durchdringen derselben selbst erlebt und gefördert haben. Was die Zeit des Einlaufs dieser Art. betrifft, so lässt sich dieselbe nach genauerer Überlegung bis

zum 1. Juli 1901 herausschieben. Ich hoffe, dass wir auf diese Weise mit Ihrem Rectorate nicht collidiren werden. Noch möchte ich bitten, Sich an der Betonung der „mathematischen Seite der Theorie“ nicht stossen zu wollen. Allerdings ist ja die E. ihrem ganzen Plane nach für Mathematiker bestimmt, die daraus lernen sollen, welche Anwendungen ihrer Wissenschaft in der Physik gemacht und noch zu machen sind. Zu diesem Zwecke ist es aber offenbar nötig, eine ziemlich vollständige Schilderung der physikalischen Theorien zu geben und auch experimentelle Dinge, soweit sie fundamental sind, zu berücksichtigen. Ich glaube, dass Sie Ihren Interessen und Ihrer Darstellungsweise nicht den geringsten Zwang anzuthun brauchen, um auf's Vollkommenste den Zwecken der E. zu entsprechen. Auch bringt es die Einteilung der E. mit sich, dass z.B. in den Art. V 11 – 13 das Physikalische, in den Art. 14 – 17 das Mathematische prävaliert.

Art 12 und 13 sind je auf 2 Bogen veranschlagt. Artikel 11 wird wahrscheinlich Prof. Wangerin - Halle, ein ehemaliger Schüler F. Neumanns, übernehmen.^[6] Ich hoffe, dass Art. 11 so frühzeitig fertig gestellt werden kann, dass Sie ihn im Manuscript vor dem Abschluss Ihrer ev. Artikel einsehen können.

Falls Sie eine jüngere Hilfskraft heranzuziehen wünschen, bitte ich jedenfalls darum, Ihren Namen neben dem Ihres ev. Mitarbeiters im Titel nennen zu wollen.

Prof. Boltzmann machte mich in München darauf aufmerksam, dass es ausser Maxwell noch andere Feldwirkungstheorien gäbe — Euler, Hankel, Edlund — u. dass auch diese eine Erwähnung in V 12 verdienten. Ev. liessen sich diese auch, nebst anderen hydrodynamischen Äthertheorien, als ein Anhang dem Artikel V 12 beifügen, so dass sie von einem besonderen Referenten (Korn?) behandelt werden könnten. Dies aber nur unter der Voraussetzung, dass Sie einen diesbez. Wunsch haben.

Sie erwähnen in Ihrem Briefe noch den Art. V 19. Ich glaube Sie richtig zu verstehen, wenn ich annehme, dass Sie diesen nur dann zu übernehmen wünschen, wenn Sie V 20 schrieben, so dass bei meinem jetzigen Vorschlag V 19 in Fortfall käme. Selbstverständlich ist dieser Vorschlag aber ganz unmassgeblich. Sollten Sie 19 + 20 dem 12 + 13 oder dem 13 allein vorziehen, so würde ich W. Wien um Art. 13 und womöglich auch um 12 bitten.

Zum Schluss empfehle ich meine Vorschläge Ihrer wohlwollenden Erwägung und bitte Sie, mir Ihre Entschlüssen baldtunlichst mitteilen zu wollen, damit ich mit Wien definitive Verabredungen treffen kann. In jedem Falle danke Ich Ihnen, zugleich auch im Namen von Prof. Klein und Boltzmann, für Ihre gütige bedingte Bereitwilligkeit und hoffe inständig, dass sie sich in eine definitive umsetzen wird.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr aufrichtig ergebener

A. Sommerfeld

^[1]Letter 65.

^[2]Joseph Larmor (1857–1942), Lecturer at the University of Cambridge.

^[3]Article V.20 on radiation theory (later renumbered to V.23) was written by Wien (*Wien 1909b*).

^[4]Articles V.12 and V.13 (later renumbered to V.13 and V.14) were to deal with Maxwell's theory and electron theory, respectively. Lorentz wrote both (*Lorentz 1904e, 1904f*).

^[5]Boltzmann and his assistant Josef Nabl (1876–1953) wrote article V.8 on the kinetic theory of matter (*Boltzmann and Nabl 1907*).

^[6]Friedrich Heinrich Albert Wangerin (1844–1933) was Professor of Mathematics at the University of Halle. He wrote article V.21 on the older theories of optics (*Wangerin 1909*).

67. From Woldemar Voigt, 13 October 1899

Handwritten letter.

Göttingen 13.X.99.

Lieber und verehrter Herr College!

Wollen Sie mir gestatten, zu der Notiz in Riecke's Zeitschrift,^[1] die ich mit grossem Interesse gelesen habe, eine Bemerkung zu machen.

Ein dem Ihrigen im Wesentlichen gleicher Ansatz lag auch *mir* ursprünglich am nächsten. Aber er führt auf eine Schwierigkeit, die auch, wie mir scheint, bei *Ihrer* Darstellung im Verborgenen lauert.

Setze ich, wie Sie, in meinen Formeln (17) u. (18) (Wied. Ann. 68 p. 358)^[2]

$$\mathfrak{z}_h + a \frac{\partial \mathfrak{z}_h}{\partial t} + b \frac{\partial^2 \mathfrak{z}_h}{\partial t^2} + d \mathfrak{z}_k = \varepsilon_h Z,$$

$$\mathfrak{z}_k + a \frac{\partial \mathfrak{z}_k}{\partial t} + b \frac{\partial^2 \mathfrak{z}_k}{\partial t^2} + d \mathfrak{z}_h = \varepsilon_k Z.$$

wo \mathfrak{z}_h und \mathfrak{z}_k *gleichartige* Vektoren sind, so erhalte ich keine *Zerlegung* sondern nur eine *Verschiebung*.*

In der That, in der Polarisation

$$\mathfrak{z} = Z + \sum \mathfrak{z}_i$$

kommt nur $\mathfrak{z}_h + \mathfrak{z}_k$ vor, und für dieses gilt

$$(\mathfrak{z}_h + \mathfrak{z}_k) + a \frac{\partial (\mathfrak{z}_h + \mathfrak{z}_k)}{\partial t} + b \frac{\partial^2 (\mathfrak{z}_h + \mathfrak{z}_k)}{\partial t^2} = (\varepsilon_h + \varepsilon_k) Z$$

woraus das Behauptete sogleich folgt.

Sind bei *Ihnen* ζ_1 und ζ_2 *gleichartige* Vektoren,^[3] so wird die resultierende Wirkung durch $(\zeta_1 + \zeta_2)$ gegeben sein; in dieser Summe verschwindet aber der Antheil für den $\zeta_1 = -\zeta_2$ ist. Dann kommt eben auch nur die *Verschiebung* heraus.^[4]

Sind ζ_1 und ζ_2 *verschiedenartig*, so wird die resultierende Wirkung etwa durch $\alpha_1 \zeta_1 + \alpha_2 \zeta_2$ bestimmt, unter α_1 und α_2 Constanten verstanden. Hier ver-

*Ist S. 356 meiner Arbeit angedeutet.

schwindet zwar keine der beiden Componenten, aber sie haben jedenfalls *verschiedene Intensität*,* und das stimmt nicht mit der Beobachtung.

Hier scheint mir also noch eine Schwierigkeit zu liegen. Vielleicht erfreuen Sie mich durch eine Antwort.^[5]

Auch wie Sie sich zu dem electricischen Analogon zum Zeeman-Effect stellen, über das ich Ihnen eine Arbeit sandte, wüsste ich gern.^[6] —

Bitte um einen herzlichen Gruss an Ihre werthe Frau und die lieben Kinder, deren ich oft gedenke.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]Lorentz 1899j, on the anomalous Zeeman effect.

^[2]See Voigt 1899c. The two following equations are modifications of eqs. (17) and (18) in that paper. Z is the z -component of the electric field; the quantities \mathfrak{Z}_h characterize the state of the ponderable matter and are connected to \mathfrak{Z} , the z -component of the electric displacement (which Voigt calls polarization), through $\mathfrak{Z} = Z + \sum \mathfrak{Z}_h$; a, b, d, ϵ_h , and ϵ_k are constants. Instead of the terms involving \mathfrak{Z}_k in the first equation and \mathfrak{Z}_h in the second one, in (17) and (18) quantities \mathfrak{z}_h occur, which are the z -components of a set of new auxiliary vectors independent of the \mathfrak{Z}_h ; furthermore, (18) contains no term $\epsilon_k Z$. See also Letter 59, note 4, for more details on Voigt 1899c.

^[3] ζ_1 and ζ_2 occur in Lorentz 1899j in equations similar to the first two in this letter. There is an important difference between Lorentz's treatment and Voigt's: Voigt's 'polarizations' are macroscopic field quantities; Lorentz's ζ_1 and ζ_2 are real displacements within the atoms of the system. Also, Lorentz considers the direct Zeeman effect, whereas Voigt treats the inverse Zeeman effect.

^[4]Lorentz had shown that for $\zeta_1 = -\zeta_2$ the line is split into two components.

^[5]See Letter 70.

^[6]See Voigt 1899e. See also Letter 70.

68. To Arnold Sommerfeld, 4 November 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 4 November 1899.

Sehr verehrter Herr College,

Ich muss Sie um Verzeihung dafür bitten, dass ich Ihr freundliches Schreiben vom 30^{ten} September^[1] so lange unbeantwortet gelassen habe. Ich wünschte mir die Sache noch einmal zu überlegen, und dazu bin ich leider nicht so bald gekommen.

*angenommen, dass ein α_h verschwindet, wo dann der von mir eingeführte Fall folgt.

Jetzt nehme ich gerne Ihren Vorschlag an, und werde also die Art. 12 und 13 schreiben, und dafür sorgen dass ich bis zum 1. Juli 1901 hiermit fertig bin.

Nur Eins möchte ich noch bemerken. Die Artikel 13 und 20 greifen einfach in einander. Wenn ich in 13 die Aberration behandle, so bin ich nicht mehr weit von der Dispersion und Absorption entfernt und die Röntgenstrahlen könnten wohl füglich in 20 besprochen werden. Ich möchte Ihnen nun vorschlagen, dass ich, wenn wir unsere Arbeit anfangen, mich mit Herrn Wien in Verbindung setze, damit wir uns über die gegenseitige Abgrenzung der beiden Artikel verständigen.^[2]

Was die Feldwirkungstheorien und Äthertheorien betrifft, von denen zwischen Ihnen und Prof. Boltzmann die Rede war, so möchte ich diese in 12 berücksichtigen, um hier ein vollständiges Bild aller dieser Anschauungen geben zu können.^[3]

Mit bestem Gruss verbleibe ich hochachtungsvoll
Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 66.

^[2]Wien was commissioned to write article V.20 on radiation theory. In addition, he had agreed to write the article on the electromagnetic theory of light. See Letters 76 and 85 for the planned contents of their respective articles.

^[3]Eventually, this was not done.

69. From Arnold Sommerfeld, 6 November 1899

Handwrittem letter.

Clausthal, 6.XI.99

Hochverehrter Herr Professor!

Ihr heutiger Brief^[1] ist bei weitem die angenehmste Nachricht, die ich in Sachen unserer Encyclopädie bekommen konnte. Ich bin Ihnen ganz ausserordentlich dankbar dafür und freue mich, diese beiden wichtigsten Artikel in so berufenen Händen zu wissen.

Ich schreibe gleichzeitig an W. Wien und teile ihm Ihre Bemerkungen mit. Ferner werde ich ihn bitten, Ihnen möglichst bald eine Disposition des Stoffes, den er zu bringen beabsichtigt, einzuschicken. Auf dieser Grundlage werden Sie vermutlich leicht zu einer Verständigung kommen. Ich denke, W. Wien hat in Emission, Spectralanalyse etc. reichlich Stoff, um Ihnen gern etwas abzugeben. Sie wollen die Abgrenzung natürlich, bitte, ganz nach Ihrem Gutdünken einrichten und mich nur nachträglich irgend wie davon verständigen. Vielleicht ist es auch gut, wenn Pockels, der voraussichtlich die Electromagnetische Lichtth. übernimmt,^[3] Ihnen ebenfalls seine Disposition einschickt, damit Sie auch hier ev. Retouchen vornehmen können.

Ich bin mir bei der Disposition wohl bewusst gewesen, dass die Scheidung zwischen Electricität und Optik keine reinliche ist. Beide ganz zusammenzuwerfen,

schien mir aber nicht thunlich. Um so mehr freue ich mich, dass Sie selbst eine Correctur der Grenzlinie vornehmen wollen.

Man kann die Frage aufwerfen, ob nicht der Raum, der für Ihre Artikel vorgesehen war, 4 Bogen, erweitert werden soll, wenn Sie Stoff aus dem Wien'schen Art. übernehmen. Nun ist ja die Raumfrage überhaupt mehr eine Geldfrage. Es ist nicht die Absicht, dass ein Art. auf den von der Akademie-Commission^[2] bezeichneten Raum comprimirt werden *müsste*; ja es scheint mir das überhaupt nicht wünschenswert, weil darunter die Lesbarkeit desselben leiden würde. Es war vielmehr nur die Meinung, dass die Akademien die ausgesetzten Geldmittel nicht überschreiten wollen, so dass mehr als der festgesetzte Raum nicht mehr von den Akademien mit 75 M sondern allein von dem Verleger (u.zw. mit 33 M) honorirt wird. Es scheint mir aber nur billig, dass ich Wien vorschlage, seinen Art. auf $1\frac{1}{2}$ Bogen und die Ihrigen dafür auf $4\frac{1}{2}$ zu veranschlagen.

Wegen etwaiger Beschaffung von Litteratur werden Sie bei Teubner sicher das grösste Entgegenkommen finden. Wenn ich selbst Ihnen irgend wie nützlich sein kann, wird es mir zur besonderen Freude gereichen.

In den nächsten Wochen werde ich mir erlauben, Ihnen eine vorläufige Note über Röntgen-Beugung, d.h. über die Theorie derselben,^[4] einzuschicken, welche, wie ich hoffe, Sie und Ihre Herrn Collegen in Groningen interessiren dürfte.^[5] Ferner werde ich Ihnen in einigen Tagen die auf Boltzmann's Ratschläge noch etwas veränderte Disposition u. sonstige redactionelle Mitteilungen zuzuschicken haben. Ihre Art. sind in der neuen Disp. Nr. 13 und 14.

Mit ergebenstem Grusse u. aufrichtigem Dank

A. Sommerfeld

^[1]Letter 68.

^[2]The work on the *Encyklopädie* was financially supported by the academies of Göttingen, Leipzig, Munich and Vienna; a commision of their representatives supervised the editors (see Vol. 1, part 1, "Einleitender Bericht").

^[3]Eventually, Friedrich Pockels (1865–1913; Professor of Theoretical Physics at the University of Heidelberg) wrote article V.16, which dealt with electro- and magnetostriction and piezo- and pyroelectricity, among other subjects (*Pockels 1907*). The electromagnetic theory of light was treated by Wien (*Wien 1909a*).

^[4]*Sommerfeld 1899*.

^[5]The Groningen physicists Herman Haga (1852–1936) and Cornelis Wind (1867–1911) had done pioneering experiments on the refraction of X-rays. See *Haga and Wind 1899a, 1899b*. See *Wheaton 1983* for a historical discussion.

70. To Woldemar Voigt, 11 November 1899

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 11 November 1899.

Verehrter Freund,

Ich muss Sie um Verzeihung dafür bitten, dass ich Ihren letzten Brief^[1] so lange unbeantwortet gelassen habe; ich habe leider nicht früher dazu kommen können, weil ich dieses Jahr Rector der Universität bin, was ziemlich viele Arbeit mit sich bringt.

Dass die Schwierigkeit, auf die Sie hinweisen, in meiner Darstellung Ihrer Theorie besteht, gebe ich unbedingt zu, aber wie mir scheint — und das ist, glaube ich, auch Ihre Meinung — besteht sie in Ihrer Darstellung in vollkommen derselben Weise.

Wenn die beiden Vektoren die ich eingeführt und mit ζ_1 und ζ_2 bezeichnet habe, gleichartig sind, und sich also auch an der Lichtemission in gleichem Maasse betheiligen, so wird alles von $\zeta_1 + \zeta_2$ abhängen, und es wird nur eine Verschiebung, und nicht eine Verdoppelung der Spectrallinie stattfinden. Sind dieselben nicht vollkommen gleichartig, tragen sie beide etwas zur Emission bei, aber in verschiedenem Grade, so erhält man zwei Componenten von ungleicher Intensität. Gleich werden die beiden Componenten nur dann, wenn der eine Vector bei der Ausstrahlung gar nicht mitwirkt.

Zu Ihren Betrachtungen lässt sich nun ähnliches bemerken. Sie erhalten eben deswegen gleiche Componenten, weil Sie nur in der einen der Gleichungen (17) und (18), Wied. Ann. Bd. 68, S. 358 rechts ein Glied mit Z annehmen. D.h., Sie stellen sich vor dass wohl der Vector β , aber nicht der Vector β der Art ist, dass Aenderungen desselben direkt durch eine electricische Kraft hervorgerufen werden.^[2]

Ob ich nun sage, die Aenderungen eines Vectors seien unabhängig von einer äusseren electricischen Kraft, oder es seien dieselben nicht fähig Lichtschwingungen im Aether zu erregen, das kommt auf dasselbe hinaus. Die periodischen Aenderungen des Vectors werden nämlich nur dann Schwingungen im Aether hervorgerufen, wenn diese Aenderungen einer Electricitätsbewegung äquivalent sind; sind sie das, so werden sie auch von einer äusseren electricischen Kraft beeinflusst werden.

Wenn ich auch in Ihre Gleichung (18) ein Glied mit Z aufnehme, so kann ich zu jedem Verhältnis zwischen den Intensitäten der beiden Componenten der Spectrallinie gelangen. Sie gestatten mir vielleicht, hier niederzuschreiben, wie ich mir die Sache klar gemacht habe, obgleich das für Sie nichts neues enthält.

Gesetzt, es gäbe neben Ihrem Vector Z_h noch einen zweiten z_h (ich will der Deutlichkeit der Schrift wegen dieselben lieber ζ_{1h} und ζ_{2h} nennen), derart dass dieser zweite Vector nur in dem durch einen gewissen Coefficienten α bestimmten Maasse in die Polarisation einginge, so wäre für die gesammte Polarisation zu setzen

$$\zeta = Z + \sum (\zeta_{1h} + \alpha \zeta_{2h}).$$

Ich will ferner statt Ihrer Gleichungen (17) und (18) folgenden Ansatz machen

$$\begin{aligned}\zeta_{1h} + a_h \frac{\partial \zeta_{1h}}{\partial t} + b_h \frac{\partial^2 \zeta_{1h}}{\partial t^2} + d_{1h} \zeta_{2h} &= \varepsilon_{1h} Z \\ \zeta_{2h} + a_h \frac{\partial \zeta_{2h}}{\partial t} + b_h \frac{\partial^2 \zeta_{2h}}{\partial t^2} + d_{2h} \zeta_{1h} &= \varepsilon_{2h} Z.\end{aligned}$$

Aus der Betrachtung der Energie lässt sich nun die Beziehung

$$\frac{d_{1h}}{\varepsilon_{1h}} = \alpha \frac{d_{2h}}{\varepsilon_{2h}} \quad (1)$$

ableiten. Aus derselben geht hervor dass man d_{1h} , ε_{1h} , d_{2h} und α beliebig wählen kann; es ist dann ε_{2h} bestimmt. Wählt man für die drei ersten Coefficienten beliebige Grössen, und setzt man $\alpha = 0$, so wird auch $\varepsilon_{2h} = 0$. Man kommt dann auf Ihre Gleichungen zurück. Der Vector ζ_{2h} hat dann keinen Antheil mehr an der Polarisation ζ (worin schon die Andeutung liegt, das derselbe an der Lichtemission nicht direct betheilig ist), und andererseits ist er nicht mehr direct abhängig von Z .

In dem allgemeinen Fall, wo α und ε_{2h} von 0 verschieden sind, finde ich^[3]

$$\left(\frac{v}{o}\right)^2 = 1 + \sum \frac{\Theta_h(\varepsilon_{1h} + \alpha\varepsilon_{2h})\vartheta^2 - (d_{1h}\varepsilon_{2h} + \alpha d_{2h}\varepsilon_{1h})\vartheta^4}{\Theta_h^2 - d_{1h}d_{2h}\vartheta^4} \quad (2)$$

wo

$$\Theta_h = \vartheta^2 + ia_h\vartheta - b_h.$$

Ich werde annehmen dass d_{1h} und d_{2h} dasselbe Vorzeichen haben; Gleiches gilt dann auch, wenn α positiv ist, von ε_{1h} und ε_{2h} (vergl. (1)).

Zur Abkürzung führe ich neue Constanten m , ε_h und d_h ein, indem ich setze

$$\varepsilon_{1h} = m\varepsilon_h \quad \alpha\varepsilon_{2h} = \frac{1}{m}\varepsilon_h \quad (3)$$

$$d_{1h} = \alpha m d_h \quad d_{2h} = \frac{1}{\alpha m} d_h$$

welche Ausdrücke der Bedingung (1) genügen.

Die Gleichung (2) verwandelt sich jetzt in

$$\begin{aligned}\left(\frac{v}{o}\right)^2 &= 1 + \sum \frac{\Theta_h\left(m + \frac{1}{m}\right) - 2d_h\vartheta^2}{\Theta_h^2 - d_h^2\vartheta^4} \varepsilon_h\vartheta^2 \\ &= 1 + \sum \frac{(m+1)^2}{2m^2} \cdot \frac{\varepsilon_{1h}\vartheta^2}{\Theta_h + d_h\vartheta^2} + \frac{(m-1)^2}{2m^2} \cdot \frac{\varepsilon_{1h}\vartheta^2}{\Theta_h - d_h\vartheta^2}.\end{aligned}$$

Jedem der beiden eingeklammerten Glieder entspricht im Allgemeinen eine Absorptionslinie; die Intensitäten dieser beiden sind aber wegen der Factors

$\frac{(m+1)^2}{2m^2}$ und $\frac{(m-1)^2}{2m^2}$ ungleich.

Sind die beiden Vektoren ζ_1 und ζ_2 vollkommen gleichartig, so kann man setzen $\alpha = 1$, $d_{2h} = d_{1h}$, $\varepsilon_{2h} = \varepsilon_{1h}$ also auch $m = 1$. Es verschwindet dann die eine Absorptionslinie.

Gleich werden die Intensitäten nur dann, wenn die Factoren

$$\frac{(m+1)^2}{2m^2} \quad \text{und} \quad \frac{(m-1)^2}{2m^2}$$

gleich sind, d.h. für $m = \infty$. Das ist gerade der Fall auf den die Formeln in Ihrer Abhandlung sich beziehen; wie ich schon bemerkte, gelangt man zu denselben, wenn man $\alpha = 0$ und $\varepsilon_{2h} = 0$ setzt. Soll dabei ε_{1h} endlich bleiben, so muss nach (3) $m = \infty$ sein.*

So scheint mir kein Zweifel darüber bestehen zu können, dass was die von Ihnen hervorgehobene Schwierigkeit betrifft, kein wesentlicher Unterschied zwischen unseren Darstellungen besteht. Das liegt ja auch in der Natur der Sache, da, wie ich in meiner Entgegnung gegen Poincaré^[4] und in der Notiz in der Physikalischen Zeitschrift^[5] nachzuweisen suchte, Ihre Theorie mit derjenigen, welche die einzelnen Moleküle betrachtet, zusammenfallen muss, wenn das leuchtende Gas hinlänglich verdünnt ist. Es scheint mir noch immer dass die Betrachtung der Emission eines einzelnen Moleküls den Vortheil gewährt dass sie uns die Bedeutung verschiedener Annahmen klarer vor Augen führt. Damit will ich natürlich keineswegs leugnen dass gewisse Phänomene nur aus der Theorie für ein ganzes System von Molekülen abgeleitet werden können, wie Sie das an einigen Beispielen in so schöner Weise dargethan haben.

Was Ihre Betrachtungen über den Einfluss eines electrostatischen Feldes betrifft, so habe ich diese noch nicht gründlich studirt.^[6] Der Hauptsache nach bin ich aber ganz damit einverstanden. Auch auf diesem Gebiete kann man wenn man sich auf sehr verdünnte Gase beschränkt (Sie behandeln freilich viel allgemeinere Fälle) von der Betrachtung der einzelnen Moleküle ausgehen. Man kann sich vorstellen dass in einem Molekül durch electriche Kräfte eine gewisse Abweichung vom Gleichgewichtszustande hervorgerufen wird, die sich durch eine Grösse ξ (eventuell durch mehrere Parameter ξ_1, ξ_2, \dots) bestimmen lässt. Die potentielle Energie des Moleküls lässt sich dann nach den aufsteigenden Potenzen von ξ (resp. ξ_1, ξ_2, \dots) entwickeln, und das wird, wenn man höhere Potenzen berücksichtigt, zu ähnlichen Ergebnissen wie Sie sie finden führen können.

— — — —

Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, eine Bitte an Sie zu richten. Wir — ich meine die hiesige naturwissenschaftliche Facultät — erwägen seit einiger Zeit ob es vielleicht möglich sein würde, den Universitätsunterricht so einzurichten dass die Studirenden sich etwas mehr specialisiren können als es bei den bestehenden Prüfungsordnungen möglich ist. Gegenwärtig wird bei der letzten, der Promotion

*Nebenbei erlaube ich mir zu bemerken dass, wenn $\alpha = 0$ und $\varepsilon_{2h} = 0$, die Beziehung (1) Jeden Werth von d_{2h} zulässt. Ich glaube denn auch nicht dass es nöthig war, in Ihren Gleichungen (10) (S. 356 a.a.O.) gerade *dieselben* Functionen d_h' und d_h auftreten zu lassen, wie in den zu den Gleichungen (9) gefügten Gliedern.

vorhergehenden Prüfung (dem „Doctoralexamen“) zu viel verlangt, z.B., was die Physiker betrifft, nicht bloss Experimental- und mathematische Physik, sondern auch Mechanik und höhere Mathematik, und das Alles sehr gründlich. Ich würde es nun vorziehen, wenn die Candidaten eine grössere Freiheit hätten, und zwei oder drei Fächer wählen dürften (z.B. Experimentalphysik, mathematische Physik und Mechanik, oder Mathematik und Mechanik, Astronomie und Mechanik u.s.w.). Hierbei schwebt mir das Beispiel der deutschen Universitäten vor Augen.

Prof. van de Sande Bakhuyzen^[7] besitzt schon die Prüfungsordnungen einiger Universitäten (Berlin, München, Leipzig, Strassburg), und es wäre mir nun sehr lieb, wenn Sie die Güte haben wollten mir mitzutheilen in welcher Weise und unter welchen Bedingungen in Göttingen der Doctorgrad ertheilt wird. Könnten Sie mir eine Prüfungs-Ordnung für die Lehrer an den Gymnasien und Realschulen hinzufügen, so wäre ich Ihnen doppelt verbunden.

Indem ich Ihnen schon jetzt meinen besten Dank ausspreche, verbleibe ich nach herzlichen Grüssen von uns Allen, auch an Ihre Frau Gemahlin und Erika,

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 67.

^[2]See Letter 67, in particular notes 2 and 3, for the meaning of the symbols and more details on eqs. (17) and (18).

^[3]This result is derived by considering plane wave solutions of the two differential equations (cf. Voigt's approach in *Voigt 1899a* and *Voigt 1899c*). v is the speed of light in vacuum, o the (complex) speed of propagation of the plane wave, and $2\pi\theta = T$, with T the period.

^[4]*Lorentz 1899h*.

^[5]*Lorentz 1899j*.

^[6]See *Voigt 1899e*. Voigt had predicted an electrical analogon to the Zeeman effect and other magneto-optic phenomena. Cf. also Letter 80, in particular note 3.

^[7]Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen (1838–1923) was Professor of Astronomy at the University of Leiden and Director of its Observatory.

71. From Woldemar Voigt, 18 November 1899

Handwritten letter.

Göttingen 18.XI.99.

Lieber und verehrter Herr College!

Vielen Dank für Ihr sehr freundliches Eingehen auf meine Zeilen.^[1] Sie haben mich ganz richtig verstanden: unsere beiden Theorien haben die *gleiche* Schwierigkeit, — ich fand nur, dass nach Ihrer Darstellung* der Leser nicht diesen Ein-

*in der physik. Zeitschrift

druck bekommen kann. Die Symmetrie zwischen ζ_1 und ζ_2 bei Ihnen wirkte bestechend günstiger, als die nothgedrungene Dissymmetrie zwischen \mathfrak{B}_h und \mathfrak{B}_k bei mir, — und so erlaubte ich mir darauf hinzuweisen, dass jene Symmetrie nur *scheinbar* ist.

Dass die Bedeutung der einzelnen Vektoren und demgemäss auch die der für sie geltenden Annahmen und Gleichungen bei Ihnen viel leichter zu übersehen ist, gebe ich natürlich vollkommen zu. Aber es scheint das Verhängnis aller molekularen Theorien zu sein, dass sie in den einfachsten Fällen Resultate von wahrhaft fascinirender Schönheit liefern — ich erinnere an die Gasttheorie — und bei einigermassen complicirten Verhältnissen — wie sie gerade in der Natur zumeist vorliegen — auf unlösbare analytische Schwierigkeiten führen. So *begeistert* ich in Wahrheit über die Vorhersagung des Zeeman-Effectes durch Ihre Theorie bin, so glaube ich doch, dass man bei der Behandlung der complicirteren Fälle, die frühere Strenge nicht wird einhalten können und mehr und mehr zu dem von mir eingeschlagenen *neutralen* Verfahren gedrängt werden wird.^[2]

Noch habe ich ein Bedenken gegen die molekulare Theorie, das ich Ihnen gern vortrage. Sie operiren mit einer der Entfernung proportionalen Kraft, die die Ionen in ihre Ruhelage zurückführt. So lange man diese Ruhelage durch die Zusammenwirkung vieler Moleküle bestimmt denkt, bleibt eine Möglichkeit eine der Elongation proportionale Kraft durch eine Reihenentwicklung zu erhalten. Denn ist p Ruhelage, so werden die Kraftkomponenten bei kleiner Elongation σ in deren Komponenten ξ , η , ζ linear sein. Nun liegen aber in den Molekülen der ponderablen Masse *die positiven Ionen* die auf die freien, negativen *anziehend* wirken. Irre ich nicht, so resultirt aus solchen Wirkungen, die wir doch dem Gravitationsgesetz folgend denken müssen, ein *labiler* Gleichgewicht, — und ich trage demnach Bedenken, die von Ihnen eingeführten Kräfte so zu erklären.^[3]

Nun legen Sie aber neuerdings besonderes Gewicht darauf, dass jedes ponderable Molekül für sich allein auf sein Ion wirksam sei, der Einfluss der übrigen ignoriert werden dürfte. Hier sehe ich nun gar nicht, wie ich die der Elongation proportionale Kraft erklären soll. Wäre es nicht eine lohnende Aufgabe, diese Schwierigkeit durch eine glückliche Annahme zu überwinden?

Wenn Sie das irgendwo etwa bereits gethan haben sollten, so bitte ich um Bezeichnung der betr. Stelle.

Meine Frage in Bezug auf das elektrische Analogon zum Zeeman-Effect bezog sich insbesondere auch darauf, ob etwa aus der Ionentheorie dessen *Nothwendigkeit* und eventuell gar etwas über die dabei vorliegenden quantitativen Verhältnisse zu erschliessen wäre. —

Ihrem Wunsche betr. die Prüfungsordnungen für Doctoren und Oberlehrer kann ich zu meiner Freude entsprechen. Sie erhalten die betreffenden Drucksachen gleichzeitig unter Kreuzband.

Wir haben bisher Werth darauf gelegt, dass die Gegenstände des Doctorexamens ein etwas weites Gebiet überdecken. Solche Combinationen, wie Mathematik, Physik, Mechanik, oder Physik, Chemie, physikalische Chemie sind unzulässig. Sie ersehen die erlaubten Combinationen aus den „Ausführungsbestimmungen.“

Ihre hochverehrte Frau und Ihre lieben Kinder, an die ich oft zurtückdenke, bitte ich herzlichst von mir zu grüssen. Wie mögen jetzt in Holland Wünsche und Hoffnungen auf die kämpfenden Boeren gerichtet sein!^[4]

Ihr treu ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letter 70.

^[2]Cf. Letter 59, note 4.

^[3]See *Voigt 1908c*, sec. 47, for a similar discussion.

^[4]A reference to the Boer war in South Africa.

72. From Woldemar Voigt, 4 July 1900

Handwritten postcard.

Göttingen 4.7.00.

Lieber und verehrter Freund!

Nehmen Sie meinen herzlichen Dank für die sehr freundliche Zusendung Ihrer Infinitesimal-Rechnung, von der ich viel Nützen zu haben hoffe.^[1] Ich besitze zwar das Buch in der Originalausgabe, aber die Sprache hindert mich doch sehr bei der Benutzung. — Mich hat das Referat für Paris^[2] recht sehr in Anspruch genommen, ausserdem beschäftigt mich die 2. Auflage meiner Mechanik,^[3] die zu 2/3 in Druck fertig ist, — so komme ich zu meinem Bedauern wenig an die Probleme, die mich besonders interessiren. Aber nothwendig ist eben auch solche Arbeit.

Werde ich Sie in Paris treffen? Und kommen Sie nach Aachen?^[4] Ich bin durch mein Referat nach beiden Orten verpflichtet, was mir nicht sehr lieb ist.

Herzlichen Gruss den Ihrigen!

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]*Lorentz 1900i*, the German translation of *Lorentz 1882c*.

^[2]Voigt's paper for the Congrès International de Physique, held in Paris from 6 to 12 August 1900; see *Voigt 1900b* and *1900c*. Lorentz also attended; see *Lorentz 1900e* for his paper.

^[3]*Voigt 1901a*, the second edition of *Voigt 1889*.

^[4]The 72nd meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte was held in Aachen from 16 to 20 September 1900. It was attended by Lorentz; see *Lorentz 1900h* for his paper. Voigt presented a German version of the paper he had given at the Paris congress; the paper had already been published as *Voigt 1900c* before the Aachen meeting took place.

73. To Arnold Sommerfeld, 6 October 1900

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 6 October 1900.

Verehrter Herr College,

Nachdem ich verschiedene Arbeiten die mich hier bei meiner Rückkehr erwarteten,^[1] erledigt habe, komme ich dazu Ihre Bemerkung über die Flüssigkeitsbewegung in einem cylindrischen Rohr zu beantworten.^[2] Als ich meine Abhandlung zur Hand nahm, sah ich sogleich dass Sie vollkommen Recht haben. Die Gleichung^[3]

$$\rho \left(\frac{\partial u'}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial u'}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial u'}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial u'}{\partial z} + u' \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + v' \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + w' \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) = - \frac{\partial p'}{\partial x} + \mu \Delta u' \quad (a)$$

welche ich für die „Wirbelbewegung“ angab, ist nicht richtig. Es sind links die Glieder

$$\rho \left[\frac{\partial(u'^2)}{\partial x} + \frac{\partial(u'v')}{\partial y} + \frac{\partial(u'w')}{\partial z} \right] - \rho \left[\frac{\partial(\bar{u}^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{u}'v')}{\partial y} + \frac{\partial(\bar{u}'w')}{\partial z} \right] \quad (b)$$

hinzuzufügen.

Wie ich zu diesem Fehler gekommen bin, weiss ich mich nicht mehr zu erinnern. Vielleicht habe ich u' , v' , w' , als sehr klein betrachtet, was auch erlaubt wäre, wenn man von einer Bewegung mit $u' = v' = w' = 0$, d.h. also von der dem Poiseuille'schen Gesetze entsprechenden Strömung ausgehen wollte, und nur untersuchen wollte, ob *kleine* Störungen dieses Zustandes anwachsen oder verschwinden werden. Dem widerspricht aber, dass ich in den weiteren Ausführungen oft von endlichen Werten von u' , v' , w' rede.

Glücklicherweise bleiben meine Folgerungen von dem Fehler unberührt, weil die Glieder (b) fortfallen, wenn man die drei Bewegungsgleichungen mit u' , v' , w' multipliziert, dann addirt und schliesslich über einen Raum, an dessen Grenzen u' , v' , w' verschwinden, integriert.

Man erhält nämlich aus der Grösse (b) und den beiden analogen auf die y- und z-Achse bezüglichen Grössen den Ausdruck

$$A - B$$

wo

$$\begin{aligned} A = \rho \int & \left\{ u' \left[\frac{\partial(u'^2)}{\partial x} + \frac{\partial(u'v')}{\partial y} + \frac{\partial(u'w')}{\partial z} \right] + \right. \\ & + v' \left[\frac{\partial(u'v')}{\partial x} + \frac{\partial(v'^2)}{\partial y} + \frac{\partial(v'w')}{\partial z} \right] + \\ & \left. + w' \left[\frac{\partial(u'w')}{\partial x} + \frac{\partial(v'w')}{\partial y} + \frac{\partial(w'^2)}{\partial z} \right] \right\} d\tau \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned}
 B = \rho \int & \left\{ u' \left[\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z} \right] + \right. \\
 & + v' \left[\frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'^2})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{v'w'})}{\partial z} \right] + \\
 & \left. + w' \left[\frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'w'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{w'^2})}{\partial z} \right] \right\} d\tau
 \end{aligned}$$

Vermöge der Relation

$$\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} = 0$$

ist nun zunächst A zu ersetzen durch

$$\begin{aligned}
 A = \rho \int & \left\{ u' \left[u' \frac{\partial u'}{\partial x} + v' \frac{\partial u'}{\partial y} + w' \frac{\partial u'}{\partial z} \right] + \right. \\
 & + v' \left[u' \frac{\partial v'}{\partial x} + v' \frac{\partial v'}{\partial y} + w' \frac{\partial v'}{\partial z} \right] + \\
 & \left. + w' \left[u' \frac{\partial w'}{\partial x} + v' \frac{\partial w'}{\partial y} + w' \frac{\partial w'}{\partial z} \right] \right\} d\tau = \\
 = \frac{1}{2} \rho \int & \left\{ u' \left[u' \frac{\partial(u'^2)}{\partial x} + v' \frac{\partial(u'^2)}{\partial y} + w' \frac{\partial(u'^2)}{\partial z} \right] + \right. \\
 & + v' \left[u' \frac{\partial(v'^2)}{\partial x} + v' \frac{\partial(v'^2)}{\partial y} + w' \frac{\partial(v'^2)}{\partial z} \right] + \\
 & \left. + w' \left[u' \frac{\partial(w'^2)}{\partial x} + v' \frac{\partial(w'^2)}{\partial y} + w' \frac{\partial(w'^2)}{\partial z} \right] \right\} d\tau = \\
 = \frac{1}{2} \rho \int & \left(u' \frac{\partial K}{\partial x} + v' \frac{\partial K}{\partial y} + w' \frac{\partial K}{\partial z} \right) d\tau,
 \end{aligned}$$

wenn man

$$u'^2 + v'^2 + w'^2 = K$$

setzt. Mittels partieller Integration wird dann schliesslich

$$A = -\frac{1}{2} \rho \int K \left(\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} \right) d\tau = 0$$

Was die Grösse B betrifft, so ist Folgendes zu bemerken. Wenn man über einen grösseren Raum integriert (oder über eine längere Röhre), ich meine über einen Raum dessen Dimensionen viel grösser sind als die Dimensionen der Wirbel, so darf man die zu integrierende Funktion

$$u' \left[\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z} \right] + \text{u.s.w.} \quad (c)$$

durch ihren räumlichen Mittelwerth ersetzen. Unter „räumlichen“ Mittelwerth verstehe ich den Mittelwerth für einen kleinen Raum der aber gross genug ist um in \overline{u} , \overline{v} , \overline{w} die Geschwindigkeiten der Wirbelbewegung verschwinden zu lassen. Man darf nun wohl annehmen dass in einem derartigen Raum, dessen Dimensionen von derselben Grössenordnung sind wie die Dimensionen der Wirbel, $\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x}$, $\frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y}$, $\frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z}$ als constant zu betrachten sind. Dadurch ergibt sich für den Mittelwerth von (c)

$$\overline{u'} \left[\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z} \right] + \text{u.s.w.},$$

und dieses verschwindet wegen $\overline{u'} = \overline{v'} = \overline{w'} = 0$. Es ist also auch

$$B = 0.$$

Zu demselben Schluss kommt man wenn man bei dem Rohr die Mittelwerte nicht über einen gewissen *Raum*, sondern über eine kleine der Rohrachse parallele Strecke betrachtet.

In Folge des Verschwindens von *A* und *B* bleiben die von mir in meiner Abhandlung gezogenen Schlüsse bestehen.

Bei unserem Gespräch über diesen Gegenstand kam die Rede auch auf die Abhandlung von Emden und auf Untersuchungen von Kelvin. Der Titel der Arbeit von Emden lautet: „Ueber die Ausströmungserscheinungen permanenter Gase“ (Habilitationsschrift, Leipzig, Barth); dieselbe erschien im Auszuge in Wied. Ann. Bd. 69, p. 264 und 426.^[4] Was Kelvin betrifft, meinte ich die Abhandlung „On stationary waves in flowing water, Phil. Mag. 5th series, Vol. 22, p.p. 353, 445, 517, und Vol. 23, p. 52.“^[5]

Ich kann dieses Schreiben nicht schliessen ohne Ihnen noch einmal herzlich zu danken für alle die Freundlichkeit die Sie mir in Aachen erwiesen haben. Die „Printen“,^[6] die ich mitbrachte, wurden von den Kindern für herrlich erklärt und wenn mein kleiner Junge schreiben könnte würde er gewiss die liebenswürdigen Postkarten die Sie ihm neulich schickten sofort beantwortet haben. Aus denselben vernahmen wir dass wir im Laufe der Jahre noch einen zweiten Naturforscher Sommerfeld haben werden; möge er ein recht tüchtiger sein und nicht nur als Naturforscher sondern in jeder Hinsicht seinem Namen Ehre machen.

Mit der Bitte, mich Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen und mit vielen Grüssen auch von meiner Frau und den Kindern verbleibe ich

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Die Formel $\overline{\overline{u}} = \overline{\overline{u}}$ auf p. 32 meiner Abhandlung soll natürlich lauten $\overline{\overline{\overline{u}}} = \overline{\overline{u}}$.

^[1]Lorentz's return from Aachen, where he had attended the 72nd Naturforscherversammlung (16–22 September).

^[2]Sommerfeld had pointed out a mistake in *Lorentz 1897a*. See also Letters 75, 137, and 138, and Lorentz's revision of his paper, in which Sommerfeld's criticism is taken into account (*Lorentz 1906g.3*)

^[3]In the equation below, $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ denote the components of the average velocity in the fluid, u', v', w' are the components of the turbulent motion (so that the total motion of the fluid is given by (u, v, w) , with $u = \bar{u} + u'$, etc.), μ is the viscosity-coefficient, p' the deviation from the mean pressure \bar{p} , and ρ the density.

^[4]*Emden 1899*.

^[5]*Kelvin 1886, 1887*.

^[6]An Aachen pastry specialty.

74. From Arnold Sommerfeld, 8 October 1900

Handwritten letter.

Aachen, 8. Oktober 1900

Hochgeehrter Herr Professor!

Haben Sie vielen Dank für Ihre so liebenswürdige und eingehende Beantwortung meiner kleinen Bemerkung.^[1] Ich stimme völlig bei, dass Ihre Schlüsse unangetastet bleiben. Für meine eigenen Bestrebungen, die ich vorläufig als gescheitert ansehen muss und die auf die Feststellung möglicher Bewegungen oberhalb der kritischen Geschwindigkeit abzielten, ziehe ich aber aus Ihrem Brief die Folgerung: dass es schliesslich bequemer ist, von den ursprünglichen Euler'schen Gleichungen auszugehen, als von den durch Sie und Reynolds umgeformten. Die grosse Schwierigkeit bei der Integration der hydrodynamischen Gleichungen liegt

in dem Vorhandensein der quadratischen Glieder $u \frac{\partial u}{\partial x} + \dots$, die bei den fraglichen

„Wirbel“-Bewegungen sicher die Hauptrolle spielen. In Ihrer Abhandlung erscheinen nun die Gleichungen für u', v', w' linear in diesen Grössen; das wäre eine bedeutende Vereinfachung. Fügen wir aber die fragliche Correction hinzu, so hört dieser Vorzug auf. Daher dürften diese Gleichungen für die Frage der wirklichen Integration der Bewegungen keine Vereinfachung gegenüber den alten Differentialgleichungen darstellen. Für die Entscheidung der Stabilitätsfrage dagegen ist Ihre Gleichungsform äusserst geeignet, wie Sie gezeigt haben. —

Erlauben Sie mir noch, eine allerdings vorläufig recht unbestimmte Bemerkung, eine Art mechanischer Analogie zu der Hydraulik, hinzuzufügen. Ich betrachte ein vertical herabhängendes Pendel und schreibe diesem als „Grenz-

bedingung“ vor, dass es für $t = \pm \tau$ umkehren soll ($\frac{d\phi}{dt} = 0$, wenn ϕ der Aus-

schlagswinkel ist. Ist $\tau < \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$, so ist die Ruhe der einzig mögliche mit jener

Bedingung verträgliche Zustand; ist dagegen $\tau \geq \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$ * so kann Bewegung eintreten. Sie wird auch thatsächlich eintreten, da Bewegungsanregungen immer vorhanden sind. Die Ruhe wäre dann zwar noch ein möglicher aber kein wirklicher

Zustand. Wir können $\tau = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$ das kritische Intervall nennen, oberhalb dessen

die Ruhelage „instabil“ wird — natürlich in anderem Sinne aufgefasst, wie man sonst von instabil spricht.

Der Variablen t beim Pendel vergleiche ich in der Hydraulik den Abstand r von der Röhrenaxe, der Grenzbedingung $\frac{d\phi}{dt} = 0$ entsprechen zwei Grenzbedin-

gen $\frac{d\psi}{dx} = 0$, $\frac{d\psi}{dr} = 0$ für eine charakteristische Function ψ durch die sich die axiale und radiale Componente der Geschwindigkeit darstellen lässt, dem Zeitintervall τ der Radius R der Röhre. Diese Parallelisierung wird durch die analytische Beschaffenheit der Gleichungen bis zu einem gewissen Grade nahegelegt.

Was beim Pendel die Ruhe ist würde hier die Poiseuille'sche geradlinige Bewegung sein. Diese wäre der einzig mögliche Bewegungszustand, so lange τ bez. R unterhalb ihrer kritischen Grösse liegen. (Ich stelle mir vor, dass die Grenzbedingungen jede Abweichung von dem geradlinigen Gesetz verhindern, einen Zwang auf die Flüssigkeit ausüben, der sie in die geraden Bahnen nötigt). Oberhalb der kritischen Grösse sind dagegen seitliche Schwingungsbewegungen möglich, welche ebenso wie beim Pendel vorherbestimmte (nicht beliebige) Geschwindigkeiten haben, worin sich die nicht lineare Natur der Differentialgleichungen beider Probleme ausspricht. (— Bei linearen Gleichungen ist ja die Amplitude der Schwingung und auch die der zugehörigen Geschwindigkeit willkürlich; in diesem Falle wäre ein allgemein gültiges Gesetz für die Reibungsverluste, wie es aus den Beobachtungen der Techniker hervorzugehen scheint, unerklärlich, da doch die Reibung von der Stärke der Wirbel abhängt, also von Fall zu Fall verschieden sein könnte, wenn die Stärke der Wirbel unbestimmt wäre, wie es bei linearen Bestimmungsgleichungen sein würde). Dass die kritische Grösse von R von der Geschwindigkeit der mittleren Strömung abhängt und dass man so zugleich zu einer kritischen Geschwindigkeit kommt, ist nicht wunderbar. —

Ich zweifle sehr, dass dieser ganz oberflächliche Vergleich Ihnen zutreffend erscheinen wird; für mich hatte er etwas Beruhigendes. —

Übrigens ist es interessant, dass in der Hydraulik einer jener Existenzbeweise, wie ihn die Mathematiker so lieben und die Physiker mit Recht so wenig interessant finden, am Platze wäre: nämlich der Nachweis, dass nicht-geradlinige Inte-

*Ich denke beim Pendel an die genaue Theorie mit elliptischen Integralen, nicht an die übliche trigonometrische.

grale der hydrodynamischen Gleichungen unter Umständen existieren. Dann hätte man sicheren Boden unter den Füßen, während es einstweilen immer noch bezweifelt werden kann, ob die Bewegungen oberhalb der kritischen Geschwindigkeit noch den gewöhnlichen Differentialgleichungen genügen. Leider wird sich kein Mathematiker so bald an diesen Existenzbeweis heran wagen.

Ich werde mir demnächst erlauben, Ihnen einen Artikel aus der Encyclopädie zuzuschicken, der hauptsächlich solche Existenzbeweise betrifft; er ist für die Anwendungen recht überflüssig.^[2] —

Für Ihre weiteren Citate meinen aufrichtigen Dank! Ich werde sie demnächst nachlesen. —

Meine Frau erwidert Ihre und Ihrer Frau Gemahlin liebenswürdige Grüße auf's Herzlichste. Das Häschen hat, trotz der Bemühungen unseres Kleinen, bisher noch nicht seinen Kopf verloren.

In aufrichtiger Verehrung
Ihr ganz ergebener

A. Sommerfeld.

^[1]See Letter 73.

^[2]The first part (pp. 504–539) of *Sommerfeld 1900–04*, published in July 1900 (see *Encyclopädie*, Vol. 2.1.1, p. XXI).

75. To Wilhelm Wien, 23 October 1900

Handwritten letter (private collection). The year is inferred from the reference to Aachen, where Lorentz and Wien met in September 1900 at the Naturforscherversammlung.

Leiden, den 23 Oktober

Verehrter Herr College,

In Aachen,^[1] als die Rede war von der Rotation der Ionen im magnetischen Felde, stellten Sie die Frage ob nicht, wenn diese Rotation beim Hineinfliegen in das Feld entsteht, zu gleicher Zeit die Translationsgeschwindigkeit verringert werden müsste.^[2] Ich habe das jetzt berechnet, und gefunden, dass die zu erwartende Verzögerung ganz unmerklich sein wird.

Zur Vereinfachung nehme ich an, das Feld sei symmetrisch um die x -Achse, welche also selbst eine Krafflinie ist und es bewege sich das Ion diese Linie entlang. Die Feldstärke H ist eine Function von x .

Wenn nun an einer Stelle, wo $H = 0$, noch keine Rotation bestand, so finde ich für die Winkelgeschwindigkeit

$$\frac{3}{8\pi\sigma R}H.$$

R ist der Radius des Ions und ich habe eine Flächenladung mit der Dichte σ vorausgesetzt.

Die verzögernde Kraft, welche das Ion erleidet hat den Wert

$$\frac{1}{4}R^3 \frac{d(H^2)}{dx},$$

und die kinetische Energie der fortschreitenden Bewegung wird beim Hineinfliegen in das Feld um

$$\frac{1}{4}R^3 H^2$$

verkleinert. Nimmt man keine „wirkliche“ Masse an, und setzt also für die kinetische Energie

$$\frac{1}{3} \frac{e^2}{R} v^2, \quad (e \text{ Ladung, } v \text{ Geschwindigkeit})$$

so ist die Abnahme der Energie folgender Bruchtheil des ursprünglichen Wertes:

$$\delta = \frac{3R^4 H^2}{4 e^2 v^2}.$$

Es sei nun ρ der Radius der kreisförmigen Bahn, welche das Ion mit der Geschwindigkeit v in einem homogenen Felde H senkrecht zu den Kraftlinien beschreiben könnte. Dann ist, da $m = \frac{2e^2}{3R}$

$$\frac{2e^2 v^2}{3R \rho} = evH,$$

und schliesslich wird

$$\delta = \frac{1R^2}{3\rho^2},$$

also äusserst klein.

Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass sich nicht bei irgend einer Erscheinung ein Einfluss der Rotation zeigen könnte. Denn die Aenderung, welche letztere in dem Zustande des Feldes hervorbringt, ist im Innern und in unmittelbarer Nähe des Ions sehr beträchtlich. Aus dem für die Winkelgeschwindigkeit gefundenen Werth ergibt sich, dass das magnetische Feld im Inneren gerade aufgehoben wird.

— — — —

Ich erlaube mir, Ihnen anbei einen Abzug meiner Abhandlung über die Flüssigkeitsbewegung in Röhren^[3] zuzuschicken, und einen Fehler zu verbessern, auf den mich Sommerfeld aufmerksam gemacht hat.^[4] In der Gleichung (12) sind nämlich links die Glieder^[5]

$$\rho \left[\frac{\partial(u'^2)}{\partial x} + \frac{\partial(u'v')}{\partial y} + \frac{\partial(u'w')}{\partial z} \right] - \rho \left[\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z} \right] \quad (\alpha)$$

hinzuzufügen.

Glücklicherweise bleiben die Schlussfolgerungen davon unberührt. Ich habe nämlich (§9) die drei Gleichungen (12) mit u' , v' , w' multiplicirt, sie dann addirt und schliesslich über einen Raum τ integrirt. Nimmt man nun an, dass an den

Grenzen dieses letzteren $u' = v' = w' = 0$, so fallen die neuen Glieder (α) aus dem Resultate fort. Der Beweis ist wie folgt.

Aus den Grössen (α) ergibt sich, bei der soeben genannten Rechnung

$$A - B,$$

wo

$$\begin{aligned} A = \rho \int & \left\{ u' \left[\frac{\partial(u'^2)}{\partial x} + \frac{\partial(u'v')}{\partial y} + \frac{\partial(u'w')}{\partial z} \right] \right. \\ & + v' \left[\frac{\partial(u'v')}{\partial x} + \frac{\partial(v'^2)}{\partial y} + \frac{\partial(v'w')}{\partial z} \right] \\ & \left. + w' \left[\frac{\partial(u'w')}{\partial x} + \frac{\partial(v'w')}{\partial y} + \frac{\partial(w'^2)}{\partial z} \right] \right\} d\tau, \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} B = \rho \int & \left\{ u' \left[\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial z} \right] \right. \\ & + v' \left[\frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'^2})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{v'w'})}{\partial z} \right] \\ & \left. + w' \left[\frac{\partial(\overline{u'w'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'w'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{w'^2})}{\partial z} \right] \right\} d\tau \quad (\beta) \end{aligned}$$

Wegen

$$\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} = 0$$

lässt sich auch schreiben

$$\begin{aligned} A &= \rho \int \left\{ u' \left[u' \frac{\partial u'}{\partial x} + v' \frac{\partial u'}{\partial y} + w' \frac{\partial u'}{\partial z} \right] \right. \\ &+ v' \left[u' \frac{\partial v'}{\partial x} + v' \frac{\partial v'}{\partial y} + w' \frac{\partial v'}{\partial z} \right] \\ &+ w' \left[u' \frac{\partial w'}{\partial x} + v' \frac{\partial w'}{\partial y} + w' \frac{\partial w'}{\partial z} \right] \left. \right\} d\tau \\ &= \frac{1}{2} \rho \int \left\{ u' \frac{\partial \kappa}{\partial x} + v' \frac{\partial \kappa}{\partial y} + w' \frac{\partial \kappa}{\partial z} \right\} d\tau \\ &\quad \left[\kappa = \frac{1}{2}(u'^2 + v'^2 + w'^2) \right]. \end{aligned}$$

Dieser Ausdruck verschwindet bei partieller Integration.

Was B betrifft, so bemerke ich, dass die in diesem Integral auftretenden Differentialquotienten $\frac{\partial(\overline{u'^2})}{\partial x}$ u.s.w. sich nur langsam von Punkt zu Punkt ändern; über eine der Rohrachse parallele Strecke von der Grössenordnung der „Wirbel“ dürfen dieselben als constant betrachtet werden. Man darf daher in (β) u' , v' , w' durch die Mittelwerthe $\overline{u'}$, $\overline{v'}$, $\overline{w'}$ ersetzen; diese sind aber 0, sodass auch B verschwindet.

Ich kann dieses Schreiben nicht schliessen, ohne Ihrer Frau Gemahlin und Ihnen noch einmal recht herzlich zu danken für die viele Freundlichkeit, die Sie mir in Aachen erwiesen haben, Ihnen speciell für die Anregung, die ich in unserer Unterhaltung gefunden habe, und die zu meinen besten Erinnerungen an die Naturforscherversammlung gehört.

Mit vielen Grüssen, auch von meiner Frau, und mit der Bitte, mich Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen verbleibe ich

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Wien and Lorentz had both attended the 72nd Naturforscherversammlung in Aachen (16–22 September 1900).

^[2]According to the *Verhandlungen* of the 72nd Naturforscherversammlung (p. 32) it was Woldemar Voigt who asked during the discussion of Lorentz's paper whether the speed of ions in a magnetic field was influenced by their rotational motion.

^[3]Lorentz 1897a.

^[4]See Letters 73 and 74 for the discussion with Sommerfeld.

^[5]See Letter 73, note 3, for the meaning of the symbols in the equations below.

76. From Wilhelm Wien, after 23 October 1900

Handwritten letter in German script. The date in the title is changed from the date given in the letter because this letter is a reply to Letter 75.

Würzburg 8/10/1900

Verehrtester Herr Kollege!

Vielen Dank für Ihren freundlichen und interessanten Brief.^[1] Ich habe mit gewissem Bedauern gesehen, dass vorläufig eine Rotation der Elektronen sich nicht wird nachweisen lassen, wie ich eigentlich gehofft hatte. Es muss denn die auf die Rotation verwandte Energie verschwindend klein sein und dann wird ein Nachweis derselben sich wohl kaum erbringen lassen.

Beifolgend erlaube ich mir Ihnen eine vorläufige Disposition in grossen Zügen der von mir für die Encyclopädie zu bearbeitenden Abschnitte zu übersenden.^[2] Ich darf wohl hoffen, dass Sie die Nummern 14) und 15) bearbeiten werden, da es für Sie ja im wesentlichen nur eine Reproduktion Ihrer eigenen Arbeiten sein

würde. Sehr willkommen wäre es mir, wenn Sie auch 13) übernehmen würden, ein Kapitel, das Sie ungleich besser übersehen und beherrschen als ich.^[3]

Da die eigentliche Wellenoptik besonders behandelt wird,^[4] so wird die elektromagnetische Lichttheorie kurz werden. In Bezug auf die Ableitung der Maxwell'schen Gleichungen werde ich wohl auf Ihre Darstellung Bezug nehmen können.^[5]

Ich habe jetzt wieder angefangen, mich mit experimentellen Untersuchungen zu beschäftigen und meine frühern Versuche über Kanalstrahlen wieder aufgenommen. Ich finde nun, dass die Verhältnisse doch nicht so einfach liegen, wie vielfach vermuthet wurde. Das Verhältnis von Masse zu Ladung ist hier sicher nicht constant und es scheinen sich Zahlen zu ergeben, die unter Umständen viel grösser sind als bei irgend welchen chemischen Molekülen, und zwar scheinen immer gleichzeitig solche Theilchen vorhanden zu sein, bei denen das Verhältnis sehr verschieden ist. Die Untersuchung ist schwierig und zeitraubend und ich werde wohl noch ziemlich viel Zeit darauf verwenden müssen ehe ein einigermaßen befriedigender Abschluss erreicht ist.^[6]

Meine Erinnerung an Aachen ist noch immer sehr lebhaft und ich denke noch mit Vergnügen an die mannigfachen Anregungen zurück, die ich dort von vielen und besonders von Ihnen erhalten habe. Hoffentlich finde ich bald einmal wieder Gelegenheit Sie wiederzusehen.

Empfangen Sie die besten Grüsse von meiner Frau und von
Ihrem ergebensten

W. Wien

Elektromagnetische Theorie des Lichts.^[7]

- 1) Beziehung auf die Maxwell'schen Gleichungen.
- 2) Die Hertz'schen Gleichungen für einen schwingenden Dipol.
- 3) Umformung der Maxwell'schen Gleichungen für Störungen im freien Aether. Fortfallen der freien Ladungen.
- 4) Grenzbedingungen. Reflexion und Brechung.
- 5) Vorläufer der elektromagnetischen Theorie. Theorie von Mac Cullagh und die Grenzbedingungen von Neumann-Kirchhoff. Neumann'scher und Fresnel'scher Vektor.
- 6) Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Brechungsverhältnis, Dielektrizitätsconstante.
- 7) Allgemeine Sätze. Reziprozität des Strahlenganges.
- 8) Durchsichtige isotrope Medien. Totale Reflexion.
- 9) Kristallinische Medien.
- 10) Absorbirende Medien. Metallreflexion. Elliptische Polarisation.
- 11) Theorie der Dispersion. Theorie von Helmholtz. Theorie von Hertz-Drude.
- 12) Anwendung auf Metallreflexion.
- 13) Theorie der magnetischen Drehung der Polarisations Ebene. Theorie von Maxwell. Theorie von Neumann. Theorie von Goldhammer und Drude. Theorie von H.A. Lorentz und Helmholtz.
- 14) Theorie des Zeeman'schen Phänomens. Theorie von H.A. Lorentz und Voigt.

15) Theorie der Lichtbewegung in bewegten Medien.

Strahlung

16) Anwendung der Wärmetheorie auf Strahlung. Kirchhoffscher Satz.

17) Weitere rein thermodynamische Folgerungen. Stefansches Gesetz. Verschiebungsgesetz. Magnetische Drehung der Polarisationssebene. Clausiussches Gesetz.

18) Hypothetische Strahlungsformeln (Wien und Planck)

19) Spektralanalyse.

^[1]Letter 75.

^[2]Wien's contributions to volume 5 of the *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften* are *Wien 1909a* and *Wien 1909b*.

^[3]Only sections 13 and 14 (split into two parts, on the direct and inverse Zeeman effect, respectively) were written by Lorentz (*Lorentz 1909e*).

^[4]Article V.24 is devoted to wave optics and was written by Max von Laue (*Laue 1915*).

^[5]Lorentz had undertaken to write chapters on Maxwell's theory (*Lorentz 1904e*) and on the theory of electrons (*Lorentz 1904f*).

^[6]Cf. Letter 87, note 4.

^[7]The table of contents of the published paper differs from the one given here.

77. From Arnold Sommerfeld, 10 December 1900

Handwritten letter. A corner has been torn off.

Aachen, 10. December 1900.

Hochverehrter Herr Jubilar!

Gestatten Sie auch mir, zum heutigen Gedenktage Ihnen oder vielmehr der Wissenschaft, als deren führenden Meister wir Sie bewundern, die aufrichtigsten Glückwünsche auszusprechen. Mögen den ersten 25 Jahren Ihrer wissenschaftlichen Forschung eine zweite ebenso erfolgreiche und für die Physik bedeutsame Reihe von 25 Jahre folgen!^[1]

Das ist der eigennützig Wunsch [...] derjenigen, denen die theoretische [...] Erkenntnis in der [...] am Herzen liegt.

Auch mir ist durch Professor Voigt die ehrenvolle Aufforderung zugekommen, mich an dem Ihnen vorliegenden Jubelbande mit einem Beitrag zu beteiligen, und ich wüsste nicht, welcher Aufgabe ich mich lieber unterzogen hätte. Indessen — Sie werden die Schwierigkeiten zu würdigen wissen, die mir die Vorlesungen über technische Mechanik und die Einarbeitung in die Interessen der Techniker machen;^[2] ausserdem haben Sie sich selbst hier überzeugt, dass ich mit meinem Versuche, Ihre Abhandlungen über Hydraulik einen Schritt weiter zu führen und [...] zu dem Jubelbande beizusteuern, kläglich Schiffbruch gelitten habe. So sah ich

mich zu meinem grössten Leidwesen gezwungen der Zahl Ihrer litterarischen Gratulanten fern zu bleiben.

Auch meine Frau trägt mir aufrichtige Glückwünsche an Sie auf.

In grösster Verehrung

A. Sommerfeld.

^[1]On 11 December 1900 the 25th anniversary of Lorentz's doctorate was celebrated. He was offered a collection of papers by friends and colleagues (*Recueil 1900*), edited by Heike Kamerlingh Onnes (1853–1926; Professor of Experimental Physics at the University of Leiden) and Herman Haga (1852–1936; Professor of Physics at the University of Groningen and Lorentz's former classmate at the secondary school in Arnhem). The Festschrift, a special issue of *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* counts 678 pages with 58 contributions by, among others, Ludwig Boltzmann, Max Planck, Henri Poincaré, Lord Rayleigh, J.J. Thomson, and Woldemar Voigt. See also Letter 80 for details on the celebration.

^[2]Sommerfeld had recently been appointed Professor of Mechanics at the Technische Hochschule in Aachen.

78. From Max Planck, 11 December 1900

Telegram dated 11 December 1900.

Zum silbernen Doctorjubiläum sendet dem Hochverehrten Collegen herzlichen Glückwunsch^[1]

Max Planck

^[1]Planck contributed *Planck 1900 to Recueil 1900* (see Letter 77, note 1).

79. From Woldemar Voigt, 25 December 1900

Handwritten letter.

Göttingen 25.XII.00.

Verehrter Freund!

Nachdem die letzten Wochen vor den Ferien noch recht viel Arbeit und Unruhe gebracht hatten, ist mit dem Weihnachtsfeste Stille bei mir eingezogen, und ich benutze den ersten Feiertag, um Ihnen auszusprechen, wie herzlich ich Ihrer am Tage Ihres Doctorjubiläums gedacht habe, und wie gerne ich ein frohes Fest mit Ihnen gefeiert hätte.^[1] Freund Onnes wird Ihnen wohl gesagt haben, wie ernstlich ich mein Kommen in Erwägung gezogen hatte, und wie durch Ueberlastung mit

amtlicher Arbeit — und dann durch den Trauerfall der Sie betroffen hatte^[2] — die Ausführung dieses Planes unmöglich wurde.

Schliesslich machte eine Reihe von Sitzungen am Tage vor dem Jubiläum auch noch das Schreiben eines Briefes unmöglich und ich konnte nur einen telegraphischen Gruss senden. Aber Sie sind ja meiner herzlichen Verehrung so sicher, dass es eines besonders lebhaften Ausdruckes nicht bedurfte!

Hoffentlich haben Sie, trotz des Wolkenschattens, den die Trauer über Ihr Haus geworfen hatte, einen recht stimmungsvollen Festtag verlebt, und es hat auch Ihre liebe Frau über die Ehrungen, die Ihnen erwiesen worden sind, ungetrübte Freude gehabt.

Meine Frau hatte den Gedanken, mich dieses Mal nach Holland zu begleiten mit der grössten Freude aufgenommen; ich habe ihr von Ihrem Hause, von Frau und Kindern, und von den prächtigen Menschen, die ich durch Sie kennen gelernt habe, soviel erzählt, dass sie ihre gewöhnlichen Bedenken gegen eine (kurze) Reise leicht aufgab. Ich hoffe von Herzen, dass sich im nächsten Jahre eine Gelegenheit finden lassen wird, das jetzt Aufgeschobene nachzuholen.^[3]

Unser Freund Onnes hat sich in der Angelegenheit des Jubelbandes unbeschreiblich bemüht, und auch die jungen Herren des Institutes haben sich darum die grössten Verdienste erworben. Alles dies hat auf das Lieblichste bewiesen, welche Verehrung Sie in Leiden geniessen und man kann Ihnen zu den schönen Erfolgen, die Sie ebenso in der Ferne, wie in der Nähe erringen, nur von ganzem Herzen Glück wünschen. Möchten die zweiten 25 Jahre Ihnen ebensoviel wissenschaftliche Thaten und herzlichen Gewinn bringen, wie die ersten Ihrer Forscher- und Lehrerthätigkeit.

Bitte grüssen Sie Ihre sehr liebe Frau und Ihre guten Kinder recht herzlich von mir. Meine Tochter ist mit Ihrem Mann und der kleinen Annelise zum Feste hier; es fehlt nur mein ältester Sohn, der als Assistent an der Frauenklinik in Dresden gebunden ist.

Treulich immer

Ihr

W. Voigt.

^[1]See *Voigt 1900d* for Voigt's contribution to Lorentz's Festschrift (see Letter 71, note 1).

^[2]Lorentz's father-in-law JohanWilhelm Kaiser (b. 1813), a well-known artist and former director of the forerunner of the famous Rijksmuseum in Amsterdam, had died on 21 November. See *De Haas-Lorentz 1957b*, p. 47, for a description of Lorentz's close relation with him. See also Letter 80.

^[3]Voigt and his wife visited the Netherlands in October 1901 (see Letter 92).

80. To Woldemar Voigt, 26 December 1900

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Noordwijkerhout bei Leiden den 26 December 1900.

Lieber Freund und sehr verehrter College,

Wir danken Ihnen recht herzlich für die vielen Beweise von Freundschaft und Wohlwollen, die Sie uns in den letzten Wochen geschenkt haben. Zunächst für die theilnehmenden Zeilen, die Sie nach dem Tode ihres Vaters an meine Frau richteten,^[1] und die, wie so viele andere herzliche Briefe, ihr bei dem traurigen Verluste zum Trost gereicht haben. Mein Schwiegervater war einer der besten und edelsten Menschen, die ich je gekannt habe, frei von aller Selbstsucht und immer bereit für Andere zu arbeiten und zu sorgen. So empfinden wir sein Hinscheiden sehr schmerzlich, obgleich wir jetzt, da er so schwach und hülfsbedürftig geworden war, ein längeres Leben für ihn nicht mehr wünschen dürften.

Kurz nach jenen traurigen Tagen kam die schöne und ehrenvolle Ueberraschung, welche die Freunde und Fachgenossen mir zu meinem Doctorjubiläum bereitet haben,^[2] und die auch dem Verstorbenen so grosse Freude gemacht haben würde. Ich bin tief gerührt von Allem was mir bei dieser Gelegenheit zum Theil geworden ist. Nie hätte ich ja denken können dass so viele hervorragende Physiker, auf deren Urtheil ich den grössten Werth lege, mir in der Weise wie das jetzt geschehen ist, ihr Interesse an mein Werk und ihren Beifall zeigen würden, und dass man sich um meinetwillen so viele Mühe geben würde, wie für das Zustandekommen der Festschrift erforderlich hat sein müssen. Mit inniger Dankbarkeit denke ich jetzt an die verflossenen Jahre zurück. Es war mir vergönnt, unter seltsam günstigen Umständen zu arbeiten, in einer Blütheperiode unserer Wissenschaft, wo eine Fülle neuer anregender Gedanken emporkeimte, und wo ein lebhafter wissenschaftlicher Verkehr die Ueberzeugung bei jedem Forscher wach erhielt, dass wir alle zusammen an einer grossen und schönen Aufgabe arbeiten. Da wird die Arbeit zur Lust und Freude.

Dazu hatte ich das grosse Glück, die Freundschaft von Männern, die ich hochschätze und verehere, zu gewinnen. Ich betrachte es als ein hohes Vorrecht, auch Sie zu diesen zählen zu dürfen, und so danke ich Ihnen ganz besonders sowohl für den Glückwunsch, den Sie mir, zusammen mit den übrigen Göttinger Collegen haben zukommen lassen, wie auch für Ihren Beitrag zu der Festschrift. Auch Ihre Betheiligung an das Werk wird mich dazu ermuntern, meine besten Kräfte der uns theuren Wissenschaft zu widmen.

Ihre Abhandlung habe ich bereits mit vollem Interesse gelesen und bin ich mit Ihren Betrachtungen durchaus einverstanden. Es freut mich dass Sie sich auch einmal der Electronentheorie haben bedienen wollen; das kann derselben nur zum Vortheil sein. Schade nur, dass der zu erwartende electricische Effect so schrecklich klein ist.^[3]

Besten Dank auch für das Exemplar Ihrer Mechanik^[4] mit den freundlichen Worten die Sie in dasselbe schreiben. College Onnes hat mir das Buch überreicht

und mir zu gleicher Zeit gesagt, es sei sogar die Rede davon gewesen, dass Sie mit Ihrer Frau Gemahlin nach Leiden gekommen wären. Das wäre für uns eine höchst erfreuliche Ueberraschung gewesen. Jetzt da die Umstände leider die Reise verhindert haben, will ich hoffen dass das Frühjahr Sie beide in das Land der Blumenzwiebeln führen wird und dass Sie dann Erika mitbringen. Wenn Sie mich denn auch nicht als „Jubilar“, sondern als einfachen alltäglichen Physiker sehen werden, so werden Sie uns doch ebenso herzlich willkommen sein.

Und nun habe ich noch etwas zu sagen. Ich schäme mich darüber dass die Kinder damals als ich aus Aachen heimkehrte zwar die Kräuterprinten und die sonstigen Leckerbissen mit gutem Geschmack verzehrt, aber sich gar nicht dafür bedankt haben. Der Vorsatz war gut genug, aber bei dem Vorsatze ist es leider geblieben. Berta ist zu dem deutschen Briefe nicht gekommen und wir vergassen schliesslich, sie dazu anzutreiben. Verärgern Sie es, bitte, den Kindern nicht; sie haben es nicht übel gemeint und reden immer gerne vom „Onkel Voigt“.

Mit der Bitte, mich Ihrer verehrten Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, und mit vielen Grüssen von den meinigen, auch an Erika

Ihr freundschaftlich ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 79, note 2.

^[2]See Letter 79, note 1.

^[3]*Voigt 1900d* used Lorentz's microscopic approach in a treatment of the electrical analogon to the Zeeman effect. Voigt's conclusion is that an electric field of 300 V/cm would lead to a broadening of the two sodium D-lines of at most $4 \cdot 10^{-5}$ of their mutual distance.

^[4]*Voigt 1901a*.

81. To Lord Rayleigh, 3 January 1901

Handwritten letter (Rayleigh Archives, Hanscom Air Force Base, Bedford, MA).

Leiden, January 3^d 1901.

My Lord,

Allow me to thank you most heartily for the important and beautiful paper you have contributed to the collection that has been offered to me on the occasion of the 25th anniversary of my graduation.^[1] I have been profoundly touched and I feel highly honoured by this mark of your sympathy and good will. Indeed, I never could have thought that the work circumstances have permitted me to do would be approved in this way by so many eminent men. Your being among their number is especially gratifying to me; it will be a stimulus to me to serve science to the best of my abilities.

I have also to thank you for the second volume of your scientific papers;^[2] as the work proceeds I see more clearly still than before what a splendid example of activity you set to us younger physicists.

I remain, my Lord,
Most respectfully yours

H.A. Lorentz

^[1]*Rayleigh 1900b*. See Letter 77, note 1, for more on the collection.

^[2]*Rayleigh 1900a*.

82. To Henri Poincaré, 20 January 1901

Handwritten letter (Archives Henri Poincaré, Nancy).

Leiden, le 20 janvier 1901

Monsieur et très honoré collègue,

Permettez moi de vous remercier très sincèrement de la part que vous avez bien voulu prendre au recueil de travaux que m'a été offert à l'occasion du 25^{me} anniversaire de mon doctorat.^[1] J'ai été profondément touché de ce que tant d'illustres savants ont choisi ce jour pour me témoigner leur sympathie et l'intérêt qu'ils prennent à mes études, malgré l'imperfection des résultats auxquels elles m'ont conduit. Cette imperfection est telle que je n'ose presque pas regarder comme un signe d'approbation le livre qu'on m'a dédié; j'y verrai plutôt un encouragement qui m'est très précieux.

Comme votre jugement a, à mes yeux, une très grande importance, vous m'avez particulièrement obligé par le choix de votre sujet et par les paroles qui précèdent votre article.^[2] J'ai suivi vos raisonnements avec toute l'attention qu'ils demandent et je sens toute la force de vos remarques. Je dois vous avouer qu'il m'est impossible de modifier la théorie de telle façon que la difficulté que vous signalez disparaisse. Il me semble même guère probable qu'on puisse y réussir; je crois plutôt — et c'est aussi le résultat auquel tendent vos remarques — que la violation du principe de réaction est nécessaire dans toutes les théories qui peuvent expliquer l'expérience de Fizeau. Mais faut-il en vérité que nous nous en inquiétions? Il y a un certain rapport entre vos considérations et une question qui a été soulevée, comme vous savez, par Helmholtz dans un de ces derniers mémoires. En effet, vos formules démontrent que l'éther contenu dans une surface fermée ne sera pas en équilibre sous l'influence des pressions de Maxwell exercées à cette surface, dès que le vecteur de Poynting est une fonction du temps. De ceci Helmholtz tire la conclusion que l'éther sera mis en mouvement dans un tel cas, et il cherche à établir les équations qui déterminent ce mouvement.

J'ai préféré une autre manière de voir. Ayant toujours en vue les phénomènes de l'aberration, j'ai admis que l'éther est absolument immobile — je veux dire que

ces éléments de volume ne se déplacent pas, bien qu'ils puissent être le siège de certains mouvements internes. Or, si un corps ne se déplace jamais, il n'y a aucune raison pour laquelle on parlerait de forces exercées sur ce corps. C'est ainsi que j'ai été amené à ne plus parler de forces qui agissent sur l'éther. Je dis que l'éther agit sur les électrons mais je ne dis pas qu'il éprouve de leur côté une réaction; je nie donc le principe de la réaction dans ces actions élémentaires. Dans cet ordre d'idées je ne puis pas non plus parler d'une force exercée par une partie de l'éther sur l'autre; les pressions de Maxwell n'ont plus d'existence réelle en ne sont que des fictions mathématiques qui servent à calculer d'une manière simple la force qui agit sur un corps pondérable. Evidemment, je n'ai plus à me soucier de ce que les pressions qui agirait à la surface d'une portion limitée de l'éther ne seraient pas en équilibre.

Quant au principe de la réaction, il en me semble pas qu'il doive être regardé comme un principe fondamental de la physique. Il est vrai que dans tous les cas où un corps acquiert une certaine quantité de mouvement a , notre esprit ne sera pas satisfait tant que nous ne puissions indiquer un changement simultané dans quelque autre corps, et que dans tous les phénomènes dans lesquels l'éther n'intervient pas, ce changement consiste dans l'acquisition d'une quantité de mouvement $-a$. Mais je crois qu'on pourrait être également satisfait si ce changement simultané ne fût pas lui même la production d'un mouvement. Vous avez d'édit la belle formule^[3]

$$\sum MV_x + \int d\tau(\gamma g - \beta h) = \text{const.}$$

Il me semble qu'on pourrait se borner à considérer $\int d\tau(\gamma g - \beta h)$, $\int d\tau(\alpha h - \gamma f)$, $\int d\tau(\beta f - \alpha g)$ comme des quantités dépendentes de l'état de l'éther qui sont pour ainsi dire „équivalentes” à une quantité de mouvement. Votre théorème nous donne pour toute modification de la quantité de mouvement de la matière pondérable une modification simultanée de cette quantité équivalente; je crois qu'on pourrait bien se contenter de cela.

Je ne veux pas prétendre que cette manière de voir soit aussi simple qu'on pourrait le désirer; aussi n'aurais-je pas été conduit à cette théorie si les phénomènes de l'aberration ne m'y eussent pas forcé. Du reste, il va sans dire que la théorie ne doit être considérée que comme provisoire. Ce que je viens d'appeler „équivalence” pourra bien un jour nous apparaître comme une „identité”; cela pourrait suivre si nous parvenons à considérer la matière pondérable comme une modification de l'éther lui-même.

Il est presque inutile de dire qu'on pourrait aussi se tirer d'embarras en attribuant à l'éther une masse infiniment (ou très) grande. Alors les électrons pourraient réagir sur l'éther sans que se milieu se mit en mouvement. Mais cette issue me semble assez artificielle.

Je désirerais bien vous faire encore quelques remarques au sujet de la compensation des termes en v^2 , mais cette lettre deviendrait trop longue. J'espère donc

que vous me permettez de revenir sur cette question une autre fois. Il y a là encore bien des difficultés; vous pourriez peut-être parvenir à les surmonter.

Veillez agréer, Monsieur et très honoré collègue, l'assurance de ma sincère considération. Votre bien dévoué

H.A. Lorentz

^[1]Poincaré contributed *Poincaré 1900c* to *Recueil 1900* (see Letter 77, note 1).

^[2]In the introduction to his paper, which deals with the principle of action and reaction in Lorentz's theory, Poincaré apologizes for his criticism of Lorentz's theory, adding that good theories are sufficiently flexible to absorb even serious criticism ("les bonnes théories sont souples") and that Lorentz's theory falls into that category. Poincaré's criticism focused on the violation, in Lorentz's theory, of the action-reaction principle for the forces that are exerted on the ether by the electromagnetic fields (Maxwell stresses), as in this theory the ether is immobile in the sense that its parts cannot move with respect to each other (see *Lorentz 1895b*, p. 4). See *Darrigol 1995* for a detailed historical discussion of Poincaré's work in electrodynamics.

^[3]For a a particle (with mass M and velocity V_x , etc.) in an electromagnetic field (with (α, β, γ) and (f, g, h) the components of the electric and magnetic fields, respectively), the expression below is shown by Poincaré to be a constant, whereas one would expect the mechanical momentum of the particle to be conserved separately.

83. To Wilhelm Wien, 31 January 1901

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 31 Januar 1901.

Hochgeehrter Herr College,

Ich danke Ihnen von ganzem Herzen sowohl für die uns nach dem Hinscheiden meines Schwiegervaters^[1] gezeigte Theilnahme als auch für Ihre Mitwirkung an der mir am Tage meines Doctorjubiläums überreichten Festschrift.^[2] Wir haben in dem Verstorbenen sehr viel verloren, denn er war einer der besten Menschen, die ich je kennen gelernt habe, und interessirte sich, obgleich er hochbetagt war, noch sehr für Alles, was in unserem Kreise vorging.

Ich brauche Ihnen wohl kaum zu sagen, dass wir unter diesen Umständen kein eigentliches Fest gefeiert haben. Onnes und Haga, die beide zu meinen ältesten Freunden gehören, haben mir das schöne Buch überreicht; sie haben mich damit vollkommen überrascht, da ich etwas derartiges nie hätte ahnen können, und, wenn sie nicht daran gedacht hätten, den Tag wohl gänzlich vergessen hätte. Nie hätte ich denken können, dass so viele Fachgenossen, auf deren Urtheil ich den höchsten Werth lege, mir in dieser Weise ihr Interesse an meinen Arbeiten und ihre freundliche Gesinnung zeigen würden. Mit lebhafter Dankbarkeit denke ich jetzt an das viele Gute, das mir in den verflossenen Jahren zum Theil geworden ist, zurück, und dabei denke ich auch an die Freundschaft, die so viele ausgezeichnete

Männer mir geschenkt haben. Seien Sie versichert, dass auch die persönliche, freundschaftliche Beziehung von Ihnen für mich von hohem Werth ist.

Sie haben mir sehr viel Vergnügen gemacht mit der Publication Ihrer so hochinteressanten Betrachtungen über eine electromagnetische Begründung der Mechanik. Im Ganzen bin ich mit Ihrer Auffassung durchaus einverstanden, d.h. ich bin, ebenso wie Sie, der Meinung, dass es sehr wichtig ist, zu versuchen, wie weit man in dieser Richtung kommen kann.^[3] Auch ich fühle mich von den complicirten Aethermodellen gar nicht befriedigt. Ihre Abhandlung veranlasst mich übrigens zu einigen Bemerkungen, die ich jedoch bis auf einen späteren Brief verschoben möchte, weil mir jetzt die Zeit zu einer ruhigen Auseinandersetzung fehlt.

Ich muss Sie sehr um Verzeihung dafür bitten, dass ich Ihnen die vorläufige Disposition für meine Artikel in der Math. Encyclopädie noch nicht habe zukommen lassen.^[4] Sowohl die Krankheit meines Schwiegervaters, als die vielen Besuche bei Gelegenheit meines Jubiläums, haben mich sehr in der Arbeit gestört. Ich hoffe indes in der nächsten Woche im Stande zu sein, Ihnen mitzutheilen in welcher Weise ich die mir überlassenen Gegenstände zu bearbeiten beabsichtige. Jetzt will ich Ihnen nur noch sagen, dass ich recht gern die Abschnitte 13, 14 und 15 des Kapitels „Electromagnetische Theorie des Lichtes“ übernehmen werde.^[5]

Ich bin sehr gespannt auf das Resultat Ihrer neuen Versuche über Kanalstrahlen und hoffe sehr, dass es Ihnen gelingen werde, die Schwierigkeiten, welche in der komplizirten Natur der Erscheinungen liegen, zu überwinden.

Indem ich Sie bitte, mich Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, verbleibe ich mit vielen Grüßen auch von meiner Frau,

Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

Ich schicke Ihnen anbei einen kleinen Aufsatz über die Strahlungstheorie,^[6] in dem ich es wahrscheinlich zu machen versuche, dass alle ponderablen Körper dieselben Arten von Elektronen enthalten.

^[1]See Letter 79, note 2.

^[2]See Letter 77, note 1, for more on the Festschrift. Wien's contribution was *Wien 1900*, his well-known paper on the electromagnetic world-picture.

^[3]See *McCormach 1970* for a historical discussion of Lorentz's attitude towards the electromagnetic world-picture.

^[4]See Letter 84 for the planned contents of Lorentz's contributions to the *Encyclopädie*.

^[5]Cf. Letter 76, note 3.

^[6]*Lorentz 1901a* or its English translation *Lorentz 1901b*.

84. To Arnold Sommerfeld, 11 March 1901

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 11 März 1901.

Hochgeehrter Herr College,

Dass ich erst jetzt dazu komme, Ihr Schreiben vom Ende des vorigen Jahres zu beantworten,^[1] hat wirklich seinen Grund nicht darin, dass ich auf dasselbe keinen hohen Werth legte. Im Gegentheil, ich bin Ihnen von ganzem Herzen dankbar für Ihre freundliche Gesinnung, für Ihre herzlichen Glückwünsche und für die gute — wohl all zu gute — Meinung, die Sie von mir haben.

Besten Dank auch für Ihre Bereitwilligkeit, an der mir überreichten Festschrift mitzuwirken.^[2] Es hätte mich in hohem Maasse gefreut, wenn Sie einen Beitrag hätten liefern können; jetzt, da Ihnen das wegen Ihrer grossen Arbeitslast unmöglich war, trage ich in Gedanken in das Inhaltsverzeichniss eine recht schöne und gelungene Arbeit von Sommerfeld ein, die an anderer Stelle publicirt werden wird.

Uebrigens brauche ich Ihnen wohl kaum zu sagen, wie es mich gerührt hat, dass so viele ausgezeichnete Fachgenossen mir in dieser Weise den Tag meines Doctorjubiläum zu einem unvergesslichen Festtage gemacht haben, und sich um meinen Willen so viele Mühe haben geben wollen. Sehr viel Glück haben mir die verflossenen 25 Jahre gebracht, und dankbar erinnere ich mich der vielseitigen Anregung, die ich gefunden habe, und der freundschaftlichen Beziehungen zu so vielen ältern und jüngern Männern auf deren Urtheil ich hohen Werth lege.

Ein grosses Fest haben wir nicht gefeiert; es war unseren Freunden wohl bekannt, dass wir lieber einige herzliche Worte hören möchten als eine stattliche Festrede. Zumal jetzt, da kurz vorher mein Schwiegervater verstorben war,^[3] in dem wir, obgleich er ein sehr hohes Alter erreicht hat, doch viel verloren haben. Er wohnte hier in Leiden und seiner Krankheit wegen habe ich in den letzten Monaten des Jahres wenig arbeiten können. So habe ich auch leider mein Versprechen nicht gehalten, Ihnen schon damals mitzuthemen, wie ich meine beiden Artikel in der Encyclopädie einzurichten gedenke. Entschuldigen Sie, bitte, die Verzögerung.

Ich erlaube mir jetzt, Ihnen anbei eine vorläufige Disposition des von mir zu behandelnden Stoffes zukommen zu lassen, „vorläufig“, da natürlich die Möglichkeit besteht, dass ich, wenn ich mich an die Ausführung mache, hier oder dort etwas von dem Schema abweichen muss.

Da der Raum uns ziemlich knapp zugemessen ist, so habe ich gemeint auf eine geschichtliche Anordnung verzichten zu müssen; wenn ich mit der Thür ins Haus falle, und von den Gleichungen des electromagnetischen Feldes ausgehe, komme ich natürlich viel weiter als wenn ich die Gleichungen allmählich entstehen lassen sollte. Es scheint mir auch dem Zwecke der Encyclopädie zu entsprechen, wenn ich in dieser Weise das Mathematische in den Vordergrund rücke.

Sie werden mir jetzt viel Vergnügen machen, wenn Sie mir mittheilen wollen, ob Ihrer Meinung nach die nach diesem Plane abgefassten Artikel zu dem sonstigen Inhalte der Encyclopädie passen werden, und ob ich, was die Abgrenzung gegen andere Artikel betrifft, das richtige Maass getroffen habe. Natürlich bin ich gern zu Aenderungen bereit.

Ich möchte noch bemerken, dass ich Wien — dem ich ebenfalls diese Disposition schicke — versprochen habe, zu seinem Artikel einen Abschnitt über das Zeeman'sche Phänomen und über die Lichtbewegung in bewegten Medien zu liefern.^[4] Ich werde mich noch mit ihm darüber berathen, wer von uns Beiden die Beziehungen zwischen Brechungsverhältniss und Dichte (und chemische Zusammensetzung der Körper) übernehmen soll. Das Hall'sche Phänomen gehört wohl zu 18 (Diesselhorst), die Deformation im electricischen Felde (und auch die Piezo-Electricität) zu 16 (Pockels).^[5] Im Allgemeinen werde ich natürlich *specielle* Probleme den anderen Mitarbeitern überlassen müssen.

Ihnen wäre ich nun noch sehr verbunden, wenn Sie mir mittheilen wollten, ob Sie vielleicht schon, was die mathematische Bezeichnungsweise betrifft, eine Verabredung getroffen haben. Specieell wüsste ich gerne ob bereits im mathematischen Theil des Werkes eine Schreibweise für die Begriffe der Vektoretheorie festgesetzt worden ist.

Ich hoffe, es gehe Ihrer Frau Gemahlin und dem kleinen künftigen „Naturforscher“ recht gut. Mit herzlichen Grüßen für Sie beide, auch von meiner Frau, verbleibe ich

Ihr freundschaftlich ergebener

H.A. Lorentz

13. Standpunkt der Feldwirkung. Maxwell's Theorie und Verwandtes.^[6]

— — — —

1. Die Maxwell'schen Gleichungen in der Hertz'schen Form, für ruhende Körper.
2. Andere Formen der Gleichungen.
3. Physikalische Bedeutung. Energie. Poynting'scher Satz.
4. Ableitung der Gleichungen aus allgemeinen mechanischen Principien.
5. Vorstellungen über den Mechanismus. Theorien von Maxwell, Larmor, Boltzmann, Voigt, Sommerfeld u.A.
6. Aethertheorien. Hydrodynamische Analogien.
7. Bildliche Darstellungen. Kraftlinien.
8. Aeltere Anschauungen.
9. Allgemeine mathematische Sätze. Bestimmtheit der Probleme. Reciprocitätsgesetze. Allgemeines über Fortpflanzung.
10. Die Hertz'schen Gleichungen für bewegte Körper.
11. Theorie von Helmholtz.
12. Ponderomotorische Wirkungen. Ableitung aus allgemeinen Principien.
13. Spannungen im electricischen und magnetischen Felde.

— — — —

14. Weiterbildung der Maxwell'schen Theorie. Electronentheorie.^[7]

1. Bewegungsgleichungen für ein System in dem Aether eingelagerter Electronen. Ableitung derselben aus mechanischen Principien.
2. Anwendung auf electriche Erscheinungen.
3. Theorie von Wiechert.
4. Theorie von Larmor.
5. Einfluss der Erdbewegung auf electriche Erscheinungen.
6. Neuere Fassung der Theorie.
7. Probleme über die Bewegung der Electronen. Kathodenstrahlen. Wahre und electromagnetische Masse.
8. Entstehen der Röntgenstrahlen.
9. Untersuchungen von J.J. Thomson u.A. über die Ionisierung der Gase.
10. Gravitation. Electromagnetische Begründung der Mechanik.

^[1]Letter 79.

^[2]See Letter 77, note 1, for more on the Festschrift.

^[3]See Letter 79, note 2.

^[4]See Letter 83 for Lorentz's promise.

^[5]There is no article by Diesselhorst in the *Encyklopädie*; Friedrich Pockels contributed *Pockels 1907*.

^[6]The published version (*Lorentz 1904e*), which is simply called "Maxwell's elektromagnetische Theorie," does not follow the contents listed here; the main difference is that the focus is on Maxwell's theory and that alternative field theories are only discussed very briefly.

^[7]In the published version (*Lorentz 1904f*) there are no separate discussions of Larmor's and Wiechert's theories and the discussion of gravitation and the electromagnetic foundation of mechanics is relegated to a final, brief section. In general, the treatment is much more detailed than is indicated here.

85. To Wilhelm Wien, 13 March 1901

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 13 März 1901.

Hochgeehrter Herr College,

Ich muss Sie vielmals um Verzeihung dafür bitten, dass ich Ihnen erst jetzt das Schema zukommen lasse, nach dem ich meine Artikel in der Math. Encyclopädie einrichten möchte;^[1] viele Arbeiten machten es mir leider unmöglich, mir die Sache früher zu überlegen. Wenn diese vorläufige Disposition Ihnen zu irgend einer Bemerkung Anlass giebt, so theilen Sie mir die gewiss wohl mit.

Die Abgrenzung unserer Artikel gegen einander wird uns natürlich einige Schwierigkeit bereiten, da ja die Trennung von Electricitätslehre und Optik etwas künstlich ist. Das Beste wird indessen wohl sein, dass wir uns an die für die Encyclopädie festgesetzte Disposition halten, und dass ich also das Zeeman'sche

Phänomen und die Aberrationstheorie in gesonderten Abschnitten behandle, die Ihrem Artikel einverleibt werden; da mein Artikel vorhergehen wird, so werde ich mich immer darauf beziehen können. Gern wüsste ich nun noch von Ihnen, was Ihre Meinung ist über die Behandlung der Beziehungen zwischen dem Brechungsexponenten und der Dichte (und der chemischen Zusammensetzung);^[2] wir können schwerlich ganz davon schweigen. Können Sie diesen Punkt übernehmen, oder soll ich an irgend einer geeigneten Stelle kurz etwas davon sagen?

Mit der Bitte, mich Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, verbleibe ich mit vielen Grüßen

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]The planned contents of Lorentz's articles are appended to this letter. They are omitted here because they duplicate the list appended to Letter 84.

^[2]A treatment of indices of refraction is included in article V.14 (*Lorentz 1904f*).

86. From Max Planck, 6 April 1901

Handwritten letter.

München, 6. April 1901

Sehr verehrter Herr College!

Sie haben mir durch die freundliche Zusendung Ihres sehr gut getroffenen u. lebensvollen Bildnisses eine grosse Freude gemacht,^[1] u. ich danke Ihnen herzlich dafür. Ich gehe wohl nicht fehl in der Annahme, dass dieses schöne Geschenk ein Zeichen der Erkenntlichkeit Ihrerseits darstellt für die verschiedenen Aeusserungen der Verehrung u. Anhänglichkeit, die Ihnen zu Ihrem Jubelfeste dargebracht wurden,^[2] u. werde es in dieser Bedeutung doppelt hoch halten.

Es würde mich ausserordentlich freuen, wenn es mir im Herbste vergönnt wäre, unsere persönliche Bekanntschaft von Düsseldorf her zu erneuen; Hamburg liegt ja nicht gar so weit von Ihrem Wohnsitz entfernt, u. ich hoffe sicher, auch meinerseits hinzukommen.^[3]

Mit bestem Gruss

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]To all who had congratulated him on the occasion of the 25th anniversary of his doctorate, Lorentz had sent a picture of himself.

^[2]See Letter 78 for Planck's congratulations.

^[3]The 73rd Naturforscherversammlung took place in Hamburg from 22 to 28 September 1901. Lorentz did not attend.

87. From Wilhelm Wien, 25 April 1901

Handwritten letter in German script.

Würzburg 25/4/01

Hochverehrter Herr Kollege!

Zunächst danke ich Ihnen herzlich für die Uebersendung Ihrer Photographie die mir eine grosse Freude gemacht hat. Ferner bitte ich um Entschuldigung, dass ich Ihnen erst jetzt auf Ihren freundlichen Brief antworte.^[1] Ich habe mit meiner Frau eine Reise nach Spanien gemacht und bin erst vor kurzem zurückgekehrt.

Die Beziehung zwischen Dichte und Brechungsexponent muss jedenfalls erwähnt werden. Ich würde es für geeigneter halten, wenn Sie eine kurze Behandlung des Gegenstandes verfassen würden, da Sie ihn jedenfalls am besten beherrschen. Im übrigen wird die Abgrenzung unserer Gebiete jetzt wohl ziemlich klar sein.

Ich habe letzthin das Buch von Larmor „Aether and Matter“ gelesen und darin die Bemerkung gefunden, dass bei der Drehung der Polarisationsebene durch den Einfluss der Erde nur Glieder zweiter Ordnung zu erwarten wären. Er behauptet, dass in Ihrer Theorie die Veränderung der Lichtgeschwindigkeit nicht berücksichtigt sei, die den von Ihnen abgeleiteten Einfluss wieder aufhebe.^[2] Er hat aber, soweit ich sehe, den zweiten Einfluss erster Ordnung nicht berücksichtigt, den Sie in Ihrer Theorie herleiten und es würde mich sehr interessieren Ihre Meinung über Larmors Auseinandersetzung zu hören.^[3]

Eine Arbeit über die Kanalstrahlen habe ich abgeschlossen; sie erscheint demnächst in Wiedemann. Danach ist das Verhältnis von Masse zu Ladung ganz ausserordentlich veränderlich, und wir haben es mit einer Mischung von Ionen mit den verschiedenartigsten Ladungen zu thun.^[4]

Mit der Bitte mich Ihrer Frau Gemahlin zu empfehlen
verbleibe ich
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Letter 85. See Letter 86, note 1, for the photograph.

^[2]See *Larmor 1900*, pp. 214–215.

^[3]In *Lorentz 1895b* Lorentz derives an expression for the rotation of the plane of polarization of plane light waves in a system moving through the ether. The expression contains two terms, both of first order: the first is a modification of the rotation that exists in bodies at rest, the second represents a new effect.

^[4]*Wien 1901* reports values for e/m ranging from ~ 3 to ~ 36000 (in electromagnetic units). See also *Wien 1902* for a different upper bound.

88. From Woldemar Voigt, 29 April 1901

Handwritten letter.

Göttingen 29.4.01.

Verehrter und lieber Freund!

Nach langer Reise im sonnigen Süden hierher zurückgekehrt finde ich hier Ihr wohlgetroffenes Bild und eile, Ihnen für die dadurch mir erwiesene Freundlichkeit recht herzlich zu danken.^[1] Dem Anschauen entnehme ich die Anregung, zu überlegen, wie und wann ich dem theuern Original wieder gegenüber treten werde, mit dem wissenschaftlich zu plaudern einer meiner grössten Genüsse ist. Nachdem Sie das letzte Mal zu uns nach Deutschland gekommen sind, ist es meine Pflicht und Hoffnung, das nächste Mal Sie in Holland zu sehen, und meine Frau hegt mit mir den Wunsch, im kommenden Herbst, etwa vor der Hamburger Versammlung,^[2] zu Ihnen zu kommen, um Ihre liebe Familie und die andern mir so werthen holländischen Collegen — daneben auch Ihr Land selbst, kennen zu lernen.^[3]

In den vergangenen Osterferien trieb uns eine äussere Veranlassung südwärts. Mein 2. Sohn ist mit einer Arbeit über ein Problem aus der Geschichte des Herzogthums Benevent beschäftigt, und hatte hierzu abschliessende Studien in jener Gegend zu machen. Meine Frau und ich legen grossen Werth darauf, mit unsern heranwachsenden Söhnen geistig zusammenzuleben und gemeinsame Erinnerungen zu erwerben. So haben wir ihn bei dieser für sein sehr Leben sehr wichtigen Reise begleitet und haben Monte Cassino, Neapel, La Cava, Salerno, Amalfi, Sorrent, Capri endlich auf längere Zeit Rom mit ihm besucht. Erika, die wir nicht gut allein zu Hause lassen konnten, haben wir auch mitgenommen und auf diese Weise eine sehr anregende und schöne Zeit zusammen verlebt; theils arbeitend über italienische Kunst, theils geniessend in der unsäglich herrlichen Natur, soweit das Anfangs recht schlechte Wetter letzteres gestattete.

Bei der Rückkehr hierher kam ich in eine Masse angesammelter Arbeit, die auf Erledigung wartete. Sie hat es auch verschuldet, dass diese Zeilen nicht auf ein Mal vollendet worden sind, sondern eine Unterbrechung erlitten haben. Ich bitte Sie, Ihre verehrte Frau Gemahlin und Ihre lieben Kinder, an deren fleissige Hände ihre hubschen Arbeiten uns sehr oft erinnern, herzlich von mir zu grüssen und Ihre freundliche Gesinnung zu bewahren.

Ihrem warm ergebenen

W. Voigt.

^[1]See Letter 86, note 1, for the portrait.

^[2]The 73rd meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte took place in Hamburg from 22 to 28 September 1901.

^[3]Voigt and his wife visited the Netherlands in October 1901. See also Letters 89, 90, and 91.

89. To Woldemar Voigt, 7 October 1901

Handwritten postcard (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 7 October 1901.

Sehr verehrter Freund,

Die Nachricht, die Sie Onnes schickten, hat auch uns recht gefreut, und wir hoffen sehr, dass Ihrer Reise am Ende nichts im Wege stehen werde, und dass wir also nächste Woche das Vergnügen haben werden, Ihre verehrte Frau Gemahlin und Sie hier zu sehen.^[1]

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr treulich ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 88 for Voigt's planned visit.

90. From Woldemar Voigt, 23 October 1901

Handwritten letter.

Göttingen 23.10.01.

Lieber und hochverehrter Freund!

Lassen Sie mich Ihnen auch von der Heimat aus noch ein mal für alle meiner Frau und mir erwiesene Güte und Freundlichkeit von ganzem Herzen danken.^[1] Wie beide rechnen unsere holländische Reise zu den für Herz und Geist *ergiebigsten*, und dass dem so ist, haben zu nicht geringem Theil Sie mit Ihrer lieben, von uns beiden herzlich verehrten Frau bewirkt. Meine Frau ist von dem herzlichen Empfang seitens der holländischen Freunde ganz bezaubert und weilt mit ihren Gedanken noch viel in Ihrem lieben schönen Lande. Und ich entsinne mich immer wieder mit herzlicher Freude der anregenden Stunden des Gespräches mit verehrten Fachkollegen, — in erster Linie natürlich mit Ihnen, von dem ich bei jedem Gedankenaustausch lerne.

Unser Bild, das ich nach Ihrem Wunsch Ihnen sende (zur Zeit unserer silbernen Hochzeit 1899 aufgenommen) bitte ich freundlich aufzunehmen und sich durch dasselbe ab und zu an zwei treue deutsche Freunde erinnern zu lassen. Das Buch legt meine Frau für die Ihrige, veranlasst durch eine Unterhaltung, bei — ich kann es aber (trotz seines etwas krausen Anfanges) auch Ihnen zur Lectüre warm empfehlen; es ist ein bedeutendes Werk.

Ihren lieben Kindern senden wir herzliche Grüsse und die Wünsche für fröhliches Aufblühen und Gedeihen.

In dankbarer Ergebenheit

W. Voigt.

^[1]Voigt had visited the Netherlands (see Letters 88 and 89).

91. To Woldemar Voigt, 2 November 1901

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 2 Nov. 1901.

Lieber Freund,

Ich hatte diese Woche so viel mit der Vorbereitung des Bosscha-Jubiläum^[1] zu thun dass ich nocht nicht dazu kam, Ihnen unseren herzlichsten Dank für das schöne und uns in so hohem Maasse willkommene Bild auszusprechen.^[2] Da es sehr gelungen ist, wird es uns immer lebhaft erinnern an Ihren Besuch, mit dem Sie beide uns eine so grosse Freude gemacht haben. Mich wird es auch an unsere Gespräche im Arbeitszimmer von Onnes zurückdenken lassen, in denen Sie uns so viel Interesse an unseren Arbeiten gezeigt und so manchen neuen anregenden Gedanken mitgetheilt haben.

Nach Ihrer Abreise habe ich den Gedanken über den Mechanismus der Wärmestrahlung, von dem zwischen uns die Rede war, weiter auszuarbeiten versucht, aber ich habe denselben leider aufgeben müssen. Es zeigt sich nämlich dass, sobald die Electronen gegen das electricisch polarisirte Theilchen stossen können, Schwingungen von sehr kurzer Wellenlänge in viel höherem Maasse ausgesandt werden müssen als anzunehmen zulässig ist. Ich habe diese Schwierigkeit nicht überwinden können, sodass mir nur übrig bleibt, mich bei Ihnen für die Auseinandersetzung einer mislungenen Theorie zu entschuldigen. Wollte ich kurz und gut annehmen dass die Electronen einer von festen Centren ausgehenden, und r^{-3} proportionalen Abstossung unterworfen seien, so könnte ich wahrscheinlich wohl zum Ziel gelangen, aber eine derartige Theorie hätte doch nur wenig Werth. Wenn Sie ein anderes Mittel wüssten, mich von den Schwingungen kleiner Wellenlängen zu befreien, so wäre ich Ihnen sehr dankbar; es wird aber wohl nicht möglich sein.

Meine Frau dankt der Ihrigen bestens für das ihr freundlichst zugesandte Buch, das auch ich, Ihrem Rathe folgend, in den nächsten Ferien zu lesen hoffe. In demselben lag die anbei gehende Namenskarte.

In aufrichtiger Verehrung und mit herzlichem Grusse von uns allen an Sie beiden und Fräulein Erika

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

Das Taschenmesser ist noch immer ein Gegenstand der Bewunderung und des Stolzes.

^[1]On 18 November 1901 the 70th birthday of the Dutch physicist Johannes Bosscha was celebrated. He was offered a Festschrift by his colleagues (Vol. (2) 6 of *Archives Néerlandaises*). See *Voigt 1901c* for Voigt's contribution.

^[2]See Letter 90.

92. From Woldemar Voigt, 28 December 1901

Handwritten letter.

Göttingen 28.12.01.

Lieber und verehrter Freund!

Meine Frau und ich senden Ihnen zum neuen Jahre die herzlichsten Glückwünsche. Möge Sie Alle die beste Gesundheit befähigen, in Arbeit und Genuss volle schöne Befriedigung zu finden. Bewahren Sie uns die freundschaftliche Gesinnung, die uns beglückt und deren wir uns bei unserm letzten Zusammensein noch so besonders erfreuen durften.

In den nächsten Tagen hoffe ich eine kleine Arbeit an Sie abzuschicken, die den Niederschlag dessen enthält, was ich nach unserer Untersuchung in dem Studierzimmer von Freund Onnes in der Erklärung der Magnetisirung nach der Electronhypothese erreicht habe.^[1] Ich würde Ihnen sehr dankbar sein, wenn Sie mir gelegentlich Ihre Ansicht mittheilen wolltten, — zur Belehrung und Anregung.

Mit herzlichen Grüßen an die lieben Ihrigen

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]*Voigt 1901b*. Cf. Letter 94.

93. To Woldemar Voigt, 31 December 1901

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Noordwijkerhout, den 31 Dec. 1901.

Lieber Freund,

Haben Sie besten Dank für Ihre freundlichen Zeilen und guten Wünsche.^[1] Auch wir wünschen Ihnen und den Ihrigen von ganzem Herzen Glück zum neuen Jahr; mögen Sie sich in demselben, in guter Gesundheit, vieles Schönen und Gu-

ten erfreuen können, und möge das Wohl Ihrer Kinder und Ihres Enkelchens Ihr Glück erhöhen.

Ihnen im Besondern, verehrter College, wünsche ich zu, dass Sie in völlig wieder hergestellter und ungestörter Arbeitskraft, Ihre Arbeiten mit demselben Glücke wie bisher, fortsetzen werden können; ich werde mich darüber, wie über Alles, was Sie schon erreicht haben, herzlich freuen.

Mit lebhaftem Interesse sehe ich Ihrer Abhandlung über die Magnetisirung entgegen.

Wir bringen die Weihnachts- und Neujahrszeit wieder in unserem Häuschen auf dem Lande zu, was den Kindern eine wohlthätige Ruhe verschafft und mir die Gelegenheit bietet, ungestört an den Artikeln für die Encyclopädie zu arbeiten.

Mit der Strahlungstheorie bin ich leider noch nicht viel weiter gekommen. Ich habe mir Wochen lang den Kopf darüber zerbrochen — und einen Mechanismus zu ersinnen gesucht der uns das Boltzmann'sche und das Wien'sche Gesetz begreiflich machen könnte, aber alle meine Versuche sind fehlgeschlagen und ich muss gestehen dass es mir Mühe kostet, noch an der Anwendbarkeit des zweiten Hauptsatzes auf die Strahlungserscheinungen festzuhalten.

Wahrscheinlich werde ich, wie unbefriedigend die Resultate auch seien, etwas über den Gegenstand publiciren, damit vielleicht Andere mit besserem Erfolg die Frage aufnehmen.^[2]

Mit herzlichen Grüßen auch an Ihre Frau Gemahlin von uns Allen
Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 92.

^[2]No publication appeared.

94. From Woldemar Voigt, 13 January 1902

Handwritten letter.

Göttingen 13.01.02.

Verehrter Herr College!

Eben bin ich in meiner Arbeit über Magnetismus auf einen hässlichen Rechenfehler aufmerksam geworden. In Formel (13) S. 5 muss es natürlich heissen^[1]

$$\int Y dt = \frac{1}{2} e R \tau$$

Dies aendert nur eine relativ kleine Sache, Formel 38–44 kommt in Wegfall: die diamagnetische Erregung für ein fortschreitendes Electron bei Entstehung des Feldes) ist Null. Aber der Fehler ist mir sehr ärgerlich.

Da ich mich sehr abgearbeitet und nervös fühlte, hatte ich College Wiechert um seine Kritik gebeten. Wir haben *Alles* sorgfältig erwogen — und den gräulichen Unsinn haben wir beide übersehen!!

Zum Glück lässt sich der Fehler reparieren, nur wenige Separate sind ausgesandt, der Druck ist im übrigen noch nicht fertig. Ich schreibe Ihnen nur umgehend, um Ihnen jede unnötige Mühe zu ersparen. Alle fundamentalen Resultate scheinen mir durch das Unglück nicht berührt zu sein, schon Formel (16) ist richtig.

In Eile

Ihr treu ergebener

W. Voigt.

^[1]In *Voigt 1901b* Voigt considers an electron with charge e and position (x, y, z) in a magnetic field in the z -direction that is zero for $t < x/c$ (c is the speed of light), grows linearly to R in the interval $x/c < t < \tau + x/c$, and remains constant at all later times. From Maxwell's equations it follows that Y , the y -component of the electric force on the electron, has the values 0 , $eR(t - x/c)/\tau$, and eR in the above-mentioned time-intervals. For $\int Y dt$ (where the integral is taken over the interval $x/c < t < \tau + x/c$) this leads to the outcome given here. In the offprints of the paper, which were apparently sent before the actual journal appeared, the value of the integral is erroneously given as $eR\tau/2 + ex(R/c)$; in the version published in the *Göttinger Nachrichten* the error has been corrected.

95. To Woldemar Voigt, 12 September 1902

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 12 Sept. 1902.

Lieber und verehrter College,

Wegen vieler Arbeit habe ich in den letzten Wochen meine Correspondenz vernachlässigt und so bin ich noch nicht dazu gekommen, Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin zu Erika's Verlobung zu gratuliren. Ich thue das jetzt von ganzem Herzen, auch im Namen meiner Frau und der beiden Mädchen. Möge das jetzt von ihr geknüpfte Band sie recht glücklich werden lassen, und also auch Ihr Glück erhöhen.

Ich habe Ihnen auch noch zu danken für die Arbeiten, die Sie mir in letzter Zeit geschickt haben, und deren Lectüre mir viele Freude gemacht hat. Ihre Electromagnetische Theorie der Magnetisirung habe ich noch gerade in meinem Encyclopädie-Artikel berücksichtigen können.^[1]

Dass Ihre Ernennung zum auswärtigen Mitgliede der Haarlemer Ges. d. Wissenschaften^[2] von Ihren holländischen Freunden mit grossem Beifall begrüsst wurde, brauche ich wohl kaum zu sagen. Es gereicht mir zu grosser Freude dass Sie uns dadurch näher getreten sind.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
Ihr sehr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]*Voigt 1901b, 1902a; see Lorentz, 1904f, sec. 48.* Lorentz had submitted the manuscript of his two *Encyklopädie* articles in March 1902 (see Lorentz to Arnold Sommerfeld, 24 March 1902, Deutsches Museum, Munich).

^[2]The Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (Dutch Society of Sciences), founded in 1752 and one of the oldest 'learned societies' in the Netherlands. (At the occasion of its 250th's anniversary it obtained the predicate Koninklijk (Royal) in 2002.) Lorentz was its Secretary from 1920 until his death.

96. From Wilhelm Wien, 11 November 1902

Handwritten letter.

Würzburg 11/11/02

Verehrtester Herr College!

Ich sehe soeben in dem neuerschienenen Bande der Encyklopädie dass Ihre Artikel schon unter der Presse sind.^[1] Ich selbst bin leider noch nicht so weit, theils weil ich durch experimentelle Arbeiten aufgehalten wurde, theils weil Sommerfeld gar nichts von sich hören liess. Ich weiss noch nicht einmal, welche Bezeichnungen endgiltig angenommen sind.

Es würde mir nun von grossem Werthe sein, wenn Sie mir mittheilen wollten, welche Abschnitte Sie behandelt haben, wie weit Sie namentlich den Zusammenhang zwischen Dispersionstheorie und magnetooptischer herangezogen haben. Wenn ich einmal genau weiss, was ich alles zu machen habe, so denke ich in einigen Monaten fertig sein zu können.^[2]

Seit wir uns zuletzt in Aachen sahen^[3] hat die Theorie der Elektronen manchen Fortschritt gemacht. Ich glaube, dass wir vieles besser übersehen als damals. Aber es bleibt noch viel zu thun, sowohl Theoretisches wie Experimentelles, so viel, dass es schwer wird, zu entscheiden wohin man sich zuerst wenden soll.

Haben Sie keine Neigung einmal wieder Deutschland zu besuchen? Oder muss man durchaus, wenn man Sie einmal sehen will, nach Holland reisen? Jedenfalls würde ich mich sehr freuen wenn ich wieder Gelegenheit fände mit Ihnen zusammenzutreffen.

Mit besten Grüßen
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letter 95, note 1, and Letter 97, for more on the status of Lorentz's articles.

^[2]Wien's paper (*Wien 1909*) was only finished in November 1908.

^[3]At the Naturforscherversammlung in September 1900. See Letter 75, note 1.

97. To Wilhelm Wien, 25 November 1902

Handwritten letter.

Leiden, 25 November 1902.

Sehr verehrter Herr College,

Die Mitteilung, meine Encyclopädieartikel seien unter der Presse,^[1] müssen Sie nicht zu wörtlich nehmen. Zwar bin ich seit längerer Zeit mit denselben fertig, aber das Manuskript liegt jetzt hier; ich behalte es bis Sommerfeld mir Nachricht schickt, dass mit dem Druck angefangen werden kann. Das wartet auf den Artikel Reiffs, der noch nicht ganz fertig zu sein scheint und vorher gedruckt werden muss.^[2] Die wichtigsten Bezeichnungen, die ich angewandt habe, sind die folgenden.

a. In dem ersten Artikel (Maxwell's Theorie).

Elektrische Kraft \mathfrak{E} .

Magnetische Kraft \mathfrak{H} .

Elektrische Erregung oder diel. Verschiebung \mathfrak{D} .

Leitungsstrom \mathfrak{J} .

Verschiebungsstrom \mathfrak{Q} .

Gesamtstrom \mathfrak{C} .

Magn. Induktion oder magnetische Erregung \mathfrak{B} .

Magnetisierung \mathfrak{M} .

Elektrische Polarisierung (elektr. Moment pro Volumeneinheit) \mathfrak{P} .

Elektrische Ladung e . Dichte derselben ρ . Flächendichte ω .

Röntgenstrom \mathfrak{R} .

Convectionsstrom \mathfrak{K} .

Magnetismus m . Dichten ρ_m , ω_m .

Energiefluss \mathfrak{S} .

Elektrische Energie pro Volumeneinheit W_e .

Magnetische Energie pro Volumeneinheit W_m .

Joule'sche Wärme pro Volumeneinheit Q .

Skalares elektrisches Potential ϕ .

Skalares magnetisches Potential χ .

Vektorpotential der magn. Erregung \mathfrak{A} .

Lichtgeschwindigkeit c (im Aether).

Linie s , Fläche σ , Raum S .

Skalares Produkt der Vektoren \mathfrak{A} und \mathfrak{B} ($\mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}$).

Vektorprodukt [$\mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}$].

Die Zeichen rot, div und grad.

Die Komponenten von grad ϕ : $\frac{\partial \phi}{\partial x}$, $\frac{\partial \phi}{\partial y}$, $\frac{\partial \phi}{\partial z}$.

$\mathfrak{D} = \epsilon \mathfrak{E}$, $\mathfrak{J} = \sigma \mathfrak{E}$, $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$.

Für anisotrope Körper

$\mathfrak{D}_x = \epsilon_{11} \mathfrak{E}_x + \epsilon_{12} \mathfrak{E}_y + \epsilon_{13} \mathfrak{E}_z$, u.s.w.

Umgekehrt

$$\mathfrak{E}_x = \varepsilon'_{11} \mathfrak{D}_x + \varepsilon'_{12} \mathfrak{D}_y + \varepsilon'_{13} \mathfrak{D}_z, \text{ u.s.w.}$$

In abgekürzter Bezeichnung

$$\mathfrak{D} = (\varepsilon) \mathfrak{E}, \mathfrak{E} = (\varepsilon') \mathfrak{D}, \text{ u.s.w.}$$

b. In der Elektronentheorie.

Kleine Buchstaben für die Zustandsgrößen im freien Äther, also elektrische Erregung δ .

magnetische Kraft h ,

Vektorpotential a .

Geschwindigkeit der geladenen Materie (oder der Ladung) v .

Gesamtstrom I (Deutsches I) = $\delta + \rho v$.

In den Gleichungen der Elektronentheorie, die sich nicht mehr auf die einzelnen Elektronen oder auf den Aether, sondern auf einen ponderablen Körper beziehen, und zwar auf die der Beobachtung zugänglichen Größen (z.B. der Leitungsstrom, das elektrische Moment pro Volumeneinheit) schreibe ich wieder grosse Buchstaben.

Wir haben uns lange den Kopf zerbrochen über die Wahl der Einheiten. Schliesslich haben wir uns entschlossen nach dem Vorgange von Hertz die elektrischen Größen (\mathfrak{E} , \mathfrak{D} , \mathfrak{C} , \mathfrak{B} , \mathfrak{J}) in elektrostatischem und die magnetischen (\mathfrak{H} , \mathfrak{F}) in magnetischem Mass auszudrücken, die Einheiten aber in der Weise zu modifizieren, dass wir in den wichtigsten Gleichungen der vielen Faktoren 4π befreit werden (Heaviside).^[3] Es ist eben wegen dieser nachträglich gemachten Verabredung, dass das Manuskript wieder an mich zurückgeschickt ist; ich muss es noch einmal in dieser Hinsicht einer Revision unterwerfen, womit ich wohl in den Weihnachtsferien fertig komme. Ich hoffe sehr, Sie werden sich der von uns getroffenen Wahl anschliessen. Wenn ich die Gestalt aller Formeln festgesetzt habe, kann ich Ihnen eine Zusammenstellung der wichtigsten zukommen lassen.

Was die von mir behandelten Gegenstände betrifft, so habe ich die Aberration vollständig berücksichtigt; davon braucht also in Ihrem Artikel die Rede nicht mehr zu sein. Sonst aber habe ich optische Erscheinungen kaum erwähnt. Es schien mir besser, dass die kurzen Referate über magneto-optische Erscheinungen, die ich unserer Verabredung gemäss liefern würde, in Ihren Artikel eingefügt werden.^[4] Ich habe von diesen Referaten noch nichts fertig, hoffe aber Ende Dezember oder Anfang Januar mich an die Arbeit zu machen. Wenn es Ihnen recht ist, so berichte ich über meine Theorie des Zeeman-Effektes und über die Theorie von Voigt. Es wird sich dann zeigen, in wie fern ich zu gleicher Zeit die magnetische Drehung der Polarisations ebene und die Theorie der Dispersion und Absorption behandeln muss. Ich könnte Ihnen wohl zu Neujahr einen kurzen vorläufigen Abriss zukommen lassen.

Uebrigens müssen Sie selbstverständlich bei der Behandlung der elektromagnetischen Lichttheorie die Führung übernehmen; wenn also dieser Abriss nicht in Ihre Disposition passt, dann ändern oder streichen wir in demselben.

Gern käme ich wieder einmal nach Deutschland und würde es mir viel Freude machen, Sie dann auch zu besuchen; wir könnten ja Vieles besprechen und ich

möchte gern Ihr Institut besichtigen und etwas von Ihren Versuchen sehen. Allein ich komme nicht dazu; ich habe zu viel zu thun. Vielleicht geht es in späteren Jahren besser.

Indem ich bitte, mich Ihrer verehrten Frau Gemahlin zu empfehlen, verbleibe ich mit bestem Gruss

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 96.

^[2]Reiff's paper (*Reiff and Sommerfeld 1904*) was finished in December 1902. As article V.12 it opened Part 2 of Vol. 5 of the *Encyklopädie*, preceding Lorentz's two articles, *Lorentz 1904e, 1904f*.

^[3]See also *Lorentz 1904e*, sec. 7, for a detailed discussion of the various possible systems of units.

^[4]Lorentz's 'brief reports' grew out to a 83-page paper (*Lorentz 1909e*), almost as long as Wien's own article (*Wien 1909a*). See also Letter 76 for a provisional table of contents of Wien's article.

98. From Woldemar Voigt, 10 December 1902

Handwritten letter.

Göttingen 10.12.02.

Lieber und verehrter Freund!

Die Zeitungen bringen die Kunde von der Ertheilung des Nobel-Preises an Sie und Prof. Zeeman. Da drängt es mich Ihnen auszusprechen, wie herzlich ich mich der Ihnen gewordenen Ehrung freue, die dem Nobel-Comité selber zur Ehre gereicht. Es ist so schön, dass hiermit auch einmal die *Theorie*, die dem grossen Publicum so überflüssig scheint, vor den Augen der ganzen Welt die verdiente Anerkennung erhalten hat.^[1]

Mit herzlichen Grüssen an die lieben Ihrigen

Ihr treu ergebner

W. Voigt.

^[1]The prize was awarded for Lorentz's and Zeeman's work on the influence of magnetism on radiation phenomena, including the discovery of the Zeeman effect in 1896. In particular the mathematician Mittag-Leffler had been active in getting Lorentz the prize; Zeeman was included at a later stage to satisfy the statutory requirement that the prize be awarded for an invention or discovery. In a draft letter to Lorentz of 12 November 1902 (Mittag-Leffler Institute, Stockholm) Mittag-Leffler expresses his regrets that Lorentz had to share the prize and points out that the Nobel Committee "est composé entièrement de membres qui ne comprennent absolument rien de la théorie et qui ne sachent pas même apprécier la valeur des recherches mathématique-physiques de la profondeur des vôtres." See also *Crawford 1984*, pp. 136–140, for more historical background.

99. From Arnold Sommerfeld, 6 January 1903

Handwritten letter.

Aachen, 6.I.03

Hochverehrter Herr Professor!

Zunächst spreche ich Ihnen zur Verleihung des Nobel-Preises herzlichste Glückwünsche aus!^[1] Meine Frau und ich haben uns aufrichtig darüber gefreut.

Die letzten Tage habe ich wieder über der Correctur Bryan gesessen.^[2] Ich habe mich dabei namentlich über dreierlei gewundert: 1) dass Herr Bryan eine in so vielen wesentlichen Punkten unklare und unvollständige Arbeit liefern konnte, 2) dass ich bei der Übersetzung so viele Fehler habe durchgehen lassen, 3) dass Sie sich die Mühe genommen haben, alles in Ordnung zu bringen.^[3] Der zweite Punkt erklärt sich übrigens einfach daraus, dass ich niemals bisher ordentlich Thermodynamik getrieben habe.

Ich habe einen Teil Ihrer Bemerkungen erst jetzt bei der zweiten Correctur eingearbeitet, weil die erste Correctur zu verworren wurde. So habe ich namentlich die Nr. über die Stabilitätsbedingungen umgeschrieben. Ich melde dieses, weil Ihnen vielleicht durch Prof. Onnes die neue Correctur zugekommen ist und Sie sich darüber wundern könnten, dass Ihre Bemerkungen bisher nicht vollständig darin berücksichtigt waren.

Der Artikel Reiff ist leider noch immer nicht gesetzt,^[4] obgleich er geraume Zeit in der Druckerei liegt. Wenn er gesetzt ist, wäre es mir sehr lieb, auch Ihren ersten Artikel sowie Ihre Entscheidung über die Einheiten zu haben, da Manches zu vereinheitlichen sein wird. Vorher brauche ich ihn nicht. Ich empfehle Ihnen übrigens, Ihre Zusendungen alsdann nur bis Vaels (holländisch)^[5] postlagernd zu dirigieren, von wo ich sie mir bequem per Rad oder Kleinbahn abholen kann, weil Sie sonst bei dem häufigen Hin- und Hersenden einen Teil des Nobelpreises in Briefporto anlegen müssten.

Die deutsche physikalische Gesellschaft beratschlagt jetzt, angeregt durch unsere Encyklopädiebezeichnungen, ebenfalls eifrig über Bezeichnungen. Vielleicht käme für uns von den dortigen Vorschlägen ϵ und m für elektr. und magn. Masse in Betracht, damit e für Exponentialzahl und m für gewöhnliche Masse reservirt bleibt.

Mit verehrungsvollem Gruss

Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]See Letter 98, note 1, for more on the Nobel Prize.

^[2]George Hartley Bryan (1864–1928), Professor of Mathematics at the University College of North Wales, was the author of the article on thermodynamics in the *Encyklopädie (Bryan 1904)*.

^[3]Lorentz had spent considerable time correcting Bryan's original manuscript, as becomes clear from a lengthy and detailed report on Bryan's manuscript (Deutsches Museum, Munich). His work is also acknowledged by Sommerfeld on page v of the Preface to Vol. 5 of

the *Encyklopädie*: “Ich darf hervorheben, daß die Ratschläge von H.A. Lorentz auch der endgültigen Formgebung des Artikels Bryan über allgemeine Thermodynamik sehr wesentlich zugute gekommen sind.”

^[4]*Reiff and Sommerfeld 1904.*

^[5]The town of Vaals, just across the Dutch-German border from Aachen.

100. To Woldemar Voigt, 17 January 1903

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 17 Januar 1903.

Lieber Freund,

Herzlichen Dank für Ihre freundlichen Glückwünsche zum Nobel-Preise.^[1] Ich habe natürlich das Gefühl dass diese Auszeichnung mit gleichem oder grösserem Rechte manchem anderen Physiker hätte verliehen werden können und dass ich dieselbe speciell dem Umstande zu danken habe dass meine theoretischen Betrachtungen etwas zum Verständnis von Zeeman's Entdeckung haben beitragen können. Auch bin ich mir der Unvollkommenheit dieser Betrachtungen mit welchen ich in mancher Hinsicht weniger habe leisten können wie Sie mit Ihrer Theorie völlig bewusst.^[2] Ich kann nur hoffen dass es mir vergönnt sein möge weiter noch etwas zur Theorie der Strahlungserscheinungen beizutragen. Der Muth dazu wird auch durch Ihre freundlichen Worte erhöht.

Da die Kinder alle gesund und munter waren, so hat meine Frau mich nach Stockholm begleiten können, was für mich das Vergnügen an der Reise verdoppelte.^[3] Wir haben darüber gedacht auf dem Rückwege einen Ausflug nach Göttingen zu machen. Als wir aber in Hamburg waren haben wir uns doch zu sehr nach den Kindern, die wir noch nie auf so lange Zeit verlassen hatten, zurückgesehen, und haben wir uns gesagt dass wir ohne Zweifel noch wohl einmal eine andere Gelegenheit finden werden, Sie zu besuchen.

Mit herzlichen Grüßen von uns Allen, auch an Ihre verehrte Frau Gemahlin und an Fräulein Erika

Ihr aufrichtig ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 98, note 1, for more on the Nobel Prize.

^[2]In particular the explanation of the anomalous Zeeman effect remained problematic in Lorentz's theory.

^[3]The Nobel prize was officially awarded on 11 December 1902 (see *Lorentz 1904a* for his Nobel speech). Because of illness of his wife, Zeeman could not attend the ceremony. He delivered his acceptance speech in Stockholm on 2 May 1903 (*Zeeman 1905*).

101. To Woldemar Voigt, 8 January 1904

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 8 Januar 1904.

Verehrter Freund,

Indem wir Ihnen für Ihre freundlichen Zeilen bestens danken, geben wir auch gern unsererseits den herzlichsten Wünschen für Ihr Wohl und für den Glück Ihrer Familie Ausdruck. Möge das neue Jahr für Sie alle ein recht gesegnetes sein.

Wenn ich das verflossene Jahr überblicke bekomme ich den Eindruck dass ich Sie für manches Versäumnis um Verzeihung zu bitten habe. Ich habe Ihnen wohl fast nie gedankt für die mir zugeschickten Abhandlungen, deren Lectüre mir immer viel Freude gemacht hat, sogar nicht für Ihre Thermodynamik,^[1] die mir bei den Vorlesungen oft von Nutzen sein wird. Ich bewundere es immer wieder wie es Ihnen möglich ist so viel und so vielerlei zu arbeiten und ich kann Ihnen wohl nichts Besseres wünschen als dass es Ihnen vergönnt sein möge, Ihre Arbeiten mit demselben Glück und ohne dass Sie sich dabei *zu* viel anstrengen fortzusetzen.

Mit der Erfüllung meiner schriftstellerischen Pflichten geht es nicht so rasch vorwärts; meine Encyclopädie-artikel sind noch immer nicht fertig.^[2] Jedoch nahe ich mich jetzt dem Ende, das in diesem Falle schwerer ist als der Anfang.

Mit herzlichen Grüßen und mit der Bitte uns Ihrer verehrten Frau Gemahlin bestens zu empfehlen

Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Voigt 1903.

^[2]The publication of Lorentz's *Encyklopädie* articles was suffering considerable delay because of problems at the publisher's (see Letter 97) and because Lorentz made extensive revisions to the manuscript (see, e.g., Lorentz to Arnold Sommerfeld, 24 January 1903, Deutsches Museum, Munich).

102. From Wilhelm Wien, 20 March 1904

Handwritten letter in German script.

Würzburg 20/3/04

Hochverehrter Herr College!

Ich erlaube mir mich bei Ihnen nach dem Stand derjenigen Artikel der Encyclopädie zu erkundigen, die Sie für die Optik namentlich Magnetooptik übernommen haben.^[1] Da ich die elektromagnetische Lichttheorie und die Theorie der Strahlung abschliessen möchte, so wäre ich Ihnen dankbar, wenn Sie mir Näheres über Ihre Artikel mittheilen möchten, namentlich ob Sie die Fragen nach dem Einfluss

der Bewegung auf die Strahlung und die ganze Magnetooptik behandelt haben. Ich glaube, dass es Zeit ist die Sache abzuschliessen, weil man sonst immer wieder von neuem umarbeiten muss.

Im August d.J. beabsichtige ich die Versammlung der British Association in Cambridge mitzumachen und würde mich ganz ausserordentlich freuen, wenn ich Sie dort antreffen könnte.^[2] Da die Bethheiligung eine sehr lebhaft sein wird, so wird, sich manche interessante Diskussion über die aktuellen Fragen der Wissenschaft zweifellos ergeben. Für Sie ist ja die Reise gar nicht weit und ich hoffe Sie da zu sehen.

Mit besten Grüssen

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letters 101 and 103 for more on the status of Lorentz's articles.

^[2]The 74th Meeting of the British Association for the Advancement of Science was held in Cambridge from 18 to 24 August 1904. Lorentz did not participate. Wien's contribution was published as *Wien 1904d*. See also *Wien 1904e*.

103. To Wilhelm Wien, 8 April 1904

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 8 April 1904.

Hochgeehrter Herr College,

Ich muss Sie vielmals um Verzeihung bitten für die Verzögerung dieser Antwort, und noch viel mehr dafür, dass ich in so langer Zeit, was meine Mitwirkung an Ihren Artikeln betrifft, nichts von mir habe hören lassen.^[1] Die Schuld von Allem trägt die Encyklopädie, und darin liegt, wie ich hoffe, ein Grund zur Entschuldigung. Die Behandlung der Elektronentheorie hat viel mehr Zeit in Anspruch genommen als ich ursprünglich geglaubt hatte und in den letzten Wochen, als es galt, die Arbeit zum definitiven Abschluss zu bringen, habe ich noch manchen Tag auf dieselbe verwenden müssen. So bin ich leider nicht dazu gekommen, wie wir das verabredet hatten, Ihnen einen Entwurf für meine Beiträge zu der Optik zu schicken, und habe ich mir sogar die Frage, wie ich diese am besten einrichte, noch kaum gestellt. Indes kann ich wohl sagen, dass ich gern die ganze Magneto-Optik (Faraday, Kerr, Zeeman) zusammenhängend behandeln möchte und dass der Einfluss der Bewegung in meinem Artikel über Elektronentheorie bereits zur Genüge erledigt ist. Auch glaube ich jetzt wohl versprechen zu können, bis zum Juli oder August fertig zu sein.

Wäre es, da Sie Ihre Arbeit wohl so gut wie abgeschlossen haben, nicht das Beste, dass Sie mir Ihr Manuskript zuschickten?^[2] Ich möchte mich ja möglichst an Ihre Darstellung anschliessen. Könnten Sie das Manuskript jetzt noch nicht aus

Händen geben, so wäre mir auch mit einer Inhaltsübersicht und einer Zusammenstellung der wichtigsten Bezeichnungen und Gleichungen geholfen; nur thäte es mir Leid, wenn Ihnen das viele Mühe machen sollte.

Leider wird es mir nicht möglich sein, diesen Sommer nach Cambridge zu gehen; vielleicht aber machen Sie die Rückreise über Leiden. Das würde mich sehr freuen.

Mit vielen Grüßen und mit der Bitte, mich Ihrer verehrten Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, verbleibe ich

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

Haben Sie vielen Dank für die freundliche Zusendung Ihrer letzten schönen Arbeiten.

^[1]See Letter 102.

^[2]The manuscript of *Wien 1909a*.

104. From Wilhelm Wien, 13 April 1904

Handwritten letter in German script.

Würzburg 13/4/04

Hochgeehrter Herr College!

Indem ich Ihnen für Ihren freundlichen Brief^[1] herzlich danke, erlaube ich mir Ihnen das Manuscript meines Artikels zuzusenden.^[2] Es ist nicht sehr deutlich geschrieben und manches geändert, sodass ich um Entschuldigung bitten muss, dass ich es Ihnen nicht in besserem Zustande überreichen kann.

Ich habe die ganze Magnetooptik, den Einfluss der Bewegung und die Spektralanalyse fortgelassen, die von Runge bearbeitet werden wird.^[3] Trotzdem mein Artikel nicht sehr umfangreich ist, hat er mir eine Menge Mühe gemacht und ich bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie einen Theil selbst bearbeiten wollen.

Dass Sie nicht nach Cambridge gehen wollen, thut mir sehr leid.^[4] Ich hatte gehofft, dass wir dort über alle schwebenden Fragen eingehend uns würden unterhalten können.

Es ist nicht unmöglich, dass ich Sie auf der Rückreise von England in Leiden, oder an der See aufsuche.^[5] Ich werde vorher noch bei Ihnen anfragen, wo Sie sich um diese Zeit befinden.

Meine Frau lässt für Ihre freundlichen Grüsse bestens danken und ich erwidere sie mit den besten Grüßen an Ihre Familie.

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Letter 103.

^[2]The manuscript of *Wien 1909a*.

^[3]Carl Runge's (1856–1927; Professor of Applied Mathematics at the University of Göttingen) article on spectroscopy (article V.26) did not appear until much later (*Runge 1925*).

^[4]See Letter 103 for Wien's planned trip to Cambridge.

^[5]Cf. Letters 113, 114.

105. From Wilhelm Wien, 28 April 1904

Handwritten letter in German script.

Würzburg 28/4/04

Hochgeehrter Herr College!

Sie werden verzeihen, wenn ich Ihre ohnehin sehr in Anspruch genommene Zeit mit einer wissenschaftlichen Anfrage noch mehr beanspruche. Da es sich aber um eine Frage handelt, die Sie jedenfalls interessirt, so werden Sie, wie ich hoffe, nicht ungehalten sein.

Ich habe mir nämlich überlegt, wie man den Michelson Morleyschen Versuch abändern könnte um zu einer Entscheidung zu gelangen, ob die von Ihnen gemachte Hypothese der Contraction fester Körper den Thatsachen entspricht oder nicht. Den Versuchen von Rayleigh und Brace mit Doppelbrechung^[1] kann ich keine entscheidende Bedeutung beimessen.

Man könnte aber zu einer Entscheidung gelangen, wenn man die Lichtstrahlen nicht in Luft sondern in einem brechenden Medium gehen liesse. Es kommen nämlich dann die Glieder zweiter Ordnung des Fizeauschen Mitführungscoeffizienten hinzu, die durch die Contractionshypothese nicht auf Null reduziert werden.

Ich finde nämlich, dass durch die Bewegung der Erde ein Phasenunterschied im Verhältnis $1 \div 1 + \frac{v^2}{c^2} \frac{1}{2v^2} (v^4 - v^2 + 1)$ hervorgerufen wird, wenn v das Brechungsverhältnis bezeichnet.

Nun finde ich aber eine Arbeit von Hicks in der *Phil. Mag.* Januar 1902,^[2] welche die ganze bisherige Theorie des Versuchs als unvollständig bezeichnet und zu verbessern sucht. Er findet in der That auch abweichende Resultate. Von dieser Arbeit ist mir ein Theil unverständlich geblieben, während ein anderer Theil mir nicht richtig zu sein scheint. Jedenfalls ist es mir nicht klar geworden, wie die von ihm gemachten Correktionen, erstens die Berücksichtigung einer Aenderung der Wellenlänge durch Reflexion an den bewegten Spiegeln und dann der Bewegung der Lichtquelle irgend einen Einfluss haben können, da doch alles relativ zu einander ruht. Da mir der Michelsonsche Versuch für die Entscheidung über den von der Elektrodynamik weiter zu verfolgenden Weg fundamental zu sein scheint, so halte ich auch eine vollständige Klarstellung der Theorie für höchst wichtig. Ich wäre Ihnen daher dankbar, wenn Sie mir Ihre Meinung über die Bemerkungen des Herrn Hicks und seine Theorie mittheilen wollten.

Indem ich Ihnen im voraus besten Dank sage, verbleibe ich mit besten Grüßen
an Sie und die Ihrigen
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]*Rayleigh 1902; Brace 1904.* Both experiments had a negative outcome. See, e.g., *Pauli 1923* for a discussion of these and related (unsuccessful) experiments to detect an influence of the motion of the Earth through the ether.

^[2]*Hicks 1902a.* William Hicks (1850–1934) was Professor of Physics at University College Sheffield. See also Letter 108 for Lorentz’s comments.

106. From Wilhelm Wien, 17 May 1904

Handwritten letter. The year in the title has been changed from the one on the letter because of the references to Wien’s planned attendance of the Cambridge meeting of the BAAS (see Letter 102) and to a paper by William Hicks.

Würzburg 17/5/05

Sehr geehrter Herr College!

Darf ich Sie auf einen Punkt in Ihrer Abhandlung „The intensity of radiation and the motion of the earth” (Akad. te Amsterd. March 29, 1902)^[1] aufmerksam machen, der mir nicht ganz richtig zu sein scheint. Sie sagen, der Poyntingsche Vektor ergebe die Energie die durch eine ruhende Fläche fließt. Dass das unmöglich richtig sein kann, ersieht man aus Ihrer Lösung wenn man $n = 0$ setzt.^[2] Dann haben wir die Bewegung eines geladenen Dipols, bei der überhaupt keine Ausstrahlung stattfindet. Durch eine geschlossene bewegte Fläche geht keine Energie hindurch und der Poyntingsche Vektor, integriert über eine solche, giebt den Werth Null. Durch eine geschlossene ruhende Fläche geht aber wohl Energie, denn wenn ich den Doppelpunkt mit seinen Ladungen sich aus dem Innern des von der Fläche umschlossenen Raums nach aussen bewegen lasse, so führt er den grössten Theil seiner Energie, die sich in seiner Umgebung befindet, mit sich nach aussen und diese Energie ist durch die Fläche hindurch gegangen. Von dieser Energie giebt der Poyntingsche Vektor, der ja für die ganze Fläche Null ist, keine Rechenschaft.

Der Poyntingsche Vektor, auf relative Coordinaten bezogen, ergiebt daher die durch eine bewegte Fläche strömende Energie, wie man auch sieht wenn man von den Gleichungen

$$\frac{dE}{dt} = \text{crot}H \quad \frac{dH}{dt} = -\text{crot}E$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} - v \frac{\partial}{\partial x}$$

ausgeht, die sich auf relative Coordinaten beziehen. Bilde ich hier den Poynting-schen Vektor und integriere über eine Fläche, deren Coordinaten die Zeit nicht enthalten, die sich also mitbewegt, so erhalte ich

$$dt \int d\omega S = \frac{dE}{dt} dt$$

als totale Energieänderung.^[3]

Vor einiger Zeit erlaubte ich mir bei Ihnen wegen einer Arbeit von Dr. Hicks anzufragen.^[4] Ich möchte in Cambridge über den Michelson Morley Versuch eine kurze Note vortragen.^[5] Dazu möchte ich gern Ihre Meinung über die Arbeit von Dr. Hicks, die ich nicht für richtig halte, hören.^[6] Sie wurden mir einen grossen Gefallen thun, wenn Sie mir möglichst bald Auskunft geben wollten. Nach Cambridge möchte ich Sie gern besuchen um mit Ihnen über die wichtigsten Fragen der Elektrodynamik zu sprechen. Namentlich möchte ich Ihre Meinung über die von mir geplante Modification des Michelson-Morley Versuchs in Wasser hören.

Mit besten Grüssen

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Lorentz 1902e.

^[2]In his paper Lorentz considers a particle with an electric moment $m = a \cos nt$.

^[3]See Letter 110 for Lorentz's reaction. During the period of this letter Wien was engaged in a bitter polemic with Max Abraham on a related subject (radiation pressure and transfer of energy by radiation). See *Abraham 1904a*, pp. 269–270, *Wien 1904c*, *Abraham 1904b*, and *Wien 1904f*.

^[4]See Letter 105.

^[5]At the 1904 meeting of the BAAS (see Letter 102).

^[6]See Letter 108.

107. From Arnold Sommerfeld, 29 May 1904

Handwritten letter.

Aachen 29.V.04.

Verehrter Herr Professor!

Zunächst möchte ich den Dank, den Sie mir in Ihrem Briefe aussprachen, Ihnen ganz zurückgeben. Sie haben mir bei Ihrem und auch bei den früheren Encyclopädie-Artikeln so ausserordentlich viel Freundlichkeit erwiesen und mir soviel Belehrung zu teil werden lassen, dass ich mich in jeder Hinsicht als Ihr Schuldner fühle.

Ich habe mir erlaubt, Ihnen die Korrektur einer kleinen Anzeige zugehen zu lassen, die ich verabreder Massen für die physikalische Zeitschrift verfasst habe.^[1] Wenn Sie darin irgend etwas zusetzen oder zu verändern wünschen, wird es mir sehr lieb sein; ich darf wohl in einigen Tagen auf die ev. corrigirten Bogen rech-

nen. (Natürlich mache ich die formalen Korrekturen selbst, und bitte Sie, die Sache nur dem Sinne nach zu lesen, so weit es auf Ihre Art. Bezug hat.)

Was meine Elektronennote betrifft,^[2] so ist diese natürlich nur das Präludium zu weiteren Folgerungen. Ich habe auf Grund der dort gegebenen Felddarstellung die für eine beliebige Bewegung erforderliche Kraft berechnen können, und dabei nicht nur die (verhältnismässig auf der Oberfläche liegenden) Resultate von Abraham^[3] auf anderem Wege wiedergefunden und für den Fall nicht-quasistationärer Bewegung verallgemeinert, sondern auch die höchst merkwürdigen Resultate von Herglotz (Gött. Nachr. 1904).^[4] Dieser untersucht die kleinen Schwingungen des Elektrons und findet z.B. für geradlinige, cirkulare sowie Drehschwingungen je unendlich viele Möglichkeiten, ohne dass eine äussere Kraft dabei thätig ist. Er ist mir damit zuvorgekommen. Ich denke aber, dass ich die Sache allgemeiner und einfacher werde fassen können. Die Spektrallinien sind zwar keineswegs damit erklärt, aber es ist doch eine gewisse Analogie dazu gewonnen.

Ich habe in den Pfingstferien eine Radtour nach Würzburg zu W. Wien gemacht und mit ihm ausgiebig über Elektronen geplaudert. Wir hätten Sie gerne in manchen Fragen als Schiedsrichter bei uns gehabt.

In aufrichtiger Verehrung

Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]Sommerfeld's announcement on the parts of the *Encyklopädie* that had appeared so far was published in *Physikalische Zeitschrift* 5 (1904): 470–473.

^[2]*Sommerfeld 1904a*.

^[3]Max Abraham (1875–1922) was *Privatdozent* at the University of Göttingen. See, e.g., *Abraham 1902, 1903* for his theory of the rigid electron.

^[4]*Herglotz 1903*. Gustav Herglotz (1881–1953) was *Privatdozent* at the University of Göttingen.

108. To Wilhelm Wien, 16 June 1904

Handwritten letter (private collection).

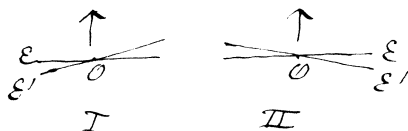
Leiden, den 16 Juni 1904.



Hochgeehrter Herr College,

Gestatten Sie mir, zunächst Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin auch im Namen meiner Frau von ganzem Herzen zu der Geburt Ihres Töchterchens zu gratulieren.^[1] Möge das Kind, indem es kräftig und gesund aufwächst, Ihnen zu vieler Freude gereichen und möge die Gesundheit Ihrer Gemahlin ihr zulassen, voll und ganz ihres neuen Reichtums zu geniessen.

Dieses glückliche Ereignis hat wohl Ihre Gedanken etwas von dem Michelson'schen Versuch abgelenkt, und so werden Sie, wie ich hoffe, die lange Verzögerung meiner Antwort leichter entschuldigen können.^[2] Dieselbe ist durch mei-

nen Wunsch, die Abhandlung von Hicks gründlich zu studieren, verursacht worden; ich hoffte mir völlige Gewissheit darüber verschaffen zu können, inwiefern seine Rechnungen richtig oder unrichtig seien.^[3] Leider habe ich es aber, wegen der vielen Arbeiten, die sich am Ende unseres Semesters anhäufen, nicht so weit bringen können; die Betrachtungen von H. sind ja sehr (und unnötig) verwikelt. Indes, auch ohne alle seine Formeln zu prüfen, glaube ich wohl sagen zu dürfen, dass er nur in einem Punkte Recht hat, nämlich darin, dass es nicht erlaubt ist, wie Michelson und Morley getan haben,^[4] bei der Berechnung der Mittelwerte die Ergebnisse der verschiedenen Beobachtungsreihen zusammenzuwerfen, da ja die Erdbewegung, je nach der zufälligen Einstellung der Spiegel, die Streifen bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung verschieben könnte. Man sieht das sofort, wenn man beachtet, dass die beobachtete Interferenzerscheinung mit derjenigen identisch ist, die sich ergeben würde, wenn das Licht an *zwei* Ebenen E und E' , die sich unter einem sehr kleinen Winkel schneiden, reflektiert wurde. In





O ist die Phasendifferenz 0, rechts und links von diesem Punkte hat sie entgegengesetzte Vorzeichen. Der Einfluss der Erdbewegung stimmt nun mit der Aenderung überein, die man durch eine Verschiebung von E etwa in Richtung des Pfeils hervorbringen könnte (genauer gesagt, durch ungleiche Verschiebungen von E und E'). Die hierdurch verursachte Lagenänderung der Streifen hätte aber in den Fällen I und II entgegengesetzte Richtung und es ist natürlich sehr gut möglich, dass M. und M. bald den einen bald den anderen Fall realisiert haben. Man hätte dann für den einen Tag eine Kurve  (vgl. die Kurven zu der Abhandlung von Hicks) und für den anderen eine Kurve  zu erwarten. Es scheint mir denn auch statthaft zu sein, dass man die Kurven von Juli 8, 9 und 11 in der von H. angegebenen Weise mit einander kombiniert (d.h. nicht $y = \frac{1}{3}(y_1 + y_2 + y_3)$, sondern $y = \frac{1}{3}(-y_1 + y_2 + y_3)$ macht, siehe Hicks, p. 38), obgleich zu bemerken ist, dass gerade in den Kurven für 8 Juli, wenigstens in der vollgezogenen, der $\cos 2\alpha$ -Effekt wenig hervortritt. Eben deswegen kann es am Ende keinen grossen Unterschied machen, ob man die Mittelwerte in der einen oder der anderen Weise berechnet.

Aus den Zahlen von Hicks (p. 37) kann man leicht ableiten, welche Funktion von der Gestalt

$$a \cos(2\alpha + p)$$

sich desselben am besten anschliesst. Für die 12 Uhr-Beobachtungen finde ich $a = 0,5$ Skalenteile, wobei ich berücksichtigt habe, dass die Zahlen von Hicks in der Zeile IV nicht Mittelwerte, sondern das Doppelte von Mittelwerten sind. Die grösste Aenderung der Phasendifferenz bei der Rotation des Apparates wäre hiernach 1,0 Skalenteil. Dem entspricht nach den Angaben von M. u. M. (Phil. Mag. (5) 24, p. 457) etwa 0,02 Wellenlänge, während sie (ibidem, p. 458) die zu erwartende

Verschiebung auf 0,4 der Streifendistanz schätzen. Auch nach der Berechnung von H. ist also die beobachtete Verschiebung immer nur noch 1/20 der erwarteten gewesen.

Hicks legt einiges Gewicht auf die Phase der 6 Uhr-Kurven im Vergleich zu den 12 Uhr-Kurven (p. 39 u. 256), wie mir scheint mit Unrecht, da nach 6 Stunden Zwischenzeit der Apparat wohl wieder aufs Neue justiert werden musste, sodass sich bei der neuen Beobachtungsreihe wohl ebenso gut eine Kurve  wie eine Kurve  ergeben konnte.

Was die Behauptung von Hicks betreffend die Hypothese der Dimensionenänderung anbelangt, so kann man diese wohl als unrichtig bezeichnen, ohne näher auf seine Betrachtungen einzugehen. Wenn er sagt (p. 39) „To produce an annulment an extension along the line of drift is required“, so muss das auf einem Irrtum beruhen. Indes hoffe ich, sobald ich etwas mehr Zeit habe, herauszufinden, wo eigentlich sein Fehler liegt.

— — — — —

Eine Wiederholung des Michelson'schen Versuchs nicht mit Luft, sondern z.B. mit Wasser, wäre gewiss sehr wichtig; auch Wiechert hat mit mir darüber gesprochen,* ich weiss aber nicht, ob er dazu kommen wird. Wie mir scheint, ist es schwierig, das Resultat vorherzusagen. Mit Hülfe gewisser auch wohl naheliegender Annahmen wird man zu einem Ausdruck wie dem von Ihnen angegebenen

kommen können (ich meine $1 \div 1 + \frac{v^2}{c^2} \frac{1}{2v^2} (v^4 - v^2 + 1)$) aber streng genommen

ist verschiedenes zu berücksichtigen, von dem wir nichts wissen. Nicht nur die gegenseitigen Lagen der Wassermoleküle, sondern auch die Konfiguration jedes Moleküls (oder Atoms), vielleicht sogar die Gestalt jedes Elektrons können sich in Folge der Translation um Grössen zweiter Ordnung ändern. Auch ist eine Modifikation von derselben Ordnung der „elastischen“ Kräfte, welche die Bewegungen der Elektronen beherrschen, keineswegs ausgeschlossen.

Ich habe gerade in der letzten Zeit einige Hypothesen besprochen, nach welchen das Resultat des Versuchs, auch wenn man denselben mit Wasser macht, negativ sein musste.^[5] Ich schicke Ihnen anbei einen Abzug, und bemerke zu dieser Arbeit nur noch, dass man ebenso gut, von etwas anderen Hypothesen ausgehend, zu dem entgegengesetzten Resultat kommen könnte. Jedoch hat das gesamte System von Hypothesen, welche ich in der Abhandlung einführe, für mich etwas Verlockendes.

Mit besten Grüßen auch an Ihre Frau Gemahlin
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

Ich erlaube mir, Ihnen mitzuteilen, dass mein College Kamerlingh Onnes am 10. Juli sein 25-jähriges Doktorat feiern wird. Glückwünsche von bekannten Fachgenossen würden ihm an diesem Tage gewiss viele Freude machen.

*ich glaube, schon vor drei Jahren

^[1]Perhaps Wien's first daughter Gerda.

^[2]Wien's request for comments on Hick's work dates from almost two months earlier (see Letter 105).

^[3]Hicks had in fact made a calculational mistake (see *Hicks 1902b*).

^[4]See *Michelson and Morley 1887*.

^[5]See *Lorentz 1904d*, the paper in which his full 'Theorem of corresponding states' is presented, together with the Lorentz transformations for space and time and for electric and magnetic fields. Lorentz's theorem allows one to reduce electromagnetic phenomena in a system moving with respect to the ether to 'corresponding' ones in a system at rest in the ether, thus providing a theory of electrodynamics in moving media. The main conclusion of Lorentz's paper is that the motion of the Earth through the ether cannot be established by means of any electromagnetic experiment. A key hypothesis in the paper is the assumption that a moving electron is a flattened ellipsoid with its short axis in the direction of motion. See, e.g., *Janssen 2002* for a historical discussion.

109. From Wilhelm Wien, 18 June 1904

Handwritten letter.

Würzburg 18/6/04

Hochgeehrter Herr College!

Ich danke Ihnen herzlich für Ihren freundlichen Brief^[1] und die darin enthaltenen Glückwünsche. Meiner Frau und der Kleinen geht es ganz ausgezeichnet und Sie können sich denken, dass wir nach so langem Harren doppelt glücklich über ein so frohes Ereignis sind.

Ich danke Ihnen noch besonders für die Auskunft die Sie mir über den Michelsonschen Versuch gegeben haben und besonders dafür dass Sie sich die Mühe genommen haben die umständliche Arbeit von Hicks durchzulesen. Dass man durch einfache Hypothesen auch dazu gelangen kann vom Michelsonschen Versuch in Wasser ein negatives Ergebnis zu erwarten ist nicht ermuthigend. Ich habe deshalb an andere Versuche gedacht die zu einer Entscheidung der Fragen führen könnten. Wenn man die Lichtgeschwindigkeit mit einer Genauigkeit, die grösser als $\frac{1}{10000}$ ist mit nur einer Strahlrichtung messen könnte so hätte man eine direkte Entscheidung. Es scheint mir nicht ausgeschlossen mit synchron laufenden Rädern, wie sie jetzt für die Schnelltelegraphie gebraucht werden, eine solche Genauigkeit zu erzielen und den Lichtstrahl einmal in der Richtung der Erdbewegung, das andere Mal in der entgegengesetzten gehen zu lassen.^[2] Vielleicht liessen sich solche Versuche noch genauer mit der drahtlosen Telegraphie ausführen.

Ich weiss nicht ob ich mich in meinem letzten Brief^[3] in Bezug auf den Durchgang der Strahlung durch eine feste Fläche verständlich ausgedrückt habe. Ich möchte daher meine Meinung noch durch eine kurze Rechnung erläutern.



ω sei ein *ruhendes* Flächenelement, x seine (variable) Entfernung vom leuchtenden Punkt, x' seine Entfernung vom *festen* Koordinatenanfangspunkt. Dann ist $x = x' - vt$ und in Ihrer Lösung ist anstatt x $x' - vt$ einzusetzen. Es ist dies dann eine Lösung der Maxwell'schen Gleichungen für ruhende Körper und der Poyntingsche Vektor muss den Energiestrom durch ein *ruhendes* Flächenelement geben.

Dann ist wenn A eine Constante bezeichnet in der x Axe

$$S_x = \frac{A^2}{(x' - vt)^2} \cos^2 n \left(t - \left(1 + \frac{v}{c} \right) \frac{x' - vt}{c} \right)$$

$$= \frac{A^2}{(x' - vt)^2} \cos^2 n_1 (t - \beta) \quad n_1 = n \left(1 + \frac{v}{c} \right), \quad \beta = \frac{x'}{c}$$

Wenn wir nur Grössen erster Ordnung berücksichtigen, so ist

$$S_x = \frac{A^2}{x'^2} \cos^2 n (t - \beta) \left(1 + \frac{2vt}{x'} \right)$$

oder über eine Schwingung $T = \frac{2\pi}{n_1}$ integrirt

$$= \int_0^{2\pi/n} \frac{A^2}{x'^2} dt \cos^2 n_1 (t - \beta) \left(1 + \frac{2vt}{x'} \right)$$

$$= \frac{A^2}{x'^2} \left(\frac{\pi}{n_1} + \frac{2v\pi^2}{x'n_1^2} \right) = \frac{\pi A^2}{n_1 x'^2} \left(1 + \frac{2v\pi}{x'n_1} \right)$$

Während der Punkt sich noch wenig von O entfernt hat, wird dies richtig sein. Nehmen wir der Einfachheit wegen an, dass er am Anfang der betrachteten Schwingung in $x' = -\Delta x'$ war, am Ende der Zeit $\frac{2\pi}{n_1}$ die Strecke $\Delta x'$ zurückge-

legt hat, so ist die Strahlung während dieser Zeit bis zu dem betrachteten Flächenelement gelangt. In dem Moment, wo der leuchtende Punkt in O war ist die Schwingung in dem Flächenelement angelangt. Ist nun $\frac{v}{c}$ klein, so ist der Unterschied der Entfernung zwischen $-\Delta x'$ und O eben nur in erster Näherung zu berücksichtigen. Dann ist

$$\frac{\Delta x'}{x'} = \frac{v}{c} \quad \Delta x' = \frac{v2\pi}{n_1} \quad x' = \frac{2\pi c}{n_1} \quad \frac{2\pi}{n_1 x'} = \frac{1}{c}$$

Also wird

$$S_x = \frac{\pi A^2}{n_1 x'^2} \left(1 + \frac{v}{c} \right) = \frac{\pi A^2}{n x'^2}.$$

Nun haben wir aber über die Zeit $\frac{2\pi}{n_1}$ integrirt. Während N Schwingungen von der

Periode $\frac{2\pi}{n}$ geht also $N\frac{n_1}{n} = N\left(1 + \frac{v}{c}\right)$ Mal soviel Energie hindurch, während durch die bewegte Fläche N mal soviel Energie hindurchgeht, wie es auch der Poyntingsche Satz ergibt.

Ich hoffe dass Sie es mir nicht verübeln werden, wenn ich eine solche Meinungsverschiedenheit ausspreche. Ich weiss aber dass sowohl Ihnen wie mir die möglichst genaue Durchmusterung der elektrodynamischen Theorieen am Herzen liegt.^[4]

Ich möchte Sie noch bitten mir mitzuthellen na ob ich Sie Ende August in Leiden oder an der See antreffe.

Mit bestem Dank und herzlichen Grüßen an die Ihrigen
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Letter 108.

^[2]See also the discussion in Letters 123 and 124.

^[3]Letter 106.

^[4]See the discussion in Letter 110.

110. To Wilhelm Wien, 8 July 1904

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 8 Juli 1904.

Hochgeehrter Herr College,

Wir haben uns sehr gefreut über die guten Nachrichten in Ihrem letzten Briefe;^[1] möge Alles auch weiterhin gut gehen, sodass Sie mit ruhigem Herzen die Reise nach England machen können.^[2] Ende August finden Sie mich in Leiden, wo wir am 13. August nach einer Abwesenheit von einigen Wochen wieder zurückkehren. Nur möchte ich Sie bitten, mir vorher Nachricht zu schicken, da wir vielleicht in der Ferienzeit kleine Ausflüge machen. Ich freue mich sehr auf Ihren Besuch und hoffe, dass wir Gelegenheit haben werden, Manches zu besprechen.

Was die Fragen betrifft, von welchen in Ihren beiden letzten Briefen^[3] die Rede ist, so glaube ich nicht, dass ich einen Fehler gemacht habe; Sie werden das, wie ich hoffe, bei näherer Ueberlegung auch zugeben.

Es kann zunächst kein Zweifel darüber bestehen, dass, wenn \mathcal{E} und \mathcal{H} die elektrische und die magnetische Kraft in einem Punkte des Aethers sind (ich meine die elektr. und magn. Kraft, die in den gewöhnlichen Maxwell-Hertz'schen Gleichungen vorkommen und nicht etwa mein $(\mathcal{E}', \mathcal{H}')$ ^[4] der Energiestrom durch den Ausdruck

$$\mathcal{E} = c[\mathcal{E} \cdot \mathcal{H}]$$

gegeben wird (ich benutze die Bezeichnungen und die Einheiten der Encyclopädie^[5]). Das geht aus der Ableitung des Poynting'schen Satzes hervor und auch aus den Formeln, die Sie selbst in Ihrem ersten Briefe anführen. Sie gehen dort von den Gleichungen

$$\frac{d\mathfrak{C}}{dt} = c \operatorname{rot} \mathfrak{H}, \quad \frac{d\mathfrak{H}}{dt} = -c \operatorname{rot} \mathfrak{C} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} - v \frac{\partial}{\partial x}$$

aus, die sich, wie Sie sagen, auf relative Coordinaten beziehen. Sie meinen damit gewiss, dass während $\frac{d}{dt}$ die Aenderung in einem festen Punkte des Aethers angeht, $\frac{\partial}{\partial t}$ sich auf einen Punkt bezieht, der fest mit dem sich verschiebenden

Koordinatensystem verbunden ist. Was die in $\operatorname{rot} \mathfrak{H}$ und $\operatorname{rot} \mathfrak{C}$ auftretenden Differentialquotienten nach den Coordinaten anbelangt, so macht es gar keinen Unterschied, ob die Achsen ruhen oder sich verschieben.

Aus den Gleichungen (1) leiten Sie nun ab:

$$dt \int \mathfrak{C}_n d\omega = \frac{dE}{dt} dt \quad (2)$$

wo E die im Inneren einer geschlossenen Fläche ω liegende Energie bedeutet.

Eben aus dem Umstande, dass hier $\frac{dE}{dt}$ (und nicht etwa $\frac{\partial E}{\partial t}$) steht, geht hervor,

dass die rechte Seite von (2) die Energieänderung im Inneren einer im Aether *ruhenden* Fläche bedeutet, und so kommt man zu der Auffassung, \mathfrak{C} sei der Energiestrom durch eine ruhende Fläche. Es ist übrigens zu bemerken, dass man von \mathfrak{C} , \mathfrak{H} und von dem Vektorprodukte $[\mathfrak{C} \cdot \mathfrak{H}]$ reden kann, ohne an Coordinatenachsen, es seien denn ruhende oder bewegliche, zu denken. Ist man einmal zu dem Schluss gelangt, $c[\mathfrak{C} \cdot \mathfrak{H}]$ bedeute den Energiestrom für ein ruhendes, im Aether liegendes Flächenelement, so ist es natürlich, diesen Satz *in allen Fällen* anzunehmen, welche auch die Wirkungen sein mögen, die das elektromagnetische Feld hervorbringen. Es liegt ja nahe, sich vorzustellen, dass der Energiefluss in einem Punkte des Aethers nur von dem in diesem Punkte bestehenden Zustande \mathfrak{C} , \mathfrak{H} abhängt, nicht aber von der Weise, in welcher dieser Zustand hervorgebracht wird.

Es entsteht nun keinerlei Schwierigkeit, wenn man diese Auffassung auf einen sich verschiebenden unveränderlichen Dipol anwendet. Mit Recht sagen Sie, es werde in diesem Falle eine ruhende Fläche von Energie durchströmt. Das folgt auch eben aus dem Poynting'schen Theorem, wenn man dieses als für eine solche Fläche geltend betrachtet. Im Fall einer Translation gesellt sich nämlich zu dem elektrischen Felde des Dipols ein magnetisches Feld, das sich mittels meiner Formeln bestimmen lässt; demzufolge wird $\mathfrak{C} = c[\mathfrak{C} \cdot \mathfrak{H}]$ auch von Null verschieden, und zwar liefert $\int \mathfrak{C}_n d\sigma$ für eine geschlossene Fläche berechnet im Allgemeinen nicht Null. Zwar verschwindet das Integral für eine Kugelfläche, in deren

Centrum der Dipol liegt (wie das natürlich sein muss), aber schon nicht mehr für eine Kugelfläche, in welcher der Dipol eine excentrische Lage hat.

Man kann diese Betrachtung leicht auf ein beliebiges, sich mit konstanter Geschwindigkeit verschiebendes elektrostatisches System ausdehnen. Für das bei einem solchen bestehenden magnetischen Felde gelten die Gleichungen von §22 meines „Versuch, u.s.w.“^[6] und man kann die Aenderung der Energie in ruhenden Raumeilen vollständig verfolgen, wenn man für ruhende Flächen, auch für solche, die die geladene Materie durchschneiden, immer den Poynting'schen Vektor $c[\mathfrak{E} \cdot \mathfrak{H}]$ als Energiefluss in Anschlag bringt. Nur hat man dabei auch auf die Arbeit der auf die geladene Materie wirkenden Kräfte zu achten. Ist z.B. für ein feststehendes Raumelement $dx dy dz$ und für die Zeit dt , dW die Arbeit der aus dem elektromagnetischen Felde entspringenden Kräfte, dA die Arbeit der sonst auf die Materie wirkenden Kräfte, dU die Zunahme der in dem Element liegenden elektromagnetischen Energie, und dL die Zunahme der gewöhnlichen mechanischen Energie der in dem Element am Anfang des betrachteten Zeitelementes liegenden Materie, so ist $dA = dL - dW$, $dA = dL + dU + \text{div} S dx dy dz dt$, wo das letzte Glied die durch die Oberfläche nach aussen strömende Energie bedeutet. Der Beweis ist in §13 meines „Versuch u.s.w.“ enthalten.

Dass man aus den Formeln, die ich in der Arbeit über die Intensität der Strahlung^[7] für den Energiestrom durch eine ruhende Fläche anführe, Null erhält, wenn man $n = 0$ setzt,^[8] rührt lediglich daher, dass ich mich in den Ausdrücken für \mathfrak{E} und \mathfrak{H} auf die Glieder mit $\frac{1}{r}$ und also in dem Ausdruck für \mathfrak{S} auf die Glieder mit $\frac{1}{r^2}$ beschränkt habe. Bei diesem Grade der Annäherung ist auch wirklich der Energiestrom im Fall eines unveränderlichen Dipols Null, wie sich daraus ergibt, dass hier die elektrische Feldstärke und der Wert von \mathfrak{H} wie $\frac{1}{r^3}$ abnehmen.

Im Fall eines leuchtenden Punktes ist offenbar die Vernachlässigung der Glieder mit höheren Potenzen von $\frac{1}{r}$ gestattet, sobald r sehr gross im Vergleich zur Wellenlänge ist und das dürfte ich gewiss bei der Diskussion über die Intensität der Strahlung annehmen. Wenn man sich an diese Annahme hält, so ist, wie mir scheint, an Ihrer letzten Rechnung einiges zu ändern.



Sie finden für den Fall, auf den sich die nebenstehende Figur bezieht (L leuchtender Punkt, O ruhender Anfangspunkt der Koordinaten) für den Energiefluss durch das Element ω

$$S_x = \frac{A^2}{(x' - vt)^2} \cos^2 n_1(t - \beta)$$

und, indem Sie von $t = 0$ bis $t = \frac{2\pi}{n_1}$ integrieren,

$$\frac{\pi A^2}{n_1 x'^2} \left(1 + \frac{2v\pi}{x' n_1} \right).$$

Stellt man sich nun vor, dass zur Zeit $t = 0$ der leuchtende Punkt in O (oder in sehr kleiner Entfernung von O) liegt, und nimmt man an, es sei x' sehr gross im Vergleich zur Wellenlänge, so ist x' um so mehr sehr gross im Vergleich zu der Strecke, welche L während einer Schwingung zurücklegt. Man wird den obigen Ausdruck während einer Reihe von vielen Schwingungen annehmen dürfen. Ausserdem darf man dann das Glied $\frac{2v\pi}{x'n_1}$ in der Klammer vernachlässigen. In der Tat

ist, wenn λ die Wellenlänge bedeutet, dieses Glied von der Grössenordnung $\frac{v\lambda}{cx'}$.

Die Vernachlässigung dieses Ausdruckes läuft wieder darauf hinaus, dass man in dem Ausdrucke für den Energiefluss die Glieder, welche einer höheren Potenz der Entfernung als der zweiten umgekehrt proportional sind, fortlässt.

Sie behalten das letzte Glied in (3) bei, und verwandeln diesen Ausdruck in

$$\frac{\pi A^2}{n_1 x'^2} \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

indem Sie $x' = \frac{2\pi c}{n_1}$ setzen. Offenbar haben Sie dabei angenommen, x' sei von

derselben Grössenordnung wie die Wellenlänge. Das ist aber ein Fall, den ich gar nicht habe betrachten wollen.

Wenn Sie x' als sehr gross betrachten, so werden Sie wohl nicht zu Resultaten kommen, die von den meinigen abweichen.

Ich brauche Ihnen wohl kaum zu sagen, dass es mich sehr freuen wird, wenn Sie sich mit obigen Auseinandersetzungen einverstanden erklären können; es täte mir Leid in der Behandlung dieses Punktes, der ziemlich Bedeutung hat, einen Fehler begangen zu haben.

Mit vielen Grüssen von uns beiden, auch an Ihre Frau Gemahlin,
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Letter 109.

^[2]Wien planned to attend the 1904 meeting of the British Association for the Advancement of Science (see Letter 102; see also Letters 113 and 114).

^[3]Letters 106 and 109.

^[4]The Lorentz-transformed electric and magnetic fields.

^[5]See Letter 97 for the notation employed in *Lorentz 1904e* and *Lorentz 1904f*.

^[6]*Lorentz 1895b*.

^[7]*Lorentz 1902e*.

^[8]See Letter 106, note 2.

111. From Wilhelm Wien, 16 July 1904

Handwritten letter in German script.

Würzburg 16/7/04

Hochgeehrter Herr College!

Ich danke Ihnen herzlich für Ihre freundlichen Mittheilungen^[1] und glaube dass nunmehr alle Meinungsverschiedenheiten gehoben sind. Sie beruhen im wesentlichen auf einem Missverständnis meinerseits Ihrer Betrachtungen. Ich bedaure nur, dass ich Ihnen dadurch noch soviel Mühe gemacht habe.

Mit dem allergrössten Interesse habe ich Ihre letzten höchst wichtigen Betrachtungen über den Einfluss der Translation auf elektromagnetische Vorgänge gelesen,^[2] die sich mit meinen letzten Arbeiten^[3] vielfach berühren aber freilich viel allgemeiner sind. In der That ergeben Ihre Formeln ohne weiteres die von mir aufgestellten Ausdrücke für das Feld eines bewegten schwingenden Elektrons. Besonders nach meinem Sinn ist die Hypothese, dass sich die Elektronen zu Ellipsoiden deformiren. Diese Annahme schien mir immer die einfachste zu sein und ich habe da daher auch unter dieser Annahme die elektromagnetische Masse berechnet.^[4] So werden wir doch wohl immer mehr der Auffassung uns zuwenden müssen, dass alle Vorgänge elektromagnetisch gedeutet werden müssen.^[5] Meine Untersuchungen über den Michelsonschen Versuch in Wasser haben jetzt ihr Interesse für mich verloren weil ich durchaus glaube, dass Sie für die Deutung aller dieser Erscheinungen den richtigen Weg eingeschlagen haben.

Das einzige Experiment von dem ich glaube, dass für die Theorie noch etwas zu erwarten ist, scheint mir die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit mit einem nur hingehenden aber nicht zurückkehrenden Strahl zu sein. Ich habe mir eine Anordnung ausgedacht, die wohl zum Ziele führen könnte, wenn sie sich hinreichend verfeinern lässt. Mir selbst fehlt die Gelegenheit und auch die Mittel für solche Versuche. Deshalb will ich in Cambridge einen kurzen Vortrag darüber halten.^[6] Vielleicht dass einer der Amerikaner sich auf solche Versuche einlässt.

Soeben erhielt ich mein Manuscript wohlbehalten zurück.^[7] Ich soll nun wohl so lange warten bis ich Ihre Zusätze erhalte.

Ende August werde ich mich in Leiden einfinden^[8] und freue mich schon sehr darauf mit Ihnen die verschiedenen wissenschaftlichen Fragen zu besprechen.

Mit besten Grüßen

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letter 110.

^[2]*Lorentz 1904d*.

^[3]See, e.g., *Wien 1904a, 1904b*.

^[4]See *Wien 1900*.

^[5]Cf. Wien's proposal to base all physical laws on electromagnetism in *Wien 1900*, which appeared in the *Annalen der Physik* as well as in the *Festschrift* offered to Lorentz on the 25th anniversary of his doctorate (*Recueil 1900*).

^[6]See *Wien 1904d*.

^[7]The manuscript of *Wien 1909a*. See Letter 104.

^[8]See also Letter 113.

112. From Woldemar Voigt, 16 August 1904

Handwritten letter.

Göttingen 16.8.04.

Verehrter Herr College und Freund!

Für die freundliche Übersendung Ihrer Artikel für die Encyclopädie danke ich Ihnen von Herzen.^[1] Ich habe schon wiederholt mit dem grössten Genusse in denselben gelesen und viel Anregung und Belehrung aus ihnen entnommen. Allen, die einen Überblick über die reiche und vielseitige Entwicklung der letzten Dezenen in der Electrodynamik zu gewinnen wünschen, haben Sie durch Ihre meisterhafte Darstellung des Stoffes, den Sie so königlich beherrschen, einen grossen Dienst erwiesen.

Die Gegengabe, die Ihnen von meiner Seite in den nächsten Tagen zugehen wird, macht neben Ihrer grossen Arbeit freilich eine kümmerliche Figur: der II. Band meiner Thermodynamik, der soeben im Druck fertig ist.^[2] Ich habe recht viel Zeit an das Buch gewandt, das mir insbesondere für unsere deutschen Studenten nöthig schien, da wir ein hinreichend umfassendes Werk bisher nicht besaßen; aber es ist mir doch nur an wenig Stellen gelungen, über die Vorlagen ein wenig hinauszugehen und Selbständiges zu bieten.

Nun diese ziemlich mühsame Arbeit hinter mir liegt, denke ich mich eignen Untersuchungen wieder zuzuwenden; es sind vor allem gewisse Fragen der Electro-optik, die ich experimentell in Angriff nehmen möchte. Freilich liegen hier grosse practische Schwierigkeiten vor; viele Mühe habe ich im letzten Jahre vergeblich darauf verwendet, die electriche Doppelbrechung in Na-Dampf in der Umgebung der Absorptionslinien nachzuweisen. Offenbar ist dieser Effect ebenso, wie das Analogon zum Zeeman-Effect *sehr* klein.^[3] —

Hoffentlich geht es Ihnen und Ihrer lieben Familie ganz wohl. Es war mir ein rechtes Leid, dass mein Plan, zu Onnes-Jubiläum zu kommen, vereitelt wurde.^[4] Nun höre ich auch mit Bedauern, dass weder Sie, noch Onnes, noch Zeeman in Cambridge sein werden.^[5] Ich hätte Sie so gern ein Mal wieder gesehen und gesprochen. Ich gedenke morgen mit meiner Frau nach Cambridge und am Sonnabend von da weiter nach Schottland zu fahren. Vielleicht können wir Sie auf der Rückreise auf eine Stunde in Leiden besuchen.^[6]

Mit herzlichen Grüssen an Ihre Frau und Ihre Kinder

Treulich immer

Ihr

W. Voigt.

^[1]*Lorentz 1904e, 1904f*. Both papers were published on 16 June 1904.

^[2]*Voigt 1904a*.

^[3]See also Letter 122, in particular note 4.

^[4]On 10 July 1904 the 25th anniversary of the doctorate of Kamerlingh Onnes was celebrated. A memorial volume was published (*Gedenkboek 1904*); see *Lorentz 1904g* for Lorentz's contribution.

^[5]The 74th Meeting of the British Association for the Advancement of Science was held in Cambridge from 18 to 24 August 1904. See *Voigt 1904b* for Voigt's paper. Wilhelm Wien attended as well (see Letter 113).

^[6]Nothing came of this plan. See the Letter 121.

113. From Wilhelm Wien, 22 August 1904

Handwritten postcard in German script. Dated from the postmark.

Sehr geehrter Herr College!

Ich werde am Dienstag den 30. Aug. in Leiden eintreffen und freue mich sehr Sie wiederzusehen. Es ist schade dass Sie nicht hier waren,^[1] es war recht interessant. Ich habe fast alle bekannteren englischen Physiker kennen gelernt. Von hier gehe ich nach London, de Keyzers Hotel royal, Victoria Embankment.

Herzliche Grüsse

Ihr

W. Wien

^[1]Wien had attended the meeting of the British Association for the Advancement of Science in Cambridge. See Letter 102.

114. To Wilhelm Wien, 26 August 1904

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 26 August 1904.

Sehr verehrter Herr College,

Sie werden uns mit Ihrem Besuche^[1] recht viel Freude machen und gern vernähme ich, wenn das möglich ist, mit welchem Zuge Sie kommen werden, damit ich Sie abhole und Sie den Weg nach Hooigracht 48 nicht zu suchen brauchen.

Leider fürchte ich, dass ich Ihnen kein Zimmer werde anbieten können. Uebrigens hoffen wir, dass Sie uns das Vergnügen machen wollen, unser Gast zu sein.

Mit vielen Grüßen, auch von meiner Frau
Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 113.

115. From Wilhelm Wien, after 26 August 1904

Handwritten letter in German script. Letterhead of DeKeyser's Royal Hotel, London. The date is inferred from the fact that this letter is a reply to Letter 114.

Sehr verehrter Herr Kollege!

Ich danke Ihnen sehr für Ihren freundlichen Brief.^[1] An der Bahn abholen können Sie mich aber nicht, da ich schon 7 Uhr 18 M. Vorm. in Leiden eintreffe. Ich werde dann auf Winds^[2] Rath ins Hotel Levedag^[3] gehen und gegen 9 Uhr bei Ihnen vorsprechen. Wind hat mich noch eingeladen Utrecht zu besuchen und ich werde daber am Mittwoch Nachm. 2 Uhr 34 M. nach Utrecht fahren.

Die Versammlung der British Association war sehr interessant,^[4] besonders die grossen englischen Physiker Lord Kelvin, Rayleigh u.s.w. kennen zu lernen. Ich habe den Eindruck gewonnen, dass in der experimentellen Bearbeitung der neuen, durch die Radioaktivität geschaffenen Probleme die Engländer uns auf dem Continent überlegen sind besonders durch die Thätigkeit des Thomsonschen und des Ramsayschen Laboratoriums,^[5] zwischen denen übrigens gar keine Beziehungen zu bestehen scheinen. Wir müssen daher auch etwas mehr uns anstrengen.

Larmor^[6] äusserte den Wunsch mit mir zu reisen um Sie kennen zu lernen. Ich habe ihn natürlich lebhaft aufgefordert es zu thun. Er wollte mir aber noch seinen Entschluss hierher mittheilen. Sollte er mitkommen so schreibe ich Ihnen noch eine Karte.

Mit besten Grüßen auf baldiges Wiedersehen!

Ihr

W. Wien

^[1]Letter 114.

^[2]Cornelis Harm Wind (1867–1911) was Professor of Mathematical Physics and Theoretical Mechanics at the University of Utrecht.

^[3]In the well-known Baedeker travel guide this hotel was especially recommended for its German-language service.

^[4]See Letter 113.

^[5]Sir William Ramsay was Professor of Chemistry at University College, London and a future Nobel Prize winner (1904); Joseph John Thomson (1865–1940) was Cavendish Professor of Experimental Physics at Cambridge University.

^[6]Joseph Larmor, since 1903 Lucasian Professor of Mathematics at the University of Cambridge.

116. From Vilhelm Bjerknes, 4 September 1904

Handwritten letter.

Stockholm 4 September 1904

Sehr verehrter Herr College,

Ich hätte schon längst für Ihren freundlichen Brief^[1] sowie für die Uebersendung des Separatabzuges Ihrer beiden Artikel „Maxwell elektromagnetische Theorie“ und „Elektronentheorie“ danken sollen.^[2] Mitten im eifrigsten Studium Ihres Buches wurde ich aber durch die Nachricht vom Tode meines Schwiegervaters überrascht, den Sie sich vielleicht von Ihrem Besuch bei mir erinnern.^[3] Es war für meine Frau und mich ein schmerzhafter Verlust. Diese Unterbrechung und die jetzt anfangenden Arbeiten des Herbstsemesters machen, dass ich mit dem Studium Ihres Buches lange noch nicht fertig bin. Nie ist mir aber ein Buch mehr willkommen gewesen, und ich hoffe Sie werden mich verzeihen, dass ich, trotz der flüchtigen Natur meiner Bekanntschaft mit demselben, doch zu verschiedenen Punkten meine Bemerkungen mache.

Die Uebersicht über die maxwell'sche Theorie finde ich bewunderenswert concis und einfach. Von derselben werde ich in meinen Vorlesungen sehr viel Nutzen haben. Mit den Nr. 22–26 — Energie und ponderomotorische Kräfte — werde ich bald als Folge meiner hydrodynamischen Studien in Berührung kommen.^[4] Auf diesen Punkte habe ich noch bei keinem Verfasser volle Klarheit finden können, und ich bin leider hier von Klarheit über ganz specielle Einzelheiten abhängig.

Das Hauptinteresse knüpft sich aber für mich — wie wohl für alle — an der Entwicklung und dem Stand der Elektronentheorie. Ich will aber nicht verneinen, dass ich gegen diese Theorie in ihrem jetzigen Form grosse Bedenken hege. Mein Bedenken betrifft nicht die Elektronentheorie als solche — Elektronen lassen sich ja nicht mehr vermeiden, selbst wenn man mit einigem Skepsis verschiedene Specialanwendungen der Elektronentheorie aufnehmen muss. Es ist aber verdienstvoll und berechtigt zu versuchen wie weit man mit dem Elektronenbegriffe kommen kann, selbst mit dem Risiko, dann und wann über das Ziel hinaus zu schiessen. Mein Bedenken betrifft also nicht das Elektronenprincip, sondern nur die jetzt vorliegende Durchführung der Theorie, und zwar rühren sie, sofern ich sehen kann, ausschliesslich vom Principe über den ruhenden Aether her.

Gestatten Sie mir erst in Bezug auf diesem Principe eine Frage. Die wichtigste Stütze dieses Principes sucht man ja in die Theorie der Aberration. Warum wird aber Heaviside's Aufsatz „Deflection of an electromagnetic wave by the motion of the Medium“, El. papers II, S. 519,^[5] nicht berücksichtigt? Mir schien es als ich diesen Aufsatz las, dass er eine völlig befriedigende Theorie der Aberration auf Grundlage der Hertz-Heaviside'schen Gleichungen gab. Da ich aber nie die Theorie der Aberration allseitiges studiert habe, fühle ich mich gegen eine Selbsttäuschung gar nicht sicher, und ich möchte Sie für eine Antwort auf dieser Frage sehr dankbar sein. Wäre aber Heaviside recht, so muss ja die Frage über die Bewegung oder die Ruhe des Aethers ganz indifferent sein, was die Erklärung der Aberration

betrifft, und man würde grössere Freiheit in der Ausarbeitung der elektromagnetischen Theorie haben.

Um aber jetzt zu meinen Einwänden zu kommen, so betreffen sie die dynamischen Konsequenzen des Prinzipes über der absoluten Ruhe des Aethers. Als eine solche Konsequenz heben Sie selbst ausdrücklich die folgende hervor (S. 163): Man kann die „Spannungen im Aether“ keine reelle Existenz zuschreiben, und die darauf bezüglichen Gleichungen darf man nur als bequeme Rechnungsformeln ansehen.^[6] Ist nicht dieses den Geist aufzugeben, welcher die Faraday-Maxwell'sche Theorie geschaffen und belebt hat? Beide diese Forscher setzten sich als erstes Ziel, die Wirkungen in die Ferne auf Spannungen in einem raumerfüllenden Medium zurückzuführen. Während der Verfolgung dieses Zieles ist das formalistische Apparat, die Maxwell'schen Gleichungen, gefunden worden. Zwar ist es jetzt nicht allgemein, die ganze Maxwell'sche Theorie eben nur in diesen Gleichungen zu erblicken. Wenn man aber diese Gleichungen so hoch schätzt, ist es dann rathsam die leitende Gedanke wegzuerwerfen, die zu Resultaten solcher Bedeutung geführt hat? Ich gebe gerne zu, dass weder Maxwell selbst noch seine Nachfolger vermocht haben, die Spannungen in befriedigender organischer Verbindung mit den Feldgleichungen zu bringen. Ja, persönlich bin ich sogar geneigt zu glauben, dass die Maxwell'schen Spannungen eine ganz falsche Lösung des Spannungsproblems geben, und dass in diesem Sinne die Spannungsformeln, wie wir sie jetzt haben, vielleicht nur bequeme Rechnungsformeln sind. Das Prinzip, dass die ponderomotorischen Kräfte auf Druck oder Spannungen im Aether zurückzuführen sind, möchte ich aber deshalb nicht aufgeben. Denn dadurch giebt man ja die Möglichkeit auf, je die Anziehung elektrischer oder magnetischer Theilchen zu begreifen — das Wort begreifen in derselben Weise zu verstehen, wie wenn ich sage, dass ich die Anziehung pulsierender Kugeln in einer Flüssigkeit begreife.^[7] Mit der Einführung des Principes von dem ruhenden Aether ist man deshalb, wie mir scheint, ganz zum Standpunkte der Fernwirkungslehre zurückgekehrt, nur dass man ein formalistisches Apparat, die Feldgleichungen, der Maxwell'schen Theorie entnommen hat.

Ich kann denselben Einwand auch in anderer Form kleiden. Wenn man das Prinzip von der Ruhe des Aethers in die Spitze gestellt hat, so hat man damit auch jede Gedanke an einer Möglichkeit einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen aufgegeben. Die elektrischen Vektoren sollen gewisse Zustände in Aether darstellen. Wenn aber Bewegungen des Äthers nicht vorkommen darf, so kann man nicht diese Zustände mehr als mechanische Verrückungs- oder Bewegungszustände auffassen. Die Energetiker, welche keine mechanische Theorien wollen, erblicken vielleicht hierin einen Vorteil. Aber selbst zugegeben, dass vielleicht nicht alle Naturerscheinungen einer mechanischen Erklärung fähig sind, so finde ich es bedenklich solche Wege einzuschlagen, dass man *im voraus* von der Möglichkeit mechanischer Theorien absieht oder den Anteil der Mechanik beschränkt.

Im Principe von dem ruhenden Aether kann ich deshalb nur einen vorläufigen modus vivendi sehen, und eben in der Berücksichtigung der Bewegungen des Aethers den grössten Fortschritt der elektromagnetischen Theorien erblicken. Die

Bewegungen können meinentwegen so klein sein, dass sie bei der Messung der Aberationskonstante nicht in Betracht kommen, und die jetzige Elektronentheorie mag dadurch im grossen unverändert bleiben, nur dass die Ruhe des Aethers nicht mehr so streng zu nehmen wird, — das sind alles Fragen welche ich der Zukunft überlassen muss.

Ich hoffe, dass Sie mir diese Bemerkungen nicht übel nehmen. Auch bin ich der ganz negativen Natur meiner Kritik wohl bewusst, was positives zu bringen habe ich nicht. Sei es auch zu Entschuldigung wegen meiner vielen Worte angeführt, dass ich hier in wissenschaftlicher Hinsicht ganz isoliert lebe. Es giebt im ganzen Schweden kein einziger, mit dem ich Fragen dieser Art diskutieren kann, und ausserhalb Schweden komme ich nur sehr selten.

Sie sind so freundlich in Ihrem Briefe nach der Gesundheit meines Knaben zu fragen. Wir haben in der That in diesem Frühjahr und Sommer einen recht schweren Krisis mit ihm durchlebt. Er hat eine räthselhafte Krankheit epileptischer Natur. Jetzt ist die Krankheit wieder, durch vergrösserte Bromkaliumdosen, überwunden, für wie lange Zeit können wir aber nicht wissen, und jedenfalls wirkt die Medizin in diesen grösseren Dosen stark auf seinen Geistesfähigkeiten. Das ist sehr Schade, da er ja, in gewissen Richtungen jedenfalls, Zeichen ganz ausserordentlicher Gedankenshärfe zeigt. Vielleicht ist es eben das Unglück, dass sowohl Vater und Mutter, als auch beide Grossväter sehr [---] Geistesarbeiter gewesen sind. Körperlich ist er stark, und das giebt ja Hoffnung. Die drei anderen Knaben sind körperlich und geistig gesund und normal, und machen uns — im grossen und ganzen — nur Freude.

Mit den besten Grüssen auch von meiner Frau, welche Ihre freundliche Teilnahme wegen unserer häuslichen Sorgen sehr gerührt hat, und mit der Bitte uns Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen

Ihr ergebener

V. Bjerknes.

^[1]Lorentz to Vilhelm Bjerknes, 30 July 1904 (Geophysics Institute, Stockholm).

^[2]Reprints of *Lorentz 1904e, 1904f*.

^[3]Lorentz had visited Bjerknes when he was in Stockholm in Devenber 1902 to receive the Nobel Prize (see Lorentz to Vilhelm Bjerknes, 9 March 1903).

^[4]Bjerknes's hydrodynamic researches were in particular concerned with phenomena in the atmosphere and in the oceans.

^[5]*Heaviside 1889*.

^[6]*Lorentz 1904f*, p. 163.

^[7]Bjerknes had spent considerable time working out and publishing his father Carl Anton Bjerknes's (1825–1903; Professor of Mathematics at the University of Kristiania) work in hydrodynamics (see *Bjerknes 1900–02*). One of the results of the elder Bjerknes was that harmonically pulsating spheres moving in a frictionless fluid attract or repel each other, depending on the relative phase of the pulsations.

117. From Wilhelm Wien, 14 September 1904

Handwritten letter in German script.

Würzburg 14/9/04

Hochgeehrter Herr Kollege!

Zunächst möchte ich Ihnen meinen herzlichen Dank für die gemüthlichen Stunden aussprechen, die ich bei Ihnen zubringen durfte.^[1] Ich werde mich immer gern an sie erinnern und nur bedauern, dass ich nur selten Gelegenheit habe, mit Ihnen zusammen zu kommen. Ich sende Ihnen beifolgend zwei Aufnahmen, die ich von Ihnen in Katwijk^[2] machte und die mir eine werthvolle Erinnerung bleiben werden.

Ferner erlaube ich mir Ihnen die Betrachtung über den Michelsonschen Versuch bei Strahlengang im Wasser zu schicken, über den wir gesprochen haben. Es ist das ganze natürlich sehr hypothetisch, aber für den Fall, dass das Experiment gemacht werden sollte, ist es doch vielleicht nicht überflüssig einige Anhaltspunkte über die Grösse des zu erwartenden Effekts zu haben.

Mit besten Grüßen

Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letter 115 for Wien's visit.

^[2]Katwijk is a village on the North Sea, not far from Leiden.

118. To Wilhelm Wien, 2 November 1904

Handwritten letter (private collection).

Leiden, den 2 November 1904.

Hochgeehrter Herr College,

Ich muss Sie vielmals um Entschuldigung dafür bitten, dass ich nicht schon viel früher Ihr freundliches Schreiben^[1] beantwortet und für die beigelegten Photographien meinen Dank ausgesprochen habe. Sie haben mir damit viele Freude gemacht; meine Frau sagt, die Bilder seien sehr ähnlich und bleiben dieselben für mich eine sehr angenehme Erinnerung an Ihren Besuch. Nur bedaure ich, dass Sie Ihr Bild nicht zu gleicher Zeit geschickt haben; die erste Photographie, die ich je gemacht habe.

Anbei schicke ich Ihnen Ihre Betrachtung über den M'schen Versuch zurück; von dem Inhalt habe ich einen Auszug gemacht. Sie haben vollständig Recht; in dieser Frage, wo Alles noch so unsicher ist, ist es nützlich, einmal unter bestimmten Voraussetzungen die Rechnung durchzuführen.

Ich erlaube mir die Bemerkung, dass auf p. 2 wohl $E + Nw$, statt $E + w$ geschrieben werden muss (N Anzahl Moleküle pro volumeneinheit), aber das ändert nichts an dem Resultat. Vielleicht haben Sie schon in der Gleichung 2) die Gesamtheit aller in der Volumeneinheit liegenden Teilchen ins Auge gefasst.

Die Berechnung auf p. 3 kann, wie mir scheint, etwas kürzer gefasst werden. Da wir nu einmal ein an der Translation teilnehmendes Koordinatensystem eingeführt haben, und also die Erscheinungen relativ zur Materie betrachten, so brauchen wir gar nicht wieder zu den Bewegungen relativ zum Äther zurückzukehren. Die gesuchte Zeit ergibt sich also sofort zu

$$\frac{l}{\left(\frac{n}{b}\right)_1} + \frac{l}{\left(\frac{n}{b}\right)_2},$$

wenn $\left(\frac{n}{b}\right)_1$ und $\left(\frac{n}{b}\right)_2$ die für die beiden Fortpflanzungsrichtungen in Betracht kommenden Werte sind.

Mit Ihren Rechnungen auf p. 4–6 kann ich mich nicht ganz einverstanden erklären. Wenn man mit den Lichtstrahlen arbeiten will, so hat man zu berücksichtigen, dass diese von der Wellennormale abweichen, und die Richtungen genau festzusetzen. Ich habe auf den Blättern, die ich Ihnen zukommen lasse, die Rechnung in der Weise durchgeführt, dass ich die Formeln für die verschiedenen Wellensysteme entwickle. Wenn Sie sich die Mühe geben wollen, dieses zu lesen, so werden Sie mir, wie ich hoffe, zustimmen, dass mein Wert für die Phasendifferenz in einwurfsfreier Weise aus Ihrer Grundgleichung abgeleitet worden ist. Der Größenordnung nach stimmt es mit Ihrem Resultat überein.

Mit besten Grüßen von uns beiden, auch an Ihre Frau Gemahlin,
Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

^[1]Letter 117.

119. From Arnold Sommerfeld, 6 November 1904

Handwritten letter.

Aachen 6.XI.04.

Verehrter Herr Professor!

Morgen werde ich die Ehre haben, Ihnen eine Note II über Elektronen zuzuschicken. Da ich glaube, dass Sie Note I bisher nur in den Korrekturbogen haben, werde ich mir erlauben diese beizulegen.^[1]

Wenn Sie die zum Teil etwas überraschenden Resultate, z.B. bei Überlichtgeschwindigkeit, kritisieren wollen, würde ich Ihnen sehr dankbar sein. Gerade die

absurden Resultate von pag. 408 scheinen sich übrigens in den Paschen'schen Beobachtungen über γ -Strahlen zu bewähren (noch nicht veröffentlicht).^[2]

Inzwischen habe ich gesehen, dass sich an meinen Rechnungen manches vereinfachen lässt. Namentlich kann ich die ganze langweilige Darstellung durch das Fourier'sche Integral in Note I ersetzen durch eine Anwendung des Green'schen Satzes, die nur wenige Seiten einnimmt. Hierbei tritt auch das Verhältnis meiner Formeln zu den Ihrigen deutlich hervor, indem ich zunächst eine umfassendere Formel finde, aus der man durch Ausführung des Zeitintegrals Ihr retardiertes Potential, durch Ausführung des Ladungsintegrals meine Formeln erhält. Auch bei der Ableitung der Kraft \mathfrak{F} für das bewegte Elektron kann ich bereits manches gegenüber Note II vereinfachen.

Ich habe die betr. Vereinfachungen und Ergänzungen in einer mässig starken Abhandlung von höchstens 1 Bogen zusammengestellt. Es wäre mir eine Ehre, wenn Sie dieselbe in der Amsterdamer Akademie vorlegen wollten.^[3] An die Göttinger Akademie habe ich ohnehin bald noch eine Note III über die Natur der γ -Strahlen zu schicken.^[4] Ich bitte Sie sehr um eine kurze Mitteilung, ob ich Ihnen die Arbeit schicken darf. Wenn es nicht üblich ist, dort auswärtige Arbeiten vorzulegen, so schreiben Sie mir bitte ohne Gêne ab. Das endgültige Urteil, ob Sie die Arbeit der Akademie zum Druck empfehlen wollen, werden Sie natürlich erst fällen, wenn Sie dieselbe gesehen haben.

Dabei noch eine Frage wegen der Sprache. Es wäre mir natürlich lieb, wenn die Arbeit deutsch gedruckt werden könnte. Andererseits würde es mir keine Schwierigkeit machen, eine holländische Übersetzung anfertigen zu lassen, da ich einen Studenten habe, der sowohl Holländisch wie Elektronentheorie versteht. Ist es ferner etwa erwünscht, wenn ich für die „Proceedings“ eine englische Übersetzung mitschicke? Alle diese Fragen für den Fall, dass Sie die Arbeit überhaupt brauchen können.^[5]

Hat eigentlich Levi-Civita mit seinen Prioritäts-Reklamationen recht?^[6] Und soll auf den nächsten Encyclopädie-Umschlag eine diesbez. Notiz kommen? Ich bin gerne bereit, die Sache zu untersuchen, wenn Sie es nicht schon gethan haben.

Entschuldigen Sie gütigst die Mühe, die ich Ihnen mit der beabsichtigten Zusendung mache!

In alter Verehrung

Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]The papers are *Sommerfeld 1904b* and *1904a*, respectively. Sommerfeld had sent the proofs of the first paper in May (see Letter 107).

^[2]The absurd conclusion is that for retarded motion a greater force is needed than for an accelerated one. Friedrich Paschen (1865–1947) was Professor of Physics at the University of Tübingen; see *Paschen 1904* for his experimental results.

^[3]The paper was published as *Sommerfeld 1904c*.

^[4]This paper appeared as *Sommerfeld 1905*.

^[5]*Sommerfeld 1904c* appeared first in Dutch in the *Zittingsverslagen* and then in English translation in the *Proceedings* of the Royal Dutch Academy of Sciences.

^[6]In a letter to Lorentz of 25 June 1904 Tullio Levi-Civita (1873–1941; Professor of Mathematics at the University of Padua) had complained that Lorentz makes no reference to *Levi-Civita 1897* in *Lorentz 1904e*. In his reply (Lorentz to Levi-Civita, draft, 9 July 1904) Lorentz confessed that he had wanted to refer to this paper but that it had slipped his mind and promised to refer to it in a future paper. Judging from his reply of 13 July, Levi-Civita was fully satisfied with Lorentz's explanation.

120. From Arnold Sommerfeld, 14 December 1904

Handwritten letter. The year is inferred from the reference to Sommerfeld's publication in the *Proceedings* of the Amsterdam Academy of Sciences.

Aachen 14.XII.

Verehrter Herr Professor!

Nachdem nun auch die englische Korrektur abgeschickt ist, möchte ich Ihnen nochmals herzlich danken für Ihre Freundlichkeit, mit der Sie meine Arbeit in Amsterdam vorgelegt haben, und für die grosse Mühe, die Sie auf meine holländische Korrektur verwandt haben.^[1] Ich war überrascht, dass wir in den Formeln soviel Fehler stehen gelassen hatten. Ihre Korrekturen waren alle zutreffend. Wenn zwei, ich meine meinen holländischen Studenten und mich, sich in eine Arbeit teilen, so wird sie weniger gründlich gemacht, als wenn einer sie allein macht. In der englischen Übersetzung habe ich auch die von Ihnen vermissten Beweise über die Wurzeln ϵ nachgetragen. Ich werde übrigens Ihre Zeit nicht so bald wieder durch ein ähnliches Anliegen misbrauchen.

Nach dem, was mir Paschen über seine neuesten Versuche mitteilt, muss ich annehmen, dass bei den γ -Strahlen wirklich Überlichtgeschwindigkeit realisiert wird.^[2] Ich wollte dies ursprünglich in der holländischen Note erwähnen, habe es aber schliesslich fortgelassen, weil es mir nicht ganz sicher schien. Für die Frage, ob deformierbares oder starres Elektron^[3] werden die Paschen'schen γ -Strahl-Versuche jedenfalls maassgebend sein.

Nochmals herzlichen Dank!

Ihr aufrichtig ergebener

A. Sommerfeld.

^[1]See Letter 119 for Sommerfeld's paper in the *Zittingsverslagen* and the *Proceedings* of the Royal Dutch Academy of Sciences.

^[2]See Letter 119, note 2, for Paschen's results.

^[3]A reference to the controversy whether the electron was deformable, as in Lorentz's electron theory, or rigid, as in Max Abraham's theory. See *Miller 1981*, secs. 1.10 and 1.12, for more details and a historical discussion.

121. To Woldemar Voigt, 18 December 1904

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 18 Dez. 1904.

Lieber Freund und verehrter Kollege,

Viel zu lange schon habe ich versäumt Ihnen für die freundliche Zusendung des zweiten Bandes Ihrer Thermodynamik zu danken und zu der Vollendung dieses Werkes zu gratulieren.^[1] Anfangs hoffte ich, das Buch vorher lesen zu können, aber obgleich es immer auf meinem Pulte lag, habe ich leider nicht dazu kommen können; damit muss ich also bis in den Weihnachtsferien warten.

Wir haben es sehr bedauert, dass Sie mit Ihrer Gemahlin auf der Rückreise von England Leiden nicht haben besuchen können, was uns eine grosse Freude gemacht hätte. Ich befinde mich jetzt in einer ähnlichen Lage. Ich werde nämlich übermorgen einen Vortrag im Elektrotechnischen Verein in Berlin halten^[2] und habe darüber gedacht, auf dem Heimwege Göttingen zu besuchen, aber das wird doch nicht gehen. Ich muss Samstag in Amsterdam sein^[3] und möchte gern in Berlin, wo ich noch nie war, Einiges sehen.

Meine Frau und ich machen aber immer Pläne, einmal zusammen zu reisen und dann besuchen wir Sie gewiss, wenn unser Weg in die Richtung von Göttingen geht; wir freuen uns immer darauf.^[4]

Für den Augenblick müssen wir uns damit begnügen, Ihnen und den Ihrigen in dieser Weise ein fröhliches Weihnachtsfest und ein recht glückliches Neujahr zuzuwünschen.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

Haben Sie auch besten Dank für die Zusendung der Dissertation von Dr. Robb;^[5] die ist sehr interessant. Wohnt er noch in Göttingen?

^[1]See Letter 112.

^[2]See *Lorentz, 1905a*.

^[3]Presumably to attend the meeting of 24 December of the Section of Sciences of the Royal Dutch Academy of Sciences.

^[4]Cf. Letter 148.

^[5]See *Robb 1904* for a summary of the dissertation, which dealt with the Zeeman effect. See also Lorentz's critical comments in *Lorentz, 1909i*, pp. 114–115.

122. From Woldemar Voigt, 29 December 1904

Handwritten letter.

Göttingen 29.12.04.

Verehrter Freund!

Zum neuen Jahre sende ich Ihnen und den lieben Ihrigen die herzlichsten Glückwünsche. Mögen Ihnen Allen Gesundheit beschieden sein und auf dieser Grundlage Freude im Hause wie im Amte; für uns wird daraus von selbst das Geschenk neuer bedeutungsvollen Arbeiten Ihres Geistes erblühen.

Dass Sie daran gedacht haben, Ihre Reise nach Berlin über Göttingen zu lenken, ist sehr freundlich;^[1] und da Sie jetzt nicht kommen konnten dürfen wir vielleicht hoffen, dass Sie sich durch eine Einladung zur Einweihung unseres neuen Institutes im Herbst 1905 werden nach hier ziehen lassen.^[2] Das Gebäude steht fertig und ist gross und stattlich; leider sind bisher die Mittel zur Ausrüstung knapp bemessen.

Für die Zusendung der neuen Auflage Ihrer Naturkunde danke ich Ihnen herzlich.^[3] Es ist mir immer von Neuem erstaunlich, was Sie Alles vollbringen.

Ich beschäftige mich seit längerer Zeit mit electro-optischen Beobachtungen. Lange habe ich nach der electricischen Doppelbrechung in Na-Dampf in der Nähe der D-Linien gesucht, die unzweifelhaft vorhanden ist. Aber es ist *so schwierig* in Na-Dampf ein merkliches electricisches Feld hervorzubringen, dass ich die Untersuchung betrübt abgebrochen habe.^[4]

Jetzt will ich die Aussagen der Theorie über die Dispersion der electricischen Doppelbrechung in festen u. flüssigen Körpern prüfen. Auch hier liegen grosse experimentelle Schwierigkeiten vor, — schon bei der Beschaffung *wirklich guter* Nicols beginnen sie!

In meinem Hause geht's gut. Der Sommer hat mir den 3. u. 4. Enkel gebracht — bei meinen beiden ältesten Kindern.

Meine Frau grüsst herzlich und ich bleibe in treuer Verehrung
Ihr ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letter 121.

^[2]In 1905 the two physics institutes of the Göttingen university (under the directorship of Eduard Riecke and Voigt, respectively) moved into a new building. On 9 December 1905 the buildings were officially inaugurated. From the Netherlands Pieter Zeeman attended the ceremony. See *Voigt 1906* for Voigt's lecture at the occasion.

^[3]The first volume of the fourth edition of *Lorentz 1888a*.

^[4]Cf. Letter 112. See *Voigt 1908c*, p. 381, for comments on the failure to detect electric double refraction in sodium and other substances.

123. From Wilhelm Wien, 3 January 1905

Handwritten letter in German script.

Würzburg 3/1/05

Sehr geehrter Herr Kollege!

Zunächst möchte ich Ihnen meine herzlichsten Glückwünsche zum neuen Jahr aussprechen, ferner Ihnen für Ihren letzten Brief^[1] danken. Ihre Rechnung des Michelsonschen Versuchs in Wasser ist jedenfalls strenger als meine und wird daher wohl auch das richtige Resultat ergeben. Von Wichtigkeit scheint mir zu sein, dass ein positives Resultat herauskommt, und es müsste der Versuch jedenfalls gemacht werden.

Ich würde ausserdem gern Ihre Meinung hören über die Ausführbarkeit des Versuchs mit den beiden Zahnrädern unter Benutzung synchroner Wechselstrommotoren.^[2] Soweit ich sehe, kann ein gewöhnlicher Wechselstrom, wenigstens nicht in Gliedern erster Ordnung, in Bezug auf Frequenz und Phase durch die Erdbewegung beeinflusst werden. Ich habe allerdings keine Rechnung darüber an gestellt, die ja auch sehr verwickelt sein würde. Wenn es sich aber so verhält, so würde wohl der Versuch mit Wechselstrommotoren von vielen Polen ausführbar sein. Ich habe das auch an Michelson geschrieben.

Dann möchte ich Sie noch bitten, mir die Veränderung zukommen zu lassen, die Sie an dem Capitel über Ihre Dispersionstheorie in der Enzyklopädie angebracht wünschen.^[3] Ich möchte das Manuscript bald an Sommerfeld schicken.

Die letzten Rechnungen Sommerfelds über Elektronentheorie^[4] haben mich sehr interessirt, aber auch in mir die Neigung, theoretisch in dieser Richtung zu arbeiten, verschwinden lassen. Das ist mir zu complizirt und schwierig und ich habe fast den Eindruck, als ob es da ebenso ginge wie mit der kinetischen Gastheorie, wo die Fruchtbarkeit aufhörte, als die Theorie zu verwickelt wurde.

Gegenwärtig arbeite ich wieder experimentell. Hoffentlich sehen wir uns in diesem Jahre wieder.

Mit den besten Grüßen von Haus zu Haus
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]Letter 117.

^[2]Cf. Letter 109. See Letter 124 for Lorentz's comments; see also *Wien 1904e*.

^[3]The section on dispersion of Wien's article on the electromagnetic theory of light (*Wien 1909a*). See also Letter 124.

^[4]*Sommerfeld 1904a, 1904b*. See also Letters 107 and 119 for comments by Sommerfeld.

124. To Wilhelm Wien, 13 February 1905

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 13/2 1905.

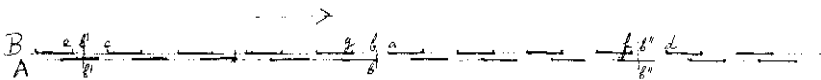
Sehr geehrter Herr Kollege,

Wie schon so oft muss ich wieder mit der Bitte anfangen, zu entschuldigen, dass ich erst jetzt Ihre Fragen beantworte und Ihre freundlichen Glückwünsche zum Jahreswechsel erwidere.^[1] Wenn ich es auch nicht zur rechten Zeit gesagt habe, so wissen Sie doch, dass es uns sehr freuen wird, wenn es dem Hause Wien recht gut geht.

In den letzten Tagen bin ich endlich dazu gekommen, den von Ihnen geplanten Versuch mit den Zahnrädern genauer zu betrachten.^[2] Leider haben meine Erwägungen mich zu dem Schluss geführt, dass Sie mit demselben Ihren Zweck nicht würden erreichen können. Indes würde es mich freuen, wenn Sie in dem Folgenden einen Fehler finden könnten.

Ich setze die Möglichkeit voraus, eine Rotationsgeschwindigkeit konstant zu erhalten und zwei entfernte Räder *A* und *B* mit *gleicher* Geschwindigkeit laufen zu lassen. Wir können ja in irgend einer Weise, jedesmal wenn ein Zahn von *A* einen bestimmten Punkt passiert, ein elektrisches Signal von *A* nach *B* hinschicken und es so einrichten, dass in der Zeit zwischen zwei Signalen das Rad *B* genau um einen Zahn weiter geht. Indes, da die Signale eine gewisse Zeit brauchen um von *A* nach *B* zu gelangen, so können wir nicht so leicht erreichen, dass die Räder in jedem Augenblick gleiche Stellung haben, und wenn uns die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Signale unbekannt ist, so können wir von der relativen Lage der beiden Räder in einem bestimmten Augenblick nichts wissen. Ich nehme daher zunächst an, dass uns diese Lage unbekannt sei und dass wir nur wissen, dass die Drehgeschwindigkeiten übereinstimmen.

Es sei l die Entfernung der Räder, v_1 die Geschwindigkeit in der Richtung $A \rightarrow B$; v_2 die Geschw. in der Richtung $B \rightarrow A$, $t_1 = \frac{l}{v_1}$, $t_2 = \frac{l}{v_2}$.



In dieser Figur bedeutet die obere Linie die Peripherie des Rades *B*; die Tintenstriche sollen die Zähne andeuten. Die untere Figur (die ich auf derselben Linie hätte zeichnen sollen) bezieht sich in derselben Weise auf das Rad *A*; wir denken uns dieses auf die Ebene von *B* projiziert. Haben die beiden Räder die hier dargestellte gegenseitige Lage und dreht man sie dann langsam, so wird man bei jeder Richtung der Lichtstrahlen eine Lichtintensität beobachten, die der Strecke ab proportional ist.

Gesetzt nun, die Räder drehen sich rasch in der Richtung des Pfeils (Geschwindigkeit der Peripherie w), das Licht pflanze sich von *A* nach *B* hin fort und die ge-

zeichnete Lage bestehe in dem Augenblick, wo eine bestimmte Welle das Rad A passiert. In der Zeit, während welcher die Welle die Entfernung l zurücklegt, hat sich die obere Figur nach rechts um die Strecke wt_1 verschoben. Wir können aber die gegenseitige Lage der Figuren ebenso gut erhalten, wenn wir die untere gleichviel nach links verschieben. Der Punkt b komme dabei in b' ; offenbar ist dann die beobachtete Lichtstärke der Entfernung $b'c$ proportional. $bb' = wt_1$.

Zweitens betrachten wir den Fall, dass das Licht in der Richtung $B \rightarrow A$ geht. Die in der Figur angedeutete Lage bestehe jetzt in dem Augenblick, wo eine Welle das Rad B passiert. In der Zeit t_2 während welcher das Licht die Entfernung der Räder durchläuft, geht das Rad A um die Strecke $bt_2 = wt_2$ weiter. Die Lichtstärke wird durch $b''d$ bestimmt.

Könnte man in beiden Fällen die Lichtstärke messen, so liesse sich daraus, wenn auch die anderweitigen dazu erforderlichen Grössen bekannt wären, die Lage von b' in der Lücke ce und die von b'' in der Lücke df ableiten. Daraus würde man (da die ganze Zahl der zwischenliegenden Zähne bei den Versuchen leicht bestimmt werden könnte) auf die Entfernung $b'b'' = w(t_1 + t_2)$ schliessen können. Diese könnte man übrigens auch dann schon angeben, wenn man nur aus der Differenz der beobachteten Lichtstärken die Differenz von $b''d$ und $b'c$ abgeleitet hätte. Es zeigt sich in dieser Weise, dass der Versuch nur den Wert von $t_1 + t_2$ ergibt, also gerade das, was man auch aus dem Fizeau'schen Versuch ableitet. (Ich habe angenommen, dass in beiden Fällen die Lichtstärke gemessen wird; man würde es so einrichten können, dass diese wenigstens in einem Fall den Wert Null hat.)

Wollte man t_1 und t_2 , also auch v_1 und v_2 einzeln bestimmen, so müsste man die Lage des Punktes in b in der Lücke ag kennen. So weit würde man es bringen können, wenn die Bewegung in solcher Weise von dem einen Rade auf das andere übertragen würde, dass man die Lage von A bei Abgabe der Signale und die von B im Augenblick, wo diese ankommen, genau kennt, und wenn ausserdem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v_s der Signale bekannt wäre. Offenbar ist es nun unmöglich, diese letztere mit einer dem Zweck entsprechenden Genauigkeit zu ermitteln.

Ich will noch hinzufügen, dass sogar dann v_1 und v_2 unbekannt bleiben, wenn man annimmt, dass die Signale mit derselben Geschwindigkeit v_1 wie das Licht von A nach B gehen. Man sieht leicht, dass dann die durch die Strecke $b'c$ bestimmte Lage der Zähne von B gegen die von A eben die Lage ist, welche man den Rädern gegen einander zuschreiben würde, wenn man die Fortpflanzung der Signale als instantan betrachtete. In diesem Fall würde also die genaue Kenntnis der Übertragungsweise uns in den Stand setzen, die bei der Strahlrichtung $A \rightarrow B$ beobachtete Lichtstärke im Voraus anzugeben; die Länge der Strecke bb' bliebe aber unbekannt.

— — — —

Ich komme jetzt zu der Vereinfachung meiner Formeln in „La théorie électromagnétique de Maxwell etc.“, Arch. néerl. T.25, chap. VI §122, u.s.w.^[3] In demselben bedeuten f , g , h (durch (116) bestimmt) die Komponenten der elektrischen Erregung (Bezeichnung der Math. Encykl.), welche in einer kugelförmigen

Höhlung bestehen würde, insofern dieselbe von den elektrischen Momenten der ausserhalb dieser Höhlung liegenden Moleküle herrührt, f_0, g_0, h_0 (§126), die Komp. der sonst noch bestehenden elektrischen Erregung; $\alpha, \beta, \gamma; \alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ die Komp. der entsprechenden Teile der magnetischen Kraft, $\mathbf{M}_x, \mathbf{M}_y, \mathbf{M}_z$ die Komp. der elektrischen Polarisation (elektrisches Moment pro Volumeneinheit), \mathfrak{M} ein Hilfsvektor; \mathfrak{M} ist, wie man aus (117) ersieht, das Vektorpotential, von dem die magnetische Kraft (α, β, γ) abhängt.

Ich nenne nun zunächst den Vektor \mathfrak{H} mit den Komponenten

$$\mathfrak{H}_x = \alpha_0 + \alpha, \quad \mathfrak{H}_y = \beta_0 + \beta, \quad \mathfrak{H}_z = \gamma_0 + \gamma \quad (1)$$

die *magnetische Kraft*.

Weiter bemerke ich, dass die Komp. der elektrischen Erregung in einer langen und engen cylindrischen Höhlung, deren Achse die Richtung von \mathbf{M} hat, die Werte

$$f - \frac{1}{3}\mathbf{M}_x + f_0, \quad g - \frac{1}{3}\mathbf{M}_y + g_0, \quad h - \frac{1}{3}\mathbf{M}_z + h_0$$

haben. Diese Grössen, mit $4\pi V^2$ multipliziert (vgl. §49) kann man füglich die Komp. der *elektrischen Kraft* \mathfrak{E} nennen; also

$$\mathfrak{E}_x = 4\pi V^2 \left(f - \frac{1}{3}\mathbf{M}_x + f_0 \right), \quad \text{u.s.w.} \quad (2)$$

Schliesslich setze ich

$$\frac{1}{4\pi V^2} \mathfrak{E} + \mathbf{M} = \mathfrak{D}, \quad (3)$$

und nenne diesen Vektor *die elektrische Erregung im ponderablen Körper*.

Aus den beiden Formeln^[4]

$$\beta = \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_x}{\partial z \partial t} - \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_z}{\partial x \partial t}, \quad \gamma = \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_y}{\partial x \partial t} - \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_x}{\partial y \partial t},$$

welche sich zu (117) gesellen, folgt

$$\frac{\partial \gamma}{\partial y} - \frac{\partial \beta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_y}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_z}{\partial x \partial z} - \Delta \mathfrak{M}_x \right\},$$

oder, wenn man (116) benutzt

$$\frac{\partial \gamma}{\partial y} - \frac{\partial \beta}{\partial z} = 4\pi \left\{ \frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{3} \frac{\partial \mathbf{M}_x}{\partial t} \right\} + \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_x}{\partial t^2} - \Delta \mathfrak{M}_x \right\}.$$

Ich addiere die Formel

$$\frac{\partial \gamma_0}{\partial y} - \frac{\partial \beta_0}{\partial z} = 4\pi \frac{\partial f_0}{\partial t}, \quad (\text{vgl. (10)})$$

Mit Rücksicht auf (1) und (2) ergibt sich dan

$$\frac{\partial \mathfrak{H}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{H}_y}{\partial z} = \frac{1}{V^2} \frac{\partial \mathfrak{E}_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \mathfrak{M}_x}{\partial t^2} - \Delta \mathfrak{M}_x \right\}.$$

Substituiert man für das letzte Glied den aus (123) folgenden Wert und beachtet man (3), so erhält man

$$\frac{\partial \mathfrak{E}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{E}_y}{\partial z} = 4\pi \frac{\partial \vartheta_x}{\partial t} \quad \text{u.s.w.} \quad (\text{I})$$

Weiter liefern uns die beiden Gleichungen für g und h welche der Formel (116) entsprechen,

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(h - \frac{1}{3} \mathbf{M}_z \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(g - \frac{1}{3} \mathbf{M}_y \right) = -\frac{1}{4\pi V^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial \mathfrak{M}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{M}_y}{\partial z} \right),$$

oder, wenn man den letzten Ausdruck der Gleichung (117) entnimmt,

$$4\pi V^2 \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(h - \frac{1}{3} \mathbf{M}_z \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(g - \frac{1}{3} \mathbf{M}_y \right) \right] = -\frac{\partial \alpha}{\partial t}.$$

Wir haben jetzt nur noch zu addieren

$$4\pi V^2 \left(\frac{\partial h_0}{\partial y} - \frac{\partial g_0}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \alpha_0}{\partial t}$$

(vgl. §49) und (1) u. (2) zu berücksichtigen, um das einfache Resultat

$$\frac{\partial \mathfrak{E}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{E}_y}{\partial z} = -\frac{\partial \mathfrak{E}_x}{\partial t}, \text{ u.s.w.} \quad (\text{II})$$

zu erhalten.

Die Beziehung zwischen \mathfrak{E} und \mathbf{M} ist in (122) enthalten. Für die rechte Seite dieser Gleichung lässt sich schreiben (vgl. (116) und (2))

$$4\pi V \left(f - \frac{1}{3} \mathbf{M}_x + f_0 \right) = \frac{1}{V} \mathfrak{E}_x,$$

sodass

$$\frac{1}{q} \mathbf{M}_x + \frac{\kappa}{Ne^2 V} \frac{\partial^2 \mathbf{M}_x}{\partial t^2} = \frac{1}{V} \mathfrak{E}_x$$

wird. Für unendlich langsame Schwingungen verwandelt sich dies in

$$\mathbf{M} = \frac{q}{V} \mathfrak{E}$$

also, nach (3)

$$\vartheta = \left(\frac{1}{4\pi V^2} + \frac{q}{V} \right) \mathfrak{E} = \frac{1 + 4\pi q V}{4\pi V^2} \mathfrak{E} = \frac{K}{4\pi V^2} \mathfrak{E}$$

(vgl. §108).

Sie sehen, dass man in dieser Weise die Formeln in der jetzt allgemein üblichen Gestalt erhält. Es tut mir nur leid, dass ich das damals nicht gleich bemerkt habe; ich hätte mir den Kunstgriff von §129 ersparen können.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr ergebenster

H.A. Lorentz

Ich glaube Ihnen noch nicht für die freundliche Zusendung der Katwijker Photographien gedankt zu haben;^[5] dieselben haben den Kindern viele Freude gemacht.

Nur Schade, dass Ihr Portrait nicht dabei war. Es wäre mir sehr lieb, wenn Sie mir dieses (oder ein anderes) schenken wollten.

^[1]See Letter 123.

^[2]See Letter 124, note 2.

^[3]*Lorentz, 1892f.* The simplification communicated here was taken over by Wien in the section dealing with Lorentz's theory of dispersion in *Wien 1909a* (sec. 21, pp. 162–166). In a footnote Wien states: "Der folgende Darstellung liegt eine freundliche persönliche Mitteilung von Herrn H. A. Lorentz zugrunde."

^[4]The equations below follow from \mathfrak{M} being the vector potential; (117) is the corresponding equation for α .

^[5]See Letter 118 for Lorentz's earlier acknowledgement of receipt of the pictures.

125. From Wilhelm Wien, 15 February 1905

Handwritten letter in German script. Letterhead of the Physikalisches Institut Würzburg.

15/2/05

Geehrtester Herr Kollege!

Ich stimme mit Ihnen überein, dass man für den Zahnräderversuch ausser der constanten Drehungsgeschwindigkeit die Phase beider Räder kennen muss.^[1] Aber ich sehe nicht ein, weshalb dies den ganzen Versuch unmöglich machen soll. Klar ist, dass der Versuch gehen wurde, wenn man beide Räder auf einer gemeinsamen Axe montirte. Also principiell geht er. Die Frage ist nur, ob man ihn auch wirklich ausführen kann. Darüber bin ich mir nicht ganz im klaren. Wenn wir zwei synchrone Wechselstrommotoren laufen lassen, die in Phase und Drehungsgeschwindigkeit übereinstimmen, hängt dann die Phase von der Erdbewegung ab? Bei einem Wechselstromkreise ist die Phase im ganzen Stromkreis gleich. Wenn beide Motoren synchron laufen ohne dass Energieübertragung stattfindet, so sehe ich nicht ein, wie die Erdbewegung auf die Phase wirken soll. Es kommt, wie mir scheint nur darauf an, die gemeinsame Axe beider Räder durch etwas anderes zu ersetzen und das scheint mir der Wechselstrom zu leisten.

Ich wäre Ihnen dankbar, wenn Sie mir Ihre Ansicht darüber mittheilen wollten, ob Sie eine Beeinflussung der Wechselstromphase durch die Erdbewegung annehmen. Wenn das nicht der Fall ist, so geben Sie doch wohl auch die Ausführbarkeit des Versuchs zu.

Ich habe mich in letzter Zeit mit der Wärmewirkung der Röntgenstrahlen beschäftigt^[2] und finde dass die Energie grösser ist, als aus der gewöhnlich angenommenen Impulsbreite folgt. Ich finde dass sich aus der Energie eine Impulsbreite von ungefähr

$$5 \cdot 10^{-10} \text{ cm}$$

berechnet, was mit den Versuchen von Haga und Wind in Widerspruch steht.^[3]

Vielleicht findet die Theorie noch einen Ausweg.

Für die Mittheilung der Formeln besten Dank.

Hoffentlich führen Sie Ihre Absicht aus uns in diesem Herbst zu besuchen. Wir beabsichtigen für einige Wochen nach Partenkirchen im bayerischen Gebirge zu gehen und würden uns sehr freuen wenn Sie auch dorthin gehen wollten,

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

^[1]See the discussion in Letter 124.

^[2]See *Wien 1905a, 1905c*.

^[3]The figure quoted in *Wien 1905a, 1905c* for the pulse width of X-rays is $2.3 \cdot 10^{-10}$ cm. From the experimental results of Haga and Wind (*Haga and Wind 1899a*; see also *Haga and Wind 1902*) Arnold Sommerfeld had calculated a pulse width of $1.3 \cdot 10^{-8}$ cm (see *Sommerfeld 1901*). See *Wheaton 1983* for a historical discussion.

126. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (1)

Handwritten letter. Dated by the reference to Lorentz's lecture at the 1905 Easter meeting of the Société française de physique.

Mon cher Collègue,

J'ai énormément regretté les circonstances qui m'ont empêché d'abord d'entendre votre conférence et ensuite de causer avec vous pendant votre séjour à Paris.^[1]

Depuis quelque temps j'ai étudié plus en détail votre mémoire électromagnétique phenomena in a system, moving with any velocity smaller than that of Light,^[2] mémoire dont l'importance est extrême et dont j'avais déjà cité les principaux résultats dans ma conférence de St Louis.^[3]

Je suis d'accord avec vous sur tous les points essentiels; cependant il y a quelques divergences de détail.^[4]

Ainsi page 813, au lieu de poser:^[5]

$$\frac{1}{kl^3} \rho = \rho'; \quad k^2 u_x = u_x', \quad k^2 u_y = u_y'$$

il me semble qu'on doit poser^[6]

$$\frac{1}{kl^3} \rho(1 + \varepsilon v_x) = \rho' \quad \frac{1}{kl^3} \rho(v_x + \varepsilon) = \rho' u_x'$$

où $\varepsilon = -\frac{w}{c}$ ou $\varepsilon = -w$ si nous choisissons les unités de telle façon que $c = 1$.

Cette modification me semble s'imposer si l'on veut que la charge apparente de l'électron se conserve.

Les formules (10) page 813 se trouvent alors modifiées^[7] et je trouve pour le dernier terme au lieu de^[8]

$$l^2 \frac{w}{c^2} (u_y' d_y' + u_z' d_z'), \quad -\frac{l^2 w}{k c^2} u x_x' d_y', \quad -\frac{l^2 w}{k c^2} u x_x' d_z'$$

je trouve

$$l^2 \frac{w}{c^2} (u_x' d_x' + u_y' d_y' + u_z' d_z'), \quad 0, \quad 0$$

C'est la force de Liénard,^[9] que vous trouvez aussi mais avec des difficultés. Et alors la question se pose de savoir si cette force est ou non compensée.

Ceci montre qu'entre les forces réelles X, Y, Z et les forces apparentes X', Y', Z' il y a les relations^[10]

$$X' = A(X + \varepsilon \sum X v_x), \quad Y' = BY, \quad Z' = BZ$$

A et B étant des coeff. et $A\varepsilon \sum X v_x$ représentant la force de Liénard.

Si toutes les forces sont d'origine électrique les conditions d'équilibre (ou du principe de d'Alembert modifié) donnent

$$X = Y = Z = 0$$

d'où

$$X' = Y' = Z' = 0.$$

Si toutes les forces ne sont pas d'origine électrique, il y aura encore compensation pourvu qu'elles se comportent toutes comme si elles étaient d'origine électrique.

Mais il y a autre chose.

Vous supposez $l = 1$.

Langevin suppose^[11] $kl^3 = 1$.

J'ai supposé $kl = 1$ pour conserver l'unité de temps, mais cela m'a conduit à des conséquences inadmissibles.

D'un autre côté j'arrive à des contradictions (entre les formules de l'action et de l'énergie) avec toutes les hypothèses autres qu'elles de Langevin.

Le raisonnement par lequel vous établissez que $l = 1$ ne me paraît pas concluant, ou plutôt il ne l'est plus et laisse l indéterminé quand je fais le calcul en modifiant comme je vous l'ai dit les formules de la page 813.

Que pensez-vous de cela, voulez-vous que je vous communique plus de détails ou ceux que je vous ai donnés vous suffisent-ils.

Excusez moi en tout cas d'abuser de votre temps.

Votre bien dévoué collègue,

Poincaré

^[1]Lorentz visited Paris in April 1905, to attend the Easter meeting of the Société française de physique. His lecture there was delivered on 27 April (see *Lorentz 1905h*).

^[2]*Lorentz 1904d*.

^[3]*Poincaré 1904*, in which he accused Lorentz of "accumulating hypotheses" to account for the null result of the experiment of Michelson and Morley.

^[4]For a detailed discussion of the scientific contents of this letter and the following ones from Poincaré (Letters 17 and 128), see *Miller 1980*.

^[5]In his paper, Lorentz considers electromagnetic phenomena in a system that moves with respect to the ether with velocity w in the x -direction. In the equations below (which are

eqs. (7) and (8) in the paper), the primed quantities refer to a fictitious auxiliary system, also moving with velocity w with respect to the ether. The coordinates and the fields in this system are related to the “real” coordinates and fields (i.e., the ones measured in the ether frame) by what is now known as the Lorentz transformation. Furthermore, l is an undetermined scale factor (see below in this letter), ρ is the charge density, $k = (1 - w^2/c^2)^{-1/2}$, with c the speed of light, (u_x, u_y, u_z) is the velocity of an electron with respect to the moving system, and (v_x, v_y, v_z) its velocity with respect to the ether (so that $v_x = w + u_x$, $v_y = u_y$, and $v_z = u_z$). The factor k^2 in the third equation should be k . In his paper, Lorentz does not find full invariance of the the Maxwell equations, however, due to his choice of transformation character for the charge density and the velocities, a choice criticized here by Poincaré.

^[6]In the expressions below, k should be in the numerator. Poincaré’s modifications (also published in *Poincaré 1905*, and, in much more detail, in *Poincaré 1906*) ensure the full Lorentz invariance of the Maxwell equations, as well as the correct transformation character of the velocities.

^[7]Eq. (10) expresses the total electric force per unit charge.

^[8]The first terms of the three components of the electric force are $l^2 f'_x$, $(l^2/k)f'_y$, $(l^2/k)f'_z$, with $f' = \vec{d} + c^{-1}(u' \wedge h')$, i.e., the transformed Lorentz force.

^[9]See *Liénard 1898*, pp. 323–324.

^[10] X', Y', Z' are the components of the transformed Lorentz force (see note 8).

^[11]See *Langevin 1905*. The choice of l is closely connected with the specific electron model chosen. In Lorentz’s case, the moving electron is a ellipsoid, which is flattened in such a way that in the auxiliary system (see note 5) it becomes spherical again. In Langevin’s model, the volume of the deformed electron is taken to be the same in the moving system and in the auxiliary system. Paul Langevin (1872–1946) was Professor of Experimental Physics at the Collège de France.

127. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (2)

Handwritten letter. Dated by the reference to Letter 126.

Mon cher Collègue,

Merci de votre aimable lettre. Depuis que je vous ai écrit^[1] mes idées se sont modifiées sur quelques points. Je trouve comme vous $l = 1$ par une autre voie.

Soit $-\varepsilon$ la vitesse de translation celle de la lumière étant prise pour unité.

$$k = (1 - \varepsilon^2)^{-1/2}$$

on a la transformation

$$x' = kl(x + \varepsilon t), \quad t' = kl(t + \varepsilon x), \quad y' = ly, \quad z' = lz.$$

Cette transformations forment une groupe.^[2] Soient deux transformations composantes correspondant à

$$k, l, \varepsilon$$

et

$$k', l', \varepsilon'$$

leur résultante correspondra à

$$k'', l'', \varepsilon''$$

où:

$$k'' = (1 - \varepsilon''^2)^{-1/2}, \quad l'' = ll' \quad \varepsilon'' = \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{1 + \varepsilon\varepsilon'}$$

Si nous voulons maintenant prendre

$$l = (1 - \varepsilon^2)^m, \quad l' = (1 - \varepsilon'^2)^m$$

nous n'aurons:

$$l'' = (1 - \varepsilon''^2)^m$$

que pour $m = 0$.

D'un autre côté je ne trouve d'accord entre le calcul des masses par le moyen des quantités de mouvement électromagnétique et par le moyen de la moindre action, et par le moyen de l'énergie que dans l'hypothèse de Langevin.

J'espère tirer bientôt au clair cette contradiction, je vous tiendrai au courant de mes efforts.

Votre bien dévoué collègue,

Poincaré

^[1]See letter 126.

^[2]Poincaré was the first to point out this property of the Lorentz transformations.

128. From Henri Poincaré, after 27 April 1905 (3)

Handwritten letter. Dated by the reference to earlier research, of which the results in this letter are a continuation.

Mon cher Collègue,

J'ai continué les recherches dont je vous avez parlé.^[1] Mes résultats confirment pleinement les vôtres en ce sens qu la compensation parfaite (qui empêche la détermination expérimentale du mouvement absolu) ne peut se faire complètement que dans l'hypothèse $l = 1$. Seulement pour que cette hypothèse soit admissible, il faut admettre que chaque électron est soumis à des forces complémentaires dont le travail est proportionnes aux variations de son volume.

Or si vous aimez mieux, que chaque électron se comporte comme s'il était une capacité creuse soumise à une pression interne constante (d'ailleurs négative) et indépendante du volume.^[2] Dans ces conditions, la compensation est complète.

Je suis heureux de me trouver en parfait accord avec vous et d'être arrivé ainsi à l'intelligence parfaite de vos beaux travaux.

Votre bien dévoué collègue,

Poincaré

^[1]See Letters 126 and 127.

^[2]This internal pressure became known as the Poincaré stress. See *Poincaré 1906* for a more detailed exposition; see also See *Miller 1981*, sec.1.14, for a historical discussion.

129. From Max Planck, 4 May 1905

Handwritten postcard.

Berlin, 4. Mai 1905.

Hochverehrter Herr College!

Es gereicht mir zu ganz besonderer Freude, Ihnen mittheilen zu dürfen, dass die hiesige Akademie der Wissenschaften Sie in ihrer heutigen Gesamtsitzung einstimmig zum correspondirenden Mitglied erwählt hat.^[1] Die amtliche Benachrichtigung wird Ihnen demnächst zugehen. Die Akademie hat meines Erachtens damit eine schon seit längerer Zeit fällige Ehrenspflicht eingelöst, deren frühere Erfüllung nur durch äussere Umstände verzögert wurde, und ich würde mich herzlich freuen, wenn Sie sich durch diese Wahl angenehm berührt fühlen möchten. Ueberdies danke ich Ihnen vielmals für Ihren liebenswürdigen Brief vom 12. März und die Zusendung des Heftes des Rec. d. Trav. chim. d. Pays-Bas. Ich werde die betr. Arbeit studiren und sie Ihnen dann zurückschicken.^[2]

Mit bestem Gruss

Ihr aufrichtig ergebener

M. Planck.

^[1]The proposal to appoint Lorentz as one of the ten corresponding members of the Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften was drafted by Planck, and co-signed by Friedrich Kohlrausch, Emil Warburg, T.W. Engelmann, G. Frobenius, Johannes H. van 't Hoff and C. Klein. See *Kirsten and Körber 1975*, pp. 165–166.

^[2]See Letter 133, note 1.

130. From Wilhelm Wien, 5 June 1905

Handwritten letter in German script.

Würzburg 5/06/05

Geehrtester Herr Kollege!

Vor einiger Zeit schrieb ich Ihnen dass wir im August in Partenkirchen uns aufhalten würden und dass ich auf den von Ihnen in Aussicht gestellten Besuch rechnete.^[1] Wir haben uns nunmehr entschlossen nach Oberstdorf im Allgäu zu gehen und ich möchte nun noch einmal mich an Sie mit der Bitte wenden mit uns dort

zusammenzutreffen. Wir haben in der Nähe von Oberstdorf ein kleines Haus gemiethet (10 Minuten vom Ort). Es wird aber keine Schwierigkeiten machen in Hotels oder Pensionen unterzukommen. Meine Frau geht schon Mitte Juli hin, während ich im August nachkomme.

Daraus, dass Sie mir noch nicht geantwortet haben, schliesse ich, dass Sie den Plan nicht ohne weiteres verwerfen und ich brauche nicht besonders zu betonen, wie sehr ich mich freuen würde, wenn Sie kämen. Wie ich von Röntgen höre, haben Sie uns eine grosse Enttäuschung bereitet indem Sie den Ruf nach München nun doch abgelehnt haben.^[2] Ich hatte sehr darauf gerechnet Sie In der Nähe zu haben und mit Ihnen über wissenschaftliche Fragen öfters sprechen zu können als es jetzt möglich ist. Auch auf Ihre Kritik und corrigierende Theilnahme hatte ich gehofft, da ich dieser manchmal sehr bedarf. Aber ich hatte schon gefürchtet dass Ihre Liebe zur Heimat Sie festhalten würde.

Ich haben vor kurzem Energiemessungen an Röntgenstrahlen gemacht und daraus die Impulsbreite $2 \cdot 10^{-10}$ cm der Grössenordnung nach erhalten, etwa 60 mal kleiner als Haga und Wind.^[3] Sommerfeld zweifelt in Folge dessen schon die ganze Theorie der Röntgenstrahlen an, wozu aber keine Veranlassung vorliegt.

Theoretisch habe ich mich in der letzten Zeit mit der Theorie der Beugung beschäftigt und einige meiner Schüler veranlasst die Frage zu bearbeiten. Die bisherige Theorie halte ich für die unbefriedigendste der mathematischen Physik. Das Problem ist ja physikalisch durch die elektromagnetische Theorie ebenso bestimmt, wie Reflexion und Brechung. Die Schwierigkeiten sind lediglich mathematische und, wie ich hoffe, zu überwinden.

Die Arbeit von Seitz über die Beugung Hertzscher Wellen an einem unendlichen Cylinder^[4] ist der erste Anfang. Der zweite Schritt ist die Uebersetzung ins Optische. Aber auch andere Formen als Cylinder werden sich behandeln lassen.

Indem ich auf eine Zusage Ihrerseits rechne und auf baldiges Wiedersehen hoffe bleibe ich mit besten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr ergebener

W. Wien

^[1]See Letter 125. See also Letter 131.

^[2]In January 1905 Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), then Professor of Physics at the University of Munich, visited Lorentz in Leiden to offer him the chair of theoretical physics in Munich. This chair had been vacant since the departure of Ludwig Boltzmann in 1894. Lorentz seriously considered the offer, but after the Minister of the Interior of the Netherlands had promised to relieve Lorentz's tasks by the appointment of an assistant and the creation of a third physics chair in Leiden, Lorentz declined. See Wilhelm Röntgen to Lorentz, 30 January 1905, 14 March 1905, and Lorentz to Wilhelm Röntgen, 27 February 1905; see also *Jungnickel and McCormmach 1986*, pp. 157–158, 276–279. The third chair in Leiden was occupied in 1907 by Johannes P. Kuenen (1866–1922); the vacancy in Munich was filled in 1906 by Arnold Sommerfeld.

^[3]See Letter 125, note 3.

^[4]*Seitz 1905*. See also *Seitz 1906*.

131. To Wilhelm Wien, 16 June 1905

Handwritten copy, in the hand of Mrs. Lorentz.

Leiden, den 16 Juni 1905.

Sehr verehrter Herr Kollege,

Es wäre uns sehr lieb gewesen, diesen Sommer mit Ihnen zusammentreffen zu können,^[1] aber leider ist es uns vorläufig unmöglich, eine so weite Reise zu machen. Entschuldigen Sie, bitte, dass ich erst jetzt dazu komme, Ihnen das zu schreiben. Bald antworte ich ausführlicher; haben Sie aber schon jetzt mit Ihrer Frau Gemahlin unseren herzlichsten Dank für Ihren freundlichen Gedanken.

Mit vielen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 130.

132. From Wilhelm Wien, 19 June 1905

Handwritten letter in German script.

Würzburg 19/6/05

Hochgeehrter Herr Kollege!

Es thut mir ausserordentlich leid, dass Sie nicht mit uns ins Gebirge gehen wollen,^[1] zumal Sie mir im vorigen Herbst grosse Hoffnung darauf gemacht hatten. In einem der nächsten Jahre müssen Sie es aber durchaus thun.

Die Theorie der Röntgenstrahlen scheint mir eine Schwierigkeit zu enthalten, die mir noch nicht überwindlich erschienen ist.

Die Röntgenstrahlen erzeugen bekanntlich Sekundärstrahlen von grosser Geschwindigkeit, die negative Elektronen sind. Wenn die Röntgenstrahlen durch Verzögerung der negativen Elektronen entstehen so lässt sich die elektrische Kraft berechnen mit der die von dem Elektron ausgesandte Welle auf ein anderes ruhendes Elektron ausübt.^[2]

In transversaler Richtung ist diese Kraft in der Entfernung a

$$\mathfrak{E}_x = -\frac{je}{c^2 a}$$

wenn j die Verzögerung, a die Entfernung bezeichnet. Die Geschwindigkeit, die das ruhende Elektron in folge dieser Kraft in der Zeit t erhält ist

$$v = -\frac{je}{c^2 am} e t$$

Das Elektron, das die Röntgenwelle erzeugte, hatte die Geschwindigkeit v_0 die unter gleichmässiger Verzögerung auf Null gebracht wird. Dann ist

$$v_0 = jt \quad v = -\frac{ee}{ma} v_0$$

Für $a = 13,5$ cm und $v_0 = 1,38 \cdot 10^{10}$ cm/sec ergibt sich $v = -2,16 \cdot 10^{-4}$ cm/sec also eine verschwindend kleine Geschwindigkeit.

Der eine Röntgenimpuls wirkt eben so ausserordentlich kurze Zeit, dass eine so kleine Geschwindigkeit resultirt. Woher kommen nun die grossen Geschwindigkeiten der Sekundärstrahlen? Viele auf einander folgende Impulse kann man nicht gut annehmen, weil die Zeit eines Impulses klein ist gegen die Zeit, die zwischen zwei aufeinander folgenden Elektronen der die Röntgenstrahlen erzeugen-

den Kathodenstrahlen erfolgt. In meinen Versuchen war $N = \frac{E_k}{Ve}$. N ist die Anzahl der Elektronen pro Sekunde, E_k die von den Kathodenstrahlen entwickelte Energie pro Sekunde, V die Spannung der Röntgenröhre. Daraus folgt $N = 8 \cdot 10^{14}$.

Die Impulsbreite hatte ich $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-10}$ cm gefunden also die Impulsdauer $\frac{\lambda}{c} =$

$0,77 \cdot 10^{-20}$ sec. Die Zwischen-Zeit zwischen zwei Elektronen beträgt 10^{-15} sec. Das durch den Röntgenimpuls in Bewegung gesetzte Elektron ist also längst wieder durch die Reibungskräfte zur Ruhe gekommen ehe ein neuer Impuls kommt.

Die Geschwindigkeit der Sekundärstrahlen beträgt nach Dorn $6,8 \cdot 10^9$ cm/sec.^[3] Es müssten also die Röntgenimpulse von ungefähr $5 \cdot 10^{13}$ Elektronen einwirken um eine solche Geschwindigkeit zu erlangen, d.h. fast soviel wie in $\frac{1}{10}$ sec Elektronen in der Röntgenröhre sich bewegen. Das würde also heissen, dass die Elektronen im Metall erst $\frac{1}{10}$ sec herumfliegen ehe sie aufgehalten werden, was ich für Unsinn halte. Vorläufig sehe ich keinen Ausweg aus diesem Dilemma.

Mit besten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

^[1]See Letter 131.

^[2]Considerations similar to the ones given here are presented in *Wien 1905c*.

^[3]See *Dorn 1900*.

133. From Max Planck, 22 July 1905

Handwritten postcard.

Berlin-Grunewald, 22. Juli 1905.

Hochverehrter Herr College!

Mit herzlichem Dank sende ich Ihnen gleichzeitig die Abhandlung von Lobry de Bruyn & Wolff zurück^[1], die mich sehr interessirt hat, da sie es doch höchstwahrscheinlich macht, dass die Molecüle selber im Stande sind, das Licht zu zerstreuen. Ich bitte Sie, das Heft Herrn Schreinemakers zurückzugeben,^[2] dem ich gleichfalls für die Ueberlassung verbindlichst danke.

Mit bestem Gruss

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]*Lobry de Bruyn and Wolff 1904*. The authors conclude that individual molecules in a solution can be made visible with the help of light-scattering, provided the molecules are large enough.

^[2]Franciscus A.H. Schreinemakers (1864–1945) was Professor of Physical Chemistry in Leiden.

134. To Woldemar Voigt, 4 August 1905

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 4 August 1905.

Lieber Freund,

Von einer kurzen Reise heimgekehrt finde ich das Schreiben des wissenschaftlichen Ausschusses der deutschen physikalischen Gesellschaft. Meine Antwort, die leider dahin geht, dass es mir unmöglich ist nach Meran zu gehen, erlaube ich mir Ihnen anbei zukommen zu lassen.^[1] Es thut mir sehr Leid, dass ich die freundliche Einladung nicht annehmen kann, denn ich habe in den beiden Naturforscherversammlungen, die ich besucht habe, viele Belehrung und Anregung gefunden^[2] und es wäre mir ganz besonders lieb, wieder einmal mit Ihnen zusammenzutreffen. In den nächsten Monaten giebt es aber für mich zu viel Arbeit.

Mit tiefem Schmerze hörten wir von der traurigen Zeit, die Sie alle wegen der ernstlichen Krankheit Ihrer lieben Frau Gemahlin erlebt haben. Wenn es nicht zu viel gewünscht ist, so wären wir Ihnen für eine kurze Nachricht über ihren jetzigen Zustand sehr verbunden. Wir werden uns aufrichtig darüber freuen, wenn Sie uns Gutes melden können und wenn die Genesung ungestört fortschreitet.

Uns geht es ganz gut, mit der einzigen Ausnahme, dass Ru^[3] („Rüdchen“ wie Sie sagten) immer etwas schwach bleibt. Wir haben ihn im Februar nach Noord-

wijk an das Meer schicken müssen und geben uns jetzt der Hoffnung hin dass er, wenn er im Laufe dieses Monats zurückkehrt, wieder regelmässig die Schule wird besuchen können.

Unsere älteste, Berta, studiert jetzt mit einem Eifer, den ich bisweilen mässigen muss, Mathematik und Naturwissenschaft.

Mit herzlichsten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]The 77th meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte took place in Merano from 24 to 30 September 1905. See *Voigt 1905* for Voigt's paper.

^[2]Lorentz had attended the meetings in Düsseldorf (1898) and Aachen (1900). See Letter 38, note 3, and Letter 72, note 4.

^[3]Rudolf Lorentz (1895–1977)

135. From Woldemar Voigt, 7 August 1905

Handwritten postcard.

Melchtal 7.8.05.

Lieber und verehrter Freund!

Eben erhielt ich Ihren freundlichen Brief u. danke Ihnen herzlich dafür.^[1] Freilich ist es schade, dass Sie nicht nach Meran kommen können — ich hatte allerdings von vorn herein wenig Hoffnung auf eine Zusage, da Meran für Sie zu ungünstig liegt.^[2] Man hofft bei der Versammlung eine Electronendebatte zu entfesseln und hatte daher den Wunsch möglichst viel Autoritäten auf diesem Gebiet zu versammeln.^[3] — Für Ihre Teilname am Ergehen meiner lieben Frau danke ich Ihnen herzlich. Lange wollte der Kräftezustand sich gar nicht heben; kürzlich fürchteten wir sogar sehr einen Rückfall; indessen haben wir jetzt ziemlich gute Hoffnung, dass der Aufenthalt in der Schweiz (wo wir seit 3 Tagen sind) ihr Genesung bringen wird.

Mit herzl. Gruss

Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 134.

^[2]Merano lies in the extreme North-Eastern part of Italy.

^[3]The 'electron debate' remained limited to a paper by Wilhelm Wien (*Wien 1905b*).

136. To Vilhelm Bjerknes, 11 November 1905

Handwritten letter (University Library, Oslo).

Leiden, 11 November 1905.

Sehr verehrter Herr Kollege,

Ich muss Sie vielmals um Verzeihung dafür bitten, dass ich noch immer nicht dazu gekommen bin, Ihr letztes Schreiben, in welchem Sie einige Bedenken gegen die heutige Elektronentheorie äussern,^[1] zu beantworten. Ich war das ganze Jahr hindurch mit Arbeit sehr überhäuft und dies führte mich dazu, meine Antwort immer wieder zu verschieben.

Gestatten Sie mir jetzt Ihnen zunächst zu sagen, dass man wie mir scheint in der Erklärung der Aberration und von dem was damit zusammenhängt doch wirklich mit der Betrachtung von Heaviside (Deflection of an electromagnetic wave by motion of the medium)^[2] nicht auskommen kann. Ich brauche das nicht zu beweisen weil Heaviside es selbst zugibt indem er sagt „it will be observed that Fresnel's result, relating to the alteration in the speed of light produced by moving a transparent medium through which it is passing, is not accounted for.“ Von dem Fresnel'schen Mitführungskoeffizienten muss gewiss jede Theorie bewegter Medien Rechenschaft geben.^[3]

Ich muss übrigens bemerken, dass man wenn es gelänge auf dem von Heaviside eingeschlagenen Wege die Erscheinungen zu erklären, darin doch schwerlich eine Stütze für die Theorie eines mitbewegten Äthers würde erblicken können. Heaviside führt nämlich Gleichungen ein aus welchen sich ein Einfluss der Translation auch dann ergibt, wenn diese an allen Stellen dieselbe ist. Nun wird Jedermann zugeben, dass wenn *Alles* was in einem durchsichtigen Körper enthalten ist, an der Translation teilnehme, die elektromagnetischen Vorgänge, relativ zu dem Körper betrachtet, in dem bewegten Körper genau in derselben Weise stattfinden müssten wie in dem ruhenden. Dass H's Gleichungen zu einem hiervon abweichenden Resultat führen zeigt, dass man eine Ableitung derselben nur dann würde geben können, wenn man in den betrachteten Körpern zwei Teile (ponderabele Materie und Äther), die sich nicht in derselben Weise bewegen, unterschiede.

Die Erscheinungen der Aberration scheinen mir wirklich kaum einen anderen Ausweg als die Hypothese eines ruhenden Äthers offen zu lassen, es sei denn dass man einem gelegentlich von Planck ausgesprochenen Gedanken, den ich auch in meinem Encyclopädie-Artikel angeführt habe (p. 104)^[4] annehmen wollte. In der daselbst zitierten Abhandlung,^[5] von der ich leider keine Separate mehr besitze, habe ich berechnet, dass man um auf diesem Wege zum Ziel zu gelangen, eine sehr beträchtliche Kondensation des Äthers an der Erdoberfläche (und zwar ohne dass diese Kondensation einen Einfluss auf die Eigenschaften des Äthers hat) annehmen muss. Das Verhältnis der Ätherdichte an der Oberfläche zu der an einer weit entlegenen Stelle muss nicht niedriger als etwa e^{11} angenommen werden.

Nachdem ich durch meine Studien über die Aberrationserscheinungen immer mehr in der Meinung, man müsse den Äther als unbeweglich betrachten, verstärkt

war, lag es nahe dies ganz konsequent durchzuführen und also als Grundsatz hinzustellen der Äther beteilige sich nie an der Bewegung der ponderablen Körper, d.h. er befinde sich nie in einer strömenden Bewegung, wie eine Flüssigkeit, oder die Volumenelemente jedes als Ganzes betrachtet, verschieben sich nie gegen einander.

Dies hat mich dann weiter veranlasst die reale Existenz der Maxwell'schen Spannungen zu leugnen, da es keinen Sinn hat von Kräften zu reden die auf etwas, das seiner Natur nach als vollkommen unbeweglich betrachtet wird, wirken sollten.^[6]

Dass ich mich nun in dieser Weise ziemlich weit von den Ansichten Maxwell's entfernte war mir wohl bewusst. Indes kann ich Ihnen nicht zugeben, dass ich damit wieder ganz zum Standpunkte der Fernwirkungslehre zurückgekehrt sei; ich habe doch den Grundgedanken dass die Wirkungen durch den Äther vermittelt werden und dass dieser es ist der Kräfte auf die Elektronen ausübt beibehalten.

Sie sagen ferner, man müsse bei meiner Auffassung ganz und gar die Aussicht auf eine mechanische Erklärung aufgeben. Auch hiermit bin ich nicht ganz einverstanden. Zwar bestreite ich nicht, dass eine mechanische Erklärung in dem gewöhnlichen Sinne dieser Worte, sich viel schwieriger finden lassen in der Theorie eines ruhenden Äthers als in der ihr gegenüber stehenden, aber wir brauchen eine solche Erklärung wie mir scheint noch nicht für ganz unmöglich zu halten.

In dieser Hinsicht möchte ich zunächst bemerken dass man, ohne an meiner Theorie etwas Wesentliches zu ändern, die Unbeweglichkeit des Äthers als eine nur angenäherte betrachten könnte; man könnte z.B. annehmen, die Masse dieses Mediums sei so gross, dass es den Bewegungen der Elektronen und der Materie gegenüber als ein feststehendes Gerüst betrachtet werden könne; bei dieser Auffassung könnte man auch den Spannungen wieder eine reale Existenz zuschreiben.

Ferner erlaube ich mir darauf hinzuweisen, dass ich innere Bewegungen in den Volumenelementen des Äthers nie ausgeschlossen habe. In meiner ersten Arbeit über diese Fragen (*Archives néerlandaises* T. 25)^[7] habe ich sogar, indem ich mir derartige verborgene Bewegungen vorstellte, die Grundgleichungen der Theorie aus den Prinzipien der Mechanik abgeleitet. Später bin ich von diesem Wege zurückgekommen da ich einsah wie schwierig es sein würde ein nicht zu kompliziertes und also einigermaßen befriedigendes mechanisches Bild von den Erscheinungen zu entwerfen. So bin ich dazu gekommen, den Gedanken an eine mechanische Erklärung in den Hintergrund zu drängen, und einen anderen Weg zu gehen, ohne mich darum zu kümmern ob dieser am Ende noch eine mehr oder weniger einfache mechanische Erklärung zulassen wird oder uns zwingen wird auf eine solche zu verzichten. Sie werden mir gewiss zugeben, dass es nicht von vornherein feststeht, dass man die Naturerscheinungen in befriedigender Weise mechanisch deuten kann, d.h. dass man sie mit Hilfe von Gleichungen, in welchen nur die Grössen der Mechanik, Masse, Kräfte u.s.w. vorkommen, wird beschreiben können.

Wenn Sie nun diese Verteidigung meines Standpunktes gelesen haben, so werden Sie hoffe ich, nicht meinen, ich sei blind für die Schwierigkeiten auf die man in der Elektronentheorie stösst. Das ist keineswegs der Fall und kann ich mir sehr gut denken, dass in Zukunft eben an den Grundlagen Manches geändert werden wird. Deshalb halte ich es auch für sehr nützlich, dass man auch auf anderen Wegen die Erscheinungen dem Verständnis näher zu bringen versucht. Nur möchte ich mir die Bemerkung erlauben, dass es auf dem Gebiete der Elektrodynamik welchem Wege man auch folge, immer erwünscht sein wird, die Erscheinungen, die mit der Aberration zusammenhängen, nicht unberücksichtigt zu lassen.

Für dieses Mal glaube ich in diesen Auseinandersetzungen nicht weiter gehen zu müssen. Es wird mich sehr freuen, wenn Sie mir gelegentlich Ihre Meinung über die berührten Punkte mitteilen wollen, sodass wir dieselben weiter diskutieren können; am Ende dieses akademischen Jahres wird wahrscheinlich meine Arbeit an der Universität erheblich erleichtert werden,^[8] und wird es mir dann möglich sein, mehr Zeit auf wissenschaftliche Korrespondenz zu verwenden.

Übrigens werden Sie selbst wohl erst nachdem Sie aus New York zurückgekehrt sind, sich wieder eingehend mit der Aberrations- und der Elektronentheorie beschäftigen können. Ich benütze diese Gelegenheit um Ihnen von ganzem Herzen eine glückliche Reise und schönen Erfolg zu Ihren Vorträgen an der Columbia University zuzuwünschen.^[9] Möge es während Ihrer Abwesenheit auch Ihrer Frau Gemahlin und den Kindern gut gehen.

Mit herzlichem Mitleid haben wir vernommen was Sie uns in Ihrem letzten Briefe von dem Zustande Ihres armen Knaben mitgeteilt haben; wir hoffen sehr, dass das vergangene Jahr ihm günstig gewesen sei und dass Sie also, wenn Sie die Reise nach Amerika antreten, sich um ihn keine Sorge zu machen brauchen.

Prof. Hallock^[10] hatte die Liebenswürdigkeit mir die Ankündigung Ihrer Vorlesungen zu schicken und mit vielem Interesse habe ich Ihr Programm daraus kennen gelernt. Es wäre mir sehr lieb zu wissen ob Ihre Vorträge bald zum Druck gelangen werden, nicht nur weil ich persönlich von dem Inhalt derselben geniessen möchte, sondern auch weil ich mich vielleicht in meinen Vorträgen in New York auf die Ihrigen beziehen könnte.^[11] Ich werde über die Elektronentheorie und Anwendungen derselben lesen. Ganz besonders würde es uns freuen, wenn Sie die Hin- oder die Zurückreise über Holland machten, oder, wenn das nicht geht — es ist ja ein ziemlich grosser Umweg — wenn Sie bei irgend einer anderen Gelegenheit Leiden einmal besuchten. An Stoff zur Unterhaltung würde es uns gewiss nicht fehlen; ich glaube sogar, dass es, um zu verhindern, dass wir fortwährend Physik redeten, gut sein würde, dass Ihre Frau Gemahlin Sie begleitete. Meiner Frau würden Sie damit eine grosse Freude bereiten.

Zum Schluss habe ich Ihnen jetzt noch meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die Zusendung der schönen Arbeit von Hrn Ekman „On dead water“.^[12] Ihre so gut gelungene Erklärung der darin studierten Erscheinung hat mir sehr gefallen.

Mit besten Grüssen von uns beiden auch an Ihre verehrte Frau Gemahlin

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 116.^[2]*Heaviside 1889*.^[3]The existence of Fresnel's dragging coefficient was confirmed in experiments on the speed of light in moving water by Fizeau and Michelson and Morley (see Letter 15, note 3)^[4]*Lorentz 1904e*, p. 104.^[5]*Lorentz 1899e*. See also the discussion with Max Planck in Letters 50–52 and 54.^[6]See Letter 82, note 2, for more on the issue of Maxwell stresses and the law of action and reaction in Lorentz's theory.^[7]*Lorentz 1892f*.^[8]See Letter 130, note 2.^[9]Bjerknes lectured on mathematical physics at Columbia University in New York in December 1905. His lectures were published as *Bjerknes 1906*.^[10]William Hallock (1857–1913) was Professor of Physics and Dean of the Faculty of Science at Columbia University.^[11]Lorentz had agreed to lecture at Columbia University in the spring of 1906 (see Letter 138).^[12]*Ekman 1904*, which describes how the presence of thin layer of fresh meltwater overlaying an otherwise salty sea makes it exceptionally hard to propel a boat (by rowing or any other method), since energy has to be expended to generate not only surface waves but also internal waves at the saltwater-freshwater interface. Vagn Walfrid Ekman (1874–1954), a former student of Bjerknes, was Assistant at the International Oceanographic Laboratory in Kristiania (present-day Oslo).

137. From Wilhelm Wien, 12 November 1905

Handwritten letter in German script.

Würzburg 12/11/05

Sehr geehrter Herr Kollege!

Entschuldigen Sie wenn ich Sie wieder mit einer wissenschaftlichen Frage behellige. Es werden nämlich in unserm Institut Versuche mit der Ausströmung von Flüssigkeiten gemacht um einerseits zu prüfen, ob die Reynoldssche kritische Geschwindigkeit auch für enge Kapillaren und grosse Geschwindigkeiten derselben Formel folgt, wie für weitere Röhren, andererseits zu untersuchen, wie weit auch für Gase eine kritische Geschwindigkeit existirt. Ich habe nun für diese Untersuchung die Theorie näher angesehen und finde Schwierigkeiten bei dem Versuch die Reynoldsschen Betrachtungen auf compressible Flüssigkeiten auszudehnen, andererseits in der Reynoldsschen Theorie selbst.^[1] So ist mir nicht klar, weshalb in Ihrer Abhandlung v. 10 Juni 1897 S. 38 an den Grenzen u' , v' , w' verschwinden sollen.^[2] Es handelt sich ja um eine Fläche die mit der regelmässigen Bewegung

sich bewegt. Wenn das an festen Grenzen zutrifft, so wird das doch im Innern der Flüssigkeit nicht der Fall sein.

Ich sehe nicht ein, warum ich nicht ebenso gut folgende Betrachtung anstellen kann.

Ich kann ganz allgemein die auf dem nebenliegenden Blatt 1 aufgeschriebene Gleichung aufstellen. Denke ich mir nun z.B. zwei sehr grosse mit Wasser gefüllte Bassins, die ganz von festen Wänden umschlossen sind, durch eine Röhre verbunden. Die Wand des einen Bassins soll ganz langsam nach innen verschoben werden, sodass hier die Geschwindigkeit vernachlässigt werden kann. Nehme ich die Wand gross genug, so kann hierdurch doch eine endliche Strömung in der cylindrischen Röhre hervorgebracht werden.

Die Wand des zweiten Bassins soll ebenfalls mit sehr kleiner Geschwindigkeit sich nach aussen bewegen. Jedenfalls wird im Oberflächenintegral diese Bewegung der Wände sich gerade aufheben. Im übrigen verschwinden u , v , w an den Wänden.

Wir haben also die Gleichung auf Blatt 2.

Setzen wir nun $u = \bar{u} + u'$ u.s.w., so erhalten wir eine Gleichung, die giltig sein muss. Wendet man auf sie die Reynoldssche Dimensionsbetrachtung an,^[3] so kommt man zu einem ganz andern Ergebnis. Da alle Geschwindigkeiten quadratisch vorkommen, werde ich immer $\frac{\partial E'}{\partial t} = 0$ haben, wenn ich alle Geschwindigkeiten in gleichem Verhältnis steigere.

Der ganze Unterschied liegt offenbar in den Grenzbedingungen. Denn es ist ja bis zu einem gewissen Grade willkürlich, welche Transformation in Oberflächenintegrale ich machen will.

Mir ist nur nicht klar, weshalb gerade die Reynoldsschen Grenzbedingungen gewählt werden sollen.^[4]

Die Reynoldsschen Betrachtungen auf Gase auszudehnen ist mir nicht recht gelungen, weil der Mittelwerth der Dichte Schwierigkeiten macht. Indessen giebt es für Gase ja streng genommen keine Poiseuillesche Strömung und es ist möglich, dass dort die Verhältnisse anders liegen. Ich würde Ihnen sehr dankbar sein, wenn Sie mir Ihre Meinung über diese nicht einfache Frage mittheilen würden.

Im übrigen beschäftigt mich immer noch die Frage, woher bei den Sekundärstrahlen, die von Röntgenstrahlen erzeugt werden, die grossen Geschwindigkeiten kommen.^[5] Doch weiss ich nicht, wie man eine Erklärung finden soll. So weiss ich vorläufig nur Experimente mit Sekundärstrahlen anzustellen. Ich würde mich sehr freuen Sie einmal wiederzusehen. Leider zeigen Sie gar keine Neigung einmal in unsere Gegend zu kommen.

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

[Blatt 1]

$$u^2 + v^2 + w^2 = q^2$$

$$\begin{aligned} \rho \int d\tau \left(u \frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial t} + w \frac{\partial w}{\partial t} \right) &= \int d\omega \left\{ \left(p - \rho V + \frac{\rho}{2} q^2 \right) u \cos nx \right. \\ &+ \left(p - \rho V - \frac{\rho}{2} q^2 \right) v \cos ny + \left(p - \rho V - \frac{\rho}{2} q^2 \right) w \cos nz \\ &- \mu \left[\left(2u \frac{\partial u}{\partial x} \right) + v \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + w \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] \cos nx \\ &- \mu \left[\left(2v \frac{\partial v}{\partial x} \right) + u \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) + w \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] \cos ny \\ &- \mu \left[\left(2w \frac{\partial w}{\partial z} \right) + u \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) + v \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] \cos nz \left. \right\} \\ &- \mu \int d\tau \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right\} \\ &= \frac{\partial E}{\partial t} \end{aligned}$$

[Blatt 2]

$$\frac{1}{2} \rho \int d\tau (u'^2 + v'^2 + w'^2) = E'$$

$$\frac{1}{2} \rho \int d\tau (\bar{u}^2 - \bar{v}^2 + \bar{w}^2) = \bar{E}$$

$$\frac{\partial E'}{\partial t} = -\frac{\partial \bar{E}}{\partial t} - \rho \frac{\partial}{\partial t} \int d\tau (\bar{u}u' + \bar{v}v' + \bar{w}w')$$

$$-\mu \int d\tau \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right\}$$

^[1]See *Reynolds 1895*.

^[2]*Lorentz 1897a*. The velocity field (u', v', w') is defined by $u' = u - \bar{u}$ etc., where u is the x -component of the actual motion, and \bar{u} the x -component of the mean velocity. See also Lorentz's reply in Letter 138.

^[3]Reynolds' dimensional argument implied that the critical velocity for flow through a tube (i.e., the velocity at which turbulence sets in) is proportional to the viscosity and inversely proportional to the diameter of the tube (see *Reynolds 1883*).

^[4]Reynolds assumes that at the material boundaries there is no flow in any direction.

^[5]See Letter 132.

138. To Wilhelm Wien, 4 January 1906

Typewritten copy with handwritten equations in an unknown hand (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, den 4 Januar 1906.

Sehr geehrter Herr College,

Zunächst möchte ich Ihnen und den Ihrigen unsere herzlichsten Wünsche zum neuen Jahr darbringen; möge es in jeder Hinsicht recht glücklich für Sie sein.

Ferner muss ich Sie um Entschuldigung dafür bitten dass ich Ihr Schreiben^[1] erst jetzt beantworte. Ich habe eine ruhige Zeit abwarten müssen, um mich wieder in die Frage der Stabilität der Flüssigkeitsströmung hineinzudenken.

Sie haben vielleicht schon bemerkt, dass in meiner Abhandlung diese Frage ein Fehler gemacht worden ist, der glücklicher Weise auf die Resultate keinen Einfluss hat.^[2] Sommerfeld hat mich bereits vor einigen Jahren auf denselben aufmerksam gemacht und in dem betreffenden Artikel der mathematischen Encyclopädie (von Love) ist er verbessert worden.^[3] Ferner habe ich die ganze Arbeit für die Sammlung meiner Abhandlungen, von welcher demnächst der erste Halbband bei Teubner erscheinen wird, gründlich revidiert und etwas erweitert.^[4]

Ich habe darin die beiden Fälle unterschieden, 1. dass man für die Bewegung auf welcher die turbulente Bewegung (u' , v' , w') superponiert gedacht wird, eine Bewegung (u_1 , v_1 , w_1) nimmt, die den gewöhnlichen Bewegungsgleichungen genügt (sagen wir eine „regelmässige“ Bewegung) und 2. dass man, in der Voraussetzung, dass bereits eine turbulente Bewegung vorhanden ist, statt (u_1 , v_1 , w_1) die mittlere Bewegung \bar{u} , \bar{v} , \bar{w} nimmt. Diese letztere folgt anderen Gesetzen als (u_1 , v_1 , w_1). Bei der ersten Fragestellung denken wir uns also, dass z.B. die Bewegung noch nach dem Poiseuilleschen Gesetz verläuft, und untersuchen dann, ob eine kleine Störung sich erhalten oder verschwinden wird. Bei der zweiten Auffassung ist es uns gerade um die Gleichungen für \bar{u} , \bar{v} , \bar{w} zu tun.

— — — —

Bei der ersten Frage finde ich nun, entsprechend den früheren Formeln^[5]

$$\frac{dE'}{dt} = \rho \int M dS - \mu \int N dS, \quad (1)$$

wo E' die Energie der Bewegung (u' , v' , w') ist, berechnet für einen Raum, dessen Grenzen an der regelmässigen Bewegung teilnehmen. Es ist vorausgesetzt, dass an diesen Grenzen $u' = v' = w' = 0$, und ich habe Glieder von der Ordnung u'^3 vernachlässigt. Ferner ist

$$M = - \left\{ u'^2 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v'^2 \frac{\partial v_1}{\partial y} + w'^2 \frac{\partial w_1}{\partial z} + u'v' \left(\frac{\partial u_1}{\partial y} + \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) \right. \\ \left. + v'w' \left(\frac{\partial v_1}{\partial z} + \frac{\partial w_1}{\partial y} \right) + w'u' \left(\frac{\partial w_1}{\partial x} + \frac{\partial u_1}{\partial z} \right) \right\}$$

$$N = \left(\frac{\partial w'}{\partial y} - \frac{\partial v'}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial u'}{\partial z} - \frac{\partial w'}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y}\right)^2 \quad (2)$$

Bei der zweiten Auffassung schreibe ich M die entsprechende Bedeutung zu, nämlich mit $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ statt u_1, v_1, w_1 und vernachlässige die Glieder von der Ordnung u'^3 nicht. Ich finde dann zunächst

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left\{ \frac{1}{2} \rho (u'^2 + v'^2 + w'^2) \right\} = & \rho (M - P + Q) - \left\{ \frac{\partial (u'p')}{\partial x} + \frac{\partial (v'p')}{\partial y} + \frac{\partial (w'p')}{\partial z} \right\} \\ & + \mu \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (v'\zeta' - w'\eta') + \text{u.s.w.} \right\} - \mu N \quad (3) \end{aligned}$$

wo $\zeta' = \frac{\partial w'}{\partial y} - \frac{\partial v'}{\partial z}$ u.s.w.

$$P = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \{ u' (u'^2 + v'^2 + w'^2) \} + \text{u.s.w.}$$

$$Q = u' \left\{ \frac{\partial (u'^2)}{\partial x} + \frac{\partial (u'v')}{\partial y} + \frac{\partial (u'w')}{\partial z} \right\} + \text{u.s.w.} \quad (4)$$

Diese Glieder P und Q sind es, welche ich früher irrtümlich fortgelassen hatte. Sie sind von der Ordnung u'^3 und dürfen also, wenn man die wirklich bei grosser Geschwindigkeit bestehende turbulente Bewegung betrachtet, nicht vernachlässigt werden; die „Wirbel“ können dann auch beträchtliche Geschwindigkeit haben. Dagegen war bei der ersten Fragestellung die Vernachlässigung der Glieder dritter Ordnung gerechtfertigt, denn es handelt sich dabei um die Frage, ob eine „regelmässige“ Bewegung stabil sei, also ob eine *kleine* Störung verschwinden werde.

Wenn man die Gleichung (3) mit einem Volumenelement dS multipliziert und dann über einen gewissen Raum integriert, dessen Grenzen an der Hauptbewegung teilnehmen, und wenn wir dabei annehmen, dass an den Grenzen $u' = v' = w' = 0$ ist, so verschwinden auf der rechten Seite alle Glieder (zu welchen auch $-\rho P$ gehört), die sich aus Differentialquotienten nach x, y, z zusammensetzen. Auch das Glied ρQ fällt fort, wenn wir mit solchen Mittelwerten rechnen, dass $\int Q dS = \int \bar{Q} dS$ gesetzt werden darf. Aus (4) folgt nämlich, da die Grössen zwischen $\{ \}$ sich nur langsam ändern (von Punkt zu Punkt)

$$\bar{Q} = \bar{u}' \{ \} + \text{u.s.w.}$$

und man hat $\bar{u}' = 0$ u.s.w.

Das Endresultat ist also wieder

$$\frac{dE'}{dt} = \rho \int M dS - \mu \int N dS$$

Wir können uns übrigens fernerhin auf die *erste* Fragestellung beschränken.

Sie haben nun Bedenken dagegen, dass an den Grenzen des Integrationsgebietes $u' = v' = w' = 0$ gesetzt worden ist. Darauf kann ich antworten, dass es mir

gerechtfertigt erscheint, wenn man die Stabilität einer „regelmässigen“ Bewegung untersuchen will, sich eine *lokale* Störung zu denken, die auf einen gewissen Raum beschränkt ist, sodass wirklich an den Grenzen keine Störung besteht. Übrigens gilt das Resultat auch noch in anderen Fällen. Die ursprüngliche Gleichung lautete nämlich

$$\frac{d}{dt} \left\{ \frac{1}{2} \rho (u'^2 + v'^2 + w'^2) \right\} = \rho M - \mu N - \left(\left\{ \frac{\partial(u'p')}{\partial x} + \frac{\partial(v'p')}{\partial y} + \frac{\partial(w'p')}{\partial z} \right\} + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (v'\zeta' - w'\eta') + \dots \right\} \right)$$

Betrachtet man nun z.B. die Strömung in einer Röhre und integriert man zwischen zwei Querschnitten, so liefern die beiden letzten Glieder die Differenz gewisser von der Bewegung (u', v', w') in diesen Querschnitten abhängenden Grössen. Man kann nun, wenn die Entfernung der Querschnitte gross gewählt wird, immer von dieser Differenz absehen, wenn dieselbe nicht proportional der Entfernung wächst. Dieser Bedingung wird aber genügt, wenn man annimmt, dass die Störung (u', v', w') über die ganze Röhre verbreitet ist und im grossen Ganzen in jedem Querschnitt in derselben Weise auftritt.

Sie meinen ferner, dass die Abweichung Ihres Resultates von dem meinigen daher rühre, dass Sie die Grenzbedingung $u' = v' = w' = 0$ *nicht* eingeführt haben. Ich glaube aber nicht, dass hierin der Grund liegt. Jedenfalls, wenn Sie nichts voraussetzen, so muss Ihr Resultat doch auch für den Spezialfall $u' = v' = w' = 0$ (an den Grenzen) gelten. Aber es scheint mir, dass Sie eigentlich ebenso gut wie ich, diese Grenzbedingung einführen.

Sie fanden die Gleichung

$$\begin{aligned} \rho \int d\tau \left(u \frac{\partial u}{\partial t} + \dots \right) &= \int d\omega \left\{ \left(p + \frac{1}{2} \rho q^2 \right) u \cos(nx) + \text{u.s.w.} \right. \\ &\quad \left. - \mu \left[\left(2u \frac{\partial u}{\partial x} \right) + v \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + w \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] \cos(nx) - \text{u.s.w.} \right\} \\ &\quad - \mu \int d\tau \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \dots \right\} \end{aligned}$$



und Sie wenden diese auf den Fall zweier durch ein Rohr R verbundener Gefässe P , Q an, in welchen die Wände oder Kolben AB , CD langsam z.B. nach rechts verschoben werden.

Dadurch kann, wenn die Wände nur gross genug sind, eine endliche Strömung in dem Rohr hervorgebracht werden. Sie sagen nun „Jedenfalls wird im Oberflächenintegral diese Bewegung der Wände sich gerade aufheben. Im übrigen verschwinden u , v , w an den Wänden“. Hierzu möchte ich bemerken, dass, weil

Reibung vorhanden ist, der Druck an den beiden Kolben ungleiche Werte haben muss; die Arbeit der Drucke dient natürlich zur Überwindung der Reibung und, wenn die Kolben senkrecht zur x -Richtung stehen, so verschwindet das Integral $\int d\omega p u \cos(nx)$, für die beiden Kolben berechnet, *nicht*. Es scheint mir daher, dass Sie, indem Sie das Oberflächenintegral verschwinden lassen, stillschweigend voraussetzen, dass an der ganzen Wand $u = v = w = 0$, also $\bar{u} = \bar{v} = \bar{w} = 0$, und auch $u' = v' = w' = 0$, letzteres genau so wie bei mir. Ihre Gleichung gilt also für den Fall, dass im Inneren eines von unbeweglichen festen Wänden eingeschlossenen Raumes eine Flüssigkeitsbewegung besteht.

Ich habe noch nicht sofort bemerkt, welchen Grund die scheinbare Verschiedenheit unserer Resultate habe, sehe aber jetzt ein, dass in Wirklichkeit gar keine Verschiedenheit besteht. Ich kann nämlich aus Ihrer Gleichung von Blatt 2 (das ich korrigiert habe) die meinige ableiten.

Ich will mich hierbei auf den ersten der obengenannten Standpunkte stellen, und schreibe demgemäss u_1, v_1, w_1 statt $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$, sodass

$$\rho \frac{du_1}{dt} = -\frac{\partial p_1}{\partial x} + \mu \Delta u_1, \quad \text{u. s. w.} \quad (5)$$

($\frac{d}{dt}$ bezieht sich immer auf einen Punkt, der an der Bewegung (u_1, v_1, w_1) teilnimmt. In Wirklichkeit ist $u = u_1 + u'$, u. s. w. $p = p_1 + p'$, und ich nehme an (damit alle Oberflächenintegrale verschwinden), dass an den Grenzen $u_1 = v_1 = w_1 = 0$, $u' = v' = w' = 0$ ist.

Sie finden nun

$$\begin{aligned} \frac{\partial E'}{\partial t} &= -\frac{\partial E_1}{\partial t} - \rho \frac{\partial}{\partial t} \int (u_1 u' + v_1 v' + w_1 w') d\tau \\ &\quad - \mu \int \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \dots \right\} d\tau \end{aligned} \quad (6)$$

Hier ist

$$E_1 = \frac{1}{2} \rho \int (u_1^2 + v_1^2 + w_1^2) d\tau,$$

also

$$\frac{dE_1}{dt} = \rho \int \left(u_1 \frac{du_1}{dt} + v_1 \frac{dv_1}{dt} + w_1 \frac{dw_1}{dt} \right) d\tau,$$

und wenn man (5) berücksichtigt

$$\frac{dE_1}{dt} = - \int \left(u_1 \frac{\partial p_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial p_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial p_1}{\partial z} \right) d\tau + \mu \int (u_1 \Delta u_1 + v_1 \Delta v_1 + w_1 \Delta w_1) d\tau.$$

Das erste Integral ist Null, wie man nach partieller Integration findet. Also:

$$\frac{dE_1}{dt} = \mu \int (u_1 \Delta u_1 + v_1 \Delta v_1 + w_1 \Delta w_1) d\tau \quad (7)$$

Das zweite Glied auf der rechten Seite von (6) zerfällt in

$$-\rho \int \left(u' \frac{du_1}{dt} + v' \frac{dv_1}{dt} + w' \frac{dw_1}{dt} \right) d\tau$$

und

$$-\rho \int \left(u_1 \frac{du'}{dt} + v_1 \frac{dv'}{dt} + w_1 \frac{dw'}{dt} \right) d\tau, \quad (8)$$

von welchen Ausdrücken der erste, wie sich aus (5) ergibt, den Wert

$$-\mu \int (u' \Delta u_1 + v' \Delta v_1 + w' \Delta w_1) d\tau \quad (9)$$

hat. Das Integral

$$\int \left(u' \frac{\partial p_1}{\partial x} + v' \frac{\partial p_1}{\partial y} + w' \frac{\partial p_1}{\partial z} \right) d\tau$$

verschwindet nämlich bei partieller Integration.

Für das letzte Integral in (6) führt partielle Integration zu folgender Umformung

$$\begin{aligned} -\mu \int \{ \} d\tau &= \mu \int (u \Delta u + v \Delta v + w \Delta w) d\tau \\ &= \mu \int (u_1 \Delta u_1 + v_1 \Delta v_1 + w_1 \Delta w_1) d\tau \\ &\quad + \mu \int (u_1 \Delta u' + v_1 \Delta v' + w_1 \Delta w') d\tau \\ &\quad + \mu \int (u' \Delta u_1 + v' \Delta v_1 + w' \Delta w_1) d\tau \\ &\quad + \mu \int (u' \Delta u' + v' \Delta v' + w' \Delta w') d\tau \end{aligned} \quad (10)$$

Setzt man (7), (8), (9) und (10) in (6) ein, so wird

$$\frac{dE'}{dt} = -\rho \int \left(u_1 \frac{du'}{dt} + \dots \right) d\tau + \mu \int (u_1 \Delta u' + \dots) d\tau + \mu \int (u' \Delta u' + \dots) d\tau$$

Hier sind nun die Werte von $\frac{du'}{dt}$, $\frac{dv'}{dt}$, $\frac{dw'}{dt}$ einzuführen. Da ich den Wert von $\frac{dE'}{dt}$

genau bis auf Grössen von der Ordnung u'^2 kennen will, so darf ich nicht setzen (wie in Gleichung (12) meiner Abhandlung)

$$\rho \left(\frac{du'}{dt} + u' \frac{\partial u_1}{\partial x} + v' \frac{\partial u_1}{\partial y} + w' \frac{\partial u_1}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p'}{\partial x} + \mu \Delta u',$$

sondern ich muss hier in den Klammern links noch hinzufügen

$$u' \frac{\partial u'}{\partial x} + v' \frac{\partial u'}{\partial y} + w' \frac{\partial u'}{\partial z}.$$

Infolge dessen wird

$$\frac{dE'}{dt} = \rho \int \left\{ u_1 \left(u' \frac{\partial u_1}{\partial x} + v' \frac{\partial u_1}{\partial y} + w' \frac{\partial u_1}{\partial z} + \text{u.s.w.} \right) \right\} d\tau$$

$$\begin{aligned}
 & + \int \left(u_1 \frac{\partial p'}{\partial x} + v_1 \frac{\partial p'}{\partial y} + w_1 \frac{\partial p'}{\partial z} \right) d\tau \\
 & + \int \left\{ u_1 \left(u' \frac{\partial u'}{\partial x} + v' \frac{\partial u'}{\partial y} + w' \frac{\partial u'}{\partial z} + \text{u.s.w.} \right) \right\} d\tau \\
 & + \mu \int (u' \Delta u' + \text{u.s.w.}) d\tau
 \end{aligned}$$

Für das erste Integral kann man schreiben

$$\frac{1}{2} \int \left\{ u' \frac{\partial u_1^2}{\partial x} + v' \frac{\partial u_1^2}{\partial y} + w' \frac{\partial u_1^2}{\partial z} + \text{u.s.w.} \right\} d\tau$$

und es verschwindet also bei partieller Integration. Gleiches gilt auch von dem zweiten Integral. Was das dritte Integral betrifft, so wird dieses, wenn man wieder partiell integriert,

$$\begin{aligned}
 & -\rho \int \left[\left\{ u' \frac{\partial}{\partial x} (u_1 u') + u' \frac{\partial}{\partial y} (u_1 v') + u' \frac{\partial}{\partial z} (u_1 w') \right\} + \text{u.s.w.} \right] d\tau \\
 & = -\rho \int \left[\left\{ u'^2 \frac{\partial u_1}{\partial x} + u' v' \frac{\partial u_1}{\partial y} + u' w' \frac{\partial u_1}{\partial z} \right\} + \text{u.s.w.} \right] d\tau \\
 & \quad - \rho \int \left[u' u_1 \left(\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} \right) + \text{u.s.w.} \right] d\tau,
 \end{aligned}$$

also, da $\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} = 0$, und mit Rücksicht auf (2)

$$\rho \int M d\tau$$

Das letzte Integral in (11) stimmt mit meinem

$$\mu \int N d\tau$$

überein, sodass sich also wieder meine Formel (1) ergibt.

Diese hat nun vor der Ihrigen den Vorzug, dass nur wenig Grössen, die sich auf die Bewegung (u_1, v_1, w_1) beziehen, in derselben vorkommen, und zwar nur in M . Daher kann man aus der Gleichung die von Reynolds gezogenen Schlüsse gewinnen.^[6]

Auf den ersten Blick liegt es nun nahe, aus Ihrer Formel einen entgegengesetzten Schluss zu ziehen. Das Vorzeichen von $\frac{dE'}{dt}$ würde sich nämlich nicht ändern, wenn man alle Grössen $u_1, v_1, w_1, u', v', w'$ in demselben Verhältnis vergrössert. Dieser Schluss scheint mir aber unrichtig, und zwar aus dem Grunde, dass man keine mögliche Flüssigkeitsbewegung erhält, wenn man alle Geschwindigkeitskomponenten mit demselben Faktor multipliziert. Die Bewegungsgleichungen sind ja nicht linear und bei diesen Fragen kommt es gerade auf den Einfluss der

höheren Glieder an. Man darf sich daher nicht vorstellen, dass u_1, v_1, w_1 in demselben Verhältnis wachsen, wohl aber dass sie im Ganzen grösser werden. Welchen Einfluss letzteres nun auf $\frac{dE'}{dt}$ hat, kann man aus Ihrer Gleichung schwerlich ersehen, da $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ an so vielen Stellen in derselben vorkommen.

— — — —

Nachdem Sie mir geschrieben hatten, habe ich mich bemüht, auch für Gase eine ähnliche Formel wie die für $\frac{dE'}{dt}$ bei Flüssigkeiten abzuleiten, habe aber kein befriedigendes Resultat bekommen. Die Gleichungen werden jetzt gar zu verwickelt. Indes glaube ich, dass diese mathematischen Schwierigkeiten uns nicht von der Meinung abzuhalten brauchen, dass im grossen Ganzen die Verhältnissen bei Gasen ähnlich liegen wie bei Flüssigkeiten, wofür übrigens auch manche Erscheinung spricht.

— — — —

Ich habe mit vielem Vergnügen Ihren Vortrag über Elektronen^[7] gelesen, für dessen freundliche Zusendung ich bestens danke. Auch las ich mit lebhaftem Interesse Ihren Vortrag über die partiellen Differentialgleichungen der Physik,^[8] sowie Ihre letzte Arbeit über die Energie der Röntgenstrahlen.^[9]

Sie wissen jetzt schon, dass die neuen Messungen von Kaufmann gegen meine Hypothese des deformierbaren Elektrons sprechen.^[10] Wir werden diese also als starr betrachten, und die Schwierigkeiten, die dann in der Theorie bewegter Systeme entstehen, mit in den Kauf nehmen müssen. Vielleicht gäbe es noch wohl einen Ausweg, die Hypothese der abgeplatteten Elektronen zu retten, aber ich schrecke davor zurück, wieder eine neue Hypothese zu ersinnen.

Ihre Resultate über die Energie der Röntgenstrahlen sind höchst interessant und Ihre Auffassung von der Entstehungsweise der Sekundärstrahlen spricht mir sehr zu. Augenblicklich sehe ich nicht, wie man die hohen Geschwindigkeiten in anderer Weise würde erklären können.^[11] Durch einen *direkten* Einfluss der R-Strahlen können sie nicht entstehen, und es liegt also nahe (nämlich wenn man wie Sie einmal auf den Gedanken gekommen ist), an ähnliche Ursachen wie bei den radioaktiven Körpern zu denken; man hätte es also mit einer Radioaktivität zu tun, die gleichsam von den R-Strahlen ausgelöst wird. Was die Entstehungsweise dieser letzteren betrifft, so habe ich mir oft gedacht, dass ein Elektron der Kathodenstrahlen erst nachdem es zwischen den Atomen der Antikathode in zickzackförmiger Bahn hin- und her geworfen ist, zur Ruhe kommt oder das Metall wieder verlässt.^[12] Natürlich wird bei dieser Voraussetzung die „Form“ der Gleichgewichtsstörung in den Röntgenstrahlen etwas anders wie nach der Annahme *B*, dass die Elektronen auf einem gradlinigen Weg zur Ruhe kommen. Leider kann man aber bei der Hypothese der Zickzackbewegung den Widerspruch zwischen Ihren Messungen und denen von Haga und Wind^[13] nicht erklären; die Abweichung würde, glaube ich, noch grösser werden.

Ich möchte Sie, obgleich das wohl überflüssig ist, auch auf den Zusammenhang dieser Fragen mit dem Polarisationszustande der R-Strahlen aufmerksam machen. Es ist klar, dass nach der Annahme *B* eine vollständige Polarisation bestehen müsste; nach der Annahme *A* dagegen kann diese Polarisation viel geringer, vielleicht auch unmerklich sein. Versuche wie die von Barkla^[14] sind daher für unsere Auffassung über das Entstehen der R-Strahlen sehr wichtig.

Diese Versuche sind nun gleichfalls von Bedeutung für die Frage, in welcher Weise die Sekundärstrahlen entstehen. Barkla hat nämlich die Polarisation der R-Strahlen gerade daraus gefolgert, dass von einem Volumenelement, welches von diesen Strahlen getroffen wird, Sekundärstrahlen mit grösserer Intensität in der einen als in der andern Richtung ausgesandt werden. Das müsste natürlich wirklich der Fall sein, wenn die R-Strahlen polarisiert wären und die Elektronen der Sekundärstrahlen direkt durch die elektrische Kraft der R-Strahlen in Bewegung versetzt würden. Anders dagegen, wenn diese Elektronen durch innere Kräfte in den Atomen fortgeschleudert werden und die R-Strahlen nur den Anlass dazu geben. In diesem Fall würde man erwarten, dass die Sekundärstrahlen nach allen Richtungen in gleichem Masse emittiert werden; dann hätte Barkla die Polarisation nicht in dieser Weise beobachten können.

— — — — —

Ich benutze schliesslich diese Gelegenheit um Sie zu fragen, wie es um Ihren Artikel für die Encyclopädie steht. Leider ist es mir das ganze Jahr hindurch unmöglich gewesen, an meinem Beitrag über die magneto-optischen Erscheinungen zu arbeiten und habe ich immer gefürchtet, es wäre Ihnen vielleicht sehr unlieb, dass ich Sie so lange warten liess.^[15] Ich habe mich dann wieder mit dem Gedanken getröstet, dass, wenn Eile gemacht werden sollte, Sie selbst oder Sommerfeld mich wohl zu rascherem Vorgehen gemahnt hätten.

Auch in den ersten Monaten werde ich diese Arbeit noch nicht erledigen können, da ich versprochen habe, im März und April eine Reihe von Vorlesungen über die Elektronentheorie an der Columbia University in New York zu halten;^[16] die Zeit vor meiner Abreise (10. März) wird mir kaum zur notwendigen Vorbereitung genügen. Mitte Mai bin ich aber wieder zu Hause und diesen Sommer hoffe ich viel arbeiten zu können. Die Encyclopädie steht dann oben auf dem Programm und wahrscheinlich werde ich also den Beitrag über die magneto-optischen Erscheinungen im Herbst fertig haben können.

Der Brief ist so lange geworden, dass ich Sie wirklich um Entschuldigung dafür bitten muss, dass ich Ihre Zeit so sehr in Anspruch genommen habe. Es wäre viel schöner, wenn wir das Alles besprechen könnten und es würde mich sehr freuen, wenn es dazu wieder einmal Gelegenheit gäbe.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Letter 137.

^[2]In Letter 75 Lorentz had already pointed out the error he had made in *Lorentz, 1897a*.

^[3]See *Love 1901*, sec. 18. In a footnote on p. 81 Love acknowledges that the correct form of the equations had been communicated to him by Lorentz. See also Letter 73 to Sommerfeld.

^[4]See *Lorentz 1906g.3*

^[5]In the equation below, ρ is the density and μ the viscosity coefficient.

^[6]The conclusions concerning stability of fluid motion; see *Reynolds 1895*.

^[7]*Wien 1905b*.

^[8]*Wien 1906*.

^[9]*Wien 1905c*.

^[10]See *Kaufmann 1905, 1906*. Walter Kaufmann's measurements of the velocity dependence of the electron mass seemed to contradict the predictions of Lorentz's theory of the deformable electron and Einstein's special theory of relativity (frequently lumped together as the 'Lorentz-Einstein theory') and instead seemed to favor Max Abraham's rigid electron model (see *Abraham 1902, 1903*). Walter Kaufmann (1871–1947) was Professor of Experimental Physics at the University of Bonn. See *Miller 1981*, sec. 12.4, for a historical discussion of the Kaufmann experiments and the eventual vindication of Lorentz's (and Einstein's) predictions.

^[11]See also the discussion of this point in Letter 132.

^[12]*Van der Waals Jr. 1907a* formulates the same hypothesis and also emphasizes the connection with the state of polarization of the X-rays (see below in the present letter). See also Wien's reaction (*Wien 1907a*), in which he points out that this mechanism would lead to an even smaller pulse width, and Van der Waals's reply to Wien (*Van der Waals Jr. 1907b*).

^[13]*Haga and Wind 1899a, 1902*.

^[14]See *Barkla 1904, 1905*.

^[15]See Letter 103 for Lorentz's promise.

^[16]These lectures were published as *Lorentz 1909i*. See also *De Haas-Lorentz 1957b* for the reminiscences of Lorentz's daughter Geertruida Luberta, who accompanied her father, of their stay in New York.

139. From Vilhelm Bjerknes, 1 February 1906

Handwritten letter.

Universität Stockholm 1 Februar 1906

Sehr verehrter Herr Kollege!

Ihr freundlicher Brief vom 11. November^[1] erhielt ich erst nach meiner Ankunft in New York, und meine Zeit war dort so stark in Anspruch genommen dass ich nicht zum Schreiben kam.^[2] Auch hatte ich ursprünglich die Absicht, Sie auf der Heimreise aufzusuchen. Schliesslich nahm ich aber den nördlicheren Weg über Christiania, welche ich nach dem politisch so bewegten Jahre wiedersehen wünschte.^[3]

Es hat mich grosse Freude gemacht, dass Sie in Ihrem Briefe ausdrücklich hervorheben, dass man, ohne an Ihre Theorie etwas wesentliches zu ändern, die Unbeweglichkeit des Aethers nur als eine angenäherte betrachten könne. Thut man

dieses, so braucht man also nicht mehr das Faraday-Maxwell'sche Princip der Zurückführung der Fernkräfte auf Spannungen in Aether zu verwerfen, oder die Möglichkeit jeder mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen schon vom Anfang an abzuschneiden. Wenn Sie Ihrer Theorie diese Form geben, so fällt meinerseits jede principielle Einwand gegen denselben fort. Der absolut unbewegliche Aether bleibt aber für mich nichts anderes als eine schwarze Tafel, auf den man Formeln schreibt. Und ich kann nur den Wunsch aussprechen, Ihre Theorie bald in dieser Form entwickelt zu sehen.

Eine Frage, die für mich ganz sekundair ist, nachdem die unnöthig übertriebene Unbeweglichkeit des Aethers aufgegeben ist, ist die ob der Aether angenähert ruht, angenähert die Bewegung der Materie folgt, oder ob noch kompliziertere Gesetze herrschen. Für das Princip, dass man nicht Vorstellungen einführen will, die den Prinzipien der Mechanik widersprechen, ehe die Erscheinungen uns wirklich dazu zwingen, werde ich zum äussersten kämpfen. Die Frage von dem Grade der Beweglichkeit des Aethers, wenn erst ihm Beweglichkeit zugegeben ist, ist aber keine solche Frage mehr. Und da ich mich nicht persönlich mit dieser Frage beschäftige, bin ich nur ein interessierter Zuschauer.

Obgleich ich also keinen principiellen Einwand gegen die angenäherte Unbeweglichkeit des Aethers habe, bin ich von der zwingenden Nothwendigkeit dieser Annahme noch nicht überzeugt. Gegen Heavisides Erklärung der Aberration (Deflection etc.) machen Sie den Einwand dass diese Heaviside'sche Theorie nicht zugleich den Fitzeau-Michelson'schen Versuch erklärt. Ist aber der Zusammenhang dieser beiden Erscheinungen so intim, dass sie gemeinschaftlich erklärt werden müssen? Aus den Fitzeau-Michelson'schen Versuch folgt dass ein Paar Liter Wasser nicht den Aether mitzuschleppen vermögen. Aber darf man hieraus ohne weiteres schliessen, dass nicht die Erde mit ihrer ungeheuren Masse den Aether mitzuschleppen kann? Ausser dem Unterschiede der Massen hat man auch zu erwägen dass die Erde opak und leitend, das Wasser aber durchsichtig und deshalb den Lichtwellen gegenüber ein Dielektrikum ist.

Kann man deshalb nicht etwa mit einer Hypothese wie diese durchkommen.

„Die Leiter haben ein relativ grosses, die Dielektrika ein relativ kleines Vermögen den Aether mitzuschleppen.“

Hieraus würde dann folgen

Der Aether folgt die Erde, und die Aberration wird erklärt durch die Heaviside'sche Deflection im Schichte zwischen dem ruhenden Aetherim Weltraum und dem bewegten Aether welcher der Erde folgt.

Bei dem Fitzeau-Michelson'schen Versuch mit strömendem Wasser und den Eichenwald'schen Versuchen mit rotierenden *Dielektrika*^[4] ruht der Aether relativ zu der Erde, wodurch der Fresnel'sche Mitführungskoeffizient einkommt.

Bei den Versuchen mit der elektrodynamischen Induktion hat man es mit bewegten *Leitern* zu thun, die den Aether angenähert vollständig mitführen, so dass man nicht den Fresnel'schen, sondern den Mitführungskoeffizienten 1 erhält.

Ich kann nicht anderes sehen als dass man in dieser Weise alle bis jetzt bekannte Erscheinungen erklärt. Oder irre ich hierin?

Eine Schwierigkeit muss doch hervorgehoben werden. Denn die Heaviside'sche Lösung der Maxwell'schen Gleichungen, welche dann zur Erklärung der Aberration hinzugezogen wird, erfüllt nicht die Solenoidalbedingung. Heaviside selbst hat dieses nicht bemerkt. Ich fand es aber als ich wegen einer Vorlesung seine Lösung genauer untersuchte. Dass die elektrischen und magnetischen Vektoren im freien Aether diese Bedingung erfüllen sollen wird traditionell angenommen. Ist es aber notwendig?

Vielleicht schreibe ich hier nur Reflexionen, die Sie längst selber gemacht und verworfen haben. Wenn wir auf den Einzelheiten der Elektrodynamik bewegter Dielektrica einkommen bin ich nur ein Dilettant, welcher leicht die Hauptsache vergessen kann. Sie müssen mich deshalb nicht dahin verstehen, dass ich auf diese Überlegungen ein grösseres Gewicht lege. Und wenn Sie den Fehler nachweisen können, so hoffe ich dass Sie mir es schonungslos wissen lassen.

Von meinem Aufenthalt in Amerika habe ich die grösste Freude gehabt. Das hauptsächlich neue, welches meine Vorlesungen enthielt, ist in der beifolgenden Abhandlung enthalten. Nur fing ich, der Uebersichtlichkeit halber, mit einer Einleitung über die Maxwell'sche Theorie an, wobei ich bei der Heaviside-Hertz'schen Form der Gleichungen für bewegten Medien stehen geblieben bin. Sobald ich die erste Korrektur gelesen habe, werden Sie einen Abzug erhalten durch Herrn Professor Hallock. Das gedruckte Referat meiner Vorlesungen, welches somit erscheint,^[5] müssen Sie aber nur als eine vorläufige Publikation auffassen. Ich bin mit der Sache nicht fertig, und meine Vorbereitungen müsste ich, während dieses politisch stark bewegten Sommers, unter sehr ungünstigen Umständen machen.

Nach der Erfahrung welche ich von meinem Besuch an Columbia University mitbringe bin ich überzeugt dass auch Sie ausschliesslich angenehme und interessante Erlebnisse haben werden. Unsere Collegen sind alle sehr liebenswürdige Leute, und Sie können sicher auf einen grossen und hoch-interessierten Zuhörerschaar rechnen. Wenn Sie besondere Erläuterungen wünschen, so werde ich Ihnen gern zu Dienst stehen.

Meine Familie hat es während meiner Abwesenheit glücklicherweise nur gut gehabt. Dem ältesten Knaben geht es auch relativ gut, doch wird uns immer Bekümmerung geben. Haben Sie besten Dank für die herzliche Teilnahme, die Sie schon mehrmals ausgesprochen haben.

Nachdem ich die Gelegenheit, die ich jetzt hatte Sie in Leiden aufzusuchen, versäumt habe, wird es wahrscheinlich lange dauern ehe wir uns persönlich treffen, — es sei dann dass Sie eine Sommerreise nach den skandinavischen Ländern vornehmen wollen. Es würde meine Frau und mich sehr freuen wenn wir Sie und Ihre Frau wieder in der Weise begegnen könnten.^[6] Eine halbe Stunde Gespräch ist, wissenschaftlich oder persönlich, mehr werth als viele Briefe, und ich weiss wenige von den ich mehr würde lernen können als von Ihnen. Hoffentlich wird die Gelegenheit früher oder später kommen!

Mit den besten Grüssen

Ihr ergebener

V. Bjerknes.

^[1]Letter 136.

^[2]Bjerknes lectured on mathematical physics at Columbia University in New York in December 1905 (see *Bjerknes 1906*).

^[3]In 1905 Norway had separated itself from Sweden, with which it had formed a union under the Swedish King since 1814. Norway became an independent kingdom under the newly elected King Haakon VII, son of the Danish king Christian IX. Capital was Kristiania, present-day Oslo. Bjerknes still uses the old name Christiania, which was officially abandoned in 1878.

^[4]Aleksander Eichenwald's experiments (*Eichenwald 1903, 1904*) showed that a moving dielectric does not produce a magnetic field, thus providing no experimental proof of the motion of the Earth through the ether. See, e.g. *Pauli 1958*, sec. 36, for a discussion of this and other electromagnetic experiments to detect the motion of the Earth.

^[5]*Bjerknes 1906*.

^[6]A reference to the visit Lorentz and his wife paid to Bjerknes in December 1902 (see Letter 116, note 3).

140. To Henri Poincaré, 8 March 1906

Handwritten letter (Archives Henri Poincaré, Nancy).

Leiden, le 8 mars 1906.

Monsieur et très honoré collègue,

C'est déjà trop longtemps que j'ai négligé de vous remercier de l'important mémoire sur la dynamique de l'électron que vous avez bien voulu m'envoyer.^[1] Inutile de vous dire que je l'ai étudié avec le plus grand intérêt et que j'ai été très heureux de voir mes conclusions confirmées par vos considérations. Malheureusement mon hypothèse de l'aplatissement des électrons est en contradiction avec les résultats des nouvelles expériences de M. Kaufmann^[2] et je crois être obligé de l'abandonner; je suis donc au bout de mon latin et il me semble impossible d'établir une théorie qui exige l'absence complète d'une influence de la translation sur les phénomènes électromagnétiques et optiques. Je serais très heureux si vous arriviez à éclaircir les difficultés qui surgissent de nouveau.

Veuillez agréer, chère collègue, l'expression des mes sentiments sincèrement dévoués.

H.A. Lorentz

^[1]*Poincaré 1906*. See *Lorentz 1921e* for Lorentz's later comments on this paper and *Miller 1973* for a detailed historical analysis.

^[2]See Letter 138 for Lorentz's earlier comments on Walter Kaufmann's experiments and its note 10 for more historical background.

141. To Wilhelm Wien, 23 October 1906

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 23 Oktober 1906.

Verehrter Herr Kollege,

Die grosse Zahl unserer Prüfungen in den ersten Wochen nach den Sommerferien und viele andere Arbeiten sind Schuld daran, dass ich erst jetzt dazu komme, Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin auch im Namen meiner Frau zu der Geburt Ihres Knaben zu gratulieren.^[1] Entschuldigen Sie, bitte, die Verzögerung, und gestatten Sie uns, jetzt die herzlichsten Wünsche für den jungen Weltbürger auszusprechen. Mögen Sie beide viele Freude an ihm erleben.

Während Ihr häusliches Glück in dieser Weise erhöht wurde, trauerten wir alle um den schweren Verlust, den die Physik durch den tragischen Tod von Drude und Boltzmann gelitten hat.^[2] Ich hatte das Vorrecht beide persönlich zu kennen und schätzte sie sehr hoch.

Dass man bei der Besetzung der von Drude offen gelassenen Stelle in erster Linie an Sie denken würde, war zu erwarten. Ebenso gut verstehe ich aber auch, dass Sie den Ruf nach Berlin abgelehnt haben, und es vorziehen in Würzburg, wo Sie bereits eine so reiche Wirksamkeit entfaltet haben, zu bleiben.^[3] Mit lebhaftem Interesse lese ich immer die Publikationen aus Ihrem Institut, so in den letzten Tagen die schöne Arbeit von Seitz über die sehr weichen Röntgenstrahlen.^[4]

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Karl Wien (1906–?).

^[2]Both Paul Drude (1863–1906), Professor of Physics at the University of Berlin and Director of its Physical Institute, and Ludwig Boltzmann had committed suicide in 1906.

^[3]See *Wien 1930*, pp. 24–26, for Wien's account of the call to Berlin. See also Letter 142. Drude was succeeded by Heinrich Rubens (1865–1922).

^[4]*Seitz 1906*.

142. From Wilhelm Wien, 6 November 1906

Handwritten letter.

Würzburg, den 6. November 1906

Lieber Herr Kollege!

Nachdem ich die Hauptredaktion der *Annalen der Physik* übernommen habe^[1] erlaube ich mir Ihnen eine Bitte vorzutragen. Ich möchte Sie nämlich freundlichst ersuchen Ihre wissenschaftlichen Arbeiten, nachdem Sie sie in der *Amsterdamer*

Akademie veröffentlicht haben, auch in den *Annalen der Physik* veröffentlichen zu wollen. Wir würden natürlich besonders bemerken dass die erste Veröffentlichung in der holländischen Akademie erfolgt ist.^[2]

Sie würden dadurch den deutschen und ich glaube auch den ausländischen Physikern einen grossen Gefallen erweisen. Ich habe schon oft bedauern hören, dass Ihre Arbeiten so sehr schwer zugänglich sind. Die Berichte der Amsterdamer Akademie sind nur an einigen Bibliotheken vorhanden und wer nicht den Vorzug hat mit einem Separatabzug beehrt zu werden bekommt Ihre Abhandlungen vielleicht erst nach Jahren zu Gesicht. Ich hoffe zuversichtlich dass Sie im allgemeinen Interesse meine Bitte erfüllen werden.

Für Ihren freundlichen Brief^[3] danke ich bestens. Die Berliner Berufung war ein schwieriges Problem das schliesslich daran gescheitert ist dass die preussische Regierung kein neues Institut garantiren konnte, das bei den Berliner Verhältnissen unerlässlich ist. Für mich persönlich ist diese Lösung wohl die bessere weil ich in Berlin nur schwer zu wissenschaftlichen Arbeiten gekommen wäre.

Wir sind jetzt im Begriff uns in den bayerischen Alpen ein kleines Haus zu bauen um dort die Ferien zu verbringen. Ich gehe jetzt schon mit dem Plane um Sie im Sommer 1908 zu bitten Ihre Ferien bei uns im Gebirge zu verleben. Wenn ich schon jetzt damit herausrücke, so geschieht das, damit Sie sich an den Gedanken gewöhnen und mir dann keine Absage schicken.

Meiner Familie geht es gut. Meine Frau hat sich ganz erholt und auch der kleine gedeiht vortrefflich.

Mit besten Grüssen an die Ihrigen
Ihr ergebener

W. Wien

^[1]Wien had succeeded Paul Drude as chief editor of the *Annalen der Physik*.

^[2]In spite of his positive response to this request (see Letter 155) Lorentz published no papers in the *Annalen der Physik*.

^[3]Letter 141.

143. From Arnold Sommerfeld, 12 December 1906

Handwritten letter.

München, 12.XII.06.

Lieber und verehrter Herr Professor!

Mit dem reizenden Buch für unseren Jüngsten haben Sie uns innig überrascht und beschämt. Wie haben wir all die Freundlichkeit von Ihnen verdient? Das Geheimnis mit dem Namen Lorenz (den wir allerdings nicht ganz richtig schreiben) wollten wir vor Ihnen wie vor den anderen Menschen hüten.^[1] Aber als Sie meine Frau auf der Bahn begrüsst, konnte sie es Ihnen nicht verschweigen. Dass meine

Frau, wie ich schon in Leiden sagte, Sie sehr lieb hat, werden Sie hoffentlich auch aus ihren Versen entnehmen, auch wenn schon bessere in deutscher Sprache gemacht sind. Ich schliesse mich dem Inhalt dieser Verse von ganzem Herzen an.

Von meiner Münchener Tätigkeit kann ich Ihnen Erfreuliches berichten.^[2] Ich habe eifrige Zuhörer und in den zugehörigen Übungen stosse ich auf viel Interesse. Röntgen ist sehr freundlich zu mir; die vielverbreitete Meinung, als ob sein Interesse an der Physik nachgelassen hätte, ist ganz irrig. Er ist fortgesetzt an der Arbeit, nur sehr ängstlich im Publiciren, auch bei seinen Doctoranden und Assistenten. Neulich hielt er in der Akademie einen interessanten Vortrag „über die Entwicklung der physikalischen Institute“, in dem er auch auf die brennenden Elektronenfragen einging. Die letzten Kaufmann'schen Messungen hält er nicht für beweisend gegen das Relativitätsprincip; dafür seien sie zu complicirt.^[3]

Inzwischen habe ich auch Einstein studiert.^[4] Es ist merkwürdig zu sehn wie er ganz zu den gleichen Resultaten kommt, wie Sie (auch in Hinsicht auf seine relative Zeit), trotz seines ganz anderen erkenntnistheoretischen Ausgangspunktes.^[5] Ganz wohl ist mir allerdings bei seiner deformirten Zeit ebenso wenig wie bei Ihrem deformirten Elektron.

Meine Vorlesung gab mir Gelegenheit, das, was man sonst für Drahtwellen macht, auf elektromagnetische Oberflächenwellen zu übertragen, die sich an einer ebenen Trennungsfläche fortpflanzen, wo alles viel einfacher wird. Ich glaube, dass dieser Wellentypus mit der drahtlosen Telegraphie zusammenhängt. Die Frage der kritischen Geschwindigkeit in der Hydrodynamik habe ich leider noch nicht weiter fördern können.

Nun bitte ich Sie noch, uns Ihrer verehrten Frau Gemahlin herzlich zu empfehlen.

In Dankbarkeit

Ihr

A. Sommerfeld

Im Voraus möchte ich Sie bitten, ein Bildchen von unserem kleinen freundlich entgegenzunehmen. Sie sollten es schon lange erhalten haben, aber der Photograph hat uns im Stiche gelassen.

^[1]A reference to Sommerfeld's youngest son Arnold Lorentz (1904–1919).

^[2]Sommerfeld had succeeded Wilhelm Conrad Röntgen as Professor of Physics in Munich.

^[3]See Letter 138, note 10, for more on Walter Kaufmann's experiments.

^[4]*Einstein 1905b*, the paper on special relativity.

^[5]Through the relativity postulate and the light postulate, in Einstein's theory the impossibility to detect any motion of the Earth through the ether was ensured from the outset. In Lorentz's theory, in contrast, this indetectability was the outcome of complicated calculations using postulates about the behavior of matter in motion (length contraction and flattening of moving electrons). In *Lorentz 1909i* (p. 230) the difference is summarized as follows: "Einstein simply postulates what we have deduced, with some difficulty and not altogether satisfactorily, from the fundamental equations of the electromagnetic field." See, e.g., *Miller 1981*, for more details.

144. To Johannes Stark, 23 March 1907

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 23 März 1907.

Hochgeehrter Herr College,

Mit lebhafter Freude habe ich vernommen, dass Sie uns die Ehre machen werden, auf unserem Kongresse etwas von Ihren schönen und wichtigen Untersuchungen mitzuteilen, erstens weil dies die Bedeutung der Sitzung der physikalischen Abteilung sehr erhöhen wird, und zweitens weil es mir die Gelegenheit bieten wird, Ihre persönliche Bekanntschaft zu machen.^[1] Ich hoffe sehr, dass wir Zeit finden werden, einige Fragen, zu welchen Ihre Resultate Anlass geben und über die ich längst an Sie hätte schreiben müssen, zu besprechen. Dafür, dass ich wegen der vielen Arbeit, die mir das letzte Jahr gebracht hat, nicht dazu gekommen bin, muss ich Sie vielmals um Entschuldigung bitten.

Wollen Sie nun meiner Frau und mir das Vergnügen machen, am Donnerstag, 4 April, 6 Uhr bei uns zu Mittag zu essen? Für den Fall, dass Sie diese Einladung freundlichst annehmen, hat auch Prof. Kamerlingh Onnes, bei dem Sie, wie ich hoffe, wohnen werden, mir versprochen, unser Gast zu sein. Übrigens werden Sie grösstenteils Fachgenossen bei uns treffen. Einen Frack brauchen Sie nicht anzulegen.

Mit freundlichem Gruss und in vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Stark was planning to attend the 11th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, which was held in Leiden from 4 to 7 April 1907. See *Stark 1907* for his lecture.

145. From Johannes Stark, 26 March 1907

Handwritten letter.

Hannover, 26.III.07.

Sehr geehrter Herr Professor!

Wollen Sie und Ihre Frau Gemahlin meinen herzlichen Dank für Ihre liebenswürdige Einladung entgegennehmen.^[1] Es wäre mir eine Ehre und ein Vergnügen gewesen, ihr Folge zu leisten. Indes ist mir dies leider nicht möglich, da ich erst am Donnerstag (4. April) von hier nach Leiden reise. Ich kann leider nicht früher abreisen; ich bin nämlich gegenwärtig mit Zeit raubenden spektrographischen Untersuchungen beschäftigt; eine langfristige Exposition geht Mittwoch (3. April) zu Ende; so muss ich an diesem Tage noch eine Platte entwickeln und eine neue Exposition einleiten. Ich bitte Sie darum, mich gütigst entschuldigen zu wollen.

Ich freue mich, auf dem Kongress die Gelegenheit zu erhalten, Ihre persönliche Bekanntschaft zu machen und einige Fragen mit Ihnen besprechen zu können.

Mit vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]See Letter 144.

146. To Johannes Stark, 10 April 1907

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 10 April 1907.

Hochgeehrter Herr Kollege,

Ich bedauere es sehr, dass es Ihnen unmöglich war, von Amsterdam noch wieder nach Leiden zurückzukehren, und dass wir also am Ende gar keine Gelegenheit zu einer Besprechung gefunden haben.^[1] Bei dem Festessen war es mir auch unmöglich, mich einige Zeit neben Sie zu setzen, wie man das sonst wohl tun kann; ich dürfte die offiziellen Gäste, den Herrn Bürgermeister und Prof. de Bruyn, der Delegirter des flämischen Kongresses war, nicht verlassen. Ich hoffe freier über meine Zeit verfügen zu können, wenn Sie uns das Vergnügen machen, wieder einmal hier zu kommen.

Gestatten Sie mir jetzt, Ihnen recht herzlich zu danken für Ihren Besuch, für Ihre freundliche Tischrede und ganz besonders für Ihren schönen und höchst interessanten Vortrag, der von allen Anwesenden sehr geschätzt wurde.^[2] Schade nur, dass Sie gemeint haben, weil es schon so spät war, sich etwas kürzer fassen zu müssen als ursprünglich in Ihrer Absicht lag.

Der Punkt den ich gern mit Ihnen besprochen hätte, ist der Zusammenhang zwischen Strahlung und Translationsgeschwindigkeit, namentlich die Frage, die Sie förmlich der Elektronentheorie stellen. Da aber auch nach Beendigung des Kongresses ziemlich viel zu tun ist, so möchte ich Sie bitten, mit einer schriftlichen Besprechung noch eine Woche warten zu dürfen.

Ich erlaube mir, Ihnen im Namen unseres Vorstandes eine Postanweisung zu dem Betrag von M. 50 für Ihre Reisekosten zukommen zu lassen.

Mit freundlichem Gruss und den besten Wünschen für die Fortsetzung Ihrer Untersuchungen

Ihr in Hochachtung ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Stark had attended the 11th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (see Letter 144).

^[2]Stark 1907, delivered on 6 April 1907.

147. From Johannes Stark, 28 April 1907

Handwritten letter.

Hannover, 28.IV.07.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Ihren Brief und die Postanweisung habe ich erhalten.^[1] Ich danke Ihnen für Ihre freundlichen Zeilen. Von meinem Aufenthalt in Leiden war ich sehr befriedigt. Nur eines that mir leid und thut mir immer noch leid, der Umstand, dass ich so wenig mit Ihnen sprechen konnte. Ich überlegte Sonntag lange, ob ich von Ihrer liebenswürdigen Einladung, Sie am Montag zu besuchen, Gebrauch machen sollte; nachdem Sie eine ganze Woche angestrengt waren, glaubte ich Sie indes am Montag nicht in Anspruch nehmen zu dürfen. Wenn ich einmal wieder nach Holland kommen sollte, werde ich so frei sein, Sie zu besuchen, und wenn Sie einmal in Deutschland in die Nähe meines Wohnortes kommen sollten, so wird es mich ausserordentlich freuen, wenn Sie mit meinem Hause vorlieb nehmen.

Ihrem Bedauern, dass die Zeit für meinen Vortrag beschränkt war, kann ich nicht beistimmen. Denn auf die geistreiche Diskussion zu dem Vortrage von Herrn Haga hätten wohl wenige verzichten mögen,^[2] und auf der anderen Seite konnte ich in meinem Vortrage nichts neues bringen.

Ihre einschränkende Bemerkung zu meinem Vortrag hatte meinen vollen Beifall. Ich musste mit einem unterdrückten Lächeln an einen Vorfall in Göttingen denken. Ich hatte in einer Diskussion ungefähr dasselbe wie Sie über die Leistung der Theorie gegenüber dem komplizierteren Zeeman-Effekt gesagt. Darauf replizierte aber Herr Prof. Voigt ziemlich piquiert. Sollte indes in dem Nachweis Runges, dass die magnetischen Zerlegungen verschiedener Linien in multiplen Proportionen zu einander stehen,^[3] nicht ein Fingerzeig zur Deutung der Erscheinungen liegen?

Bevor ich Ihnen über die spektralanalytischen Beobachtungen an den α -Strahlen berichte, möchte ich das Ergebnis der langfristigen Exposition abwarten, welche ich gegenwärtig in Gang habe; sie geht erst am 21. Mai zu Ende. Bis dahin möchte ich mich einer Äusserung über die Abhängigkeit der Periode der Eigenschwingungen von dem Quadrat der Translationsgeschwindigkeit enthalten.

Zurückkommen möchte ich Ihnen gegenüber noch einmal auf meine früher geäußerte Ansicht, dass die bewegte Intensität der Kanalstrahlen aus einer Reaktion der bewegten Teilchen auf den Äther entspringe. Wie Sie aus dem Ihnen übersandten Sonderabdruck ersehen können, halte ich nunmehr eine andere Hypothese für plausibler.^[4] Indes werde ich die erste Hypothese doch noch einer experimentellen Prüfung unterwerfen, die freilich viele Vorbereitungen beansprucht.

Zur Illustration meiner früheren Ausführungen über die Abhängigkeit der Intensitätsverteilung und der Verbreiterung durch den Doppler-Effekt (Theorie von Rayleigh) in einer Linienserie von der Temperatur, lege ich Ihnen drei Spektrogramme bei. Sie wurden aufgenommen an der positiven Lichtsäule in Wasserstoff von etwa 10 mm Druck.

Ferner habe ich mir gestattet, Ihnen drei Sonderdrücke von Beobachtungen über die Fluoreszenz im Bandenspektrum zu übersenden.^[5] Die von mir darin gegebene Erklärung des Stokes'schen Gesetzes scheint mir auch einer mathematischen Formulierung fähig zu sein.^[6]

Endlich möchte ich mich mit zwei Bitten an Sie wenden. Ich möchte gerne im nächsten Heft des von mir herausgegebenen Jahrbuches eine Übersetzung Ihres Vortrages „On positive and negative electrons“ vor der Amer. Phil. Soc. bringen.^[7] Wollen Sie mir für diesen Zweck gütigst einen Sonderdruck senden. Nach Erledigung der Übersetzung kann er Ihnen wieder zurückgesandt werden.

Eine grosse Befriedigung würden Sie mir durch die Erfüllung folgender Bitte gewähren. Wollen Sie gestatten, dass Sie auf dem Titelblatt des von mir herausgegebenen Jahrbuches unter den Mitarbeitern genannt werden. Es erwächst Ihnen dadurch keine Verpflichtung; wohl aber können Sie die Aufnahme von Abhandlungen bewirken und die Erstattung von Berichten, die Ihnen wünschenswert erscheinen, anregen, ferner erhalten Sie vom Verleger das Jahrbuch in einem Exemplar zugestellt. Falls Sie jedoch meiner Bitte nicht entsprechen können, wollen Sie dies dem Verleger „Herrn P. Hirzel in Leipzig“ auf einer Karte direkt umgehend mitteilen, da das Heft IV, 1 in der nächsten Woche erscheinen wird.

Ich möchte Ihnen für Ihr freundliches Entgegenkommen in Leiden und für Ihre wiederholte Einladung noch einmal herzlichst danken.

Mit vorzüglicher Hochachtung und ergebenem Grusse

Ihr

J. Stark.

^[1]Letter 146 with its enclosure.

^[2]See *Haga 1907* for the printed version.

^[3]This result became known as “Runge’s rule”; it was presented in *Runge 1907*.

^[4]The earlier hypothesis was formulated in *Stark 1906a*; the new one in *Stark 1907b*. According to the new hypothesis, the positively charged atoms of canal rays can undergo deformations when passing through the “action-sphere” of other material particles and in the process lose kinetic energy. When leaving the sphere, some of the deformation energy will be transferred to the motion of the intra-atomic electrons, instead of back to the kinetic energy of the atoms. The altered motions of the electrons will manifest themselves in more intense radiation.

^[5]See *Stark 1906*, *1907c* and *Stark and Meyer 1907*.

^[6]Stokes’s law for photoluminescence states that the frequency of the emitted light is always smaller than or equal to that of the absorbed light.

^[7]The translation of *Lorentz 1906c* appeared as *Lorentz 1907b*. Stark was editor of the *Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik*.

148. To Woldemar Voigt, 9 May 1907

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 9 Mai 1907.

Lieber Herr Kollege,

Am Ende nächster Woche habe ich in Berlin in der Physikalischen Gesellschaft die Gedächtnisrede auf Boltzmann zu halten^[1] und es wäre nun meiner Frau, die mich begleiten wird, und mir sehr lieb, wenn wir Sie auf der Heimreise besuchen dürften. Wir können am Pfingstmontag in Göttingen eintreffen, können aber auch Dienstag oder Mittwoch ankommen; Donnerstag morgen müssen wir wieder zu Hause sein. Wollen Sie nun die Güte haben, mir zu sagen, an welchem der genannten Tage unser Besuch Ihrer Frau Gemahlin und Ihnen selbst am besten gelegen wäre? Selbstverständlich dürfen wir Sie nicht in irgend welchen Plänen, die Sie wegen des Pfingstfestes machen wollen, stören; es wäre uns aber eine grosse Freude, Sie beide, wenn auch nur auf kurze Zeit begrüssen zu dürfen.

Ich habe Ihnen längst wegen meiner Wahl zum auswärtigen Mitgliede der Gesellschaft der Wissenschaften schreiben wollen, bin aber leider nicht dazu gekommen.^[2] Verzeihen Sie mir das Versäumnis und seien Sie versichert, dass ich auf dieses neue Band, das mich mit den Göttinger Physikern verbindet, hohen Wert lege.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See *Lorentz 1907c*. The lecture was held on Friday 17 May.

^[2]On 14 July 1906 Lorentz was elected foreign member of the mathematical-physical class of the Königlich-Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen. The election was confirmed at the annual meeting of the Gesellschaft on 17 November 1906.

149. To Johannes Stark, 11 May 1907

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 11 Mai 1907.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Haben Sie vielen Dank für Ihr freundliches Schreiben^[1] und für die interessanten Abhandlungen, die Sie mir zukommen liessen. Es tut mir noch immer Leid, dass Sie mich am Montag nach dem Kongress nicht besucht haben. Ich war wirklich gar nicht ermüdet und hätte mich sehr gefreut verschiedene Fragen mit Ihnen zu besprechen.

Was den Ursprung der bewegten Intensität betrifft, so scheint es mir grosse Schwierigkeit zu bieten ein Atomion zu konstruieren, das infolge der Translation ausstrahlt. Man kann sich natürlich ganzgut vorstellen, dass in einem Teilchen ohne Translation Elektronenbewegungen stattfinden, die *nicht* strahlen, da die Ausstrahlung des einen Elektrons von der des anderen (wegen der Phasendifferenzen) vernichtet wird und könnte nun meinen, diese Vernichtung oder Kompensation höre infolge der Translation auf, allein es scheint mir doch schwer dies genauer auszuarbeiten und ich zweifle an der Möglichkeit die Erscheinungen so zu erklären.

Dagegen wäre es sehr gut möglich, die Emission, wie Sie es in Ihrer letzten Auffassung machen als eine *indirekte* Folge der Translation auf zu fassen, indem die inneren Bewegungen immer wieder durch Zusammenstösse mit Molekülen angeregt werden; dabei wird es auch begreiflich, dass die Intensität der Emission mit der Translationsgeschwindigkeit wächst.

Indes ist hierbei Folgendes zu erwägen.

Enthielte ein leuchtendes Teilchen ein einziges schwingendes Elektron, so würde die Schwingung durch die Ausstrahlung so langsam gedämpft werden, dass vielleicht die Amplitude erst nach etwa $1,5 \times 10^7$ Schwingungen auf die Hälfte herabgesunken ist. In dieser Zeit durchläuft ein Kanalstrahlteilchen eine Strecke von $1,5 \times 10^5$ Wellenlängen, was eine Länge von einigen Zentimetern ist. Es ist wahrscheinlich, dass bei komplizierterem Bau der Atomionen diese Strecke noch grösser wird.

Wir wollen jetzt eine Gruppe von Kanalstrahlteilchen ins Auge fassen, die einen ganz kleinen Raum einnimmt und mit gemeinschaftlicher Geschwindigkeit in der Richtung der x -Achse weiter fliegt. Es sei i die gesamte Intensität ihrer inneren Bewegungen (durch die Energie gemessen), kdx die Verminderung derselben durch die Strahlung während die Strecke dx durchlaufen wird, und adx die Vergrösserung der genannten Intensität in Folge der Stösse. Dann ist

$$\frac{di}{dx} = a - ki \quad (1)$$

Bei Abwesenheit der Zusammenstösse hätte man

$$\frac{di}{dx} = -ki,$$

$$i = i_0 e^{-kx}$$

(i_0 der Wert für $x = 0$). Nach dem oben Gesagten ist also $\frac{1}{k}$ eine Strecke, die sehr gut einige c.M. betragen kann.

Die Auflösung von (1) ist

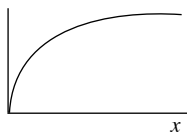
$$i = \frac{a}{k} + C e^{-kx}.$$

Wir denken uns jetzt, dass unmittelbar hinter der Kathode, wo wir den Ursprung des Koordinaten legen wollen, $i = 0$ ist. Dann bestimmt sich die Konstante C aus

$$0 = \frac{a}{k} + C$$

und es wird

$$i = \frac{a}{k}(1 - e^{-kx})$$



Hieraus folgt aber, dass auf eine Entfernung von O , die von der Ordnung $\frac{1}{k}$ ist, also einige c.M. betragen kann, i merk-

lich kleiner ist als auf grösserer Entfernung. Man müsste dann also eine dunkle Schicht hinter der Kathode sehen. Da man diese nicht beobachtet, so muss man annehmen (wie Ihre Experimente auch wohl zulassen), dass die Teilchen bereits *vor* dem Erreichen der Kathode zum Leuchten gebracht sind (durch Zusammenstösse) und dass die Zusammenstösse hinter der Kathode dieses Leuchten nur zu unterhalten haben. *Vor* der Kathode kann es natürlich sehr gut eine Schicht geben, in der die Teilchen noch nicht leuchteten.

Das Gesagte enthält für Sie wohl nichts Neues; betrachten Sie es daher als einen Beweis des Interesses, das ich an Ihren Untersuchungen nehme. Übrigens habe ich sehr eilig geschrieben und komme vielleicht noch einmal auf diese und andere Fragen zurück.

Ich muss Ihnen noch herzlich dafür danken, dass Sie meinen Namen auf den Titel Ihres Jahrbuches gesetzt haben, was ich als eine Ehre betrachte. Gelegentlich hoffe ich wohl einmal ein wirklicher Mitarbeiter zu werden. Vielen Dank auch für die bereits erschienen Bände, die Sie mir vom Verleger gütigst schicken liessen.

Ich werde nächsten Freitag in der Physikalischen Gesellschaft in Berlin die Gedächtnisrede auf Boltzmann halten, und werde mich auf der Heimreise einige Zeit in Göttingen aufhalten.^[2] Wenn es mir möglich ist, hoffe ich Sie am Mittwoch nach Pfingsten im Laufe des Nachmittags zu besuchen. Da wir Donnerstag ziemlich früh wieder zu Hause sein müssen (meine Frau wird mich nämlich begleiten), so ist unsere Zeit ziemlich knapp bemessen.

Ich schicke Ihnen von Göttingen aus noch eine Postkarte.

Mit freundlichem Gruss und in vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 147.

^[2]See Letter 148.

150. To Johannes Stark, 21 May 1907

Handwritten postcard (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Göttingen, 21 Mai 1907.

Sehr verehrter Herr College,

Ich werde mir erlauben, Sie morgen (Mittwoch) Mittag halb vier in Ihrem Institut zu besuchen.^[1] In der Hoffnung, dass Ihnen dies passen wird und mit bestem Gruss in vorzüglicher Hochachtung

Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz was traveling from Berlin back to Leiden by way of Göttingen and Hannover (see Letter 149).

151. To Woldemar Voigt, 15 June 1907

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 15 Juni 1907.

Lieber und verehrter Freund,

Der Verlust meiner Schwiegermutter, die uns kurz nach unserer Heimkehr in hohem, gesegnetem Alter entrissen worden ist, lässt uns erst jetzt dazu kommen, für die viele Liebenswürdigkeit und Herzlichkeit, die Sie beide uns während unseres Aufenthaltes in Göttingen gezeigt haben, noch einmal unseren wärmsten Dank auszusprechen.^[1] An Ihrem gastlichen Hause, in dem Sie uns so verwöhnt haben (wegen der Stühle z.B.) sind für uns die schönsten Erinnerungen verbunden und für mich persönlich war es von hohem Wert wieder einmal eine wissenschaftliche Unterhaltung mit Ihnen zu haben. Ebenso wie früher habe ich auch diesmal dem Ihnen gebrachten Besuch viele Anregung zu verdanken.^[2]

Ich brauche wohl kaum zu sagen wie viel ich genossen habe von der Besichtigung Ihres herrlichen Instituts, dieser Stätte unermüdlicher und vielseitiger Arbeit, von dem was die anderen Kollegen mir gezeigt haben und von dem Gespräch mit den Fachgenossen, die Sie um den so schön geschmückten und mit den Farben unserer Länder gezierten Mittagstisch versammelt hatten. Ich habe von dem regen wissenschaftlichen Leben an Ihrer Universität und von dem erfreulichen Zusammenwirken aller ihrer Kräfte einen höchst erquicklichen Eindruck bekommen.

Vielen Dank auch für die Abhandlungen, die ich hier fand. Ihre Rede auf Boltzmann, die auch dem Uneingeweihten ein so klares Bild von seiner Wirksamkeit gibt, habe ich mit lebhaftem Interesse gelesen.^[3] Aus der meinigen^[4] werden Sie bald ersehen können, dass unsere Urteile in der Hauptsache übereinstimmen und sich jedenfalls nie widersprechen; nur lassen unsere Auseinandersetzungen erken-

nen, dass ich etwas mehr zum „leidenschaftlichen Atomistiker“ veranlagt bin als Sie.^[5] Das ist aber kaum mehr als ein Nüancenunterschied in unseren Auffassungen.

Nach der angestrengten Arbeit werden Sie sich wohl nach den Ferien sehnen. Mögen diese Ihnen viele Erholung bringen und möge der weitere Verlauf dieses für Ihre Familie so wichtigen Jahres für Sie alle recht glücklich sein. Ganz besonders würde es uns freuen, wenn Ihr Besuch an Münster Sie auch nach Leiden führte. In dem Institute von Onnes, der Sie ebenso wie seine Frau, herzlich grüssen lässt, ist viel Neues zu sehen und wir könnten Ihrer Gemahlin auch hier in der Nähe noch wohl etwas zeigen, das sich mit Zaandam vergleichen lässt.^[6]

Ich darf Sie nicht damit belästigen, mich allen den Fachgenossen zu empfehlen, mit denen ich bei Ihnen zusammentraf. Grüssen Sie aber, bitte, Ihre Gemahlin und Ihren Herrn Sohn recht herzlich von mir und auch Prof. Riecke und gelegentlich die Herren der anderen Institute.

Treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz had visited Voigt in Göttingen (see Letter 148).

^[2]See Letter 35 for his comments on an earlier visit to Göttingen.

^[3]*Voigt 1907a*.

^[4]*Lorentz 1907c*.

^[5]In his memorial lecture Voigt characterized Boltzmann as “begeisterter, ja leidenschaftlicher Molekulartheoretiker”. See also Voigt’s account of a conversation on the topic of atomism with Van der Waals in Letter 59.

^[6]The town of Zaandam lies a little north of Amsterdam and was at the time well-known for its many windmills.

152. To Johannes Stark, 28 June 1907

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 28 Juni 1907.

Sehr geehrter Herr College,

Es ist uns ein Bedürfnis, für die liebenswürdige Aufnahme, die Ihre Frau Gemahlin und Sie selbst uns im vorigen Monat in Ihrem Hause (und im Hotel) bereitet haben, noch einmal unseren herzlichsten Dank auszusprechen.^[1] Meine Frau hat es sehr gefreut einen Abend in einer jungen deutschen Familie zu verbringen und die Bekanntschaft Ihres kleinen Knaben zu machen, der auch auf mich, wenn ich es sagen darf, einen so erfreulichen Eindruck gemacht hat.

Ich persönlich fand in der Unterhaltung mit Ihnen manche Anregung und Belehrung, und bewunderte aufs Neue die Ausdauer und das Talent, womit Sie Ihre schwierigen Untersuchungen fortsetzen. Möge der weitere Verlauf derselben recht glücklich sein und mögen sie andererseits Sie nicht abhalten, nach der angestreng-

ten Arbeit diesen Sommer in der Natur und der „Landwirthschaft“ Erholung zu finden.

Mit der Bitte, uns Ihrer verehrten Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, und mit herzlichen Grüßen von uns beiden

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Vielen Dank für die freundliche Zusendung der „Baedeker“.^[2] Es tut mir Leid, dass Sie sich wegen des Buchs Mühe haben geben müssen.

^[1]Lorentz had visited Stark in Hannover (see Letter 150).

^[2]A Baedeker travel guide.

153. From Johannes Stark, 15 July 1907

Handwritten letter.

Hannover, 15. Juli 1907.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Ihre beiden Briefe habe ich mit Dank erhalten;^[1] insonderheit danke ich Ihnen herzlich für die freundlichen Worte, in denen Sie Ihres Aufenthaltes in Hannover gedachten. Meine Frau und ich erinnern uns öfter und gerne an die Stunden, die wir in Ihrer und Ihrer Frau Gemahlin Gesellschaft verbrachten; obwohl wir im Lande der Uniform leben, schätzen wir beide an unseren Bekannten in erster Linie die menschliche Seite. Es würde uns sehr freuen, wenn wir gelegentlich einmal wieder mit Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin zusammentreffen würden.

Zur Erledigung der schwebenden geschäftlichen Angelegenheit möchte ich Ihnen folgendes mitteilen. Ihrem Vorschlag entsprechend will ich die ganze erste Tafel aus meinem Vortrag weglassen; es sollen nur die beigelegten 4 Spektrogramme in Lichtdruck reproduziert werden. Dadurch verringern sich die Kosten auf ungefähr 90 M, hiervon will gemäss Ihrer Mitteilung der Congres 50 M übernehmen; für die restierenden 45 M wird entweder Hirzel oder werde ich aufkommen.^[2]

In meinen Untersuchungen über die Lichtemission der α -Strahlen bin ich dem Hauptziele, der genauen Messung der Wellenlänge, leider nicht um einen Schritt näher gekommen. Die Schwierigkeiten, welche durch die geringe Lichtintensität bedingt werden, sind ganz ausserordentlich gross. Sobald ich einige nennenswerte Resultate erzielt haben werde, werde ich mir gestatten, sie Ihnen mitzuteilen.

Die Arbeit Paschens über die Kanalstrahlen in Wasserstoff werden Sie gelesen haben.^[3] Seine Behauptung, dass die spektrale Intensitätsverteilung unabhängig von der Translationsgeschwindigkeit sei, ist irrtümlich. Er identifiziert zu Unrecht das Schärzungsmaximum mit dem Intensitätsmaximum. Er hätte den Abstand der Spitze (Intensitätsmaximum) des Doppler-Effektes von der ruhenden Linie mes-

sen sollen. Ich hatte seine Originalspektrogramme hier und fand, dass sie noch zuverlässiger als meine eigenen meine Folgerung über die spektrale Intensitätsverteilung bestätigen.

Die Arbeit W. Wiens über die Strahlung der Kanalstrahlen ist ein merkwürdiges Gemisch von Hypothesen.^[4] Bei der Berechnung der Strahlung in H_{β} macht er, ohne sich dessen bewusst zu werden, die bedenkliche Hypothese, dass die von ihm unmittelbar hinter der Kathode gemessene positive Elektrizitätsmenge unabhängig vom Gasdruck gleichmässig und restlos an der Emission von H_{β} beteiligt sei. Er hätte bei konstantem Gasdruck die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen variieren sollen. Mit seiner Hypothese, dass beim Eintritt eines negativen Elektrons in das Wasserstoffjon ein Elementarquantum von Energie in H_{β} emittiert werde, widerspricht er der von ihm zuvor adoptierten Folgerung, dass die Wasserstoffserie von einwertigen positiv geladenen Wasserstoffjonen emittiert werde.

Da wir von den Versuchen Lilienfelds sprachen, so wird Sie folgendes interessieren. Wie ich durch eine Mitteilung auf privatem Wege erfuhr, giebt Lilienfeld nunmehr selbst den Versuch auf, dessen Beweiskraft ich angefochten hatte.^[5]

Ihren Nachruf auf Boltzmann habe ich mit grossem Interesse gelesen; dass Sie darin auch meinen Namen erwähnten, dafür möchte ich Ihnen herzlich danken.^[6] Es freut mich, dass Sie Boltzmann ein so schönes Denkmal setzten und seinen so hervorragenden Leistungen volle Gerechtigkeit wiederfahren liessen. So wenig ich für moderne Simili-Mache übrig habe, so wenig möchte ich zu den Leuten des „Nil admirari“ gehören. Ich gehöre zu den Verehrern Boltzmanns und freue mich, dass Sie gerade seine Hauptverdienste, die auf thermodynamischem Gebiete liegen, klar und mit Nachdruck herausgearbeitet und ihm voll zuerkannt haben.

Meine Frau bittet mich, Ihnen und Ihrer verehrten Frau Gemahlin herzliche Grüsse zu senden, und ich schliesse mich ihr darin an.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 152 and Lorentz to Johannes Stark, 7 July 1907 (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz, Berlin).

^[2]Stark refers to a problem concerning the cost of including illustrations in *Stark 1907*, the publication of the lecture he had held in Leiden at the 11th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (see Letter 146 and Lorentz to Johannes Stark, 7 July 1907). The Hirzel publishing firm asked Fl. 105 for the reproduction of nine spectrograms in two figures, whereas the Dutch could pay no more than Fl. 30. Eventually, Hirzel did the work for Fl. 30 (see Johannes Stark to Lorentz, 20 July 1907).

^[3]See *Paschen 1907a*; see also Stark's published criticism (*Stark 1907d*) and Paschen's reply (*Paschen 1907b*).

^[4]See *Wien 1907b*.

^[5]Julius Edgar Lilienfeld (1882–1963) worked at the University of Leipzig.

^[6]*Lorentz 1907c*; Stark is mentioned in connection with his work on the Doppler effect in canal rays.

154. From Wilhelm Wien, 17 August 1907

Handwritten letter in German script.

Mittenwald in Oberbayern 17/8/07

Sehr verehrter Herr Kollege!

Es ist bereits fast ein Jahr verflossen seitdem ich nichts von Ihnen gehört habe, was im wesentlichen meine Schuld ist. Wir sind jetzt in das kleine Haus eingezogen, das wir uns, wie ich Ihnen schrieb in den Alpen gebaut haben und damit beschäftigt alles einzurichten.^[1]

Ich möchte mir nun erlauben meine Einladung zu wiederholen, uns im nächsten Sommer etwa im August auf einige Wochen zu besuchen und wir würden uns besonders freuen wenn Ihre Frau Gemahlin uns auch die Ehre erweisen würde mitzukommen. Wir haben vollauf Platz um Sie beide aufzunehmen und ich brauche Ihnen nicht auseinanderzusetzen wie sehr meine Ferien dadurch verschönt werden würden wenn Sie einige Wochen bei uns wohnen wollten.

Andererseits glaube ich auch, dass für Sie, der Sie am Meere wohnen, auch einmal ein Aufenthalt im Hochgebirge reizvoll sein würde, wo die Natur so ganz anders zum Menschen spricht als in der Ebene. Wenn Sie auch wahrscheinlich grosse Ausflüge auf die Gipfel nicht werden machen wollen, so sind doch so viele schöne Spaziergänge in den Bergwäldern und an den Gebirgsbächen möglich, dass Sie genügende Auswahl haben werden. Auch habe ich eine ziemlich umfangreiche Auswahl von Büchern, physikalischen sowohl als aus der schönen Literatur, sodass es Ihnen auch an Lektüre nicht fehlen dürfte.

Ich selbst würde mich noch besonders darüber freuen mit Ihnen wieder einmal über Physik sprechen zu können. Kollege Sommerfeld, der dies Jahr seine Ferien ebenfalls hier zubringt würde natürlich auch sehr froh sein, wenn er Gelegenheit hätte öfters mit Ihnen zusammenzukommen.

Ich schicke Ihnen die Einladung so lange voraus damit Sie sich nicht in anderer Weise binden sollen. Eine bestimmte Zusage verlange ich jetzt noch nicht, da ich sehr wohl weiss, dass sie sich nicht so lange vorher geben lässt. Aber ich möchte Sie bitten den Plan in freundlich wohlwollende Erwägung zu ziehen.^[2]

Ich habe in der letzten Zeit viel mit Sommerfeld über theoretische Physik gesprochen namentlich auch über die Relativitätstheorie. Es würde mich sehr interessieren Ihre Meinung darüber zu hören. Mir scheint eine Schwierigkeit für die Relativitätstheorie in der Thatsache zu liegen, dass es in absorbirenden Medien eine grössere Geschwindigkeit als die Lichtgeschwindigkeit giebt und dass auch die Gruppengeschwindigkeit grösser ist.^[3]

Dieser Punkt bedarf noch genauerer Untersuchung.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch fragen wie weit Sie mit Ihrem Artikel für die Encyclopädie gekommen sind.^[4]

Mit besten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr ergebener

W. Wien

^[1]See Letter 142.

^[2]In spite of repeated invitations over the following years nothing came ever of a visit.

^[3]On this topic Wien corresponded with Einstein (see *CPAE*, Vol. 5). As it turned out, the group velocity remained smaller than the velocity of light.

^[4]See, for instance, Letter 138, for Lorentz's earlier comments on the delay in writing his contribution on magneto-optics for Wien's article on radiation theory.

155. To Wilhelm Wien, 22 September 1907

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 22 September 1907.

Sehr verehrter Herr Kollege,

Ich muss Sie vielmals um Entschuldigung dafür bitten, dass ich in so langer Zeit nichts von mir habe hören lassen. Mein Stillschweigen, davon können Sie versichert sein, rührt keineswegs daher, dass ich das grosse Wohlwollen und all die Freundlichkeit, die Sie mir in Ihren Briefen zeigen, nicht zu schätzen wüsste; die Ursache liegt nur in meiner unglücklichen Gewohnheit, mich zu sehr auf die tägliche Arbeit und auf Probleme, die mich eben beschäftigen, zu beschränken, und dadurch das, womit es nicht gerade Eile hat, zu lange zu versäumen.

Zunächst muss ich nun Ihrer Frau Gemahlin und Ihnen selbst unseren herzlichsten Dank aussprechen für die überaus Liebenswürdige Einladung, einige Zeit bei Ihnen im Gebirge zuzubringen.^[1] Das hat für uns etwas sehr Verlockendes und es wäre recht schön, bei so freundlichen Wirten von einer von der unsrigen so weit verschiedenen Natur zu geniessen und damit, was mich betrifft, die Anregung, die ich in der Unterhaltung mit Ihnen finden würde, zu verbinden. Allein unter unseren Umständen machen wir nicht leicht weite Reisen und obgleich wir, wenn wir je in Ihre Gegend kommen, gewiss hoffen, Sie zu besuchen, so werden wir leider nächsten Sommer unmöglich kommen können. Die jüngste Tochter^[2] hat dann ihr Abiturientenexamen (oder eigentlich ein diesem äquivalentes Staatsexamen) zu bestehen, womit sie wahrscheinlich erst im Laufe von August, es kann sein in den ersten Wochen, fertig sein wird, und Anfang September wird unser Knabe^[3] in das Gymnasium eintreten, wenn ihm das dazu erforderliche Examen gelungen ist. Wir werden also Schlachtopfer der modernen Kultur sein. Wir können den Kindern die Ruhe und Erholung, die sie unter diesen Umständen brauchen werden, nur verschaffen, wenn wir bei ihnen bleiben und zusammen die Ferien irgendwo in unserem Lande zubringen.

Ich komme jetzt zu anderen Fragen, die Sie in Ihrem Briefe berühren, muss aber vorher sagen, dass ich mit vielem Genuss Ihre letzte Arbeit über die von den Ionen der Kanalstrahlen ausgestrahlte Energie studiert habe.^[4] Es ist wirklich sehr schön, dass es Ihnen gelungen ist, die von einem einzigen Ion im Mittel emittierte Lichtmenge in absolutem Mass zu bestimmen.

Zu Ihren theoretischen Betrachtungen möchte ich mir zwei oder drei Bemerkungen erlauben. Erstens scheint es mir eigentlich selbstverständlich zu sein, dass ein (unpolarisiertes) Lichtbündel durch Wellenlänge und Intensität vollkommen bestimmt ist und dass man also zwei Lichtbündel, die in dieser Hinsicht übereinstimmen, aber von ganz verschiedenen Quellen herrühren, als in jeder Hinsicht äquivalent betrachten muss. Zweitens möchte ich Sie fragen, ob man das Ergebnis auf Seite 432 (unten) nicht einfach so ausdrücken kann. „Es zeigt sich, dass wenn man mittels der Gleichung

$$\frac{U}{\varepsilon} = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon}{kT}} - 1}, \quad \text{oder} \quad \frac{U}{\varepsilon} = e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}$$

aus dem beobachteten U den Wert von T berechnet, für den Exponenten $\frac{\varepsilon}{kT}$ ein Wert gefunden wird, der nicht höher als etwa 6 ist, was damit zusammenhängt, dass U zwar beträchtlich kleiner als das Energiequantum ε aber doch nicht tausende Mal kleiner ist“.^[5] Fände man $\frac{\varepsilon}{kT} = \frac{2}{3}$, so würde daraus folgen, dass $\frac{3}{2}kT$, d.h. die kinetische Energie eines Elektrons (oder eines Atoms oder Moleküls) bei der Temperatur T gerade dem Energieelement ε gleich kommt.

Drittens, und das hat etwas mehr Bedeutung, scheint mir eine Schwierigkeit für Ihre S. 433 entwickelte Auffassung darin zu liegen, dass das Elementarquantum der Energie von der Frequenz der Resonatoren abhängt. Der Gedanke, Planck's Idee der endlichen Energieportionen so zu interpretieren, dass diese Portionen die Energiebeträge gewisser endlicher Teilchen wären, die als Ganzes aufgenommen oder abgegeben werden können, ist sehr schön, aber, wenn diese Energiebeträge den hin und herfliegenden freien Elektronen zukommen sollten, welchem n hätte dann ihr $\varepsilon = hn$ zu entsprechen?^[6]

Was meine eigenen Arbeiten betrifft, so bin ich in den letzten Monaten sehr mit der Ausarbeitung meiner New Yorker Vorlesungen beschäftigt gewesen, womit ich nun bald fertig zu sein hoffe.^[7] Aus diesem Grunde habe ich meinen Encyclopädiebeitrag^[8] auch noch verschieben müssen und werde ich Sommerfeld bitten müssen, obgleich ich ihm versprochen hatte, jetzt fertig zu sein, noch einige Geduld mit mir zu haben.

Übrigens quäle ich mich mit mancher Frage, speziell über das deformierbare Elektron, die Strahlungstheorie und den Zeeman-effekt, ohne nun eben viel weiter zu kommen. Indes glaube ich von der Relativitätstheorie sagen zu dürfen (abgesehen von den in Kaufmann's Versuchen liegenden Schwierigkeiten^[9]), dass es noch fraglich ist, ob man sie in der Elektrodynamik streng durchführen kann. Durch geeignete Wahl der unabhängig und abhängig Variablen lassen sich nämlich die Grundgleichungen der Elektronentheorie für ein bewegtes System beinahe, *aber nicht ganz* auf dieselbe Form bringen wie die Gleichungen für ein ruhendes System. Der Unterschied besteht in dem Gliede $\frac{(\mathbf{w} \cdot \mathbf{u})}{c^2}$ in der Gleichung (I') meines

Encyklopädie-artikels.^[10] Dieses Glied tritt auch in der späteren Theorie auf, in welcher ich die zweite Potenz der Translationsgeschwindigkeit berücksichtigt habe; es kommt auch bei Einstein vor. Da man die Formeln nicht von demselben befreien kann, so will es auch nicht gelingen, in der Elektronentheorie vollständige Unabhängigkeit der Erscheinungen von der Translation, also volle Gültigkeit des Relativitätsprinzips zu erreichen. Eine angenäherte Unabhängigkeit von der Translation kann man allerdings erzielen, da das genannte Glied in manchen Fällen ohne merklichen Einfluss ist. Wie ich früher gezeigt habe, erzielt sich z.B. bei den optischen Erscheinungen eine genügende Unabhängigkeit von der Translation, bei beliebiger Geschwindigkeit dieser letzteren, wenn man die Elektronen als deformierbar betrachtet. Wenn dem so ist, so werden sich auch in einem sich bewegenden System immer dieselbe Geschwindigkeit des Lichtes (auch wenn sie in einem absorbierenden Körper, etwa in einem Metall, grösser als c ist) und dieselbe Gruppengeschwindigkeit ergeben, wie in dem ruhenden System. Ich glaube daher nicht, dass eine Schwierigkeit daraus entstehen kann, dass die Lichtgeschwindigkeit unter Umständen grösser als c wird, oder daraus, dass die Gruppengeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Wellen verschieden ist.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Wenn ich wieder zu neuen Arbeiten komme, werde ich Ihnen dieselben auch gern für die Annalen zukommen lassen, nämlich wenn Sie eine deutsche Übersetzung (aus dem Englischen) besorgen lassen können. Da ich nämlich eine Abhandlung für die Sitzungsberichte unserer Akademie bereits zweimal schreiben muss, holländisch und englisch, so finde ich für eine deutsche Bearbeitung wohl kaum Zeit. Eine selbständige Arbeit für die Annalen, etwa eine, die von zu grossem Umfang für unsere Sitzungsberichte wäre, könnte ich eventuell direkt deutsch schreiben.^[11]

^[1]See Letter 154, in particular note 2.

^[2]Johanna Wilhelmina Lorentz (1889–1980).

^[3]Rudolf Lorentz.

^[4]*Wien 1907b*. In this paper Wien calculates the temperature T of the H line of hydrogen, using Planck's radiation formula and his own measurements of the intensity of radiation emitted by moving ions. The corresponding value for kT turns out to be of the same order of magnitude as $h\nu$ for the H line.

^[5]On the mentioned page Wien explicitly determines the temperature T for the hydrogen line using the formula quoted by Lorentz (U is the energy of a typical moving ion; $\epsilon = h\nu$). He then calculates the mean speed in an electron gas of this temperature, and uses his result to determine the mean kinetic energy in such a gas. The result is of the order of magnitude of $h\nu$ for the hydrogen line studied.

^[6]See Wien's comments on this point in Letter 156.

^[7]The lectures were only published in 1909 (see *Lorentz 1909i*).

^[8]On magneto-optics, for Wien's article on radiation theory.

^[9]See Letter 138, note 10, for more on Kaufmann's experiments.

^[10]Equation (I') of *Lorentz 1904f* reads: $\text{div} \delta' = \left(1 - \frac{\mathbf{w} \cdot \mathbf{u}}{c^2}\right) \rho$ with $\delta' = \delta + \frac{1}{c}(\mathbf{w} \times \mathbf{h})$, \mathbf{w}

the speed of the system with respect to the ether, \mathbf{u} the speed of the charged matter in the moving frame, δ and \mathbf{h} the microscopic fields, and ρ the charge density. Terms of higher order than \mathbf{w}/c have been neglected. In *Lorentz 1904c* the equation is given for all orders of magnitude: div is replaced by div' (differentiation with respect to Lorentz-transformed coordinates) and ρ is replaced by ρ' , with $\rho' = \rho/k$, where $k^2 = (1 - \mathbf{w}^2/c^2)$. *Lorentz 1909i* contains the same formula; in a note added to the second edition (1915), however,

Lorentz shows that $\rho' \left(1 - \frac{\mathbf{w} \cdot \mathbf{u}}{c^2}\right)$ and not ρ' is the charge density measured in a moving

system. This had already been pointed out by Einstein in *Einstein 1905b* (without proof; the proof followed in *Einstein 1907b*). See also the discussion of this point in Letter 126.

^[11]See Letter 142, note 2.

156. From Wilhelm Wien, 25 September 1907

Handwritten letter in German script.

Mittenwald a/d Isar 25/9/07

Hochverehrter Herr Kollege!

Ich danke Ihnen sehr für Ihren überaus freundlichen Brief^[1] wenn ich auch sehr bedaure, dass Sie im nächsten Jahr nicht zu uns kommen können. Aber ich gebe die Hoffnung, Sie und Ihre Frau Gemahlin eine Zeit lang bei uns im Gebirge beherbergen zu können, keineswegs auf und werde mir erlauben unsere Einladung im Jahre 1909 zu wiederholen.

Dass Sie meine letzte Arbeit so nachsichtig beurtheilen hat mich sehr gefreut. Ich selbst fühle nur zu deutlich, wie unvollkommen und unsicher noch alles darin Vorgetragene ist.

Was Ihre Bemerkung betrifft, dass ein Lichtbündel durch Wellenlänge und Intensität vollkommen bestimmt sein muss, so bin ich auch dieser Meinung, ich glaube aber kaum, dass man sie allgemein für selbstverständlich halten wird. Jedenfalls scheint doch vielfach die Meinung zu herrschen, dass der Begriff der Temperatur und Entropie auf Vorgänge, die nicht durch Wärme hervorgerufen werden, wie die Strahlung Geisslerscher Röhren, nicht anwendbar sei. Mit Ihrer zweiten Bemerkung stimme ich ganz überein.

Was die Interpretation des Energieelementes als die bei Aufnahme eines Elektrons entwickelte Strahlung anlangt, so ist diese allerdings noch sehr hypothetisch. Aber das n , welches im Energieelement vorkommt,^[2] würde durch die Spektrallinien des Atoms bestimmt sein. Ich meine, dass nur diejenigen freien Elektronen in das Atom dringen und dort gebunden werden können, deren lebendige Kraft gleich dem Energieelement ist, welches durch die Schwingungszahl der betreffen-

den Spektrallinie bestimmt wird. Die Bindung des Elektrons ist mit der Ausstrahlung des Energieelements dieser Farbe verbunden, und dieser Energiebetrag wird der lebendigen Kraft des Elektrons entnommen, das nachher in Ruhe ist.

Wie man sich allerdings den Mechanismus zu denken hat, der Elektronen von bestimmter Energie auswählt und sie zwingt diese Energie in Schwingungen von bestimmter Farbe zu verausgaben ist mir noch ganz unklar. Es hängt diese Frage aufs engste mit der Constitution des Atoms und mit der Frage nach der Entstehung der Spektrallinien zusammen. Jedenfalls sind bei der Entstehung einer einzelnen Spektrallinie die Energieelemente durch die festgelegte Schwingungszahl bestimmt und meine (allerdings sehr problematische) Hypothese war die, dass die der Erzeugung der Spektrallinie zukommende Temperatur dadurch bestimmt wird, dass die mittlere lebendige Kraft des freien Elektrons, die als Mass der Temperatur gilt, gleich dem dieser Spektrallinie entsprechenden Energieelement ist.

Dass bei höherer Temperatur eines schwarzen Körpers nicht die Rayleighsche Formel gilt, scheint mir darin zu liegen, dass es nicht mehr die freien Elektronen allein sind, welche die Strahlung bedingen sondern die Elektronen, die sich mit den in den Atomen gebundenen austauschen. Dass hier nicht die Spektrallinien auftreten muss seinen Grund darin haben, dass die Atome nicht mehr als unabhängig von einander zu betrachten sind, sodass in Wirklichkeit die Spektrallinien wesentlich verbreitert werden. Wie auf diese Weise eine von der Natur der Körper unabhängige Strahlung des schwarzen Körpers herauskommen kann, wenn man durch das Absorbtiionsvermögen dividirt, die mit der Planckschen Formel übereinstimmt ist mir allerdings noch unklar.

Ich weiss sehr wohl, dass das alles sehr unsicher und im ganzen Umfange kaum richtig sein wird, vielleicht lässt sich aber doch an einem oder andern Punkt für die weitere Forschung anknüpfen.

Was Sie über die Relativitätstheorie sagen, dass nämlich das Glied $\frac{mv}{c^2}$ bei den Transformationen stehen bleibt, war mir auch schon aufgefallen, ich habe aber keinen Spezialfall gefunden, wo dasselbe eine Rolle spielte. Gäbe es einen solchen, so wird man die Relativitätstheorie wohl verlassen müssen. Ich würde es für sehr wichtig halten, diesen Punkt aufzuklären, damit man weiss, nach welcher Richtung die Theorie zu steuern hat.

Die englischen Hypothesen über den Zerfall und die Verwandlung der Atome^[3] scheinen sich in den meisten Fällen nicht zu bestätigen. Die Radioaktivität der gewöhnlichen Materie, wie sie in Cambridge beobachtet wurde,^[4] lässt sich wohl mit Sicherheit auf spurenweises Vorhandensein radioaktiver Substanz, die abgeschieden werden kann, zurückführen. Die von Bumstead aufgestellte Behauptung, dass Röntgenstrahlen bei gleicher Absorbtiion in Blei mehr Wärme erzeugen als in Zink,^[5] was ebenfalls auf einen Atomzerfall unter Wärmeentwicklung hindeuten würde, hat sich auch nicht bestätigt. Die in meinem Laboratorium nach einer andern Methode durchgeführte Nachprüfung hat einen durchaus negativen Effekt ergeben.^[6]

Ich glaube daher, dass man nach dieser Richtung vorsichtig sein muss.

Für Ihre Bereitwilligkeit Ihre Arbeiten für die Annalen zu geben, sage ich Ihnen meinen allerbesten Dank. Ich möchte Sie bitten mir *alle* Ihre wissenschaftlichen Aufsätze, in welcher Sprache sie auch sein mögen, zu schicken und ich werde dann sofort eine deutsche Uebersetzung veranlassen. Ich werde dafür sorgen, dass Ihnen ein Abzug der ersten Korrektur zugeschickt wird, damit Sie sich von der Richtigkeit der Uebersetzung überzeugen können.

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus
Ihr ergebener

W. Wien

^[1]Letter 155.

^[2] n is the frequency.

^[3]The transformation theory of Ernest Rutherford and Frederick Soddy, which states that radioactivity is a by-product of the transmutation of one element into another.

^[4]See *Campbell and Wood 1907*.

^[5]See *Bumstead 1906*.

^[6]See *Angerer 1907* and Bumstead's reply (*Bumstead 1908*).

157. From Max Planck, 19 October 1907

Handwritten letter.

Grunewald, 19. October 1907.

Hochverehrter Herr College!

Besten Dank für Ihren freundlichen Brief vom 13. d.M. und die Karte vom 16. Es ist mir lieb zu hören, dass Sie von Nernst nähere Nachricht über van 't Hoff's Befinden erhalten haben;^[1] er konnte Ihnen wohl noch mehr sagen als ich, da ich ihn (van 't Hoff) seit meiner Rückkehr von der Ferienreise noch nicht selber gesprochen habe, nur seinen Schwiegersohn Dr. Behn und seine Tochter Jenny,^[2] welche mir erzählten, dass ihr Vater eigentlich für den Winter nach dem Süden sollte, dass er sich aber im Hinblick auf die entschiedene Besserung seines Befindens sehr dagegen sträube — immerhin ein gutes Zeichen. Besser wäre es aber doch wohl, wenn er dem Rat des Arztes Folge leistete.

Herr Pegram ist noch nicht bei mir gewesen, ich werde ihm nach Ihren empfehlenden Worten um so lieber empfangen.^[3] Mit besonderem Interesse las ich neu-lich Ihre Rede über das Licht etc. auf dem Leidener Kongress im April d.J.,^[4] es war mir u.A. wichtig zu erfahren, dass Sie auch der Ansicht zuneigen, dass die Zerstreung des Sonnenlichts an der Atmosphäre nicht nur von den fremden Partikeln, sondern auch von den Luftmolekeln selber ausgeht. Eine kleine Meinungs-differenz regte sich bei mir nur bei der Stelle, wo Sie sagen, dass, falls die Atmo-sphäre bis zur Sonne reichte, bei uns wahrscheinlich tiefe Finsterniss herrschen würde. Denn wir würden dann doch sehr viel Licht empfangen, welches jetzt in weiter Entfernung an der Erde vorübergeht. (Hierbei ist natürlich der Einfluss der

eigentlichen Absorption, d.h. der Verwandlung von Licht in molekulare Wärme, vernachlässigt.)

Doch das ist ja nur eine Aeusserlichkeit und kaum der Erwähnung werth.

Ich beschäftige mich jetzt mit dem Aufsuchen einer Methode, die es gestatten würde, den Einfluss der Erdbewegung auf die Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers zu messen, wenn ein solcher Einfluss für einen auf der Erde ruhenden Beobachter vorhanden ist. Denn für einen in der Sonne ruhenden Beobachter emittirt ein schwarzer Körper auf der Erde in der Richtung der Erdbewegung stärker

als in entgegengesetzter Richtung. Wenn nur $\left(\frac{v}{c}\right)^2$ nicht so unsinnig klein

wäre! Es ist ein wahrer Jammer. Natürlich müsste es eine Nullmethode werden. Ich zweifle aber noch etwas, ob der Plan sich realisiren lässt.

Mit bestem Gruss

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]In a letter to Lorentz of 16 October 1907 Walther Nernst reported an improvement in the condition of the Dutch chemist Jacobus Henricus van 't Hoff (1852–1911), who was suffering from tuberculosis. At the time, Van 't Hoff was Professor of Chemistry at the University of Berlin and a salaried member of the Prussian Academy of Sciences.

^[2]The physicist Ulrich Behn (1868–1908), *Privatdocent* at the University of Berlin and daughter Johanna Francina van 't Hoff (1880–?).

^[3]George Braxton Pegram (1876–1958) was Assistant Professor of Physics at Columbia University. Lorentz had made his acquaintance while lecturing at Columbia University in the spring of 1906.

^[4]*Lorentz, 1907d*, the German version of *Lorentz, 1907a*.

158. From Wilhelm Wien, 9 November 1907

Handwritten letter in German script.

Würzburg, den 9/11/07

Sehr geehrter Herr Kollege!

Sie hatten die Güte nach der Durchsicht meines Artikels für die Encyklopädie mir mitzutheilen, dass Sie eine andere Fassung des Abschnittes, der Ihre Theorie der Dispersion enthält, wünschten, und Sie haben mir auch einiges darüber mitgetheilt, wie Sie die Darstellung abgeändert haben möchten.^[1] Es ist mir aber der Unterschied der neuen Darstellung gegenüber der frühern nicht so klar geworden, dass ich hoffen könnte Ihre Absicht vollständig zu treffen. Es scheint mir daher im Interesse der Sache zu liegen, wenn ich Sie bitte die Darstellung dieses kurzen Abschnittes selbst zu übernehmen, was Ihnen ja kaum nennenswerthe Mühe machen wird.

Seit einiger Zeit bin ich wieder hierher zurückgekehrt und fange wieder an zu experimentiren. Ich will zunächst versuchen ob man in höherem Vakuum vielleicht einfachere Werthe des $\frac{e}{m}$ der Kanalstrahlen erhält.^[2] Dann werde ich aber zur Fortsetzung meiner Messungen der Energie der Spektrallinien für die andern Linien des Wasserstoffs schreiten.^[3]

Theoretisch würde ich gern zwei Probleme behandelt sehen, die bei Versuchen meiner Schüler aufgeworfen sind. Zunächst, was aus der kinetischen Theorie der Gase folgt, wenn ein Gas durch eine lange enge Röhre bei so niedrigem Druck strömt, dass die Querschnittsdimensionen mit der freien Weglänge vergleichbar werden.^[4]

Dann haben wir bei der Strömung der Gase bei sehr hohen Drucken gefunden, dass die am Ende herausströmende Gasmenge dem Druck wieder proportional wird, sodass für hohe Drucke der nach dem Poiseuilleschen Gesetz berechnete Reibungsindex dem Druck proportional wächst.^[5] Eine so einfache Beziehung müsste sich doch theoretisch ableiten lassen.

Die Theorien der englischen Physiker über die Atommodelle, die aus ringförmigen kreisenden Elektronen bestehen^[6] habe ich mir jetzt näher angesehen, da ich sie kurz in der Encyclopädie erwähnen möchte. Ich glaube eigentlich nicht, dass dieser Weg der richtige ist. Besonders scheint es mir aussichtslos von diesem Standpunkte aus zu den Spektralserien vorzudringen.

Die letzte Arbeit von J.J. Thomson über die Strahlung^[7] dürfte uns auch nicht allzusehr fördern, da zu viel unbestimmt Hypothetisches bleibt und man auf diese Weise jedes beliebige Strahlungsgesetz berechnen kann.

Immerhin glaube ich, dass nach dieser Richtung hin die nächsten Schritte zu richten sind.

Meiner Familie und mir ist der lange Aufenthalt im Gebirge vorzüglich bekommen. Ich fühle mich wie neugeboren und hoffe, dass diese Erholung auf lange Zeit vorhält.

Hoffentlich geht es auch Ihnen und den Ihrigen gut
Mit besten Grüßen
Ihr ergebener

W. Wien

^[1]See Letter 124.

^[2]Wien's experiments on positive rays led to a series of publications: *Wien 1908a, 1908b, 1909c, 1910, 1912*.

^[3]See Letter 155 for Wien's earlier investigations.

^[4]See *Eger 1908*. See also Letter 163.

^[5]See *Ruckes 1908*. See also Letter 163.

^[6]See, e.g., *Kelvin 1902, Thomson 1904*.

^[7]*Thomson 1907a*, in which the hypothesis is worked out that heat radiation is caused by rapidly decelerating and accelerating charged particles. Lorentz had used this model to calculate the intensity distribution of radiation of very small frequency; Thomson tries to generalize this work to all frequencies.

159. To Woldemar Voigt, 25 November 1907

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

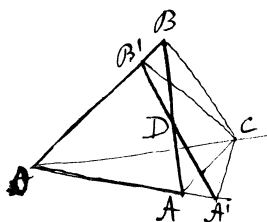
Leiden, 25 November 1907.

Lieber und verehrter Freund,

Gestatten Sie mir zunächst Sie von unserer herzlichen Teilnahme in Ihrem traurigen Verluste zu versichern; wir wissen aus Erfahrung, wie schmerzlich es ist, liebe Verwandte zu verlieren, mit denen man durch Erinnerungen eines ganzen Lebens, die bis in die Jugend reichen, verbunden war.

Haben Sie ferner besten Dank für Ihre beiden Mitteilungen zur Krystalltheorie. Ihr Beweis, dass keine höheren als 6-zählige Achsen zulässig sind, ist sehr schön, besonders weil er direkt darauf führt, dass $\cos\psi$ rational sein muss.^[1] Bei dem Beweise in meinen Abhandlungen (p. 321 u. 322), der *geometrisch* auch ziemlich einfach ist, muss ich als bekannt voraussetzen, dass der kompliziertere Ausdruck $\cos^2\frac{1}{2}\vartheta \cos\vartheta$ nur für $n = 6$ rational ist.^[2]

Selbstverständlich wird es der Amsterdamer Akademie (diese meinen Sie wohl, denn die „Holländische Gesellsch. d. Wiss.“ zu Haarlem publiziert nur die Archives néerlandaises) eine Ehre sein, Ihre Notiz aufzusetzen, und ich werde dieselbe gern nächsten Samstag oder in der Sitzung von 28 Dezember vorlegen. Wünschen Sie mir noch eine für den Druck bestimmte Redaktion zu schicken, oder soll ich die Mitteilung in Ihrem Briefe mit einem Titel versehen („Über die zulässige Zähligkeit der Symmetrieachsen eines Krystalls“?) und hier und da ein Wort ändern* (z.B. statt „Ich konstruiere“, „man konstruiere“)? Sie erhalten dann bald eine Korrektur. Die Sprache kann deutsch bleiben; wie Sie wissen werden aber alle unsere Abhandlungen auch ins Englische übersetzt.



Auch Ihre Betrachtung über das Gesetz der Indizes ist sehr einfach; sie kann aber, wie mir scheint, wenn man einmal Ihren Kunstgriff anwendet, die beiden Ebenen ABC , $A'B'C'$ durch denselben Punkt der Achse OC zu legen, noch etwas kürzer gefasst werden. Wird nämlich als bekannt angenommen, dass $\frac{OB'}{OB}$ (1) und $\frac{OA'}{OA}$ (2) rational sind, so handelt es

sich darum, zu zeigen, dass Gleiches auch von den Verhältnissen $\frac{BB'}{BO}$ und $\frac{BD}{BA}$ (3)

gilt. Für das erste folgt dies sofort aus dem Umstande, dass $\frac{BB'}{BO} = 1 - \frac{OB'}{OB}$, und für das zweite aus dem Menelaus'schen Satze, nach welchem

*Eigentlich kann auch „ich“ stehen bleiben. Ich meinte, das wäre „Brief-“ und nicht „Abhandlungenstil“.

$$\frac{BD}{AD} = \frac{OA'}{AA'} \times \frac{BB'}{OB'}$$

Da nach dem von (1) und (2) Angenommenen sowohl O, A, A' als auch O, B, B' rational zu einander liegen, so müssen auch A, B, D diese Eigenschaft haben.^[3]

Mit lebhaftem Interesse erhielt ich Ihre letzten Abhandlungen; die über den Zeeman-Effect^[4] hoffe ich bald gründlich zu studieren, wozu mir leider bis jetzt die Zeit fehlte. Sie haben vollkommen Recht; man kann viel mehr machen, wenn man die Forderung, dass die schwingenden Teilchen isotrop sein sollen, fallen lässt. Wegen der Schärfe der magnetischen Komponenten hatte ich daran immer — vielleicht zu ängstlich — festgehalten.

Ich schliesse mit unseren herzlichen Grüßen an Sie beide und mit den besten Wünschen für das Wohl Ihrer jüngsten Tochter und Ihres jüngsten Enkels. Möge dieser, ebenso wie seine drei Mitenkeln dieses Jahres Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin zu reicher Freude sein.

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Voigt's communications were published as *Voigt 1907c* (see below in this letter). The first section of the paper presents a new proof of the crystallographic law of rational indices; the second section contains the proof Lorentz refers to here.

^[2]See *Lorentz 1907i.1*. In the formula the angle ϑ is equal to $360^\circ/n$.

^[3]The simplification outlined by Lorentz was incorporated in *Voigt 1907c*.

^[4]*Voigt 1907b*.

160. From Wilhelm Wien, 27 November 1907

Handwritten letter in German script.

Würzburg, den 27/11/07

Sehr geehrter Herr Kollege!

Bei der Untersuchung den Fresnelschen Mitführungskoeffizienten aus der Relativitätstheorie abzuleiten ist mir aufgefallen, dass die Formel, die Sie in Ihrem „Versuch einer Theorie u.s.w.“ 101 geben^[1] nicht richtig zu sein scheint. Man erhält den Fall am übersichtlichsten, wenn man sich das Wasser ruhend denkt. Sind Beobachter und Lichtquelle auch in Ruhe so ist alles selbstverständlich, bewegt sich der Beobachter während die Lichtquelle noch ruht, so erhalten wir den Fresnelschen Mitführungskoeffizienten, bewegt sich ausserdem noch die Lichtquelle, so fällt auf das ruhende Wasser Licht anderer Farbe auf.

Diese Veränderung der Farbe ergibt sich in erster Näherung^[2]

$$T' = T \left(1 - \frac{v}{V} \right)$$

aber nicht

$$T' = T \left(1 - \frac{p}{W} \right)$$

denn da sich die Lichtquelle im Vakuum bewegt fällt auf das Wasser die Farbe

$$T' = T \left(1 - \frac{p}{V} \right)$$

und da es sich nun um Fortpflanzung des Lichts im *ruhenden* Wasser handelt so ändert sich weiter nichts. Es ist ja ganz gleich, ob ich eine Lichtquelle mit der Farbe T mit der Geschwindigkeit p bewege oder eine ruhende Lichtquelle mit der

Farbe $T \left(1 - \frac{p}{V} \right)$ benutze.

Daher ergibt sich^[3]

$$W'' = \frac{V}{n} \pm p \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \mp p T \frac{dn}{dT}$$

und die Uebereinstimmung mit der Erfahrung wird besser.

Da es nach dem Relativitätsprinzip gleichgültig sein muss, ob sich der Beobachter und die Lichtquelle bewegt dagegen das Wasser ruht oder umgekehrt scheinen mir die thatsächlichen Verhältnisse klar auf der Hand zu liegen.

Ich beschäftige mich jetzt wieder mit der Emission leuchtender Ionen und hoffe die Messungen nach sehr verschiedenen Richtungen erweitern zu können.^[4]

Mit besten Grüßen

Ihr ergebener

W. Wien

^[1]Lorentz 1895b, sec. 71.

^[2]Here T and p are the period and the speed of the light source, respectively, V is the speed of light in vacuum, and W (next formula) the speed of light in moving water relative to a coordinate system in which the water is at rest.

^[3] W'' is the speed of light in moving water in a coordinate system at rest in the ether, n is the index of refraction for the period T . The corresponding formula in Lorentz 1895b contains an additional factor $1/n$ in the last term. See also Lorentz's reply (Letter 162) and Wien's reaction (Letter 164).

^[4]See Letter 158, note 2.

161. From Wilhelm Wien, 9 December 1907

Handwritten letter in German script.

Würzburg, den 9/12/07

Sehr verehrter Herr Kollege!

Vor kurzem schrieb ich Ihnen, dass meiner Meinung nach Ihre Formel für den Mitführungskoeffizienten soweit die Dispersion des Mediums zu berücksichtigen

ist, einer kleinen Korrektur bedürfe.^[1] Nun hat ein Schüler von mir eine Arbeit über den Mitführungskoeffizienten veröffentlicht,^[2] in welcher er nach Analogie Ihrer Formel die relative Bewegung der Lichtquelle zum Medium berücksichtigt. Diese Rechnung bedarf meiner Meinung nach auch derselben Korrektur. Er hat nun eine Untersuchung fertig, in der dieser Punkt klargestellt werden soll. Ich möchte aber nicht, dass etwas veröffentlicht würde, bevor ich Ihre Meinung gehört habe.

Sollten Sie mit mir übereinstimmen so wäre es mir am liebsten wenn Sie selbst eine kurze Notiz veröffentlichen würden, zumal Ihre Formel den Weg in verschiedene Lehrbücher genommen hat und offenbar allgemein für richtig gilt. Sollten Sie dagegen anderer Meinung sein, so wäre es mir natürlich besonders wichtig Ihre Gründe zu hören um über den Punkt vollständig ins Klare zu kommen. Sie würden mir daher einen grössen Gefallen thun, wenn Sie mir kurz Ihre Meinung mittheilen würden.^[3]

Mein Artikel Elektrom. Lichtth. ist an Teubner abgegangen. Es wäre mir sehr lieb, wenn Sie Ihren kurzen Artikel über Ihre Dispersionstheorie gleich an Teubner schicken könnten, damit dann mein Paragraph darüber rechtzeitig ausgemerzt werden kann.^[4]

Die Versuche über Strahlung machen mir viel Kopfzerbrechen und Mühe, aber ich hoffe, dass sich etwas wird erreichen lassen.

Mit besten Grüssen

Ihr

W. Wien

^[1]See Letter 161.

^[2]*Laub 1907*.

^[3]See Letters 162 and 164.

^[4]See Letter 124, note 3, for Lorentz's contribution to Wien's *Encyklopädie* article.

162. To Wilhelm Wien, 17 December 1907

Handwritten letter (private collection).

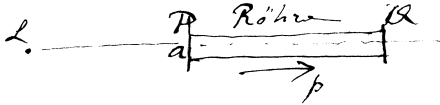
Leiden, 17 December 1907.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Anbei habe ich das Vergnügen, Ihnen die vereinfachte Darstellung meiner Gleichungen für die Lichtbewegung in einem ponderablen Körper zukommen zu lassen.^[1] Ich schicke den kurzen Aufsatz an Sie und nicht direkt an Teubner, weil es mir doch lieb wäre, wenn Sie beurteilten, ob er in Ihren Artikel passt und mein Manuskript eventuell so änderten, dass es sich in denselben hineinfügen lässt. Ich habe mich durchgängig der Berechnungen und der Einheiten der Encyklopädie

bedient und auf Seite 4 auch den Ausdruck „elektrische Erregung“ angewandt; vielleicht ziehen Sie vor: „dielektrische Verschiebung“.^[2]

Was Ihre Frage über den Fresnel'schen Koeffizienten betrifft,^[3] so ist diese, wie mir scheint, bald erledigt; wir haben Beide Recht, aber wir haben nicht ganz denselben Fall betrachtet.



Ich will annehmen, dass die Lichtquelle ruht, das Wasser sich bewegt. Geschieht letzteres so, dass die ganze Wassermenge dieselbe Translations-

geschwindigkeit hat (man kann sich denken, dass eine Röhre mit den verschliessenden Platten P, Q sich als Ganzes verschiebt), so gelten Ihre Formeln. Ist nämlich p die Translationsgeschwindigkeit und n die Frequenz der Lichtquelle, so ist

die Frequenz „im Punkte a der Platte P “ $n\left(1 - \frac{p}{c}\right)$. Ebenso gross ist offenbar auch

die Frequenz in jedem Punkte der an der Verschiebung teilnimmt (relative Frequenz). Die Lichtbewegung im Wasser wird jetzt, wenn x' die relative Koordinate gegen das Wasser ist, ausgedrückt durch Formeln von der Gestalt

$$\cos \left\{ n \left(1 - \frac{p}{c} \right) \left(t - \frac{x'}{W} + q \right) \right\}$$

(W relative Fortpflanzungsgeschwindigkeit). Substituiert man hier $x' = x - pt$, (x Koordinate gegen ein ruhendes System) so kommt als Koeffizient von t , d.h. als Frequenz in einem ruhenden Punkt der Ausdruck

$$n \left(1 - \frac{p}{c} + \frac{p}{W} \right) \tag{1}$$

zum Vorschein.

Meine Gleichungen beziehen sich nicht auf diesen Fall, sondern auf die wirkliche Versuchsanordnung. Das Wasser strömt in stationärer Weise in einem Raume, dessen Begrenzung (Schlussplatten) *ruht*. Unter diesen Umständen ist es klar, dass in jedem unbeweglich gedachten Punkte P die Frequenz ebenso gross ist wie die der Lichtquelle. Ich drückte das *so* aus:^[4] „Die Bedingungen, unter denen sich das Licht von der Quelle zu diesem Punkte P fortpflanzt, bleiben offenbar, wenn der Wasserstrom stationär ist, fortwährend dieselben“... „Impulse, die mit gewissen Zwischenzeiten von der Quelle ausgehen, werden mit denselben Zwischenzeiten in P anlangen, und wenn T die Schwingungszeit der Lichtquelle ist, so ist dieses auch die *absolute* Schwingungsdauer in P .“

Wie mir scheint, lässt sich nichts hiergegen einwenden.

Da nun die „absolute“ Frequenz in diesem Fall nicht den obigen Wert (1) hat, sondern einfach n ist, so ist die relative Frequenz nicht, wie oben, $n\left(1 - \frac{p}{c}\right)$ sondern $n\left(1 - \frac{p}{W}\right)$, wie ich angenommen habe.

Ich hoffe, dass Sie hiermit einverstanden sein werden.

Die Fragen über die Ausströmung von Gasen durch Röhren,^[5] sowohl bei niedrigem als auch bei sehr hohem Druck interessieren mich sehr und ich könnte mich vielleicht an der Lösung versuchen, da ich mich in letzter Zeit mit ähnlichen Problemen beschäftigt habe.^[6] Ich brauche indes einige Zahlenangaben, um beurteilen zu können, welche Glieder in den Bewegungsgleichungen berücksichtigt werden müssen. Können Sie mir vielleicht etwas ausführlicher über die Versuche und die Resultate berichten?^[7] Das wäre mir sehr lieb.

Es freut mich sehr, dass es Ihrer Familie und Ihnen selbst so gut geht, und dass der Aufenthalt in dem neuen Hause in den Bergen so schönen Erfolg hatte. Auch wir sind glücklicher Weise alle gut gesund.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus und den besten Wünschen zum Weihnachtsfest

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 161 and Letter 124, note 3.

^[2]The term “elektrische Erregung” remained.

^[3]See Letter 160.

^[4]See *Lorentz 1895b*, sec. 71.

^[5]See Letter 158.

^[6]Cf. *Lorentz 1906g.3*.

^[7]See Letter 163.

163. From Wilhelm Wien, after 17 December 1907

Handwritten letter in German script. The date is inferred from the fact that this letter is a reply to Letter 162.

Würzburg.

Sehr geehrter Herr Kollege!

Mit dem grössten Vergnügen bin ich bereit Ihnen über die hydrodynamischen Untersuchungen zu berichten, die wir hier angefangen haben.^[1] Nichts könnte mir erwünschter sein, als wenn Sie dadurch zur theoretischen Bearbeitung angeregt würden. Beiliegend schicke ich Ihnen einen kurzen Bericht über die eine Arbeit, die eben abgeschlossen ist.^[2] Sie wird sehr bald in extenso erscheinen.^[3]

Zur Ergänzung will ich noch folgendes hinzufügen.

Die Abweichung vom Kriterium liegt bei Glasröhren immer nach einer Seite, indem die Poiseuillesche Bewegung auch noch bei grösseren Geschwindigkeiten bleibt, die jenseits des Kriteriums liegen. Das ist besonders bei allmähligem Uebergang der Zufluss Röhre in den Querschnitt des eigentlichen Strömungsrohrs der Fall aber auch bei kürzeren Röhren.

Bei Metallröhren liegen die Kriterien bei viel geringeren Geschwindigkeiten. Dieser Punkt bedarf noch der Aufklärung.

Die Strömung bei höhern Drücken ist auch ziemlich regelmässig und lässt sich annähernd durch einen Reibungsindex darstellen der proportional mit dem Druck wächst.

Die Dichte des Gases ist bei hohen Drücken auch an der Austrittsöffnung noch sehr gross und viele Male grösser als die der Atmosphäre, in welche das Gas hineinströmt. Es folgt das daraus, dass viel mehr Gas ausströmt als sich mit kleinerer Dichte an der Ausströmungsöffnung vereinigen lässt.

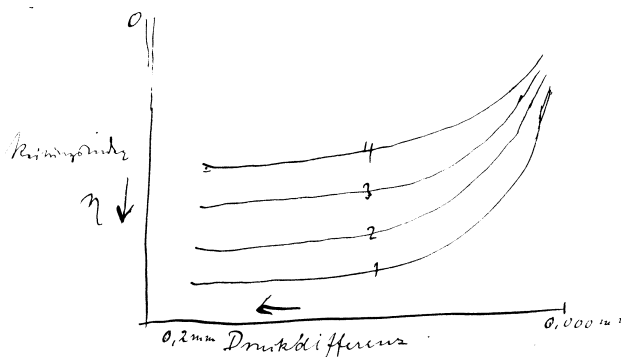
Diese Verhältnisse sollen für Wasser weiter untersucht werden.

Dass der Widerstand in der Röhre grösser werden muss als dem Poiseuilleschen Gesetz entspricht, folgt schon daraus dass die Ausströmungs-geschwindigkeit nach der Torricellischen Formel proportional der Quadratwurzel aus dem Druck wächst, nach der Poiseuilleschen proportional dem Druck. Bei unbegrenzter Giltigkeit der letzteren müsste also die Geschwindigkeit bei unbeschränkter Zunahme grösser werden als der Torricellischen Formel entspricht.

Bei allen diesen Versuchen sind die Längen der Röhren gross gegen den Durchmesser. Da es sich aber um sehr grosse Geschwindigkeiten handelt so wird es kaum möglich sein viel zu vernachlässigen.

Weiter wird untersucht ob man das Eintreten der Turbulenz findet wenn man einen Cylinder in schnelle Rotation versetzt und einen concentrischen mitnehmen lässt. Hier wird man den Einfluss der Enden des Cylinders wohl noch berücksichtigen müssen.

Was nun die Strömungsversuche bei ganz niedrigen Drücken betrifft,^[4] so hat sich ergeben, dass das Poiseuillesche Gesetz ebenfalls aufhört und zwar ist die Strömung so als ob der Reibungsindex mit dem Druck abnehme. Man kann ihn bis auf weniger als $\frac{1}{10}$ des normalen Werthes hinunterdrücken. Je enger die Röhre, umso mehr tritt der Einfluss auf und zwar scheinen sich diese variablen Reibungsindices mit abnehmendem Druck einem bestimmten Grenzwert zu nähern, den sie beim Druck 0 erreichen würden. Dieser Grenzwert scheint selbst Null zu sein, sodass beim Druck 0 auch die Reibung Null ist.



Die Kurven verlaufen wie in der nebenstehenden Skizze. Die Kurven 1 bis 4 entsprechen immer enger werdenden Röhren.

Es soll nun besonders noch der Verlauf bei tiefer Temperatur, feste Kohlensäure und flüssige Luft, untersucht werden.

Hier sind die Geschwindigkeiten, aber auch die Dichten des Gases sehr klein.

Es dürfte wohl zulässig sein, sämtliche quadratischen Glieder zu vernachlässigen. Es kommt wohl im wesentlichen auf eine Anwendung der Methoden der kinetischen Gastheorie hinaus, indem man voraussetzt, dass die Dimensionen des Querschnitts nicht mehr gross gegen die freie Weglänge sind.

Bei tieferen Temperaturen wird der Reibungskoeffizient kleiner. Es sieht so aus als ob bei ganz tiefer Temperatur wieder das Poiseuillesche Gesetz mit einem viel kleineren Reibungsindex gelte.

Was nun den Mitführungskoeffizienten angeht, so muss ich diesmal gestehen dass ich Ihre Meinung nicht theilen kann.^[5] Denn wenn ich die Wassersäule sehr lang nehme so müssen meiner Ansicht nach der von Ihnen betrachtete Fall und der meinige dasselbe Ergebnis liefern. Der Unterschied besteht ja nur in den Enden der Säule, indem der Lichtstrahl bei Ihnen ruhendes, bei mir bewegtes Wasser trifft und verlässt. Dieser Unterschied kann aber doch unmöglich auf die Bewegung im ganzen einen grössern Einfluss haben als der Länge der Wasserschicht entspricht, wo das ruhende Wasser in das bewegte übergeht. Da in den Theilen der Wassersäule, bei denen die gleichförmige Bewegung vorhanden ist, die beiden Fälle identisch sind, so kann der Unterschied nur in den Uebergangsschichten zum ruhenden Wasser liegen. Wenn ich nun den Fizeauschen Versuch mit Röhren verschiedener Länge mache so müsste der Einfluss der Uebergangsschichten von der Länge abhängig sein was doch unmöglich ist, da diese Uebergangsschichten ja immer ganz identisch gemacht werden können.

Ich hoffe dass Sie und die Ihrigen das Weihnachtsfest froh und vergnügt feiern werden und ich sende Ihnen auch noch die herzlichsten Glückwünsche meiner ganzen Familie zum Jahreswechsel.

Mit besten Grüssen

Ihr

W. Wien

Ich danke Ihnen auch sehr für den Artikel über Ihre Dispersionstheorie,^[6] der gleich nach Leipzig abgehen wird.

^[1]See Letter 162 for Lorentz's request.

^[2]*Wien 1907c.*

^[3]See *Ruckes 1908.*

^[4]*Eger 1908* gives a full report of these experiments.

^[5]See Letters 162 and 164.

^[6]The manuscript was enclosed in Letter 162.

164. From Wilhelm Wien, 25 December 1907

Handwritten letter in German script. The year is inferred from the reference to Letter 162.

Würzburg, den 25/12

Sehr verehrter Herr Kollege!

Ich muss Sie um Entschuldigung bitten, dass ich Ihren vorletzten Brief^[1] missverstanden habe und Sie auf diese Weise veranlasste sich noch einmal der Mühe zu unterziehen in der Frage des Fizeauschen Experiments an mich zu schreiben. Ich dachte nämlich dass Sie den Fall, wo an das bewegte Wasser ruhendes und eine Glasplatte anschliesst noch unterscheiden wollten von dem Fall wo Licht in einen stationären Wasserstrom fällt ohne dass ruhendes Wasser und eine Glasplatte angrenzen. Ich habe jetzt aber gesehen, dass Sie nur überhaupt einen stationären Wasserstrom meinen und diesen dem Fall entgegenhalten, wo sich eine ganze Wassersäule als ganzes bewegt. Die Sache liegt ja ganz einfach und klar und zu meiner Entschuldigung mag dienen, dass ich mit Arbeiten überhäuft war und auch Ihren Brief nicht länger unbeantwortet lassen wollte.

Inzwischen werden Sie wohl auch meine Notiz über die Strömung von Gasen erhalten haben.^[2] Ich habe schon daran gedacht dass man für die Turbulenz eine Art Entropiefunktion einführen müsste, weil man doch darauf verzichten muss auf den Mechanismus der Tubulenz näher einzugehen. Alle derartigen Versuche haben aber nichts befriedigendes ergeben.

Mir scheint eigentlich, dass die Theorie der Strömung bei ganz niedrigen Drücken leichter zu bearbeiten sein müsste. Ich habe aber niemals eine Untersuchung über kinetische Gastheorie angestellt und ihre Methoden sind mir keineswegs geläufig. Ich würde mich daher sehr freuen wenn Sie diese Untersuchung ausführen würden.

Allerdings wird es doch etwa vier Monate bis zur Veröffentlichung dieser Versuche dauern.^[3] Wenn Sie aber vorher Zahlenmaterial wünschen so kann ich Ihnen dasselbe zur Verfügung stellen.

Mit besten Wünschen zum neuen Jahr
Ihr treu ergebener

W. Wien

^[1]Letter 162.

^[2]See Letter 163.

^[3]The experimental results on turbulent flow were published in *Ruckes 1908*; the results on flow at very low pressures in *Eger 1908*.

165. From Arnold Sommerfeld, 26 December 1907

Handwritten letter.

München 26.XII.07.

Lieber und verehrter Herr Professor!

Das war aber ein überraschender Besuch des heiligen Nikolas in diesem Jahr.^[1] Der kleine Lorenz machte grosse Augen; seine Eltern erkannten sofort die Leidener Zugbrücke und hinter ihr den Leidener Lorentz. Inzwischen ist ein kleines Modell der Zugbrücke aus Pappe und Streichholzschachteln von unserem Ältesten hergestellt worden und inzwischen haben wir immer wieder an Ihre über-grosse Freundlichkeit denken und fast bedauern müssen, dass wir Sie in das Geheimnis der Namengebung eingeweiht haben. Sie dürfen sich aber wirklich wegen Ihres Pseudonamensvetters nicht so grosse Mühe auferlegen. Bitte tun Sie es nicht wieder! Sie beschämen uns zu sehr.

In Ihrem letzten freundlichen Brief schrieben Sie von einem schlechten Gewissen gegen uns wegen unbeantworteter Verse. Wir können ganz dasselbe sagen; denn wir haben für die Verdeutschung des Nikolas-Buches damals auch nicht gedankt. Wir stellen uns eines Ihrer Töchterlein als Verfasserin dieser übrigens vor-züglich geratenen deutschen Verse vor. Wollen Sie freundlichst, wie dem auch sei, unsern herzlichsten Dank an die richtige Adresse bringen!

Ich gratuliere bestens zur Beendigung des Bandes I Ihrer Abhandlungen.^[2] Jetzt aber warten wir alle sehnhch, dass Sie sich einmal zu dem ganzen Complex der Einstein'schen Abhandlungen äussern.^[3] So genial sie sind, so scheint mir doch in dieser unkonstruierbaren und anschauungslosen Dogmatik fast etwas Un-gesundes zu liegen. Ein Engländer hätte schwerlich diese Theorie gegeben; viel-leicht spricht sich hierin, ähnlich wie bei Cohn,^[4] die abstrakt-begriffliche Art des Semiten aus. Hoffentlich gelingt es Ihnen, dies geniale Begriffs-Skelet mit wirk-lichem physikalischen Leben zu erfüllen.

Aus den paar kleinen Abhandlungen, die ich Ihnen morgen schicke, werden Sie ersehen, dass meine Controverse mit Lindemann sehr unerfreulich weiter gegan-gen ist.^[5] Meine Mitteilung über die Fortpflanzung des Lichts in dispergirenden Medien soll bald weiter ausgeführt werden u. verspricht ganz interessant zu wer-den.^[6]

Haben Sie auch herzlichen Dank für Ihre Bereitwilligkeit, die magnetoopti-schen Dinge für die Encyclopädie gegen Ostern zu schreiben.^[7] Die Artikel von Wangerin und Wien sind zum Druck gegeben.^[8]

Zum Schluss wünschen wir Ihnen, Ihrer verehrten Gattin und Ihrer ganzen Fa-milie von Herzen ein gesundes und glückliches Neues Jahr.

Ihr dankbarer

A. Sommerfeld.

^[1]Traditionally, on the birthday of St. Nicholas (5 December) presents are exchanged in the Netherlands, accompanied by witty poems.

^[2]*Lorentz 1906g*, the first volume of an edition of selected and sometimes heavily revised papers. A planned second volume never appeared.

^[3]In particular Einstein's papers on special relativity.

^[4]Emil Cohn (1854–1944) was Professor of Physics at the University of Rostock.

^[5]See *Sommerfeld 2000*, pp. 261–263, for Sommerfeld's controversy with Carl Louis Ferdinand Lindemann (1852–1939), Professor of Mathematics at the University of Munich. The papers are *Sommerfeld 1907b* and *1907c*.

^[6]See *Sommerfeld 1907a*, which concludes that the speed of the front of a wave-signal can never exceed the speed of light in vacuum. A discussion on superluminal signal velocities had been going on between Albert Einstein and Wilhelm Wien (see Letter 154).

^[7]Lorentz made the promise in a letter to Sommerfeld of 13 November 1907 (Deutsches Museum, Munich).

^[8]*Wangerin 1909* and *Wien 1909a*, respectively.

166. To Woldemar Voigt, 1 March 1908

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 1 März 1908.

Verehrter Freund,

Es wird Sie gewiss sehr freuen zu vernehmen, dass es Onnes gelungen ist, das Helium nicht flüssig, sondern *fest* zu erhalten. Das Gas war auf 100 Atm. komprimiert, bei der Temperatur des flüssigen, im Vakuum siedenden Wasserstoffs, und es zeigte sich nun bei Expansion ein Nebel, der sich alsbald zu Schneeflocken und zu einem förmlichen Schneeball verdichtete. Man sah diesen schliesslich sehr deutlich (mit einer Höhe von vielleicht 1 Ctm) am Boden des Rohres liegen, und überhaupt war die Erscheinung vollkommen deutlich. In dem Rohr, dessen lichte Weite ich auf etwa 8 mM schätze, konnte man sehr schön das Entstehen des Nebels, und das Zusammenballen zu Flocken beobachten; es war auch merkwürdig zu sehen, wie diese letzteren in dem oberen aus dem Wasserstoff hervorragenden Teil des Rohrs wieder rasch verdampften, während die anderen Flocken herabfielen. Onnes macht noch einen gewissen Vorbehalt; ich zweifle aber nicht daran, dass dieser überflüssig sein wird. Das Gas könnte einigen Wasserstoff enthalten, obgleich es selbstverständlich sehr sorgfältig gereinigt war, und man könnte an eine Verbindung von He und H denken. Die grosse Menge der festen Phase würde dann aber jedenfalls zeigen, dass in derselben viel mehr He als H enthalten sein muss.^[1]

Es freut mich ausserordentlich, dass Onnes durch sein Talent und seine Ausdauer diesen schönen Erfolg erreicht hat; dabei denke ich an das letzte Gespräch, das wir hatten, als ich Sie abends begleitete.

Haben Sie besten Dank für Ihre Mitteilung betreffend die Dissymmetrien.^[2] Es ist Schade, dass Ihre ursprüngliche Theorie nicht zur Erklärung ausreicht; indes

haben Sie glücklicherweise schon wieder die Erklärung aus anderen Ansätzen gefunden.

Vielen Dank auch für Ihre Mitteilung der Adresse in Rom. Es steht bei uns auch noch nicht ganz fest, ob wir die Reise machen können;^[3] es würde uns in dem Fall recht Leid tun Sie beide dort nicht zu sehen, wie wir ursprünglich gehofft hatten.

Da Sie derartige Kongresse mehr besucht haben, so können Sie mir wohl sagen, ob ich eventuell einen Frack mitnehmen soll (wegen der Empfangfeierlichkeit und des Vortrags). Wenn Sie mir das auf einer Postkarte sagen wollen, so wäre ich Ihnen sehr verbunden.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See *Kamerlingh Onnes 1908a* for a report of the experiment. Later on it was concluded that the vapor and the snowflakes had probably consisted of hydrogen (with which the helium had been contaminated), although it could not be completely excluded that some liquid helium had been present as well (see *Kuenen 1922*). The actual liquefaction of helium did not take place until 10 July 1908. See also Letter 174.

^[2]*Voigt 1908a* gave an explanation of some new observations of dissymmetries in intensity and displacement of the inverse Zeeman triplet. The original theoretical prediction had been given in *Voigt 1900a*; see *Voigt 1908b* and *Voigt 1908c*, secs. 98–100, for Voigt's modified theory, and *Zeeman 1913*, chap. 7, for a review of experimental results.

^[3]It concerns the 4th International Congress of Mathematicians which was to take place in Rome (6–11 April 1908). Eventually Lorentz decided to attend; see *Lorentz 1908b* for his lecture.

167. From Arnold Sommerfeld, 18 March 1908

Handwritten letter.

München 18.III.08.

Sehr verehrter Herr Professor!

Es ist Ihnen wohl dieser Tage die Correctur des Encyclopädie-Artikels von W. Wien zugegangen.^[1] Dies soll nicht bedeuten, dass wir Sie veranlassen wollen, die Correctur zu lesen. Höchstens werfen Sie vielleicht einen Blick in Nr. 21, die Sie betrifft, und versehen diese, falls Sie Ausstellungen haben, mit Randbemerkungen.^[2] Die Zusendung soll nur ein Signal sein, dass wir sehr gern Ihren Beitrag über magneto-optische Probleme (und elektro-optische?) hätten.^[3] Allerdings werden Sie den Zeitpunkt sehr ungeschickt finden, da Sie sich gewiss für Rom vorbereiten.^[4] (Ich werde nicht hinkommen.)^[5] Sie sollen sich gewiss auch wegen der leidigen Encyclopädie Ihre Italien-Reise nicht kürzen, und wir können schliesslich auch warten. Aber Sie hatten selbst die Zeit um Ostern für Ihren Beitrag in Aussicht genommen.^[6] Selbstverständlich sehe ich diesen Termin nicht als ein Sie

bindendes Versprechen an. Nur möchte ich Sie bitten, soweit Sie es mit Ihren sonstigen Dispositionen und Reiseplänen vereinigen können, allmählich an unser Anliegen zu denken.

Ich würde es am liebsten sehen, wenn Sie direkt an Wien anschliessend mit Nr. 28 beginnen würden; auch die Gleichungen möchte ich fortlaufend mit Wien numerieren.^[7] Doch kann ich dergleichen Redaktionelles gern selbst besorgen.

Zu den magneto-optischen Phänomenen gehört doch auch die natürliche Drehung der Polarisationssebene, die bei Wien nicht vorkommt?

Ich hoffe in diesen Ferien meine alten Bemühungen um die „Turbulenz“ zum Abschluss zu bringen.

Viele Grüsse von meiner Frau!

In aller Verehrung

Ihr

A. Sommerfeld

In der Länge wollen Sie sich bitte keine Beschränkung auferlegen. Je mehr Sie zu sagen haben, desto besser wird es für die Encyclopädie sein.

^[1]The proofs of *Wien 1909a*.

^[2]Sec. 21 has the title “Dispersionstheorie von H.A. Lorentz.” Lorentz had made an important contribution to it (see Letter 124, note 3).

^[3]Lorentz’s much-delayed contribution on magneto-optics to Wien’s article on the electromagnetic theory of light (see Letter 124, note 3).

^[4]See Letter 166, note 3.

^[5]Eventually, Sommerfeld did attend the conference. See *Sommerfeld 1909a* for his paper.

^[6]See Letter 165, note 7.

^[7]Lorentz followed Sommerfeld’s advice.

168. To Arnold Sommerfeld, 27 March 1908

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 27 März 1908.

Sehr verehrter Herr Kollege,

Es ist leider wirklich wie Sie fürchten;^[1] ich bin noch nicht mit dem Encyclopädie artikel fertig, und habe es sogar nicht weiter gebracht als dass ich die Disposition im Allgemeinen festgesetzt habe. Die Vorbereitung des Vortrages in Rom,^[2] wohin ich morgen mit meiner Frau reise, und viele andere Arbeit tragen Schuld an der Verzögerung. Indes hoffe ich sofort nach meiner Rückkehr (um Ostern) die Arbeit im Angriff zu nehmen und darf ich wohl versprechen, dann in höchstens zwei Monaten fertig zu sein.

Es gibt noch einen von mir unabhängigen Umstand, der eine Verspätung der Arbeit wünschenswert erscheinen lässt. Ich hörte nämlich von Voigt, dass er eine

zusammenfassende Behandlung der magneto-optischen Erscheinungen bei Teubner publiziert, und ich möchte dieses Buch in meinem Artikel berücksichtigen.^[3]

Anbei lasse ich Ihnen zwei Bogen aus Wien's Artikel zukommen. Das übrige werde ich auch gern lesen (obgleich das natürlich überflüssig ist); jedoch muss auch dieses bis nach meiner Rückkehr warten.

Ich bin sehr gespannt auf Ihre Untersuchungen über die Turbulenz.^[4] Es ist schön, dass Sie bereits in den ersten Jahren nach Ihrer Übersiedelung nach München zu so vieler Arbeit kommen; davon zeugen auch die Abhandlungen, die Sie mir von Zeit zu Zeit schickten, und für welche ich noch meinen Dank aussprechen muss.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]As expressed in Letter 167.

^[2]At the 4th International Congress of Mathematicians (see Letter 166, note 3).

^[3]The book is *Voigt 1908c*.

^[4]Sommerfeld lectured on turbulence at the Rome congress (note 2); see *Sommerfeld 1909a* for the published version.

169. From Max Planck, 1 April 1908

Handwritten letter.

München, 1. April 1908.

Hochverehrter Herr College!

Ihr freundlicher Brief vom 27. v.M. wurde mir hieher nachgesandt, wo ich einige Tage der Ferien bei meiner Mutter verbringe, und ich möchte Ihnen, bevor Sie Ihre Romreise antreten, nur mit ein paar Worten danken für die Liebenswürdigkeit, mit der Sie in Ihrer jetzt so besetzten Zeit an mich gedacht haben.^[1] Natürlich wird es mich ungemein interessiren, aus Ihrem Vortrag in Rom zu erfahren, wie Sie die grosse Frage nach der Energieverteilung zwischen Aether und Materie denken. Dass die Electronentheorie ohne Einführung neuer Hypothesen mit Notwendigkeit zu den Jeansschen Schlussfolgerungen führt, ist mir sehr plausibel, und ich glaube, dass es nur nützlich ist, wenn dieser Punkt mit aller Schärfe zum Ausdruck gebracht wird.^[2] Insofern besteht also keine principielle Meinungsverschiedenheit. Aber die strittige Frage ist wohl hauptsächlich die: Existirt für eine endliche Energieverteilung zwischen Materie und Aether wirkliches *Gleichgewicht*? Die Jeanssche Theorie sagt: nein.^[3] Ich glaube aber, dass die Erfahrung ja sagt. Und wenn dem wirklich so ist, muss natürlich die Electronentheorie durch eine neue hypothese ergänzt werden, welche verhindert, dass im Laufe der Zeit alle Energie aus der Materie in der Aether übergeht. Dabei scheint mir der Punkt besonder wichtig, dass man an den einfachen Maxwellschen Gleichungen für den

freien Aether festhalten kann. Denn die Regelung der Energieverteilung erfolgt nicht im freien Aether, sondern durch die Wechselwirkungen der strahlenden Partikeln. Dann verlaufen, wie in der bisherigen Theorie, die Vorgänge im freien Aether unabhängig von einander, für sie gelten keinerlei Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, und die unendliche Anzahl der Freiheitsgrade des reinen Aethers berechtigt keineswegs zu irgend einem Schluss bezüglich der Energieverteilung. Die Energie des reinen Aethers ist vielmehr für jede Schwingungszahl eindeutig und unmittelbar bestimmt durch die Energie der strahlenden Partikel, und nur für die Wechselwirkungen der letzteren sind Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen massgebend. So ungefähr denke ich mir einstweilen die Sache.

Nun aber vor Allem viel Glück und viel Vergnügen auf Ihrer Osterreise! Mögen Sie erfrischt und gestärkt heimkehren. Und wenn Sie nach Ihrer Rückkehr mich durch die verheissenen Winke erfreuen würden, werde ich Ihnen doppelt dankbar sein.

Mit herzlichen Grüßen
Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]Lorentz went to Rome to attend the 4th International Congress of Mathematicians (see Letter 166, note 3). See *Lorentz 1908b, 1909h* for his controversial lecture. See Letters 170–173 for Wien's and Sommerfeld's comments and Lorentz's response; see also *Kuhn 1978*, pp. 189–196, for a historical discussion.

^[2]Jeans had concluded that the Rayleigh-Jeans law is the only radiation law compatible with classical electron theory (see *Jeans 1905a, 1905b*). This was also the conclusion Lorentz drew in his Rome lecture.

^[3]To explain the discrepancy between the Rayleigh-Jeans law and the experimentally determined radiation law, Jeans had assumed that in the experiments ether and matter were not (yet) in equilibrium.

170. From Wilhelm Wien, 17 May 1908

Handwritten letter in German script.

Würzburg, den 17/5/08

Sehr geehrter Herr Kollege!

Ich habe mit grossem Interesse den Vortrag gelesen den Sie in Rom gehalten haben.^[1] Ich glaube dass es durchaus zweckmässig ist alle theoretischen Möglichkeiten dauernd im Auge zu behalten. Aber ich glaube nicht, dass irgend jemand, der jemals experimentell auf dem Gebiete der Strahlung gearbeitet hat, Ihnen zu geben wird, dass für die Theorie von Jeans auch nur die entfernteste Möglichkeit besteht mit der Erfahrung in Uebereinstimmung zu kommen.^[2] Ich will mich dabei gar nicht auf die gewöhnliche Erfahrung berufen, wonach in Körpern, die Wärmeenergie besitzen sich keineswegs auch in noch so langer Zeit kurzwellige

Strahlung ausbildet. Dass ein Hohlraum, auch wenn er beliebig lange gleichtemperirt steht, schliesslich keine ultraviolette oder gar Röntgenstrahlung in grosser Intensität enthält, davon bin ich fester überzeugt als vom Prinzip der Erhaltung der Energie oder irgend einem andern Naturgesetz, den pythagoreischen Lehrsatz eingeschlossen.^[3] Aber ich meine man braucht gar nicht von Ueberzeugungen zu sprechen, da man bei den Strahlungsmessungen in der Lage ist, sich davon zu versichern, dass die Strahlungsquelle nur wenig von einem schwarzen Körper abweicht. Man braucht ja nur ihr Absorbtiionsvermögen zu messen. Da nun das Absorbtiionsvermögen für Licht und ultraviolette Strahlung bei vielen Körpern ebenso gross und grösser ist als das für lange Wellen, so hat es gar keine Schwierigkeiten mit strahlenden Hohlräumen zu experimentiren, die nicht mehr oder weniger vom schwarzen Körper für sichtbare und ultraviolette Strahlung abweichen als für lange Wellen.

Nun sind aber die Abweichungen von der Jeansschen Formel für sichtbare und noch mehr für ultraviolette Strahlung bei nicht zu hohen Temperaturen ganz ausserordentlich gross und der Ausweg dass man etwa mit nicht schwarzen Körpern experimentire ist durch die Möglichkeit gesperrt genau zahlenmässig anzugeben, wie weit die Strahlungsquelle von einem schwarzen Körper abweicht, was thatsächlich immer nur wenige Prozent ausmacht. Wenn daher die Theorie überhaupt noch die Absicht hat mit der Erfahrung in Beziehung zu treten so darf sie eine Anschauung von derartigem Mangel an Uebereinstimmung nicht aufrecht erhalten. Ich sehe daher nicht, weshalb Sie noch von zukünftigen Experimenten eine Entscheidung erwarten, wo doch die vorhandenen völlig ausreichen. Man kann allerdings die Messungen, und das habe ich vor, weiter ins Ultraviolette ausdehnen aber für die prinzipielle Entscheidung reichen ja die Beobachtungen in der Nähe des sichtbaren Gebiets aus.

Schliesslich kann ich Ihnen darin nicht beipflichten, dass Sie der Planckschen Theorie vorwerfen, dass sie nur mit der elektromagnetischen Theorie vereinbar Wäre, wenn wir unsere elektromagnetischen Grundanschauungen ändern.^[4] Ich glaube nicht, dass das erforderlich ist. Das Plancksche Energieelement scheint mir vielmehr aufs engste mit der atomistischen Struktur der Materie verknüpft zu sein. Ich sehe daher in dieser Anschauung einen Vortheil, von dem wir neue Fingerzeige hoffen können, wie ja schon die Verbindung des Energieelements mit den lichtelektrischen Elektronen zu einer bemerkenswerthen Uebereinstimmung führt. Dass wir dem Aether nicht alle Freiheitsgrade zuschreiben dürfen geht ja schon aus der Thatsache hervor, dass die freien Atome nur Linien oder Bandenspektren aussenden, die ja auch nur feine Linienpektren sind. Ich glaube daher auch gar nicht, dass im continuirlichen Spektrum wirklich alle möglichen freien Schwingungen enthalten sind. Soweit es wirklich continuirlich ist, werden es gar keine Sinusschwingungen sein. Die scheinbare Continuität kann die gleichen Ursachen haben, wie die Verbreiterung einer Spektrallinie, wo man doch auch immer nur die eine Schwingung als die freie ansehen muss.

Ich sehe daher nicht ein, weshalb wir uns der Vortheile begeben sollen, die wir zu erwarten haben wenn wir ein solches gut definirtes Hilfsmittel, wie das Plancksche Energieelement, verwenden.

Von einer weiteren Ausbildung der gewöhnlichen Theorie der Elektronenschwingungen können wir so wie so doch nichts besonderes mehr erwarten, Sie werden zugeben, dass es hoffnungslos ist, von den Serien der Linienspektren auf diese Weise Rechenschaft zu geben.

Eine gründliche Modification unserer Vorstellungen über die Lichtemission ist schon hierdurch geboten. Ich fürchte daher, dass ein längeres Sträuben und Festhalten an zu einfachen Vorstellungen hemmend auf den Fortschritt der Wissenschaft wirken kann.

Unsere Vorstellungen über die Erzeugung des Lichts und über die Beschaffenheit der Atome werden wir wohl noch mehr als einmal einer Revision unterziehen müssen. Und wenn eine Revision schon jetzt sich als erforderlich erweist, so betrachte ich das nicht als einen Nachtheil sondern als einen Vorzug. Solche Aenderungen der Vorstellungen haben immer, wenn sie sich mit zwingender Nothwendigkeit einstellen, einen grossen Fortschritt in der Wissenschaft bedeutet. Warum sollen wir darauf verzichten, den Versuch zu machen, diesen Schritt schon jetzt zu machen?

Ich glaube, dass Sie selbst bei genauer Prüfung der experimentellen Ergebnisse zur Ueberzeugung kommen werden, dass die Jeanssche Theorie sich nicht halten lässt.

Ich habe sehr bedauert, dass ich Sie diesmal nicht habe sehen und sprechen können.

Im nächsten Jahr werde ich mir erlauben Sie nach Mittenwald einzuladen. Ich habe sehr das Bedürfnis mündlich mit Ihnen zu sprechen, da sich doch derartige Fragen kaum schriftlich behandeln lassen.

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

W. Wien

^[1]*Lorentz 1908b*, in which Lorentz comes to the conclusion that the only radiation law that is compatible with classical electromagnetism and mechanics is the Rayleigh-Jeans law.

^[2]In a letter to Arnold Sommerfeld of 18 May 1908 (*Deutsches Museum, Munich*) Wien expresses himself more strongly when he writes that in his lecture Lorentz for once has not shown himself to be a leader of physics.

^[3]Following Jeans (*Jeans 1905a, 1905b*), Lorentz had suggested that black bodies as used in experiments have extremely small emission and absorption coefficients for short wavelengths. As a result it would take an extremely long time before equilibrium between ether and matter is established and this would explain the discrepancy between the observations and the Rayleigh-Jeans law, in particular the absence of short-wavelength radiation in the observed black-body spectrum. Both in Letter 171 and in the later, revised reprints of his Rome lecture (*Lorentz 1908e, 1909g, 1909h*) Lorentz points out, following a comment by Lummer and Pringsheim (*Lummer and Pringsheim 1908*), that the Rayleigh-Jeans law implies that at room temperature a piece of silver should be clearly visible in the dark, which is clearly not the case.

^[4]In the final section of his paper Lorentz argues that, since an electron moving in an arbitrary way emits radiation of all frequencies, Planck's quantum hypothesis, in which only one frequency appears, cannot be applied to it without a modification of electrodynamics.

171. To Wilhelm Wien, 6 June 1908

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 6 Juni 1908.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Haben Sie vielen Dank dafür, dass Sie mich auf den Fehler in meinem Vortrage aufmerksam gemacht haben und gestatten Sie mir Ihnen zu sagen, in welcher Weise ich auf den unrichtigen Gedanken gekommen war.^[1] Ich hatte immer gemeint, dass sich zwischen ponderabler Materie und Äther bei den Strahlungsercheinungen ein bestimmtes Gleichgewicht einstellt, bei welchem die Energie sich in einem endlichen Verhältnis zwischen den beiden teilt. Die theoretischen Ergebnisse über die „schwarze Strahlung“ die wir Boltzmann und Ihnen selbst verdanken, schienen mir ganz sichergestellt und ich zweifelte nicht im Geringsten daran, dass man es bei den Versuchen von Lummer und Pringsheim^[2] wirklich mit der schwarzen Strahlung zu tun habe. Aber es schien mir, es müsse möglich sein, die Strahlungsgesetze, namentlich auch die physikalische Bedeutung der Konstante $\lambda_m T$ aus Betrachtungen über den Mechanismus der Erscheinungen abzuleiten.^[3] In diesem Gedanken bestärkte mich der Umstand, dass man für lange Wellen zu einem befriedigenden Resultat gelangt, wenn man die Emission und Absorption eines Metalles berechnet, beides in der Voraussetzung, dass man es bloss mit freien Elektronen zu tun habe, die sich in den Zwischenräumen zwischen den Metallatomen bewegen.^[4] Es ist das eine Auffassung, die sehr nahe gelegt wurde durch den schönen Erfolg der Drude'schen Elektronentheorie einerseits^[5] und durch die Messungen von Hagen und Rubens andererseits.^[6] Diese letzteren zeigten ja, dass man das Absorptionsvermögen eines Metalls für lange Wellen aus der Leitfähigkeit ableiten kann; da nun die Elektrizitätsleitung ohne Zweifel auf der Bewegung freier Elektronen beruht, so muss sich offenbar die Absorption ebenso darauf zurückführen lassen. Dasselbe muss dan ferner für die Emission möglich sein, da das Absorptions- und das Emissionsvermögen nicht einander parallel gehen könnten, wenn nicht zwischen der Art und Weise wie Strahlen absorbiert und emittiert werden, ein enger Zusammenhang bestände.

Es liegt der Gedanke nahe, dass die Strahlungsfunktion $\frac{E}{A}$ sich richtig ergeben wird, wenn man für einen beliebig *fingierten* Körper (wenigstens wenn man über denselben keine zu extravaganten Annahmen macht) E und A berechnet.^[7] Wenn das richtig ist, so kann man die Betrachtung eines Körpers mit zahllosen Resonatoren zu Grunde legen, aber auch ebenso gut die eines Körpers, der bloss freie Elektronen enthält. Ich hoffte daher, die Bestimmung der Funktion $\frac{E}{A}$ mittels der Betrachtung der Elektronenbewegungen und Elektronenstösse in einem Metall auch für beliebig kurze Wellen ausführen zu können, wenn ich nur die für lange Wellen zulässigen Vereinfachungen fortliess. Es müsste sich dann auch der Zu-

sammenhang zwischen der Konstante $\lambda_m T$ und gewissen sich auf die freien Elektronen beziehenden Grössen herausstellen.*

Natürlich, wenn es gelingen sollte, auf dem angedeuteten Wege $\frac{E}{A}$ auch für kurze Wellen zu bestimmen, so musste sich zeigen lassen, dass die Theorie von Jeans keine allgemeine Giltigkeit hat. Das habe ich auch lange Zeit gehofft. Das Theorem der „equipartition of energy“ ist nur für solche Systeme bewiesen, für welche Gleichungen von der Gestalt der Hamilton'schen Gleichungen gelten, und das hatte man, streng genommen, für die in Betracht kommenden, Äther enthaltenden Systeme nicht gezeigt. Ich habe nun aber nachgewiesen (auf dem in meinem Vortrag angedeuteten Wege), dass wirklich solche Gleichungen für ein aus ponderabler Materie und Äther bestehendes System gelten. Daraus folgt aber, wie mir scheint, mit Notwendigkeit, dass man der allgemeinen Gültigkeit jenes Theorems der equipartition nicht entgehen kann, *wenigstens so lange man sich an die gewöhnlichen Grundgleichungen hält*. In diesem Nachweis liegt die Bedeutung (sofern sie irgend welche haben) der in meinem Vortrag mitgeteilten Betrachtungen, die ich als Thema gewählt hatte, weil sie auch vom mathematischen Standpunkte einiges Interesse bieten. Ich habe keineswegs sagen wollen, dass hiermit die Richtigkeit der Theorie von Jeans bewiesen sei. Nur kam mir der Gedanke, dass er doch vielleicht, so sonderbar es auch klingen mag, Recht haben könnte, wenn er sagt, das Gleichgewicht sei an unseren Versuchen nicht realisiert und die beobachtete Strahlung sei nicht die „schwarze“ gewesen (ein ähnlicher Ausweg wie auch Boltzmann eingeschlagen hat um der Schwierigkeit, die in der Gastheorie in den Werten von c_p/c_v liegt, zu entgehen^[81]).

Ihr Schreiben überzeugt mich nun davon, dass ich hierin zu weit gegangen bin. Bei näherer Überlegung glaube ich auch, dass bei den Versuchen, die man gemacht hat, das Absorptionsvermögen des angewandten „schwarzen Körpers“ jedenfalls so gross gewesen ist, auch für kurze Wellen, dass man für diese (wenn Jeans' Theorie richtig wäre) eine viel stärkere Emission als die tatsächlich bestehende hätte beobachten müssen. Ich habe mir übrigens durch folgende einfache Betrachtung Klarheit verschafft. Nach der Theorie von Jeans wäre die Strahlung eines schwarzen Körpers für eine bestimmte Wellenlänge einfach der Temperatur proportional; sie müsste also bei 15° C. 5 mal geringer sein als bei 1200°. Eine polierte Silberplatte, die sagen wir 93% von einfallendem gelbem Licht reflektiert, und also 7% absorbiert, müsste also ein Emissionsvermögen für gelbes Licht haben, dass 1,4% der Emission eines weissglühenden Körpers beträgt. Sie müsste also bei 15° C. im Dunkeln sichtbar sein. Wir müssen also wirklich die Jeans'sche

*Dieser Zusammenhang könnte z.B. folgender Art sein. Die Wellenlänge λ_m des Maximums konnte den Wert $\lambda_m = a \frac{c^2}{v^2} R$ haben, wo R der Radius eines Elektrons, v die mittlere Geschwindigkeit der Elektronen, c die Lichtgeschwindigkeit und a eine numerische Konstante bedeutet.

Theorie als Erklärung der beobachteten Erscheinungen aufgeben und nur die Planck'sche Theorie bleibt uns übrig. Sie müssen nicht denken, dass ich diese nicht sehr gut würdige; im Gegenteil, ich bewundere sie sehr, wegen ihrer Kühnheit und ihres schönen Erfolges. Meine Betrachtungen zeigen eben, dass man ohne irgend eine neue Annahme, die nicht in den gewöhnlichen Grundlagen der Elektrophysik enthalten ist, nicht zum Ziele gelangen kann. Eine solche neue Annahme ist nun eben die der Elementarquanta von Energie. An und für sich habe ich nichts dagegen; ich gebe Ihnen sofort zu, dass man gerade mit solchen neuen Auffassungen neue Fortschritte macht, und dass Vieles zu Gunsten der Hypothese spricht. Auch würde ich sofort bereit sein, die Hypothese rückhaltslos anzunehmen, wenn ich nicht auf eine Schwierigkeit stiesse. Dieselbe liegt darin, dass diejenigen Resonatoren, deren λ merklich kleiner als λ_m ist, nach der Formel von Planck nicht einmal ein einziges Energieelement erhalten. M.a.W., einige dieser Resonatoren (unter Umständen die Mehrzahl) müssten gar keine Energie besitzen, und doch sind sie, ebenso gut wie die übrigen, der fortwährenden Erregung durch die elektromagnetischen Wellen des Äthers ausgesetzt. Es ist nämlich zu bemerken, dass nach der Theorie von Planck die Resonatoren in ganz stetiger Weise (ohne dass von einem endlichen Elementarquantum die Rede ist) Energie von dem Äther erhalten oder an ihn abgeben können. Indes möchte ich jetzt auf diese Frage nicht näher eingehen; ich hoffe bald zu vernehmen wie sich Prof. Planck selbst zu demselben stellt.^[9]

Eines scheint mir wohl festzustehen, nämlich, dass man mit der Jeans'schen Theorie und also auch mit den Ansätzen, die ich gemacht habe, nicht auskommt. Es wird notwendig sein, anzunehmen, dass das Gleichgewicht zwischen Äther und Materie durch einen Mechanismus vermittelt wird (etwa durch die Planck'schen Resonatoren), der sich dem Theorem der „equipartition“ aus irgend einem Grunde entzieht. Indes werden wir damit noch nicht fertig sein. Denn neben diesem Mechanismus (ich will sagen neben den Teilchen *A*) bestehen doch ganz gewiss in einigen Fällen (in den Metallen) die frei herumfliegenden Elektronen *B*. Da nun für diese letzteren die Gültigkeit des genannten Theorems wie mir scheint nicht bestritten werden kann, so kommen wir zu der Folgerung, dass der Gleichgewichtszustand, der sich durch Vermittlung der Teilchen *A* einstellt, nicht identisch ist mit dem Gleichgewichte, das durch die Vermittlung der Teilchen *B* entsteht. Das widerspricht nun aber dem zweiten Hauptsatze der Thermodynamik, nach welchem es nur ein einziges Gleichgewicht geben kann.*

Es giebt vielleicht *einen* Ausweg aus diesem Dilemma. Wir können uns vorstellen, dass das Gleichgewicht unter Vermittlung von *A* sich rasch, das andere aber *sehr* viel langsamer einstellt; eine Annahme die man machen kann, wenn der eine Mechanismus grundverschieden vom anderen ist. (Die „Resonatoren“ könnten z.B. tausend oder Millionen mal rascher Energie an den Äther abgeben, oder von

*Man kann den Fall einigermaßen vergleichen mit dem Gleichgewicht in einem System, das aus einem festen Hydrat eines Salzes, der Lösung dieses Salzes und Wasserdampf besteht. Hat der Dampf die Spannung erreicht, bei der er mit der Lösung im Gleichgewicht ist, so ist er auch im Gleichgewicht mit dem Hydrat.

demselben aufnehmen als die freien Elektronen, nämlich was die kürzeren Wellen betrifft.) Dann kann ich mir denken, dass bei unseren Versuchen der Einfluss der Teilchen *B* ganz in den Hintergrund tritt, und dass durch die Wirkung von *A* ein Zustand entsteht, wie er den Beobachtungen über Strahlung entspricht; dass auch die Teilchen *A* Schuld daran sind, dass die obengenannte Silberplatte im Verhältnis zu ihrer (unmerklichen) Emission eine viel grössere Absorption ausübt als den freien Elektronen *B* entsprechen würde. In einem abgeschlossenen System entsteht praktisch genommen ein Gleichgewicht, für welches nur die Teilchen *A* verantwortlich sind. Dieser Zustand, den ich I nennen will, wäre aber nicht der definitive Zustand. Vielmehr würden, wenn ich das System nur immerfort sich selbst überlasse, die Teilchen *B* sich gelten lassen, und so würde das System einem Endzustand II zustreben, welcher der Jeans'schen Theorie entspräche. In gewissem Sinne hätte Jeans dann doch Recht.

Es ist sehr gut möglich, dass praktisch genommen, für einen Zustand wie den soeben mit I bezeichneten, die thermodynamischen Gesetze gelten. Wir machen ja auch keinen Anstand, diese Gesetze auch dann auf einen Körper anzuwenden, wenn wir Grund haben zu denken, dass die Moleküle desselben allmählich radioaktiv zerfallen, sodass ein wirkliches Gleichgewicht nicht zu Stande kommt. Wollte aber Einer einwenden, dass denn doch der Zustand I, was die Teilchen *B* betrifft, den thermodynamischen Gesetzen nicht entspricht, so hätte man zu antworten, dass der Zustand I, wenn man diese Teilchen ins Auge fasst, nicht als Gleichgewichtszustand betrachtet werden kann, und dass vielmehr diese Teilchen *B* das System dem Zustande II zuführen werden. Ich bemerke noch, dass, was diesen letzteren betrifft, die Teilchen *A* in den Hintergrund treten würden (ebenso wie vorher *B*), wenn ihre Schwingungszahlen unterhalb einer gewissen Grenze liegen. Dann würde nämlich, indem das System sich dem Zustande II nähert, die Energie der Teilchen *A* fortwährend abnehmen.

Entschuldigen Sie, bitte, diese lange Auseinandersetzung, die ich natürlich mit allem Vorbehalt niederschreibe.

Mein Vortrag ist noch nicht abgedruckt und ich werde also eine Anmerkung hinzufügen können, in welcher ich, unter Erwähnung Ihres Schreibens, betone, dass die Jeans'sche Theorie (abgesehen von einem problematischen und für uns nicht beobachtbaren Endzustand) den Beobachtungen nicht entspricht, und dass man also notwendig, wie Planck es tut, ein neues Element in die Theorie aufnehmen muss.^[10]

In dem „Nuovo Cimento“, wo der Vortrag mit einigen Aenderungen erscheinen wird, gedenke ich dann auf einige Punkte noch etwas näher einzugehen.^[11]

Es wäre mir indessen sehr lieb, wenn Sie mir mitteilen wollten, ob Sie sich mit den vorstehenden Betrachtungen einverstanden erklären könnten.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 170.

^[2]See *Lummer and Pringsheim 1899a, 1899b, 1900*.

^[3]Here λ_m is the wavelength at which the radiation curve reaches its maximum; according to Wien's displacement law it is inversely proportional to the temperature T .

^[4]See *Lorentz 1903c*, in which it is shown that this model leads to the Rayleigh-Jeans law in the case of long wavelengths.

^[5]See *Drude 1900–02, 1904* for his electron theory of metals, which is based on the model of free electrons moving among and colliding with fixed positively charged metal atoms.

^[6]Ernst Hagen (1851–1923) and Heinrich Rubens (1865–1922). See *Hagen and Rubens 1903*.

^[7] A is the absorptive power, E the emissivity; the quotient is a universal function of the temperature (Kirchhoff's law).

^[8]See, e.g., *Boltzmann 1898*, sec. 45. Boltzmann explains the discrepancy between the law of equipartition of energy, which predicts a dependence of the ratio of the specific heats on the number of degrees of freedom of the molecules and the experimentally observed fact that this ratio has more or less the same value for all kinds of molecules, by suggesting that it takes a long time for equilibrium between external and internal degrees of freedom to set in. (Dulong and Petit's law states that for solids the molar specific heat is equal to $3R$, with R the gas constant).

^[9]See Letters 176, 178, and 179.

^[10]See *Lorentz 1908d* and the revised reprints of the Rome lecture (*Lorentz 1908e, 1909g, 1909h*). In all four papers Lorentz acknowledges Wien's objections.

^[11]See *Lorentz 1908e*.

172. From Wilhelm Wien, 9 June 1908

Handwritten letter in German script.

Würzburg, den 9/6/08

Hochverehrter Herr Kollege!

Nehmen Sie herzlichen Dank für Ihren liebenswürdigen Brief,^[1] in welchem Sie mir Ihre Auffassungen über die Theorie der Strahlung auseinandersetzen. Ich freue mich sehr dass in allen wesentlichen Punkten zwischen uns Uebereinstimmung herrscht namentlich auch darüber, dass die Plancksche Theorie die einzige welche mit den Thatsachen in Einklang steht, dass sie aber noch wesentlich des weiteren Ausbaus bedürftig ist.

Was nun Ihre Annahme von verschiedenen Theilchen A beziehentlich B betrifft, von denen die einen den Resonatoren die andern den freien Elektronen entsprechen, so habe ich früher ähnliche Anschauungen gehabt. Ich habe mir nämlich auch schon seit mehr als einem halben Jahrzehnt über das Energieelement den Kopf zerbrochen und auch gemeint die Theilchen, denen das Energieelement entspricht, müssten unterschieden werden von denen, die als freie Elektronen auftreten. Ich habe diese Meinung in meinem in Meran gehaltenen Vortrage^[2] ausgesprochen und die Theilchen als gebundene und freie Elektronen unterschieden. Ich bin aber von dieser Anschauung zurückgekommen und glaube, dass die Drude'sche Hypothese freier Elektronen aufgegeben werden muss^[3]. Schon vor vielen

Jahren hat Lenard die Hypothese aufgestellt, dass die Ionen in leitenden Flammen aus Theilchen bestehen die sich fortwährend laden und entladen.^[4]

Es wird Ihnen auch bekannt sein, dass J.J. Thomson ebenfalls die Drudesche Theorie aufgegeben hat, weil nach ihr ein viel zu grosser Werth für die spezifische Wärme sich ergeben würde.^[5] Ich selbst habe in einer Untersuchung,^[6] die ich mir erlaubte Ihnen zuzuschicken den Beweis erbracht, dass wir in den Kanalstrahlen Ionen vor uns haben, die sich fortwährend laden und entladen und hierbei einen Gleichgewichtszustand erreichen. Ich bin daher nunmehr auch zu der Ueberzeugung gekommen, dass es freie Elektronen nicht giebt sondern dass wir es mit Elektronen zu thun haben, die beständig von einem Atom zum andern übergehen. Mir scheint, dass diese Auffassung sich ganz gut mit Ihrer Theorie der langwelligen Strahlung verträgt. Denn ob die Elektronen frei sind oder nicht, ist ja ganz gleich für Ihre Betrachtungen.^[7] Es würde dann nur anzunehmen sein, dass die langwellige Strahlung von den Elektronen emittirt wird während sie von einem Atom zum andern den Weg frei durchlaufen, während die Strahlung, bei welcher das Elementarquantum der Energie sich geltend macht, erst hervorgerufen wird wenn das Elektron wieder in das Atom eintritt. Ich meine nämlich, dass wir vorläufig doch versuchen sollten die Plancksche Theorie mit der Elektronentheorie zu vereinigen und deshalb annehmen sollten dass doch nur eine Art Theilchen, die Elektronen, die Strahlungen hervorrufen. Dass das Energieelement der Betrag ist, der ausgestrahlt wird, wenn ein Elektron ins Atom eindringt, ist ein Gedanke, der sich bei mir immer mehr festsetzt.

Vor einiger Zeit habe ich mir erlaubt Ihnen eine kleine Abhandlung zu schicken, in welcher ich aus dieser Vorstellung die Wellenlänge der Röntgenstrahlen berechnete.^[8] Hierbei wurde die Kenntnis der Geschwindigkeit derjenigen Elektronen vorausgesetzt, die von den Röntgenstrahlen aus dem Atom getrieben werden. Hierbei ergiebt sich eine auffallende Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Haga und Wind.^[9] Weitere Untersuchungen, die demnächst veröffentlicht werden sollen,^[10] haben gezeigt, dass die Geschwindigkeit der von den Röntgenstrahlen ausgetriebenen Elektronen nahezu unabhängig vom Material ist, z.B. fast genau gleich für Platin, Aluminium und Kohle. Ich erwähne dies hauptsächlich, weil Sie eine Schwierigkeit darin erblicken, dass nicht alle Resonatoren gleichzeitig Energie aus dem Aether aufnehmen. Bei den sekundären Kathodenstrahlen (wie sie von Röntgen oder ultravioletten Strahlen erzeugt werden), haben wir den Beweis vor uns, dass die thatsächlichen Verhältnisse wirklich so liegen. Auch hier werden thatsächlich alle Moleküle von den auffallenden Wellen getroffen aber nur einige wenige werden dazu gebracht Elektronen zu emittiren. Auch wenn eine Röntgenwelle ein Gas ionisirt, werden keineswegs alle Ionen beeinflusst, im Gegentheil nur ein verschwindender Bruchtheil wird verändert obwohl alle gleichmässig von den Wellen getroffen werden. Diese Vorgänge scheinen mir zweifellos sehr nahe mit dem Energieelement zusammenzuhängen.

Nun gebe ich Ihnen aber ohne weiteres zu, dass diese Vorstellungen noch sehr ungenügend sind um eine wirkliche Theorie zu begründen. Die Hauptschwierigkeit wird zunächst die sein aus einer allgemeinen Eigenschaft des Atoms abzuleiten, dass das Energieelement proportional der Schwingungszahl ist. Ich gestehe,

dass ich trotz alles Nachdenkens auch noch nicht den geringsten Anhaltspunkt gefunden habe, wie dieser Frage beizukommen ist. Da ich selbst vorläufig wenig Hoffnung habe, auf theoretischem Wege weiterzukommen so habe ich mich hauptsächlich auf die experimentelle Erforschung des Problems geworfen und hoffe vielleicht auf diese Weise der Frage näherzukommen. In den Kanalstrahlen haben wir lichtemittirende Theilchen, wo die Vorgänge verhältnismässig einfache sein müssen. Meine letzten Versuche haben mir gezeigt, dass der Gleichgewichtszustand, bei dem jeweilig immer nur eine Anzahl der Theilchen, und zwar verschieden lange Zeit, geladen sind, sich auch im äussersten Vakuum herstellt, so dass es nicht wahrscheinlich ist, dass er durch die Zusammenstösse mit ruhenden Atomen bedingt wird.^[11] Da auch der Leuchtzustand im äussersten Vakuum ungeändert bleibt, so scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass die Lichtemission durch das fortwährend Laden und Entladen der Theilchen hervorgerufen wird. Dies würde auch für meine Auffassung sprechen. Ich muss indessen erst diese offenbar sehr complizirten Vorgänge weiter zu analysiren suchen und vor allem auch die Energie des emittirten Lichts im Zusammenhang mit den übrigen Vorgängen messen, ehe sich weitergehende Schlüsse ziehen lassen.

Bei der grossen Anforderung an die experimentellen Hilfsmittel, welche diese Versuche stellen, werde ich noch recht lange Zeit auf sie verwenden müssen.

Es wäre mir nun ausserordentlich werthvoll, wenn Sie von andern Gesichtspunkten aus diese Fragen weiter behandeln wollten. Ich würde dann die beste Gelegenheit haben meine eigenen Vorstellungen zu corrigiren und neue Gesichtspunkte für die experimentelle Forschung zu gewinnen. Vielleicht gelingt es uns doch schliesslich etwas Licht in diese verborgenen Gänge zu werfen.

Mit besten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr ganz ergebener

W. Wien

^[1]Letter 171.

^[2]Wien 1905b.

^[3]See Letter 171, note 5, for Drude's theory.

^[4]See *Lenard 1902b*.

^[5]See *Thomson 1907c*, p. 85. If all electrons contributed to the specific heat according to the law of equipartition of energy, its value would come out much higher than the experimental value. This was first pointed out by Max Reinganum (*Reinganum 1900*).

^[6]Wien 1908a.

^[7]See *Lorentz 1903c*, in which the correct long-wave limit of the radiation law is derived for metals on the assumption of the presence of free electrons.

^[8]Wien 1907d.

^[9]*Haga and Wind 1899a, 1902*.

^[10]See *Laub 1908*.

^[11]See *Wien 1908b*.

173. From Arnold Sommerfeld, 20 June 1908

Handwritten letter.

München 20.VI.08.

Lieber und verehrter Herr Professor!

Sie werden angenehm überrascht sein, dass dieser Brief nichts über die Enzyklopädie enthält, höchstens soviel, dass der Art. Wien jetzt fast fertig corrigiert ist. Vielmehr möchte ich über Ihren römischen Vortrag schreiben, den mir Dyck gegeben hat.^[1] Ich glaube Ihr Paradoxen einigermaßen entkräften zu können.

Sehen Sie es bitte nicht als unbescheiden an, wenn ich dabei an einige Resultate meiner eigenen Elektronen-Studien anknüpfe.

Während Sie und Abraham nur die quasistationären Bewegungen im Auge haben,^[2] suchte ich der allgemeinen, nicht-quasistationären Bewegung näher zu kommen. Dabei ergab sich, dass die innere Kraft des Elektrons F und also auch seine Energie nicht von dem augenblicklichen Bewegungszustande allein abhängt, sondern auch von seiner Vorgeschichte in einem endlichen Zeitintervall — von der Grössenordnung $\frac{\text{Elektronen-Durchmesser}}{\text{relative Lichtgeschw} \cdot (c - v)}$. Betrachten wir also die

Translation nach einer bestimmten Richtung q , so kommt es nicht nur auf \dot{q} , sondern auch auf \ddot{q} , $\ddot{\ddot{q}}$, ... an. Die Energie ist also keine homogene quadratische Funktion der \dot{q} . (Vgl. z.B. Einleitung meiner Note II in den Göttinger Nachr.,^[3] oder Vortrag bei dem Heidelberger-Congress,^[4] den ich Ihnen der Bequemlichkeit wegen nochmals schicke).

In engem Zusammenhange hiermit steht das Auftreten der freien Elektronenschwingungen, die Herglotz entdeckt hat und die ich für die Rotations-schwingungen, P. Hertz für die Translations-Schwingungen näher ausgeführt hat.^[5] Das Elektron hat unendlich viele Eigenschwingungen, gerade so wie der parallelepipedische Kasten, oder wie eine Saite. Vom mechanischen Standpunkte kommen ihm unendlich viele Freiheitsgrade zu. Als ihre Coordinaten kann man wählen bei meinen Rotationsschwingungen die Amplituden A in dem Energie-Ausdruck (10) auf S. 424 des Heidelberger Vortrages.

Allerdings betrachten Sie eigentlich nur das Gleichgewicht zwischen den Coordinaten q_1 und q_3 , „unter Ausscheidung der q_2 “.^[6] Ist das aber berechtigt? Die q_2 vermitteln doch den Energie-Umsatz zwischen den q_1 und q_3 . Wenn nun die q_2 bei den kleinen Wellenlängen, die ihren Eigenschwingungen nahe kommen, Energie in diesen Eigenschwing. aufspeichern, so muss doch der Mechanismus der q_2 berücksichtigt werden. Und wenn die inneren Freiheitsgrade der q_2 in unendlicher Anzahl vorhanden sind, so können sie sehr wohl gegen die unendlich vielen Freiheitsgrade des Kastens konkurrieren. Es ist beachtenswert, dass die von mir gemeinten Freiheitsgrade eben bei den *kleinen* λ wirksam werden, wo sich Ihr Paradoxon bemerklich macht und wo die Abweichung von der Erfahrung

einsetzt. Qualitativ scheint mir durch diese Energie-Aufspeicherung in den unendlich vielen Freiheitsgraden der Elektronen ein Energiegleichgewicht zwischen Äther und Elektronen ermöglicht, und ich glaube zu übersehen, dass sich hierbei ein Maximum der Strahlungscurve ergibt, indem die Energie der kleinen Wellenlängen mehr auf die Elektronen transformiert wird. Die quantitative Ausführung ist aber natürlich nicht leicht. Ich werde mir alle Mühe geben, sie durchzuführen. Dabei ist es mir von vornherein zweifelhaft, ob meine kräftefreien Eigenschwingungen allein genügen und ob nicht solche Schwingungen zu berücksichtigen sind, die durch die Kräfte des Atomverbandes beeinflusst werden (Spektrallinien). Meine freien Elektronenschwingungen haben eine sehr kleine Wellenlänge — von der Grössenordnung des Elektronendurchmessers oder seiner Submultipla, sie könnten daher leicht ein Maximum bei einer zu kleinen Wellenlänge ergeben.

Sicher sind diese Bemerkungen sehr unfertig; es scheint mir aber, dass sie einen gesunden Kern enthalten. Wenn Sie etwas daraus machen können, wird es mich sehr freuen.^[7]

Als ich einmal über die Theorie der Strahlung vortrug, glaubte ich dem Jeans'schen Paradoxon dadurch entgehen zu können, dass ich sagte, die Elektrodynamik ist nicht den mechanischen Gesetzen unterworfen. Ihre jetzigen Ausführungen scheinen mir ein vorzügliches Fundament zur Entscheidung dieser Frage. Sie werden es hoffentlich nicht für vermessen halten, wenn ich ihrer Schlussfolgerung aus den obigen Gründen nicht zustimme und die Strahlungstheorie retten zu können hoffe.

Mit herzlichen Grüssen

Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]See Letter 170, notes 1 and 3, for more on Lorentz's Rome lecture. See also the discussion with Wien in Letters 171 and 172. Walther von Dyck (1856–1934) was Professor of Mathematics at the Technical University of Munich.

^[2]In *Lorentz 1904c* and *Abraham 1902, 1903*, respectively. It concerns the calculation of the velocity dependence of the electron mass for Lorentz's deformable and Abraham's rigid electron model. The term 'quasi-stationary', introduced by Abraham, denotes the approximation whereby it is assumed that changes in velocity take place on a time scale much greater than the time needed for light to cover the distance of the electron's radius.

^[3]*Sommerfeld 1904b*.

^[4]*Sommerfeld 1905b*.

^[5]See *Herglotz 1903*, *Sommerfeld 1904b*, and *Hertz 1906*.

^[6]In his Rome lecture Lorentz considered a system, consisting of a rectangular box with reflecting walls, containing uncharged particles (with generalized coordinates q_1 and \dot{q}_1), charged particles or 'electrons' (with coordinates q_2 and \dot{q}_2), and ether (characterized by the 'coordinates' q_3 and q_3' , the coefficients occurring in the Fourier expansion of the part of the field D not due to the electrons). To this system Lorentz applies Gibbsian statistical mechanics.

^[7]See Appendix, Letter 178a for Lorentz's reply.

174. To Woldemar Voigt, 13 July 1908

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 13 Juli 1908.

Verehrter Freund,

Ich muss zunächst meinen herzlichen Dank aussprechen für die freundliche Übersendung Ihrer Magneto- und Elektrooptik.^[1] Wohl jeder Physiker wird Ihnen für das schöne Buch sehr dankbar sein und ich freue mich ganz besonders darüber, dass Sie Ihre wichtigen Untersuchungen auf diesem Gebiet jetzt in dieser Form zusammengefasst haben.

Ich hoffe das Buch in den nächsten Wochen auf Wunsch der Redaktion in der *Physikalischen Zeitschrift* zu besprechen.^[2]

Zweitens kann ich Ihnen zu meiner grossen Freude gute Nachrichten über das Helium schicken. Nach sorgfältiger Vorbereitung hat Onnes vergangenen Freitag einen entscheidenden Versuch gemacht und eine Menge von etwa 60 cm³ flüssiges Helium erhalten. Eine herrliche Genugtuung nach der früheren Enttäuschung.^[3] Diesesmal ist jeder Zweifel ausgeschlossen; Onnes hat den Dampf der Flüssigkeit gesondert aufgefangen und für diesen hat sich die Dichte des He ergeben. Übrigens hat die Flüssigkeit längere Zeit unter 2 oder 3 mm Druck gestanden; die Temperatur, welche sie dabei angenommen hat, ist wohl die eisigste die je ein Mensch hervorgerufen hat.

Onnes hat mir gesagt, es sei ihm sehr lieb wenn ich Ihnen von dem erreichten Erfolg Mitteilung machte (da Sie immer so freundlichen Anteil nehmen an dem was hier getan wird). Er lässt Sie aber bitten um vorläufige Geheimhaltung, bis er, was in nächster Zeit geschehen wird, Näheres publiziert hat.^[4]

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus und mit den besten Wünschen für Ihre Sommerferien

Ihr treu ergebener

H. A. Lorentz

^[1]*Voigt 1908c*.

^[2]Lorentz's favorable review appeared in *Physikalische Zeitschrift* 10 (1909): 36–39.

^[3]See Letter 166 for an earlier announcement that turned out to be premature.

^[4]The results were published in *Kamerlingh Onnes 1908b*.

175. To Woldemar Voigt, 30 July 1908

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 30 Juli 1908.

Verehrter Freund,

Haben Sie vielen Dank für die freundliche Zusendung Ihrer Abhandlung über das Doppler'sche Princip und für die dieselbe begleitenden Zeilen.^[1] Es tut mir aufrichtig Leid, dass ich diese Arbeit übersehen habe und ich kann das nur damit entschuldigen, dass ich in jenen Jahren wegen der vielen Vorlesungen schon froh war, wenn ich noch etwas arbeiten konnte, und nicht im Stande war, alles zu lesen. Natürlich werde ich nicht versäumen, bei der ersten Gelegenheit, die sich mir bietet, zu erwähnen, dass die betreffende Transformation und die Einführung der Ortszeit von Ihnen herrührt.^[2]

Mit freundlichen Grüßen von Haus zu Haus
Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]*Voigt 1887a*. In this paper a transformation, equivalent to the Lorentz transformation (for space-time coordinates) is applied to a wave-equation. The paper was later reprinted, with some additional notes, as *Voigt 1915c*.

^[2]See Lorentz's remarks in *Lorentz 1909i* (p. 198, footnote) and in *Lorentz 1910g* (p. 1237). "Ortszeit" ("local time") is Lorentz's term for the Lorentz-transformed time coordinate.

176. From Max Planck, 7 October 1908

Handwritten letter.

Grunewald, 7. October 1908.

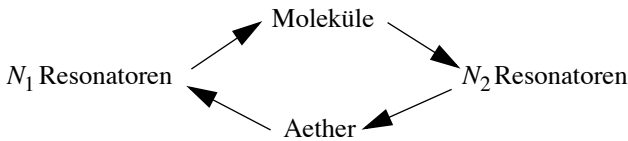
Hochverehrter Herr College!

Endlich darf ich meine lang gehegte Absicht verwirklichen und Ihnen ausführlich auf Ihren werthen Brief vom 2. August antworten. In Cöln, wohin Sie ja leider nicht kommen konnten,^[1] bat ich Herrn Zeeman Ihnen zu sagen, ich würde sofort nach meiner Rückkehr schreiben; aber kaum war ich hier, so rief mich der unerwartete Tod meiner Schwiegermutter nach München, und nun fange ich eben erst wieder an, das normale tägliche Leben wieder aufzunehmen. Doch ich will gleich zur Sache kommen.

Zuerst möchte ich etwas über die Strahlungstheorie sagen. Die erste Frage ist hier wohl die nach der physikalischen Bedeutung des „Wirkungselementes“ h . Ist diese Grösse, deren numerischer Werth doch ziemlich genau angegeben werden kann, charakteristisch für die Vorgänge im freien Aether oder für die Vorgänge in den Resonatoren? Die erstere Annahme wäre offenbar die radikalere, sie müsste

zur Aufhebung der Maxwell'schen Feldgleichungen führen. Zu einer derartigen Auffassung scheint J.J. Thomson zu neigen, der in seiner am 4. November 1907 in Manchester gehaltenen Adamson-Vorlesung sagt, dass „die Stirnfläche einer Lichtwelle mehr einer Anzahl heller Flecken auf dunkeln Grunde gleicht als einer gleichförmig beleuchteten Fläche“.^[2]

Doch mir gehen derartige Anschauungen zu weit. Ich sehe noch keinen zwingenden Grund ein, von der Annahme der absoluten Stetigkeit des freien Aethers und aller Vorgänge darin abzugehen. Dann ist also das Wirkungselement h eine Eigenschaft der Resonatoren. Doch muss ich gestehen, dass mich Ihre Darstellung des Energieaustausches:



(N_1 Resonatoren besitzen gar keine Energie
 N_2 Resonatoren besitzen ein oder mehrere Energieelemente)

nicht recht befriedigt. Vor Allem: was wird aus dem Vorgang, wenn überhaupt keine Moleküle da sind? Dann muss doch auch der stationäre Zustand möglich sein. Vielleicht sagen Sie: dann übernehmen die Resonatoren die Rolle der Moleküle. Und dies würde meiner Auffassung schon näher kommen.

Nun möchte ich Ihnen gerne darzulegen versuchen, welcher Weg mir als der aussichtsreichste in diesem dunkeln Neuland erscheinen möchte. Ich knüpfte an eine Anmerkung Ihres Briefes an, die lautet: „Ich werde mich so ausdrücken, als ob die N_1 Resonatoren ohne Energie fortwährend dieselben wären. Stellt man sich vor, was der Wirklichkeit wohl besser entspricht, dass ein bestimmter Resonator abwechselnd zu den N_1 und zu den N_2 gehört, so macht das keinen wesentlichen Unterschied“. In meinen Betrachtungen spielt nun gerade dieser Wechsel in dem Energieinhalt *eines bestimmten* Resonators die wesentliche Rolle. Denken wir uns einen einzelnen bestimmten Resonator in einem stationären Strahlungsfelde. Dann ist sowohl die Intensität der monochromatischen freien Strahlung R als auch die Energie des Resonators U constant, und diese beiden Grössen sind einander proportional. Aber beide Grössen sind Mittelwerthe, genommen über einen Zeitraum, der viele Billionen Schwingungen umfasst (wenn man die kurzen Wellen betrachtet, um die es sich hier handelt). Man muss also unterscheiden zwischen „mathematisch“ unendlich kleinen Zeiten (gegen die Dauer einer Schwingung) und „physikalisch“ unendlich kleinen Zeiten (gegen die Dauer einer Intensitäts- oder Energie-Messung), wie Sie es für den Raum eingeführt haben. Nun meine ich, hindert nichts, anzunehmen, dass wenn man „physikalische“ Zeitelemente und in Folge dessen die Mittelwerthen U und R zu Grunde legt, die Wechselwirkung zwischen Resonatorschwingung und erregender Welle vollkommen stetig erfolgt nach der bekannten linearen Differentialgleichung der gedämpften Pendelschwingungen. Denn controlliren kann man diese Wechselwirkung eben nur

durch Integration der wirklichen Differentialgleichung über verhältnismässig lange Zeit. Damit ist aber für die Beziehung zwischen Resonatorschwingung und erregender Welle in „mathematischen“ Zeitelementen noch garnichts oder sehr wenig ausgesagt. Hier bestehen im Gegenteil noch sehr viele Möglichkeiten.

Ich denke mir nun den Vorgang so: Im freien Aether gehorchen die Lichtwellen genau der Maxwell'schen Feldgleichungen. Deshalb ist aber die Amplitude einer Lichtschwingung, auch im stationären Strahlungsfelde, keineswegs mathematisch constant, sondern sie ist starken Schwankungen unterworfen, aus denen erst durch Mittelwerthsbildung der constante messbare Werth der Strahlungsintensität R sich zusammensetzt. Befindet sich nun ein Resonator in einem solchen stationären Strahlungsfelde, so wird er von der dort befindlichen freien Strahlung zu Schwingungen angeregt. Aber — und nun kommt das Wesentliche — diese Erregung gehorcht nicht dem einfachen bekannten Pendelgesetz, sondern es existirt eine gewisse Reizschwelle: auf ganz kleine Erregungen spricht der Resonator überhaupt nicht an, und wenn er auf grössere anspricht, thut er dies nur so, dass seine Energie ein ganzes Vielfaches des Energieelements $h\nu$ ist, so dass der Momentanwerth der Energie stets durch ein solchen ganzes Vielfaches dargestellt wird.

Zusammenfassend möchte ich also sagen: Ich mache zwei Voraussetzungen:

- 1.) die Energie des Resonators in einem bestimmten Augenblick ist $gh\nu$ (g ganze Zahl oder Null)
- 2.) die in einem Zeitraum von vielen Billionen Schwingungen vom Resonator emittirte und absorbirte Energie und auch die mittlere Energie des Resonators ist ebensogross, als ob für die Resonatorschwingungen die gewöhnliche Pendelgleichung gelten würde.

Diese beide Voraussetzungen scheinen mir nicht unverträglich zu sein. Ich habe diesen Gedanken in einer Anmerkung, zu §109 meiner Vorlesungen über Wärmestrahlung,^[3] angedeutet.

Freilich, die Fragen nach den näheren Bedingungen dieser eigentümlichen Beziehungen, muss ich noch offen lassen.* Andererseits muss ich gestehen, dass ich garnicht einmal so sehr lebhaft das Bedürfnis empfinde, nach einem Modell dieser Vorgänge zu suchen. Denn vielleicht würde man dabei auf ähnliche Schwierigkeiten stossen, wie etwa bei dem Versuch, die Maxwell'schen Feldgleichungen rein mechanisch zu deuten. Dieser Versuch wird wohl nie gelingen, und doch zweifelt deshalb Niemand wohl an der Zulässigkeit jener Gleichungen. Es liegt hier eben etwas Neues vor, und es handelt sich vor Allem darum, erst das Tatsächliche festzustellen und sich an die Eigentümlichkeiten dieser Vorgänge zu gewöhnen. Vielleicht findet sich mit der Zeit auch einmal ein mehr oder weniger anschauliches Bild dafür.

Verzeihen Sie bitte meine gewiss oft überflüssige Weitschweifigkeit. Aber ich wollte mich eben so deutlich wie möglich ausdrücken. —

*Es scheinen aber verschiedene Möglichkeiten vorzuliegen, eine passende, auch für mathematische Zeitelemente gültige Schwingungsgleichung aufzustellen.

Sie erwähnen in Ihrem Briefe auch die Aufnahme in den Orden pour le mérite und äussern die Vermutung, dass die Anregung dazu von der hiesigen Akademie der Wissenschaften ausgegangen ist.^[4] Ich freue mich sehr, Ihnen diese Vermutung bestätigen zu können, ganz besonders aber darüber, dass Ihnen, wie ich aus Ihrer Bemerkung entnehme, diese Auszeichnung Befriedigung gewährt hat.

Ich habe gestern Herrn stud. phil. Fokker^[5] geschrieben und ihn gebeten mir mitzuteilen, ob der 8. December für meinen Besuch in Leiden ein passender Tag ist.^[6] Zwar trifft gerade darauf ein katholischer Feiertag, Maria Empfängnis, aber das hat für Holland wohl keine praktische Bedeutung. Natürlich freue ich mich ganz besonders auf diese so nahe bevorstehende Aussicht, auch mit Ihnen wieder weitere Aussprache zu pflegen.

Mit herzlichen Grussen

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]The 80th Naturforscherversammlung took place in Cologne in 1908.

^[2]See *Thomson 1907b*.

^[3]*Planck 1906*.

^[4]In 1908 Lorentz was awarded the prestigious Prussian order of 'Ausländischer Ritter des Ordens pour le mérite für Wissenschaften und Künste'.

^[5]Adriaan D. Fokker (1887–1972).

^[6]Planck had been invited by the Leiden student association to give a lecture. The lecture, which took place on 9 December, was published as *Planck 1909*. See also Letters 178 and 179.

177. From Arnold Sommerfeld, 16 November 1908

Handwritten letter.

München, den 16.XI.08

Sehr verehrter Herr Professor!

Seien Sie mir nicht böse, wenn ich mich nach der Encyclopädie erkundige. Ich will Sie nicht beschleunigen, sondern nur bitten mir zu sagen, auf welchen Zeitpunkt ich mich wegen Ihres Beitrages einrichten soll.^[1] Es hängt davon die Fortsetzung des Druckes bei Wien, des Art. Strahlungstheorie^[2] ab. Wien hat den Wunsch ihn bald zu drucken weil er zu schnell veralten dürfte.

Halten Sie sich nicht damit auf, meinen Brief über Elektronenstatistik^[3] zu beantworten. Sie werden mir entgegenhalten, dass die kleinen Wellenlängen — ultra-ultra-violett - nicht ins Wärmegebiet hineinspielen können. Aber den Beweis dafür vermisste ich.

Darf man Ihnen zu dem von Bucherer erfochtetem Siege der Relativitätstheorie gratulieren?^[4] Aber es geht doch viel von der ursprünglichen Klarheit und Causalität der physikalischen Grundvorstellungen Ihrer ursprünglichen Theorie verloren.

Mit ergebensten Grüßen

Ihr

A. Sommerfeld

^[1]It concerns Lorentz's long-delayed contribution on magneto-optics to Wien's article on the electromagnetic theory of light (published as *Lorentz 1909e* and *Wien 1909a*, respectively). See Letter 168 for Lorentz's latest promise to deliver it.

^[2]*Wien 1909b*.

^[3]Letter 173.

^[4]The measurements by Alfred Bucherer (1863–1927; Professor of Experimental Physics at the University of Bonn) of the velocity-dependence of the electron mass came out in favor of special relativity (and of the electron theory) and contradicted Abraham's predictions (see Letter 173, note 2, for Abraham's theory). Bucherer's results were especially important in the light of the negative outcome of earlier experiments by Walter Kaufmann (see Letter 138, note 10). See *Bucherer 1908*; see also *Bucherer 1909* and *Lorentz 1909i* (2nd ed.), pp. 212–213, 339.

178. From Max Planck, 21 November 1908

Handwritten letter.

Grunewald, 21. Novbr. 1908.

Hochverehrter Herr College!

Ihr freundlicher Brief vom 16. d.M. verpflichtet mich zu mehrfachem Dank. Zunächst für Ihre teilnehmende Worte aus Anlass unserer Familientrauer, die namentlich für meine Frau eine ernste und bedeutungsvolle ist, da sie innerhalb eines Jahres Vater und Mutter verloren hat. Aber wir sind auch lebhaft uns des Glückes bewusst, dass wir die beiden bis in ihr hohes Alter die unseren nennen durften.

Vor Allem aber danke ich Ihnen und Ihrer verehrter Frau Gemahlin für Ihre so liebenswürdige Einladung, bei Ihnen wohnen zu dürfen.^[1] Sie können Sich denken, dass ich dieselbe von Herzen gern annehme und mich nun doppelt auf meinen Besuch in Leiden freue. Aber ich kann doch die eine Bitte nicht unterdrücken, die mir bei den Gedanken an meinen Besuch bei Ihnen in den Sinn kommt: Sie möchten Sich durch mich nicht zu sehr in der Erfüllung Ihrer Lebensgewohnheiten stören lassen. Ich weiss, wie das ist, wenn man mitten im Semester Logirbesuch empfängt, und Sie haben gewiss, wie immer, alle Hände voll zu tun. Ich denke, am Mittwoch d. 9. December Morgens um 10.16 in Leiden einzutreffen (über Woerden), und am Freitag d. 11. Morgens dort wieder abzureisen. Wenn noch eine Aenderung in diesem Plan notwendig wird, telegraphire ich noch.

Eine andere Bitte möchte ich noch anknüpfen, eine Toilettenfrage betreffend. Raten Sie mir, einen Frack mitzubringen? Für eine ganz kurze Antwort auf einer Karte würde ich Ihnen sehr verbunden sein. Auch wüsste ich gerne Ihre nähere Adresse, damit ich den Weg in Ihr Haus finde.

Ihre Bemerkungen über die Strahlungstheorie haben mich natürlich höchlichst interessirt, und es freut mich ganz besonders, dass sich unsere Anschauungen genähert haben. Denn auch ich halte die Erfindung eines genaueren Modells für die Vorgänge der Emission und Absorption elektromagnetischer Strahlung durch einen „Resonator“ zwar nicht für absolut notwendig, aber doch für äusserst wünschenswerth, schon um zu weiteren Fragen zu gelangen. Ich habe mir auch in der Richtung schon einige Mühe gegeben, aber mir ist bis jetzt nichts Gescheidtes eingefallen. Und auch die Frage, wie sich die freien Elektronen in Metallen zu den Strahlungsgesetzen verhalten, halte ich für sehr wichtig. Ich halte aber die Schwierigkeiten dabei nicht für unüberwindlich. Dass für langwelliges Licht Alles in schönster Ordnung ist, haben Sie ja gezeigt.^[2] Nehmen wir nun einmal das andere Extrem: *äusserst* kurze Wellen, so finde ich auch keine Schwierigkeit. Denn derartige Wellen haben eine so hohe Frequenz, dass sie die Bewegungen der freien Electronen überhaupt *garnicht* beeinflussen, da doch die von den Wellen ausgehenden Kräfte ihr Vorzeichen so gut wie unendlich schnell wechseln. Dazwischen liegt ein mittleres Gebiet, und hier wird zu berücksichtigen sein das Gesetz des Zusammenstosses (zweier Electronen oder Electron und Metall-Atom), falls die Zeit des Zusammenstosses vergleichbar ist mit der Zeit der freien Weglänge.

Ich glaube nun, dass für einen Zusammenstoss die Hamilton'schen Gleichungen gar nicht gelten, weil hier das Wirkungselement h eine Rolle spielt, und hier stehen natürlich von vorneherein eine Menge Möglichkeiten offen. Darüber hoffe ich demnächst Näheres mit Ihnen zu besprechen.

Ueber die Resultate der Messungen von Bucherer habe ich mich natürlich sehr gefreut,^[3] und ich glaube jetzt an den Sieg des deformirbaren Electrons um so mehr, als auch die im hiesigen Institut im Gang befindlichen Messungen dasselbe Resultat zu geben scheinen.^[4] Dann wird wohl die Theorie der Relativität vollständig durchzuführen sein.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
Ihr treu ergebener

M. Planck

^[1]See Letter 176, note 6, for Planck's planned visit to Leiden.

^[2]In *Lorentz 1903c*, on which the correct long-wave limit of the radiation law is derived on the assumption of the presence of free electrons inside metals.

^[3]See Letter 177, note 3, for more on Bucherer's experiments.

^[4]Cf. *Hupka 1910*.

179. From Max Planck, 13 December 1908

Handwritten letter.

Grunewald, 13. Decbr. 08.

Hochverehrter Herr College!

Indem ich daran gehe, Ihnen nach meiner Heimkehr noch einmal zusammenfassend von dem Verlauf und dem Ausgang meiner Reise zu berichten,^[1] empfinde ich es mit doppelter Stärke, wie schwer es ist, alles das, was ich in dieser Hinsicht empfinde, gehörig in Worte zu fassen. Ich kann nur sagen, dass mich jeder Gedanke an die Erlebnisse der letzten Tage mit den Gefühlen des Glückes und Dankes erfüllt, und dass es mir ein Herzensbedürfniss ist, Ihnen die viele Freundlichkeit, die ich von Ihnen empfangen habe, mit der Gesinnung treuer Anhänglichkeit zu vergelten. Im Mittelpunkt meiner Erinnerungsbilder steht Ihr Haus und Ihre Familie, und ich möchte auch bei diesem Anlass wieder Ihrer hochverehrten Frau Gemahlin zum Ausdruck bringen, wie dankbar ich ihr dafür bin, dass ich mich bei Ihnen so wohl und behaglich fühlen durfte. Und dass Sie selber zwei volle Tage Ihrer kostbaren Zeit sich abgespart und mir gewidmet haben, würde mich fast verlegen machen, wenn ich nicht auf der anderen Seite mich des Gewinnes in viel stärkerem Maasse freuen würde. Der Besuch in der schönen Gemäldegalerie und der Blick auf die brandende See werden mir immer unvergesslich bleiben. Ich habe meiner Frau und meinen Kindern schon viel davon vorgeschwärmt.

Den Vortrag hatte ich nicht leicht genommen. Zwar bin ich ja durch meine regelmässigen Vorlesungen gewohnt, vor Schülern zu sprechen; aber wenn sich unter den Zuhörern auch Meister befinden, und darunter besonders ein Meister, von dem man weiss, dass er jedes Wort auf seinen wahren Werth wohl zu prüfen versteht, dann ist es wohl sehr schwierig, das Richtige zu treffen. Und wenn nun dieser Meister sich so wohlwollend äussert, wie Sie es gethan haben, und wenn man so sicher ist, dass diese Aeusserung keine blosser Höflichkeit darstellt, wie ich es bin, dann ist wohl alle Ursache zur Befriedigung vorhanden.^[2]

Als einzige Möglichkeit, mich für alles bei Ihnen empfangene erkenntlich zu erweisen, schwebt mir die Aussicht vor, dass Sie mit Ihrer Frau Gemahlin oder mit einer Ihrer Fräulein Töchter einmal hierher kommen. Wann und unter welchen Umständen es auch sei, Sie würden uns stets damit eine grosse Freude machen. Augenblicklich ist bei uns allerdings nicht alles ganz normal; denn meine Frau hat sich von ihrem Bronchialkatarrh noch nicht wieder erholt, wir werden wohl froh sein müssen, wenn sie zum Weihnachtsfest wird aufstehen können. Es ist gut, dass die beiden Töchter schon soweit sind, um im Haushalt kräftig mithelfen zu können.

Ich darf Sie wohl noch um recht freundliche Grüsse bitten an die verschiedenen Herren, besonders an Herrn Collegen Onnes, dem ich vor Allem gute Besserung seines Befindens wünsche. Und nun zum Schluss noch einmal herzlichsten Dank und Gruss Ihnen, Ihrer verehrten Gattin und Ihren Kindern!

In treue und Verehrung
Ihr

M. Planck.

^[1]Planck had visited Leiden to give a lecture at the invitation of the student association (see Letter 176, note 6).

^[2]The lecture, in which Planck attacked the positivistic ideas of the Austrian philosopher-physicist Ernst Mach (1838–1916), led to much controversy and a bitter polemic with Mach. See *Heilbron 1986*, pp. 47–55, for more details.

180. To Arnold Sommerfeld, 6 January 1909

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich). Sommerfeld's marginal comments are rendered as footnotes.

Leiden, 6 Januar 1909.

Lieber Herr Kollege,

Endlich habe ich Ihnen den versprochenen Artikel schicken können, leider, was ich bedaure, noch einige Tage zu spät und auch noch nicht das Ganze.^[1] Es fehlt nämlich noch etwa ein Drittel, die Behandlung der magnetischen Drehung der Polarisations Ebene und des Kerr-Effektes (Spiegelung an magnetisiertem Eisen). Indes kann ich Ihnen diesen Teil in den nächsten Wochen zukommen lassen und wenn Sie das, was jetzt fertig ist, gelesen haben und keine grösseren Änderungen vorzuschlagen wünschen, so kann mit dem Druck einstweilen angefangen werden.*

Wie Sie sehen, habe ich mich schliesslich auf die magneto-optischen Erscheinungen beschränkt, und die übrigen Themata, von denen ich neulich schrieb bloss in der Einleitung erwähnt; vielleicht wünschen Sie dort näher anzugeben, an welchen Stellen diese ihren Platz finden werden. Obgleich Pockels das meiste, das sich auf Kristalle bezieht, in seinen Artikel aufnehmen wird,^[2] so schien es mir doch, dass die durch J. Becquerel's Versuche veranlassten theoretischen Betrachtungen nicht von mir übergangen werden konnten.^[3]

Trotz der Einschränkung fürchte ich doch, zu ausführlich gewesen zu sein, und wenn Sie es für nötig halten kann ich etwas kürzen. Viel aber nicht, wie mir scheint. Jetzt giebt mein Artikel einigermassen eine Übersicht, und kann vielleicht als Einleitung zu weiteren Studien seinen Nutzen haben; auch wird er, wie ich hoffe, das Verständnis von Voigt's Buch^[4] erleichtern und hat dabei den Vorteil, dass ich die Darstellung allgemeiner gehalten habe, wobei sich auch einige neue Fragen erheben. Dass, im Vergleich mit meinen früheren Artikeln, die Darstellung etwas breiter ist, kann damit entschuldigt werden, dass eine Behandlung dieser

*Ja

magneto-optischen Erscheinungen kaum Bedeutung hat, wenn man nicht ziemlich ins Einzelne geht.

Indes ist es in gewissem Sinne wohl gut, dass Sie zunächst nur diesen Teil erhalten; Sie können mir nun sagen, ob ich vielleicht in dem folgenden Teil eine mehr gedrängte Darstellung geben muss.* Ich habe jetzt für diesen Teil die folgende Disposition gewählt:

1. Theorie der magnetischen Drehung im Anschluss an Voigt's Theorie.
2. Übersicht über ältere Theorien des Faraday-Effektes.
3. Allgemeine Gestalt der Gleichungen für die Fortpflanzung des Lichtes in einem Magnetfelde.
4. Reziprozitätssätze, die sich daraus ergeben.
5. Kerr-Effekt.

Zu Punkt 2 möchte ich mir noch die Frage erlauben, wie ich mit Maxwell's Theorie der magnetischen Wirbel (in seinem Treatise) verfahren soll. Wie er diese entwickelt hat, können wir ihr eine grosse Bedeutung wie mir scheint nicht beilegen. Ich könnte aber versuchen, gleichsam den Kern herauszuschälen und zu untersuchen inwiefern seine Betrachtungen mit den gegenwärtigen Anschauungen sich vertragen, sodass der Verhältnis zwischen dieser Maxwell'schen Theorie und anderen Auffassungen klar wird. Indes erfordert das eine ziemliche Arbeit, die vielleicht kaum lohnt, und dürfte es vielleicht besser sein, bloss zu sagen, dass M. mittels gewisser Betrachtungen über die Wirbel zu seinem Resultat kommt.†

Eine andere Frage ist die, ob ich auch über diejenigen Untersuchungen, die sich auf den zweiten Hauptsatz (und das Strahlungsgleichgewicht) bei magneto-optischen Erscheinungen beziehen, eingehen soll. Das ist wohl sehr interessant, geht aber vielleicht zu weit, und konnte auch den Artikel über Strahlungstheorie überlassen bleiben.‡

Endlich eine rein äusserliche Frage. Da e elektrische Ladung bedeutet, so habe ich für die Grundzahl der natürlichen Logarithmen ein ε geschrieben. Vielleicht finden Sie das zu unschön; dann kann auch wohl ein e bleiben, da Missverständnisse kaum zu befürchten sind.

Ich benutze diese Gelegenheit die herzlichsten Wünsche zum neuen Jahr für Sie und die Ihrigen auszusprechen. Wir hoffen sehr dass es Ihnen beiden, sowie den Kindern und namentlich meinem kleinen (jetzt schon etwas grosseren) Namensvetter^[5] ganz gut gehe.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]The much-delayed manuscript of *Lorentz, 1909e* (see Letter 177, note 1). Lorentz had promised to send it at 1 January (see Appendix, Letter 178a).

^[2]See *Pockels 1907*.

*Nein

†Ja

‡Wien, Laue

^[3]See *Lorentz 1909e*, sec. 53; see also *Becquerel 1907a, 1907b, 1907c*, and *1908* for an overview of the experiments of Jean Becquerel (1878–1953) on magneto-optical phenomena in crystals.

^[4]*Voigt 1908c*.

^[5]Arnold Lorenz Sommerfeld.

181. To Woldemar Voigt, 12 March 1909

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 12 März 1909.

Verehrter Freund,

Soeben höre ich, dass Sie nächsten Mittwoch in Amsterdam einen Vortrag halten werden und auch eine Einladung der Leidener Studenten für Donnerstag angenommen haben,^[1] wodurch Sie allen hiesigen Fachgenossen eine grosse Freude bereiten. Dürfen meine Frau und ich nun hoffen, dass Sie während Ihres Aufenthaltes in Leiden bei uns wohnen werden? Das wäre uns sehr lieb, und die Gelegenheit, Verschiedenes mit Ihnen zu besprechen, wäre mir in hohem Maasse willkommen.

Vielleicht haben Sie die Güte mir in Ihrer Antwort auch mitzuteilen, ob Sie in Amsterdam und hier dasselbe Thema behandeln werden; sollte das nicht der Fall sein, so könnte ich zweimal das Vergnügen haben, Sie zu hören.

Ich muss Ihnen noch danken für das freundliche Schreiben, das ich vor einiger Zeit von Ihnen erhielt. Sie sprechen darin von dem schweren Verluste, den Ihre Universität durch den plötzlichen Tod Minkowski's gelitten hat.^[2] Auch mich hat die traurige Nachricht mit tiefem Schmerze erfüllt. Wie viel hätte er mit seinem reichen und originellen Geist noch tun können, nicht nur in der Mathematik, sondern auch in tiefgehenden Untersuchungen über die Grundanschauungen unserer Wissenschaft.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]On 17 March 1909 Voigt at the invitation of the Amsterdam student association; the lecture was published as *Voigt 1909*. Of his Leiden lecture no record has been found.

^[2]Hermann Minkowski (1864–1909) was Professor of Mathematics in Göttingen.

182. From Wilhelm Wien, 20 March 1909

Handwritten letter.

Mittenwald in Oberbayern 20/3/09

Sehr verehrter Herr Kollege!

Es ist jetzt die Zeit wiedergekommen, wo ich meine Drohung wahr machen kann und Sie und Ihre verehrte Frau Gemahlin einlade in den Sommerferien einige Wochen bei uns zuzubringen.^[1] Ich hoffe diesmal eine zusagende Antwort zu erhalten mit der Aussicht dass Sie den Monat August und vielleicht noch ein wenig vom September hier in den bayerischen Alpen unser Gast sein werden. Wir werden dafür sorgen dass Sie ein kleines Arbeitszimmer für sich haben und im übrigen finden Sie eine kleine Bibliothek mit physikalischer und sonstiger Literatur. Ich möchte noch hinzufügen dass ich Sie keineswegs zur Annahme unserer Einladung drängen möchte und dass ich Sie bitte, falls es Ihnen in diesem Jahr nicht passt, die Einladung als auf die nächsten Jahre ausgedehnt ansehen zu wollen.

Ich befinde mich jetzt seit zwei Wochen mit meiner Familie hier um etwas Wintersport zu treiben, der eine besonders erfrischende Wirkung hat. Auch meine Kinder sind hier und haben fleissig gerodelt.

In der Strahlungstheorie hat mich der Aufsatz von v.d. Waals^[2] interessirt obwohl es mir zweifelhaft ist, ob man auf diesem Wege zu positiven Ergebnissen wird vordringen können. Die Strahlungstheorie bleibt immer noch eine grosse Schwierigkeit für die theoretische Physik. Ich glaube eigentlich kaum dass die Maxwellschen Gleichungen zu ihrer Ueberwindung ausreichen werden. Vielleicht gelten innerhalb der Atome andere Gesetze.

Die Relativitätstheorie scheint sich nun wohl allmählig zu bestätigen. In der Minkowskischen Form hat sie etwas sehr bestechendes.^[3]

Ich würde mich freuen wenn wir uns über alle diese Fragen einmal aussprechen könnten.

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus
Ihr ergebener

W. Wien

^[1]Cf. Letter 156 and Letter 154, note 2.

^[2]*Van der Waals Jr. 1909a*, in which the consequences for the theory of radiation of the assumption that electrons have no material mass are explored. In that case, Van der Waals claims, it is no longer allowed to apply Gibbsian statistical mechanics to a system of electrons and radiation, because the canonical ensemble no longer behaves as an incompressible fluid in phase space (and thus is not stationary). This would invalidate the conclusions of Lorentz's Rome lecture (*Lorentz 1908b*; see Letter 170, note 1, and Letter 173, note 6; see also Letter 189 and Appendix, Letter 178a for Lorentz's comments and *Lorentz 1912i* for further discussion). Johannes Diderik van der Waals Jr. (1873–1971) was Professor of Theoretical Physics at the University of Amsterdam.

^[3]See *Minkowski 1908* for Minkowski's four-dimensional formulation of special relativity.

183. From Albert Einstein, 30 March 1909

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Bern 30.III.09

Hochgeehrter Herr!

Ich sende Ihnen gleichzeitig mit diesem Briefe eine kurze strahlungstheoretische Arbeit, die das geringfügige Ergebnis von jahrelangem Nachdenken ist.^[1] Zu einem wirklichen Erfassen der Sache habe ich nicht vordringen können. Wenn ich Ihnen die Arbeit doch zusende und Sie sogar bitte, dieselbe ein wenig anzusehen, so ist es aus folgendem Grunde.

Die Arbeit enthält einige Betrachtungen, aus denen für mich hervorgeht, dass nicht nur die Molekularmechanik sondern auch die Maxwell-Lorentz'sche Elektrodynamik mit der Strahlungsformel^[2] nicht in Einklang gebracht werden kann. Insbesondere wirkt die unter 7. in der Arbeit mitgeteilte Überlegung auf mich überzeugend.^[3] Unter 10. habe ich ferner darauf hingewiesen, inwiefern die von Jeans vor einigen Jahren durchgeführte Dimensionalbetrachtung einen Fingerzeig zu liefern scheint für die Durchführung einer Modifikation der Theorie, wie sie nach meiner Meinung unerlässlich ist.^[4] Ich hege nun die Hoffnung, dass Sie den richtigen Weg finden könnten, wenn Sie überhaupt die in der Arbeit angegebenen Gründe für die Haltlosigkeit der heutigen Grundlagen stichhaltig finden. Wenn Sie aber jene Gründe als nichtig erkennen sollten, so könnten vielleicht Ihre Gegenstände den Schlüssel zur wirklichen Lösung des Strahlungsproblems liefern.

Mit aller Hochachtung

Ihr ergebener

A. Einstein

^[1]*Einstein 1909a*.

^[2]Planck's radiation law.

^[3]In sec. 7 of *Einstein 1909a* fluctuations of the radiation pressure are calculated with the help of Planck's law. The result turns out to be incompatible with a theory based purely on classical electrodynamics and molecular mechanics.

^[4]The modification Einstein refers to is a general radiation formula which is compatible with both the Rayleigh-Jeans law and Planck's law and in which an unspecified scalar function occurs. Comparison with Planck's law leads to the relation $e^2 = ahc$, with e the elementary charge, h Planck's constant, c the speed of light and a a proportionality constant, which is approximately equal to 900. See also Letters 189 and 190.

184. To Wilhelm Wien, 12 April 1909

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 12 April 1909.

Lieber und verehrter Herr College,

Es ist äusserst liebenswürdig von Ihrer Frau Gemahlin und Ihnen, dass Sie Ihre Einladung zu einem Besuch an Mittenwald wiederholen,^[1] und es tut uns aufrichtig Leid, dass wir auch dieses Mal nicht werden kommen können. Mancherlei Umstände und Verhältnisse in unserer Familie machen es uns absolut unmöglich, einen Teil des Sommers so weit von hier zuzubringen, und leider sieht es sogar nicht darnach aus, dass sich dies bald ändern wird. Wie viel wir dabei verlieren, sehe ich aus den Briefen Sommerfeld's, der oft von seinen Besuchen an Ihren Wohnsitz im Gebirge spricht,^[2] und was Sie selbst schreiben von der schönen Weise, wie Sie alles für uns einrichten würden und von der Abwechslung von vielem Schönen und Anregenden, das ich bei Ihnen finden würde, hat für mich etwas sehr Verlockendes. Seien Sie versichert, dass wir auf die grosse Freundlichkeit, die Sie beide uns zeigen, hohen Wert legen. Mir persönlich würde es höchst willkommen sein, manche Frage, die uns interessiert, mit Ihnen zu besprechen und gern würde ich auch die Bekanntschaft der jüngsten Mitglieder Ihrer Familie machen. Indes, man muss sich damit trösten, dass man nicht alles, was es auf der Welt Schönes giebt, erreichen kann. Vielleicht bringen uns die Jahre doch noch einmal in Ihre Nähe, und was die physikalischen Besprechungen betrifft, so darf ich hoffen, dass wir uns auch ohnehin wohl noch irgendwo sehen werden.

Und jetzt muss ich mich noch bei Ihnen dafür entschuldigen, dass mein Anhang zu Ihrem Encyklopädie-Artikel^[3] so verspätet worden ist; ich glaube nämlich, dass Sie mit der Publikation auf mich gewartet haben. Leider war es mir unmöglich, früher fertig zu sein und erst im Anfang des Jahres habe ich Sommerfeld mein Manuskript, das jetzt teilweise gedruckt worden ist, schicken können.

Es geht auch Ihnen wohl ebenso wie mir, dass Sie sich nämlich immerfort über die Strahlungstheorie den Kopf zerbrechen. Einige Betrachtungen zu welchen ich in der letzten Zeit gekommen bin, hoffe ich Ihnen in den nächsten Monaten zu schicken, mit der Bitte sie in die Annalen aufzunehmen. Ich habe Prof. Planck den Hauptinhalt mitgeteilt, da ich gern, bevor er nach New York reiset, seine Meinung vernehmen möchte.^[4] Viel weiter bin ich übrigens nicht gekommen.^[5] Ich zweifle jetzt gar nicht mehr daran, dass man nur mit Planck's Hypothese der Energieelemente (die man übrigens noch in verschiedener Weise auffassen kann) zu der richtigen Strahlungsformel gelangt. Dass aber diese Energieelemente auch als Lichtquanta aufzufassen seien, die bei der Fortpflanzung ihre Individualität behalten, kommt mir höchst unwahrscheinlich vor.^[6]

Mit herzlichen Grüßen, die wir Sie bitten, ebenso wie unseren besten Dank für die erneuerte Einladung auch Ihrer verehrten Frau Gemahlin zu überbringen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 182.

^[2]There are no Sommerfeld–Lorentz letters available in which Wien’s summer house is mentioned.

^[3]The manuscript of *Lorentz 1909e*; see Letter 180.

^[4]Planck traveled to New York, accompanied by his daughter Emma (1889–1919), to give a series of eight lectures at Columbia University during the months April and May 1909. They were published as *Planck 1910a*.

^[5]See Letters 187, 192–195. No paper by Lorentz was published in the *Annalen der Physik*; from the correspondence between Lorentz and Planck, and from Letter 189, however, it appears that at least part of Lorentz’s considerations were published as *Lorentz 1910c*.

^[6]A reference to Einstein’s light quantum hypothesis, as formulated in *Einstein 1905a*. See also Letter 189 for more on Lorentz’s objections.

185. From Albert Einstein, 13 April 1909

Handwritten postcard (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem.

Bern 13.IV.09

Hochverehrter Herr!

Gestern lernte ich Ihre Abhandlung kennen, welche Sie über die Strahlung in der *Revue Generale des Sciences* publiziert haben.^[1] Ich muss Ihnen meine Bewunderung ausdrücken über die Schönheit Ihrer Ableitung des Jeans’schen Gesetzes. Gegen diese Ableitung wüsste ich keinen ernst zu nehmenden Einwand. Die Lektüre Ihrer Abhandlung ist für mich ein Ereignis.

Mit aller Hochachtung

Ihr ergebener

A. Einstein

^[1]*Lorentz 1909g*, which is a revised version of a lecture given at the 4th International Congress of Mathematicians (Rome, 6–11 April, 1908). See Letters 170–172 for more on the lecture and the controversy it caused.

186. From Wilhelm Wien, 14 April 1909

Handwritten letter in German script.

Würzburg 14/4/09

Lieber Herr Kollege!

Ihre Absage^[1] hat uns recht betrübt da wir diesmal auf Ihren Besuch gehofft hatten und auch schon Wanderungen planteten, die wir mit Ihnen durch die Wälder der „Karwendelthäler“ machen wollten. Wenn es über nicht geht, so müssen wir

uns bescheiden und ich möchte nur bitten, dass Sie, wenn es einmal die Verhältnisse erlauben sollten, uns dann schreiben. Sie werden uns dann immer, in welchem Jahre es auch sei, willkommen sein.

Ueber die Strahlungstheorie habe ich allerdings viel nachgedacht, zumal ich jetzt für den Artikel der Encykloplädie^[2] das ganze Gebiet wieder durchgegangen bin. Zu irgend welchen befriedigenden Resultaten bin ich aber nicht gekommen und so fahre ich dann mit neuen experimentellen Arbeiten fort, von denen ich auch Ergebnisse für den Vorgang der Lichtemission erhoffe.

In Bezug auf die Theorie sind wir nun wohl ziemlich gleicher Ansicht. Es kommt nun wohl besonders darauf an die Widersprüche in der Planckschen Theorie zu beseitigen, dass einerseits der Hertzschens Oszillator vorausgesetzt wird andererseits ihm durch die Hypothese der Energieelemente ihm vollkommen fremde Eigenschaften beigelegt werden. Ich habe das Gefühl dass die Maxwellsche Theorie innerhalb der Atome nicht ausreichend ist.

Dass die Energieelemente aber im freien Raum Bedeutung besitzen glaube ich allerdings auch nicht.^[3] Nur mit dem Vorgang der Interferenz (oder Cohärenz) könnten sie noch zusammenhängen.

Ich freue mich sehr dass Sie eine Abhandlung für die Annalen schicken werden.^[4]

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
Ihr ergebenster

W. Wien

^[1]See Letter 184.

^[2]*Wien 1909b.*

^[3]This point is discussed extensively in Letter 189.

^[4]See Letter 184, note 5.

187. From Max Planck, 24 April 1909

Handwritten postcard.

New York City, 24.4.09

Lieber Herr College!

Gestern empfang ich Ihren freundlichen so interessanten Brief, in dem Augenblick, als ich mich zu meinem ersten Vortrag rüstete,^[1] und ich muss Ihnen auf der Stelle dafür danken, wenn auch vorläufig nur auf dieser mageren Karte, da ich jetzt hier zu keinem vernünftigen Brief komme. (Morgen fahre ich nach Washington, auch zu einem Vortrag). Aber das hole ich nach und schreibe Ihnen später ausführlicher. Ich freue mich ausserordentlich, dass Sie an der Continuität der Vorgänge im Aether festhalten, im Gegensatz zu Einstein, J.J. Thomson u.A. Wir müssen doch erst einmal versuchen, mit dem Einfachsten auszukommen, und das Einfach-

ste, was es gibt, sind doch die Maxwell'schen Gleichungen für das reine Vacuum, welche keinerlei Discontinuität zulassen.

Das letzte Mal, als ich Ihnen schrieb,^[2] war an dem Tage nach meiner Rückkehr aus Leiden, wo ich durch Ihre Güte so schöne Stunden erleben durfte. Wie weit liegt diese Zeit zurück! Hier geht es mir und meiner Tochter ausgezeichnet. Die amerikanischen Collegen sind von besonderer Liebenswürdigkeit, besonders die Familie Nichols^[3] hat sich unseres in herzlichster Weise angenommen. Uebrigens stehen Sie und Frl. Bertha hier noch in frischem, glänzendem Andenken.^[4] Wir wohnen neben Ihrem früheren Hause (Inverness) N^o. 417, West 118 St. und befinden uns sehr behaglich. Aber am 22. Mai geht es heim.

Die Annalen der Physik werden sich sehr freuen, Ihren Aufsatz zu bekommen.^[5]

Herzlichst

Ihr

Planck.

^[1]See Letter 184, note 4, for Planck's lectures in New York.

^[2]See Letter 179.

^[3]Ernest Fox Nichols (1869–1924) was Professor of Physics at Columbia University.

^[4]In March and April 1906 Lorentz had also lectured at Columbia University (see Letter 138, note 16).

^[5]See Letter 184, note 5.

188. To Woldemar Voigt, 1 May 1909

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 1 Mai 1909.

Verehrter Freund,

Herr van der Veen, Assistent am hiesigen geologisch-mineralogischen Institut, hat eine Arbeit über Pyro-Elektrizität unternommen und würde hohen Wert darauf legen, bevor er damit weiter geht, Näheres von den in Ihrem Laboratorium bei Untersuchungen auf diesem Gebiete benutzten Methoden und Instrumenten zu erfahren. Er wird sich erlauben, Sie in den nächsten Tagen zu besuchen, und ich wäre Ihnen sehr verbunden, wenn Sie ihm die Gelegenheit verschaffen könnten, etwas von den in Ihrem Institut angewandten Hilfsmitteln zu sehen. Ist es Ihnen vielleicht möglich, ihm eine kurze Unterhaltung zu gewähren, und, indem Sie ihn zu einer Mitteilung seines Arbeitsplanes ermutigen, ihm Ihren Rat in dieser Angelegenheit zu geben (Sie kennen ja die betreffenden, Erscheinungen wie kaum ein Anderer), so wäre das für ihn ganz besonders wertvoll.

Persönlich bin ich mit van der Veen wenig bekannt, aber mein Kollege Prof. Martin^[1] ist sehr mit ihm zufrieden.

Wir bedauern es sehr, dass, wie Sie uns schrieben, Ihre Reise nach Süd-Frankreich wegen Ihres Unwohlseins so bald hat abgebrochen werden müssen, und dass am Ende, Ihre beiden Vorträge in diesem Lande,^[2] an die ich mit vieler Freude zuruckdenke, Ihrer Gesundheit schädlich gewesen sind. Herzlich hoffen wir, dass Sie bei der „energischen“ Kur, der Sie sich unterworfen haben, bald den erwünschten Erfolg gefunden haben. Es ist recht Schade, dass Sie gestern nicht hier waren; Sie hätten gewiss Ihre Freude gehabt an dem allgemeinen Jubel wegen der Geburt unserer Prinzessin.^[3] Wir freuen uns sehr darüber, besonders weil fortwährend gute Nachrichten über den Zustand der Königin erhalten werden.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus und mit unserem besten Dank für Ihre Glückwünsche bei Gelegenheit der Verlobung unserer Berta.^[4]

treulich Ihr

H.A. Lorentz

Vielen Dank auch im Voraus für die Mühe, welche der Besuch Herrn van der Veen's Ihnen geben wird.

Mit Onnes geht es jetzt glücklicherweise ziemlich gut.

^[1]Johann Karl Ludwig Martin (1851–1942), Professor of Geology and Mineralogy at the University of Leiden.

^[2]See Letter 181, note 1.

^[3]Princess Juliana, daughter of Queen Wilhelmina (1880–1962) and from 1948 to 1980 Queen of the Netherlands.

^[4]Geertruida Luberta had become engaged to the physicist Wander Johannes de Haas (1878–1960).

189. To Albert Einstein, 6 May 1909

Handwritten letter (Brandeis University, Waltham MA).

Leiden, 6 Mai 1909.

Hochgeehrter Herr,

Ich bitte Sie sehr, es zu entschuldigen, dass ich erst jetzt dazu komme, Ihr freundliches Schreiben^[1] zu beantworten; ich hatte ziemlich viel zu tun und musste einen ruhigen Tag abwarten.

Zunächst möchte ich nun etwas sagen in Beantwortung Ihrer Postkarte.^[2] Es ist sehr liebenswürdig von Ihnen, dass Sie so günstig von meiner in meinem Rom-Vortrag auseinandergesetzten Theorie denken, aber es hat sich gezeigt, dass diese doch eine schwache Seite hat. Herr van der Waals Jr. hat nämlich die Bemerkung gemacht, dass meine Schlüsse nur dann gelten wenn man den Elektronen eine materielle Masse zuschreibt.^[3] Haben sie diese nicht, so reduzieren sich die Bewegungsgleichungen eines Elektrons auf die Aussage, dass die gesammte auf daselbe wirkende Kraft *Null* ist; die Bewegungsgleichungen enthalten nicht mehr die

Beschleunigungen, sondern nur noch die Geschwindigkeiten des Elektrons.

In der Tat gelingt es auch, aus den allgemeinen Formeln, die ich entwickelt habe, $3n$ Gleichungen abzuleiten (wenn n die Anzahl der Elektronen ist), aus welchen die Beschleunigungen ganz verschwunden sind; man kann sich vorstellen, dass mittels dieser Gleichungen sämtliche q_2 in den q und den q_3 ausgedrückt werden.^[4] Unter diesen Umständen kann man aber kein „kanonisches Ensemble“ konstruieren, in welchem die Koordinaten q und sämtliche q , oder die denselben entsprechenden Momente, als unabhängige Variablen zugrunde gelegt werden. Herr van der Waals sprach die Hoffnung aus, dass man vielleicht mit Berücksichtigung dieses Umstandes am Ende eine richtige Strahlungsformel würde ableiten können, ohne die gewöhnlichen Grundvorstellungen der Elektronentheorie zu verlassen.

Man könnte nun bemerken, dass die gezogenen Schlüsse, die sich auf die schwarze Strahlung im Äther beziehen, gültig bleiben, wie klein die materielle Masse der Elektronen auch sei, und dass man sie also wohl auch auf den Grenzfall, wo diese Masse Null ist, anwenden dürfe. Indes liegt hierin ein nicht unbedenklicher Grenzübergang. Ich habe daher die Frage wieder aufgenommen und es ist mir gelungen, auch mit Berücksichtigung des von van der Waals hervorgehobenen Umstandes zu einem Gibbs'schen Ensemble, und zu meinen früheren Schlüssen (Formel von Jeans) zu gelangen, wenn ich nur annehme, dass die Glieder mit q_2^2 , $\dot{q}_2 \dot{q}_2'$ ^[5] und $\dot{q}_2 \dot{q}_3$ vernachlässigt werden dürfen (in diesem Fall dienen die oben genannten Gleichungen zur Bestimmung der Koordinaten q_2 , ausgedrückt in den q_1 und q_3). Dieses ist erlaubt, wenn die Amplitude der Elektronenschwingungen (bzw. der Krümmungsradius der gekrümmten Teile ihrer Bahnen) sehr klein gegen die in Betracht kommenden Wellenlängen ist. Im Grunde führe ich also dieselbe vereinfachende Annahme ein, deren man sich oft bedient um die Gleichungen linear zu halten. Allerdings können in den Elektronenbewegungen kleine Abweichungen von den in dieser Weise erhaltenen Formeln bestehen, aber am Ende kann man doch wohl sagen, dass keine Aussicht vorhanden ist, die Strahlungsformeln ohne weiteres aus der Elektronentheorie in ihrer gewöhnlichen Form abzuleiten. Die kleinen Abweichungen (mit den Grössen zweiter Ordnung in Bezug auf die q zusammenhängend), von welchen soeben die Rede war, könnten eine Strahlungsformel ein wenig modifizieren, aber man kann kaum erwarten, dass sie eine völlige Gestaltsänderung der Formel (von der Jeans'schen zu der Planck'schen) herbeiführen werden. Ich komme also, ebenso wie Sie,^[6] wieder zum Schluss, das wir notwendig unsere Zuflucht zu Betrachtungen wie Planck sie benutzt hat, nehmen müssen. Mit den Ausführungen, die Sie in Ihrem letzten Artikel hieran anknüpfen,^[7] bin ich grösstenteils völlig einverstanden; so z.B. mit Ihrer Berechnung der Abweichungen von den Mittelwerten (wahrscheinlichsten Werten), sei es in der Energieverteilung oder in dem Strahlungsdruck. Indes möchte ich noch einige weitere Bemerkungen hinzufügen. Ich empfinde es als eine Schwierigkeit bei der Planck'schen Theorie, dass nach ihr der Strahlungszustand im Äther verschieden ausfällt, je nachdem der Energieaustausch zwischen ponderabler Materie und Äther durch die „Resonatoren“ oder durch „freie Elektronen“ vermittelt wird. Bei diesen letzteren, deren Existenz man in den Metallen kaum läugnen kann, ist gar

nicht die Rede von einer bestimmten Frequenz ν und hat also auch ein Energieelement $h\nu$ keinen Sinn. Ich kann zu keinem anderen Schluss kommen als dass die schwarze Strahlung, falls der Energieaustausch durch freie Elektronen vermittelt wird, der Jeans'schen Gleichung entsprechen muss.^[8] Und so hätten wir das sonderbare Resultat, dass wenn zugleichzeitig freie Elektronen und die Planck'schen Resonatoren vorhanden wären, der Äther durch die Energieüberträger der einen Art in *einen* und durch die der anderen Art in *einen anderen* davon verschiedenen Zustand versetzt würde. Das sieht wenig plausibel aus; es widerspräche auch dem allgemeinen thermodynamischen Satz, nach welchem das Gleichgewicht zwischen zwei Phasen *A* und *B* unabhängig ist von der Natur einer dritten Phase, die wir dazwischenschieben, oder auch der Auffassung, dass in dem Ausdruck für die Entropie eines Systems (abgesehen von universellen Konstanten wie die Gaskonstante) nur Konstanten vorkommen, die mit den Eigenschaften des Systems zusammenhängen. Nach dieser letzteren Betrachtungsweise kann das h , das in der Entropie des Äthers auftritt, schwerlich bloss eine Eigenschaft der Resonatoren charakterisieren. Wie Sie sehen, stimmt das ganz mit Ihrer Ansicht überein.

Man kann nun der genannten Schwierigkeit entgehen, wenn man die Eigenschaft, Energie nur in bestimmten endlichen Quanten aufzunehmen und abzugeben, nicht den Resonatoren, sondern dem Äther zuschreibt. Man kann auch bei dieser Annahme, wie Planck es tut, von der Betrachtung der „Komplexionen“ ausgehen, oder das Problem in der von Gibbs gezeigten Weise behandeln, wobei man freilich die Definition des kanonischen Ensemble etwas ändern muss.^[9]

Gesetzt, ein System bestehe aus einem Teil *A*, dessen Zustand durch die Lagrange'schen Koordinaten q und die entsprechenden Momente p bestimmt wird, und aus gewissen Gebilden irgend welcher Art („Elemente“ mögen sie heissen) G_1, G_2, \dots , u.s.w., welche die Eigenschaft haben, dass ihr Zustand (insofern er in Betracht kommt) durch den Wert der Energie bestimmt ist, und dass sie nur in vollen endlichen Quanten Energie aufnehmen oder abgeben können. Das Energiequantum habe für G_1 den Wert ε_1 , für G_2 den Wert ε_2 u.s.w.; ferner sei E die Energie des Teils *A*, s_1 die Anzahl Energiequanten, welche G_1 besitzt, s_2 die entsprechende Zahl für G_2 , u.s.w. Die Gesamtenergie des Systems ist dann

$$E + s_1 \varepsilon_1 + s_2 \varepsilon_2 + \dots$$

Ein kanonisches Ensemble sei nun ein solches in welchem die Anzahl der Systeme, für welche die p, q in dem Spielraum $d\lambda$ liegen und zugleichzeitig die Zahlen s_1, s_2, \dots gewisse bestimmte Werte haben, durch

$$C e^{-\frac{E + s_1 \varepsilon_1 + s_2 \varepsilon_2 + \dots}{\Theta}} d\lambda$$

gegeben wird.

Um nun dieses Ensemble für die Bestimmung des Zustandes in einem wirklichen System dienen zu lassen, muss man wissen, *erstens* dass es stationär ist (was man natürlich nur beweisen könnte wenn man sich von der Art und Weise wie Energie von *A* auf $G_1, G_2 \dots$ und umgekehrt übergeht, eine bestimmte Vorstellung machen könnte) und *zweitens*, dass die grosse Mehrzahl der zum Ensemble gehörenden Systeme in beobachtbaren Eigenschaften miteinander übereinstimmen.

Beides wollen wir annehmen.

Wir berechnen nun gewisse Mittelwerte und setzen voraus (infolge der gemachten Annahmen) dass diese für das *wirkliche* System gelten. Enthält der Teil A ein Gasmolekül (Koordinaten x, y, z), so kommt in $d\lambda$ der Faktor $dx dy dz$ und in E der Teil $\frac{1}{2}m(x^2 + y^2 + z^2)$ vor, und man findet in bekannter Weise für den Mittelwert der kinetischen Energie des Moleküls

$$\frac{3}{2}\Theta.$$

Andererseits erhält man für die mittlere Energie des Elementes G_1

$$\frac{\varepsilon_1 e^{-\frac{\varepsilon_1}{\Theta}} + 2\varepsilon_1 e^{-\frac{2\varepsilon_1}{\Theta}} + 3\varepsilon_1 e^{-\frac{3\varepsilon_1}{\Theta}} + \dots}{1 + e^{-\frac{\varepsilon_1}{\Theta}} + e^{-\frac{2\varepsilon_1}{\Theta}} + e^{-\frac{3\varepsilon_1}{\Theta}} + \dots} = \frac{\varepsilon_1}{e^{\frac{\varepsilon_1}{\Theta}} - 1}$$

Diese Berechnung ist einer früher von Ihnen gegebenen genau ähnlich.^[10]

Setzt man für die mittlere kinetische Energie eines Moleküls $\frac{3}{2}kT$, so wird $\Theta = kT$, und man erhält, wenn man

$$\varepsilon_1 = h\nu$$

setzt, für die mittlere Energie des Elementes G_1

$$\frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}. \quad (1)$$

Man könnte dies auf einen Planck'schen Resonator anwenden, aber auch ebenso gut auf die verschiedenen Freiheitsgrade des Äthers in meinem rechtwinkligen Kasten. Um dann die in diesem letzteren enthaltene Energie, insofern sie dem Intervall $(\nu, \nu + d\nu)$ entspricht, zu bestimmen, hat man nur (1) mit der Anzahl derjenigen Freiheitsgrade zu multiplizieren, für welche ν zwischen den genannten Grenzen liegt. Man erhält dann direkt die Planck'sche Strahlungsformel.

Wenn man in dieser Weise die Konstante h als den Ausdruck für eine Eigenschaft des Äthers auffasst, so verschwinden, wie bereits gesagt, die Schwierigkeiten, welche sonst die gleichzeitige Existenz von freien Elektronen und Resonatoren uns bereiten würde; es wäre jetzt der Äther, der sich unerbittlich der Aufnahme von Energie anders als in ganzen Quanten widersetzte, ganz unabhängig davon, welche Teilchen ihm diese Energie anbieten.

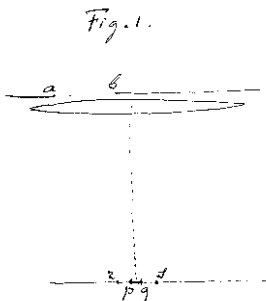
Schreibt man die besprochene Eigenschaft nur den Resonatoren und nicht dem Äther selbst zu, nimmt man also an, dass dieser letztere die Energie auch wohl in unendlich kleinen Quantitäten aufnehmen kann, so fürchte ich, dass man vielleicht für den Äther wieder zu einem Gesetz wie dem Jeans'schen kommen würde. Indes ist Alles noch so dunkel, dass ich mich nur mit einem gewissen Vorbehalt hierüber aussprechen möchte. Jedenfalls ist zu bemerken, dass, wenn man h als eine Konstante des Äthers betrachtet, man diesem Medium einen Teil seiner Einfachheit entnimmt, und dass man den Ansichten derjenigen Physiker, die dem Äther fast alle „Substantialität“ absprechen wollen, schroff entgegentritt.

Sie sind auch geneigt, unsere bisherigen Anschauungen über den Äther mehr oder weniger aufzugeben, und insofern stehen unsere Ansichten wohl miteinander im Einklang. Ich kann mich aber schwerlich der Meinung anschliessen, dass die Lichtquanten auch während der Fortpflanzung eine gewisse Individualität behalten, als ob man es mit „punktförmigen“ oder jedenfalls in sehr kleinen Räumen konzentrierten Energiemengen zu tun hätte.^[11] Wie mir scheint kann man leicht zeigen, dass ein Lichtquantum sowohl in der Fortpflanzungsrichtung als auch senkrecht dazu eine nicht unbeträchtliche Ausdehnung haben kann, und dass unter Umständen nur ein *Teil* eines Lichtquantums die Netzhaut erreicht und die Lichtperzeption hervorruft.^[12]

Zunächst möchte ich bemerken, dass ein Lichtquantum $h\nu$ nicht so ganz klein ist. Aus Beobachtungen von von Kries (Zeitschr. für Sinnesphysiologie, Bd. 41, p. 373)^[13] kann man ableiten, dass eine Lichtempfindung schon hervorgerufen wird, wenn das Auge in kurzer Zeit von 30 à 60 Lichtquanten getroffen wird, während bei kontinuierlicher Bestrahlung etwa 140 Quanta pro Sekunde dazu erforderlich sind. Mit Rücksicht auf die verwickelten Erscheinungen, die in der Netzhaut stattfinden müssen, hätte ich diese Zahlen grösser erwartet. Indes kann man hierauf nicht viel Gewicht legen.

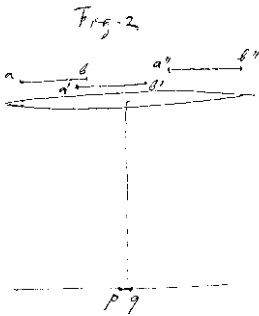
Was die Ausbreitung in der Fortpflanzungsrichtung betrifft, so möchte ich darauf hinweisen, dass man mit „homogenem“ Licht Interferenzerscheinungen bis zu einer Phasendifferenz von 2 Millionen Wellenlängen beobachtet hat. Man kann daraus schliessen, dass die benutzten Strahlen wenigstens 2 Million regelmässig aufeinander folgende Wellen zeigen müssen (und wohl noch etwas mehr), und zwar gilt dieser Schluss für jedes einzelne Lichtquantum, da wenn *ein* Quantum keine deutlichen Interferenzen zeigte, die Zusammenwirkung mehrerer Quanten eine solche wohl nicht hervorbringen könnte. Die einzelnen Quanten müssen wir uns nämlich wohl als völlig unabhängig voneinander und also nicht „interferenzfähig“ vorstellen. Rechnet man für die Wellenlänge $0,4 \mu$, so führen uns $2 \cdot 10^6$ Wellen zu einer Strecke von 80 cm.

Um einzusehen, dass ein Lichtquantum sich auch in Richtungen, senkrecht zu den Strahlen, ziemlich weit ausdehnen muss, wollen wir ein Fernrohr mit einem Objektivdurchmesser von 50 cm betrachten. Das Fernrohr sei so „gut“, dass die volle Objektivöffnung auch wirklich nützlich ist, d.h. das Bild eines Sternes sei so gut, wie man es nach der gewöhnlichen durch die Erfahrung bestätigten Diffraktionstheorie erwarten kann.



Die Erfahrung zeigt, dass, wenn man vor das Objektiv einen Schirm mit einer Öffnung wie ab setzt, das Bild entschieden schlechter wird als bei unbedecktem Objektiv. Ist in letzterem Fall das Licht auf den kleinen Teil pq der Fokalebene beschränkt, so breitet es sich nach Anbringung des Schirmes über einen grösseren Flächenteil, etwa rs , aus. Ich behaupte nun, dass wenn die verschiedenen auf das (unbedeckte) Objektiv fallenden Lichtquanten keine grössere seitliche Aus-

dehnung als ab hätten, die Lichtverteilung in der Fokalebene die Ausdehnung rs haben müsste, und sich nicht auf den kleineren Flächenteil pq konzentrieren könnte.



Eine Anzahl von Lichtquanten (mit gleicher seitlicher Ausdehnung) wie ab , $a'b'$, $a''b''$, u.s.w (Fig. 2) würden nämlich alle zusammen nie in der Fläche pq konzentriert werden können, wenn dieses nicht mit jedem einzelnen derselben geschähe, und wäre letzteres der Fall, so müssten auch eine Anzahl von Quanten, die in die Öffnung ab des Schirmes von Fig. 1 fielen, ebenso in pq konzentriert werden. Ich schliesse aus dieser Betrachtung, dass nur dann das Fernrohr Bilder von der seiner Öffnung entsprechenden Güte liefern kann, wenn die Quanten, welche es aufnimmt, alle oder

fast alle die volle Objektivöffnung bedecken; und dieses erfordert (da die Quanten seitlich gegeneinander verschoben sein können (vgl. Fig. 2)), dass die seitliche Ausdehnung jedes Quantums noch ziemlich viel grösser als die Objektivöffnung sein muss. Hat diese einen Durchmesser von 50 cm so muss man die seitliche Ausdehnung eines Lichtquantums wohl nicht auf weniger als 5000 cm² schätzen. Zu einer noch höheren Zahl gelangt man, wenn man berücksichtigt, dass z.B. das neue Spiegelteleskop von Prof. Hale (Mount Wilson, Californien) mit seiner Öffnung von 150 cm Bilder liefert, deren Schärfe dieser Öffnung entspricht, und da es nicht zu erwarten ist, dass zufälligerweise unsere Instrumente Öffnungen haben, die gerade der wirklichen Ausdehnung der Lichtquanten entsprechen, so dürfte die seitliche Ausdehnung dieser letzteren noch wohl beträchtlich mehr betragen.

Aus dem Gesagten geht nun ferner hervor, dass das Objektiv nie ein volles Lichtquantum aufnimmt, und dass, wenn man das unbewaffnete Auge auf den Stern richtet, eine sehr weitgehende Zersplitterung der Lichtquanten stattfinden muss. Wegen der Kleinheit der Pupillenfläche wird dann nämlich von jedem Lichtquantum vielleicht nur der 10000. Teil in das Auge zugelassen und ein Gesichtseindruck kann nur dadurch zustande kommen, dass die in das Gesichtorgan eindringenden Bruchteile einer grossen Anzahl von Quanten gleichsam miteinander verschmelzen.

Von einer Individualität jedes einzelnen Lichtquantums könnte die Rede nicht mehr sein.

Es ist auch noch folgendes zu bemerken. Wenn jedes Lichtquantum in der Fortpflanzungsrichtung eine gewisse Ausdehnung hat, so müsste man sich denken, dass ein absorbierendes Teilchen nur dann Licht aufnehmen kann, wenn so viele Wellen einander folgen, dass das Teilchen am Ende ein volles Quantum erhalten kann. Wie soll nun aber (um es bildlich auszudrücken), das Teilchen in dem Augenblick, wo die ersten Wellen ankommen, wissen, ob noch eine genügende Anzahl weiterer Wellen folgen wird? Man hätte sich, um diese Schwierigkeit zu überwinden, vorzustellen, dass das Teilchen die Energie der ersten Wellen *vorläufig*

festhält, *definitiv* aber nur nachdem der Gewinn die Grösse eines Lichtquantums erreicht hat.

Es ist recht schade, dass die Lichtquantenhypothese auf so grosse Schwierigkeiten stösst, denn sie ist übrigens sehr schön und manche der Anwendungen, die Sie und Stark von ihr gemacht haben,^[14] sind sehr verlockend. Die gemachten Bedenken wiegen bei mir aber so schwer, dass ich mich beschränken möchte auf die Aussage: „Wenn ein ponderabler Körper sich in einem von spiegelnden Wänden eingeschlossenen, mit Äther gefülltem Raum befindet, so geht die Verteilung der Energie zwischen dem Körper und dem Äther so vor sich, *als ob* jeder Freiheitsgrad des Äthers die Energie nur in Portionen von der Grösse $h\nu$ aufnehmen oder abgeben könnte.“ Wie Sie sehen ist damit nicht viel gewonnen; das „als ob“ bliebe durch weitere Betrachtungen näher zu erklären.

Das Problem bleibt noch immer äusserst schwierig. *Ein* Gedanke, wenn auch ein ziemlich verzweifelter, ist allerdings bei mir aufgekommen. Die einfachste Erklärung, die man dafür geben kann, dass der Äther in dem betrachteten abgeschlossenen Raum, nicht die Energiemenge erhält, welche der Jeans'schen Gleichung entspricht, besteht in der Annahme, dass nicht alle Freiheitsgrade, die nach der gewöhnlichen Berechnung möglich wären, wirklich im Spiel sind. Man könnte sich nun denken, dass alle Freiheitsgrade in Gruppen eingeteilt sind, derart, dass diejenigen, welche zu einer und derselben Gruppe gehören, fest miteinander gekoppelt sind, und also nur für *einen* Freiheitsgrad zählen. In ähnlicher Weise kann man annehmen (in der Theorie der spez. Wärme) dass die beiden Atome eines Sauerstoffmoleküls z.B. *ganz fest* zu einem Rotationskörper miteinander verbunden sind. Natürlich kann man in diesem Gedankengange, unter Aufrechterhaltung des Prinzips der „equipartition of energy“, jede beliebige Strahlungsformel erhalten, wenn man nur die Grenzen der genannten Gruppen in geeigneter Weise wählt. Es ist mir aber auch entfernt nicht gelungen, den Gedanken in einigermassen plausibler Weise auszuarbeiten. Befriedigend wäre es, wenn sich auf diesem Wege etwas machen liesse, dass man bei Annahme der genannten Koppelungen an den Maxwell'schen Gleichungen nichts zu ändern hätte. Wie mir scheint wäre im Prinzip auch nichts dagegen, dass man, um zu der richtigen Strahlungsformel zu gelangen, die Grenzen der Gruppen um so enger ziehen müsste, je grösser der mit Äther gefüllte Raum, und je grösser die Energiedichte wäre. Man kann sich wohl denken, dass die Bewegungsfreiheit des Äthers gleichsam um so mehr zur Entfaltung kommt, je grösseren Raum er einnimmt, und dass bei Steigerung der Bewegungen vorher bestehende Verbindungen oder Koppelungen gelöst werden.

Diese letztere Überlegung zeigt, dass die Vorstellung dieser Koppelungen im Grunde nicht so weit von der Hypothese der Energieelemente verschieden ist. Gesetzt, es gebe zwei Freiheitsgrade A und B , die aber zunächst fest miteinander gekoppelt sind. Dann zählen sie nur für einen Freiheitsgrad und erhalten also die Energiemenge ε , welche nach dem Prinzip der gleichmässigen Verteilung jedem solchen zukommt. Man kann sich jetzt denken, dass sobald durch Steigerung der Temperatur die Menge ε einen bestimmten Wert ε_0 erreicht, die Koppelung zwischen A und B gelöst wird. Dann erhalten A und B zusammen $2\varepsilon_0$, und es kommt

also so ziemlich auf dasselbe hinaus als wenn B entweder gar nichts oder ϵ_0 erhielte.

Man kann auch versuchen, wie Sie es besprechen, die Grundgleichungen für den Äther in geeigneter Weise zu ändern. Was ich in dieser Richtung versucht habe, hatte sehr unbefriedigenden Erfolg; sobald man das Geringste an den Maxwell'schen Gleichungen ändert, erheben sich, glaube ich, die grössten Schwierigkeiten. Allerdings habe ich die Gleichungen linear halten wollen. Man kann vielleicht weiter kommen, wenn man diese Forderung aufgibt (ist das auch Ihre Meinung?). Allerdings müsste man dann annehmen, dass bei allen Versuchen in welchen man Fortpflanzungsgeschwindigkeiten (Brechungsindizes) gemessen, oder das Superpositionsprinzip bestätigt hat, die Lichtstärke so klein war, dass die Glieder zweiter Ordnung nicht in Betracht kamen.

Die Annahme von Gliedern höherer Ordnung hat insofern einige Ähnlichkeit mit der Voraussetzung von Verbindungen, die sich bei Verstärkung der Bewegung lösen, dass in beiden Fällen die Art und Weise wie die Erscheinungen vor sich gehen, von der Intensität abhängig gemacht wird.

Mit Ihrer Meinung, dass h wohl mit ϵ (Ladung des Elektrons) zusammenhängt,^[15] kann ich mich nicht einverstanden erklären; jedenfalls zweifle ich sehr. Denn die drei fehlenden Dezimalen sind keine Kleinigkeit; ich kann mir denken, dass ein 4π oder so etwas als Faktor hinzukommt, aber 900 ist doch wohl sehr viel. Auch scheint es mir wenig befriedigend, dass in den Gleichungen für den freien Äther eine Grösse, die sich auf die Elektronen bezieht, vorkommen würde. Mir scheint der Gedanke näher zu liegen, dass h eine Konstante des Äthers ist, die unabhängig von ϵ ist.

Entschuldigen Sie, bitte, dass ich Ihre Zeit und Ihre Geduld so sehr in Anspruch genommen habe. Ich gedenke, die nähere Ausarbeitung der in meinem Rom-Vortrag gegebenen Entwicklungen und einige weitere Betrachtungen im Sinne der vorstehenden in den Annalen der Physik zu publizieren, und würde nun hohen Wert darauf legen, Ihre Meinung über die angeführten Anschauungen zu vernehmen.^[16] Gestatten Sie mir, zum Schluss meiner Freude darüber Ausdruck zu geben, dass, nachdem ich schon lange Ihre Arbeiten bewundert habe, diese strahlungstheoretischen Fragen mir Gelegenheit gegeben haben, in persönliche Beziehung zu Ihnen zu treten.

In vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Ich möchte noch zwei Punkte kurz berühren.

1. Wenn man die Hypothese der Lichtquanten fallen lässt, so muss man wohl die lichtelektrischen Erscheinungen so auffassen, dass die ultravioletten Strahlen eine auslösende Wirkung ausüben, derzufolge die Elektronen das Metall verlassen mit Geschwindigkeiten, die sie bereits im Inneren des Körpers hatten.^[17] Die kinetische Energie der aus dem Metall entweichenden Elektronen ist von der Grössenordnung der kinetischen Energie, welche sie in Folge der Wärmebewegung haben (Freilich ist sie einige Male grösser). Was nun die Übereinstimmung zwischen

dieser kinetischen Energie und dem Energieelement $h\nu$ betrifft, so erklärt sich diese einigermaßen aus dem Umstande, dass (vgl. Planck, Wärmestrahlung, p. 161)^[18] der Wert von $h\nu$ für eine bestimmte Strahlengattung etwa gleich $3,3 \times \frac{3}{2}kT$ ist, wenn man unter T diejenige Temperatur versteht, bei welcher die Strahlungskurve gerade bei der zu ν gehörenden Wellenlänge ihr Maximum hat.

2. Früher, als ich noch hoffte, das Gesetz der Strahlung aus der unmodifizierten Elektronentheorie ableiten zu können, meinte ich, dass λ_m (siehe die angeführte Seite bei Planck) durch die Eigenschaften der Elektronen bestimmt sein müsste.^[19] Da nun λ_m der Temperatur umgekehrt proportional sein muss, so kam ich dazu, eine Beziehung wie

$$\lambda_m = sR \frac{c^2}{u^2}$$

zu erwarten; hier ist s ein numerischer Koeffizient, R der Radius des Elektrons, u^2 das mittlere Geschwindigkeitsquadrat eines Elektrons bei der gewählten Temperatur und c die Lichtgeschwindigkeit.^[20] Der Umstand, dass s den Wert 800 haben müsste,^[21] liess mich aber wenig Gewicht hierauf legen. Es ist nun bemerkenswert, dass die obige Gleichung mit Ihrem Satze, dass h der Grössenordnung nach mit $\frac{\epsilon^2}{c}$ übereinstimme, identisch ist.

Aus meiner Gleichung folgt nämlich, wenn m die Masse des Elektrons ist, da $\frac{1}{2}mu^2 = \frac{3}{2}kT$

$$\lambda_m = \frac{1}{3}s \frac{mRc^2}{kT},$$

oder, da die elektromagnetische Masse durch

$$m = \frac{2}{3} \frac{\epsilon^2}{Rc^2}$$

bestimmt wird,

$$\lambda_m = \frac{2}{9}s \frac{\epsilon^2}{kT}.$$

Andererseits ist nach Planck (p. 161)^[22]

$$h = \frac{\beta k T \lambda_m}{c},$$

also, wenn man obigen Wert von λ_m einsetzt,

$$h = \frac{2}{9}\beta s \frac{\epsilon^2}{c} = 1,1s \frac{\epsilon^2}{c},$$

was die von Ihnen aufgestellte Formel ist.

— — — —

^[1]Letter 183.

^[2]Letter 185.

^[3]See *Van der Waals Jr. 1909a*; see also Letter 182, note 2, Appendix, Letter 178a, and *Lorentz 1912i* for more on Van der Waals's objection.

^[4]See Letter 173, note 6, for the meaning of the symbols in Lorentz's Rome lecture.

^[5] q_2' should be q_3' .

^[6]See Letter 183.

^[7]See *Einstein 1909a*.

^[8]In fact, in *Lorentz 1903c* Lorentz had already shown that for a metal in which free electrons are present the long-wave limit of the radiation law has the Rayleigh-Jeans form.

^[9]This point is also discussed in *Lorentz 1910g* and *Lorentz 1912i*.

^[10]See *Einstein 1907a*.

^[11]A reference to Einstein's light quantum hypothesis (see *Einstein 1905a*).

^[12]A discussion similar to the one that follows is published in *Lorentz 1910c* and in *Lorentz 1910g*. See Letters 192 and 193 for Planck's reaction to this and the following considerations, and Letters 194 and 195 for Lorentz's views.

^[13]*Von Kries 1906*.

^[14]Johannes Stark had applied the light quantum hypothesis to canal rays. See, e.g., *Stark 1908*, in which Stark (erroneously) concludes that his work supports the light quantum hypothesis; see also *Kuhn 1978*, pp. 222–225, for a historical discussion of Stark's work.

^[15]See Letter 183, note 4, and Letter 190.

^[16]No paper was published in the *Annalen der Physik*; see note 12 above, however.

^[17]This "triggering hypothesis" explanation of the photoelectric effect was first proposed by Philipp Lenard (see *Lenard 1902a*).

^[18]*Planck 1906*.

^[19]The quantity λ_m is the value of the wavelength for which Planck's radiation curve for a given temperature reaches its maximum. According to the displacement law, this quantity is inversely proportional to the temperature.

^[20]Cf. *Lorentz 1901a*. See Letter 171 and Appendix, Letter 178a for similar discussions.

^[21]This value follows from the last equation of this letter.

^[22]The following formula follows from Planck's law by differentiation; the numerical constant β has the value $\beta = 4.9651$.

190. From Albert Einstein, 23 May 1909

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Bern 23. Mai 09.

Hoch geehrter Herr!

Ich kann Ihnen gar nicht sagen, wie sehr mich Ihr ausführliches Schreiben^[1] gefreut hat, und wie gerne ich mich immer wieder mit Ihren klaren, schönen Ausführungen beschäftige. Es ist nur fast schade, dass nicht alle, die sich um diese Sache bemühen, den Brief zu lesen bekommen.

Was zunächst den Einwand von Van der Vaals anbelangt, so scheint er auch nach meiner Meinung keinen Punkt von wesentlicher Bedeutung zu berühren, da ja der Energieaustausch zwischen Materie und Hohlraum wohl stets zu der nämlichen Strahlungsverteilung führen wird,^[2] gleichviel ob dieser Austausch durch Elektronen oder ponderable Ionen vermittelt wird. Zu allem Überfluss haben Sie

ja noch, wie Sie mir mitteilen, diesen kleinen Übelstand durch eine kleine Abänderung Ihres Beweisganges vermieden.

Nun kommt ein Punkt in Ihrem Briefe, bezüglich dessen unsere Meinungen, wie es scheint, nicht ganz übereinstimmen. Sie empfinden es als eine Schwierigkeit, dass nach der Planck'schen Betrachtungsweise der Strahlungszustand im Aether verschieden ausfällt, je nachdem der Energieaustausch durch *Resonatoren* oder durch *freie Elektronen* vermittelt wird. Ich betrachte nun diese Sache insofern anders, als die Planck'sche Betrachtung nach meiner Ansicht in letzterem Falle überhaupt versagt. Indem Herr Planck die Quanten $h\nu$ einführt, kommt er zu statistischen Gesetzen für die Resonatoren, welche mit den jetzigen theoretischen Grundlagen der Theorie nicht vereinbar sind.^[3] Er verzichtet also damit (implizite) auf die konsequente Anwendung von Elektromagnetik und Molekularmechanik.^[4] Verlässt man aber unsere theoretischen Grundlagen bei Betrachtung der *Resonatoren*, so muss man sie auch für die *freien Elektronen* verlassen, womit Ihrem Beweise des Jeans'schen Gesetzes auch für diesen Fall die Basis entzogen wird.^[5] Die Schwierigkeit liegt für mich nur darin, dass die Planck'sche Grundlage (Einführung der $h\nu$ -Quanten) sich nicht auf die elementare Grundlage der Theorie bezieht, sondern nur auf den Spezialfall monochromatisch schwingender Gebilde. Wir wissen daher nicht, und können vor der Hand nicht ableiten, was für elektrische und mechanische Grundgesetze wir für das freie Elektron und den leeren Raum einführen müssen, um mit Plancks Theorie in Einklang zu bleiben. Es scheint mir also kein Widerspruch vorzuliegen, sondern nur die Schwierigkeit einer Verallgemeinerung von Planck's Betrachtungsweise. —

Ihre Abänderung von Gibbs' Behandlung des kanonischen Ensembles hat mir sehr gefallen. Man sieht so sehr schön, inwiefern sich die von den Strahlungsercheinungen geforderte Theorie von der bisherigen unterscheidet. Wenn man nur die Beziehung $\epsilon = h\nu$ irgendwie begreifen könnte! Inbezug hierauf ist es von Interesse, dass sich nach der Relativitätstheorie Energie (ϵ) und Frequenz (ν) eines sich in bestimmter Richtung fortpflanzenden monochromatischen Lichtkomplexes bei Aenderung des Koordinatensystems sich so ändern, dass $\frac{\epsilon}{\nu}$ konstant bleibt.^[6]

Bezüglich der Lichtquanten muss ich mich undeutlich ausgedrückt haben. Ich bin nämlich durchaus nicht der Meinung, dass man das Licht aus von einander unabhängigen, in verhältnismässig kleinen Räumen lokalisierten Quanten zusammengesetzt denken solle. Für die Erklärung des Wien'schen Endes der Strahlungsformel wäre dies wohl das bequemste. Aber schon die Teilung eines Lichtstrahles an der Oberfläche brechender Medien verbietet diese Auffassung durchaus. Ein Lichtstrahl teilt sich, aber ein Lichtquant kann sich ja nicht teilen ohne Aenderung der Frequenz.

Ihre Darlegungen der Schwierigkeiten, welche der Quantentheorie aus Interferenzfähigkeit und Bildscharfe erwachsen, hat mir grosse Freude gemacht. Ich sehe da, wie scharf Sie diese Dinge überlegt haben, die mir schon so viel Kopfzerbrechen gemacht haben. Wie schon gesagt, ist nach meiner Meinung nicht daran zu

denken, das Licht aus diskreten, voneinander unabhängigen Punkten zu konstruieren. Ich stelle mir die Sache etwa so vor:

Nach den Maxwell'schen Gleichungen ist ein in bestimmter Richtung sich fortpflanzender Wellenvorgang, der sich weder senkrecht zur Ausbreitungsrichtung ins Unendliche erstreckt, noch in jeder Ebene gleicher Phase unendlich wird, abgeschlossen. Vermöge der Ausbreitung nach allen Seiten sucht sich die Energie eines jeden Wellensystems auf immer grössere Räume auszudehnen. Dieser Zug unserer heutigen Theorie des Lichtes ist es, der mir unrichtig zu sein scheint. Ich glaube vielmehr, dass sich das Licht in ähnlicher Weise um singuläre* Punkte herum gruppiert, wie wir das vom elektrostatischen Felde anzunehmen gewohnt sind. Ich denke mir also ein einzelnes Lichtquant als einen Punkt, der von einem sehr ausgedehnten Vektorenfeld umgeben ist, das mit der Entfernung irgendwie abnimmt. Der Punkt ist eine Singularität, ohne welche das Vektorenfeld nicht existieren kann. Ob man sich beim Vorhandensein vieler Lichtquanten mit einander überdeckenden Feldern eine einfache Superposition der Vektorenfelder vorzustellen hat, das kann ich nicht sagen. Jedenfalls müsste man zur Bestimmung der Vorgänge ausser den Differentialgleichungen für das Vektorfeld auch noch Bewegungsgleichungen für die singulären Punkte haben.† Die Energie des elektromagnetischen Feldes müsste — wenigstens bei genügend verdünnter Strahlung — mit der Anzahl dieser singulären Punkte in gewisser Weise zusammenhängen. Absorption fände nur statt beim Verschwinden eines derartigen singulären Punktes bezw. bei Degenerieren des zu diesem Punkte gehörigen Strahlungsfeldes.‡ Durch die Angabe der Bewegungen aller Singularitäten wäre das Vektorenfeld vollkommen bestimmt, sodass die Anzahl der zur Charakterisierung einer Strahlung nötigen Variablen eine *endliche* wäre. Bei der Zerlegung eines Strahles an der Grenze zweier Media müsste man eine Neubildung singulärer Punkte und ein Verschwinden der vor der Reflexion bezw. Brechung vorhandenen annehmen. Das Wesentliche scheint mir übrigens gar nicht in der Annahme singulärer Punkte zu liegen sondern in der Annahme solcher Feldgleichungen, welche Lösungen zulassen, bei welchen sich endliche Energiemengen ohne Zerstreuung in einer bestimmten Richtung mit der Geschwindigkeit c fortpflanzen.

Man sollte meinen, dass dies Ziel mit einer geringen Modifikation der Maxwell'schen Theorie zu erreichen sei. Aber bis jetzt war ich vergeblich auf der Suche nach einer solchen.** —

Die Idee, durch Einführung von Koppelungen eine Verringerung der verfügbaren Freiheitsgrade herbeizuführen, erscheint mir insofern nicht verlockend, als dieses Auskunftsmittel zu sehr dem Fall des Strahlungshohlraumes gewissermassen auf den Leib geschnitten ist. Wäre die mathematische Formulierung geglückt, so wäre wohl die allgemeine physikalische Interpretation nicht minder schwierig als bei dem Planck'schen *modus procedendi*.

*Es brauchen nicht notwendig mathematisch singuläre Punkte zu sein.

†falls mathematische Singularitäten eingeführt werden.

‡besser „von auf diesen Punkt sich stützender Strahlung“

**Ein Versuch in dieser Richtung ist am Ende des Briefes angedeutet.

Im Gegensatz zu der Meinung, die ich in meiner letzten Publikation vertreten habe,^[7] erscheint es mir möglich, dass die zu suchenden Differentialgleichungen lineare & homogene sind. Es folgt zwar aus den statistischen Eigenschaften der Strahlung, dass man nicht von einem Strahlungsvorgang ausgehend zu einem neuen gelangt indem man alle Amplituden (Feldstärken) mit derselben willkürlichen Konstanten multipliziert. Aber man kann dieser Forderung durch blosser Einführung von Singularitäten Rechnung tragen, ohne die Gleichungen nicht linear bzw. inhomogen zu wählen. Zu letzterem wäre man nach meiner Meinung allerdings gezwungen, wenn man ohne die Einführung singularer Punkte auskommen möchte, was wohl am befriedigendsten wäre.

Der restierende Faktor 900 in der fraglichen Beziehung zwischen h und ϵ gefällt mir auch nicht gut, wenngleich das Auftreten eines Faktors wie $6 \cdot (4\pi)^2$ nichts so ganz ausserordentliches ist. Aber die Thatsache, dass man durch die Dimensional Betrachtung zum Wien'schen Verschiebungsgesetz und zur in der Grössenordnung sicher richtigen Planck'schen Bestimmung des Elementarquantums gelangt, erscheint mir doch recht bedeutsam. Ferner sollte man nach meiner Meinung die Möglichkeit im Auge behalten, Lichtquanta und Elektronen als mathematisch gleich definierte Singularitäten aufzufassen, zumal es scheint, dass die Natur mit universellen Konstanten (Maassen) sparsam ist.

Auf Ihre ausführliche Abhandlung in den Annalen freue ich mich sehr. Selbstverständlich komme ich mit Freuden Ihrer Aufforderung nach, Ihnen meine Ansichten über das darin Enthaltene mitzuteilen. Überhaupt preise ich mich glücklich, zu Ihnen in nähere Beziehung zu treten.

Darauf, dass die von ultravioletten Strahlen ausgelösten Elektronen eine kinetische Energie haben, die nicht gar so sehr verschieden ist von der eines Elektrons bei der Temperatur des Metalls (immerhin ca 50 mal grösser) kann man nach meiner Meinung keinen Wert legen. Denn es steigt die Geschwindigkeit der ausgesandten Elektronen mit v und erreicht für harte Röntgenstrahlen, die ja sicher prinzipiell gleich beschaffen sind wie das Licht, ausserordentliche Werte. Dass ferner zu erwarten sei (auch ohne Lichtquantenhypothese), dass die kinetische Energie der ausgesandten Elektronen der Temperatur des einfallenden Lichtbündels entspreche, habe ich mir auch schon gedacht. Diese Auffassung wird besonders plausibel, wenn man bedenkt, wie wenig bei geringer Strahlungsdichte die Strahlungstemperatur von dieser Dichte abhängig ist. Bei grösserer Strahlungsdichte aber müsste dieser Einfluss gut bemerkbar sein. Besonders spricht auch gegen diese Auffassung, dass die Stokes'sche Regel bei den Stoffen, bei denen sie überhaupt gilt, mit grosser Schärfe gilt. Ich meine damit, dass wenn bei einer Phosphoreszenz-Erscheinung ν_0 die Frequenz des einfallenden, ν_m die maximale Frequenz des sekundären Lichtes ist, ν_m stets kleiner als ν_0 , *aber oft sehr wenig kleiner als* ν_0 , ist. Das hat Lenard als eine auffallende Thatsache eigens hervorgehoben.^[8] Ferner muss man auch sagen, dass die Voraussetzung, die Energie der emittierten Elektronen entspreche der Temperatur des einfallenden Strahlenbündels, durch unsere gegenwärtigen theoretischen Auffassungen (Elektromagnetik) nicht gestützt wird. —

Ihre Dimensionalbetrachtung am Schluss Ihres Briefes hat mich ausserordentlich interessiert. Man sieht hier, dass man nicht notwendig ϵ in die Gleichungen hineinzubringen braucht,^[9] sondern dass man es ebensogut mit einem konstanten Faktor von der Dimension einer Länge probieren kann. Das, was mich in dieser Dimensionalangelegenheit so gläubig macht (oder abergläubisch?), das ist eben, dass man so leicht zum Wien'schen Verschiebungsgesetz und zur Planck'schen Bestimmung der Elementarquanta gelangt.

Schliesslich möchte ich noch eine kurze Bemerkung beifügen, was die Möglichkeit der Aufstellung neuer elektromagnetischer Grundgleichungen anbelangt. Die Gleichung

$$\Delta\phi - \lambda^2\Delta\Delta\phi = 0,$$

wobei $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ besitzt die nur von $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ abhängige Lösung

$$\phi = \epsilon \frac{1 - e^{-\frac{r}{\lambda}}}{r}$$

Diese Lösung geht für grosse r in $\frac{\epsilon}{r}$ über und hat für $r = 0$ keine singuläre Stelle. Es ist dies die einzige Lösung jener Gleichung, welche diese beiden Eigenschaften hat. Diese Differenzialgleichung nebst vorliegender Lösung könnte also das starre Gerüst des Elektrons unnötig machen. Vier derartige Gleichungen würden ein elektrodynamisches Gleichungssystem liefern können, wenn man Δ in $\Delta - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}$ verallgemeinert. Man hätte Gleichungen 4. statt zweiter Ordnung, dafür aber die Bedingung dass Singularitäten nicht auftreten. Vielleicht würde ein solches System nicht nur die Elektronen sondern auch die Lichtquanten zu liefern vermögen. Die Neuerung bestünde nur darin, dass man der elektrischen Massen- und Stromdichte allenthalben bestimmte, ausschliesslich vom Felde selbst abhängige Werte gäbe.

Die zugrunde gelegte Gleichung lässt den Faktor ϵ willkürlich. Ich fragte mich deshalb, ob es nicht eine nicht lineare Differenzialgleichung gibt, welche ein Integral von

$$\Delta\phi - \lambda^2\Delta\Delta\phi = 0$$

ist, welche ϵ und λ als Koeffizienten enthält, und welche zur Lösung

$\phi = \epsilon \frac{1 - e^{-\frac{r}{\lambda}}}{r}$ mit bestimmtem Werte von ϵ führt. Wenn dies gelänge, so wäre es

sehr schön — aber meine Bemühungen waren bisher vergebens. —

Vielleicht sehen Sie mit einem Blick, dass diese Hoffnungen und Bemühungen eitel sind. Sie thun mir dann eine grosse Wohlthat, wenn Sie mirs sagen, denn es ist gar hässlich, sich mit gänzlich aussichtslosen Bemühungen zu plagen.

Es grüsst Sie mit aller Hochachtung
Ihr ergebener

A. Einstein

^[1]Letter 189.

^[2]The Rayleigh-Jeans law.

^[3]Cf. Letter 183.

^[4]This point had been made earlier and more forcefully by Einstein in *Einstein 1907a*.

^[5]See Letter 189, note 8, for Lorentz's proof.

^[6]This is already pointed out in *Einstein 1905b*.

^[7]*Einstein 1909a*.

^[8]See *Lenard and Klatt 1904*.

^[9]See Letter 183, note 4.

191. From Woldemar Voigt, 10 June 1909

Handwritten postcard.

Göttingen 10.VI.9.

Verehrter Freund!

Durch Teubner erhielt ich unlängst Ihre amerikanischen Vorlesungen^[1] und habe sogleich und wiederholt darin geblättert. Das ist wieder ein schönes und wertvolles Geschenk, das die Wissenschaft Ihnen verdankt, und ich hoffe für meine bevorstehenden Vorlesungen noch viel Nutzen und Anregung daraus zu ziehen. Herzlichen Dank auch von mir! — Eine beiläufige Bemerkung schliesse ich an — durch eine Äusserung Cotton's veranlasst: das *Ausbleiben des Zeeman-Effekts* bei gewissen Linien ist mit der von mir vertretenen Modification Ihrer Theorie völlig vereinbar.^[2] Die Formeln meines §120 lassen dergleichen ebenso zu, wie anormale Triplets.

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]*Lorentz 1909i*, based on the lectures Lorentz had given at Columbia University in New York in the spring of 1906.

^[2]Cotton had claimed that Voigt's theory could not explain the non-occurrence of the Zeeman effect in certain cases (see *Cotton 1909a*, p. 56*). The modification Voigt refers to is the abandonment of the assumption of isotropy of the molecules that contain the vibrating electrical particles responsible for the Zeeman effect. See Letter 159, *Voigt 1907b*, and *Voigt 1908c*, sec. 105; see *ibid.*, sec. 120 for Voigt's formulas; see *ibid.*, secs. 43–50, or *Lorentz 1909i*, chap. 3, for Lorentz's theory. A letter from Voigt made Cotton withdraw his objection (*Cotton 1909b*); see *Voigt 1911c*, pp. 900–902, for a detailed refutation by Voigt.

192. From Max Planck, 16 June 1909

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 16. Juni 09.

Lieber verehrter Herr College!

Vor mir liegt Ihr freundlicher ausführlicher Brief vom 9.–11. April d.J., und jetzt, da ich ihn gründlich studirt habe, ist es mir kaum begreiflich, dass ich ihn so lange habe bei mir behalten können, ohne darauf zu antworten. Denn die Fragen, die er behandelt, sind so wichtig, und die Art der Behandlung ist für mich so überaus interessant, dass es mich förmlich treibt, Ihnen den Eindruck zu schildern, den Ihre Betrachtungen bei mir hervorgerufen haben. Dies scheint mir auch die beste Art, in der ich Ihnen meinen Dank aussprechen kann.

Bevor ich zur Sache übergehe, möchte ich nur noch kurz bemerken, dass ich mit meiner Tochter vor einer Woche glücklich wieder nach Berlin zurückgekehrt bin, und dass unsere ganze Reise, und ganz besonders der Aufenthalt in America, für uns einen wunderschönen Verlauf genommen und unvergessliche Eindrücke hinterlassen hat.^[1] Leider habe ich das Befinden meiner Frau, die an einer Lungenentzündung erkrankt ist, immer noch nicht wesentlich gebessert gefunden; aber wir wollen die Hoffnung nicht verlieren.

Nun aber zur Strahlung. Dass es ohne Annahme von Lichtquanten $h\nu$ nicht geht, darüber sind wir ja einig (im Gegensatz zu Jeans). Dass ferner die Lichtquanten während der Fortpflanzung im freien Aether ihre Individualität *unmöglich* beibehalten können, haben Sie im zweiten Teil Ihres Briefes so überzeugend dargelegt, dass glaube ich auch hierüber kein Zweifel bestehen kann. Die ganze Optik, besonders die Theorie der Interferenzen und der Refraction und Diffraction, müsste umgestossen werden, wenn man den Lichtquanten im freien Aether eine besondere Existenz zuschreiben wollte.^[2]

Trotzdem neigen Sie der Ansicht zu, h als eine Constante des Aethers zu betrachten. Der Vorteil dieser Auffassung, dass mit einem Schlage die Schwierigkeiten des Energieaustausches zwischen freien Electronen und Aether überwunden erscheinen, leuchtet auch mir ein; aber ich sehe dafür andere Schwierigkeiten, die mir ganz unüberwindlich erscheinen. Wenn h wirklich eine Constante des Aethers ist, können dann die Maxwellschen Gleichungen für den freien Aether ihre Gültigkeit behalten? Sie haben selber die Aussichtslosigkeit jedes Versuches hervorgehoben, der an diesen Fundamentalgleichungen rüttelt. Nun denken Sie an den Ausweg, unter Wahrung der Maxwellschen Gleichungen die Freiheitsgrade des Aethers einfach zu beschränken, dadurch dass gewisse Gruppen von benachbarten Schwingungen miteinander fest gekoppelt werden. Principiell führt dies natürlich zum Ziele. Aber, was mich abschreckt, ist die Ueberlegung, dass ja dann die Art der Kopplung, wie Sie auch selber hervorheben, von der Begrenzung des Raumes abhängen müsste. Wäre das überhaupt noch „freier“ Aether? Und wie verhielte sich der Aether im unbegrenzten Raume? Jedenfalls erscheint mir ein derartiger unmittelbarer Einfluss der (beliebig weit entfernten) Grenzflächen auf die Vor-

gänge im freien Aether mit dem Grundgedanken der Maxwellschen Theorie, die jede Art von Fernwirkung ausschliesst, ganz unvereinbar. Nach meiner Auffassung hat die Constante h mit den Vorgängen im freien Aether überhaupt nichts zu tun. Nun kommt aber die von Ihnen hervorgehobene Schwierigkeit des Energieaustausches zwischen dem Aether und meinen Resonatoren einerseits, und zwischen dem Aether und freien Electronen andererseits. „Ein Zustand A im Aether müsste mit den Resonatoren, und ein *anderer* Zustand B (der Jeans'sche) müsste mit den freien Electronen im Gleichgewicht sein“. Das wäre natürlich ganz unhaltbar. Aber ist denn der mit den freien Electronen im Gleichgewicht befindliche Zustand B wirklich der Jeans'sche? Doch nur dann, wenn für die Wechselwirkung zwischen den freien Electronen und dem Aether die Hamiltonschen Gleichungen gelten. Nun übt ein freies Electron nur dann einen Einfluss auf den Aether aus, wenn es seine Geschwindigkeit (an Grösse oder Richtung) ändert. Dies geschieht hauptsächlich beim Zusammenstoss, entweder mit ponderablen Molekeln oder mit anderen Electronen. Ueber die Gesetze eines solchen Zusammenstosses wissen wir so gut wie nichts, und es ist nach meiner Meinung eine unbegründete Annahme, dass dieselben nach den Hamiltonschen Gleichungen vor sich gehen. Vielmehr ist hier nur eine solche Annahme zulässig, die zu Consequenzen führt, die mit den Tatsachen übereinstimmen. Und eine solche Annahme scheint mir die folgende zu sein. *Der Energieaustausch zwischen Electronen und freiem Aether vollzieht sich stets nur nach ganzzahligen Quanten $h\nu$.* Das gilt sowohl für freie Electronen als auch für solche, die um Gleichgewichtslagen schwingen, wie in meinen Resonatoren. Für langsame Geschwindigkeitsänderungen freier Electronen ist v so klein, dass $h\nu$ praktisch verschwindet. Da haben wir also die gewöhnlichen Hamiltonschen Differentialgleichungen. Aber bei schnellen Geschwindigkeitsänderungen, wie beim Stoss (Erzeugung von Wärmestrahlen, Röntgenstrahlen, γ -Strahlen) tritt das Lichtquantum in Kraft. Sobald die Energie in den freien Aether übergegangen ist, gelten genau die Maxwellschen Gleichungen.

Da übrigens die ausgetauschte Energie gleich der Differenz der emittirten und der absorbirten Energie ist, so kann die absorbirte Energie vollkommen stetig sein. Nun die emittirte Energie müsste sich sprungweise ändern.

Meinen Sie nicht, dass man mit einer solchen Annahme auskommen konnte? Jedenfalls scheint mir, dass dann der obige Zustand B des Aethers mit dem Zustand A identisch sein müsste. Es wäre mir von sehr grossem Werth, Ihre Meinung darüber zu erfahren.^[3] Fragen bleiben natürlich genug übrig, namentlich nach den näheren Einzelheiten beim Electronenstoss. Aber hier ist noch so vieles unbekannt, dass mir reichlich Platz für Hypothesen zu sein scheint.

Mit herzlichen Grüssen
Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]Planck lectured at Columbia University in the spring of 1909 (see Letter 184, note 4).

^[2]Cf. Letter 189, which very likely contains a discussion similar to the one in the lost letter to Planck of 9–11 April. See also *Lorentz 1910c, 1910g*.

^[3]See Letters 194 and 195 for draft replies to this and the following letter.

193. From Max Planck, 10 July 1909

Handwritten letter.

Grunewald, 10. Juli 09.

Lieber verehrter Herr College!

Darf ich Sie noch einmal mit der Strahlungstheorie plagen? Es geschieht aus Anlass einiger Ueberlegungen, die mir bei einem kürzlich von mir in unserem Colloquium erstatteten Referat gekommen sind, und weil ich das Bedürfnis fühle, Ihnen, schon als Dank für Ihren ausführlichen Brief vom 9. April, von meinen auf diesen Punkt bezüglichen Gedanken Kenntnis zu geben, mögen sie auch noch recht provisorisch und unzureichend beschaffen sein.

Vor Allem scheint mir die Differenz unserer beiderseitigen Anschauungen (wie Sie in Ihrem Briefe vom 9. April und ich in meinem Antwortbriefe vom 16. Juni^[1] sie schildern) garnicht so bedeutend zu sein, wie wenigstens ich zuerst meinte. Denn einig sind wir wohl darin, dass bei den Gesetzen der Wärmestrahlung die Energieelemente $h\nu$ eine gewisse Rolle spielen.

Der Unterschied ist nur der: Sie sind geneigt, die Bedeutung von h in Zusammenhang zu bringen mit einer Beschränkung der Freiheitsgrade des Aethers, so zwar, dass jeder Freiheitsgrad sich „unerbittlich weigert, die Energie anders als in Portionen $h\nu$ aufzunehmen“.^[2] Ich dagegen möchte gerade umgekehrt sagen, dass die Electronen sich „unerbittlich weigern, die Energie anders als in Portionen $h\nu$ abzugeben“. Bei Ihnen liegt also die Hartnäckigkeit beim Aether, bei mir bei den Electronen. Bedenkt man nun aber, dass nach dem Satz der Erhaltung der Energie Aufnahme von Energie stets mit Abgabe von Energie verbunden ist, so erhellt, dass wir über den tatsächlichen Vorgang bei der Emission von strahlender Energie ganz einig sind insofern, dass er nur nach ganzzahligen $h\nu$ erfolgt, und das ist doch zunächst die Hauptsache. Eine secundäre Frage ist erst: *warum* geht die Energie nur portionenweise über, und da glaube ich allerdings, dass es mehr Aussicht hat, die Electronen für diese seltsamen Uebergangsbedingungen verantwortlich zu machen, als den freien Aether, und zwar hauptsächlich deshalb, weil letzterer eine so viel einfachere Structur besitzt, und viel besser bekannt ist als die Electronen.

Ich möchte nun noch einige Punkte besprechen, die Sie in Ihrem Briefe als schwierig für meine Vorstellungsweise hervorheben. Bei *freien* Electronen spielt natürlich das Wirkungselement h keine Rolle. Aber freie Electronen emittiren auch (sofern sie wirklich „frei“ sind) keine Wärmestrahlen. Ein Hohlraum, welcher nur Strahlung und ausserdem freie* Electronen erhält, wird keineswegs einem stationären Endzustand zustreben, sondern die Energieverteilung der Strahlung wird immer die nämliche bleiben, die sie am Anfang war.

Dies ändert sich, sobald man „Zusammenstösse“ von Electronen berücksichtigt. Nun sagen Sie: der Bau der Materie ist so kompliziert, dass man sich schwer-

*Ein Electron, welches einen Zusammenstoss erleidet, nenne ich in diesem Augenblick nicht mehr *frei*.

lich vorstellen kann, dass in dem Wirrwarr von Molekularbewegungen die Electronen nie andere als harmonische Schwingungen machen können. Dagegen möchte ich anführen: Wir sind doch von der Optik her ganz daran gewöhnt, in allen absorbirenden (auch festen) Körpern neben den freien Electronen, welche die electriche Leitungsfähigkeit bedingen, gebundene Electronen anzunehmen, welche *bestimmte* Eigenschwingungen besitzen. Warum sollte nicht ein jedes freie Electron, sobald es in die Wirkungssphäre eines Moleculs kommt, eine ganz bestimmte Eigenschwingung annehmen? Der Unterschied zwischen freien und gebundenen (in der Wirkungssphäre befindlichen) Electronen scheint ja ein sehr scharfer zu sein. Denn nach unseren gewöhnlichen Vorstellungen nimmt ja die quasielastische Kraft, die auf ein gebundenes Electron wirkt, mit der Entfernung zu. Wenn also sich das Electron aus seiner Gleichgewichtslage immer weiter entfernt, muss jene Kraft plötzlich abbrechen. Ebenso umgekehrt, bei Annäherung muss diese Kraft plötzlich einsetzen. Diese Schwierigkeit trifft aber gar nicht die Theorie der Wärmestrahlung, sondern schon die gewöhnliche Optik, ist also ohnehin schon vorhanden.

Noch ein Wort über den Fall eines von jeglicher Materie und jeglichen Electronen entblösten, allein von Strahlung erfüllten Hohlraums. Hier gibt es nach meiner Anschauung überhaupt *keine Möglichkeit*, die Annäherung an einen stationären Endzustand, an eine normale Energieverteilung, auch nur zu verstehen. Dazu bedarf es ganz notwendig etwa eines Kohleteilchens. Diesem schieben Sie allerdings nur eine ganz untergeordnete Rolle zu, aber ich möchte meinen, dass dies ganz in der Natur der Sache liegt. Wie wollte man denn überhaupt entscheiden, ob die spectrale Energieverteilung in der Hohlraumstrahlung die normale ist oder nicht, wenn man nicht ein Kohleteilchen zu Hilfe nähme und untersuchte, ob es von Einfluss ist auf die Energieverteilung oder nicht?

Meine Resonatoren, solange sie ruhen, haben auch gar keinen Einfluss auf die spectrale Energieverteilung, darin gebe ich Ihnen natürlich vollkommen Recht. Um diesen Einfluss zu gewinnen, müssen Resonatoren verschiedener Eigenperiode zusammenstossen. Ebenso stimme ich Ihnen vollständig zu, wenn Sie darauf hinweisen, dass die Moleküle eines (äusserst verdünnten) Gases gar nicht miteinander zusammenzustossen brauchen, um in den Maxwell'schen Verteilungszustand zu gelangen, wenn nämlich das Gas mit einem andern (festen) Körper von bestimmter Temperatur in Berührung ist. Aber daraus folgt nicht, dass man die Zusammenstösse auch dann entbehren kann, wenn jener andere Körper nicht vorhanden ist.

Ich halte es für unmöglich, Temperatur, Entropie, Wahrscheinlichkeit für eine reine Hohlraumstrahlung auch nur zu *definiren*, ohne Berücksichtigung der Wirkung dieser Strahlung auf emittirende und absorbirende Teilchen. Dieser Punkt ist mir äusserst wichtig, und ich würde Ihnen zu grossem Danke verbunden sein, wenn Sie mir Gegen Gründe gegen meine Meinung anführen wollen. Denn gerade hierin erblicke ich den wichtigsten Unterschied zwischen den Vorgängen bei der Wärmestrahlung und den Vorgängen bei den Molekularbewegungen. Die Strahlungsvorgänge in einem vollständig evacuirten von spiegelnden Wänden umgebenen Hohlraum sind nach meiner Meinung alle reversibel, Wahrscheinlichkeitsbe-

trachtungen sind unnötig und unzulässig, jedes Strahlenbündel pflanzt sich mit constanter Helligkeit unabhängig von allen andern fort. Bei den Molekularbewegungen kann man nicht einmal für ein (unendlich) kleines Zeitelement die Richtung des Vorganges angeben, ohne Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen anzustellen; denn die Resultate der Zusammenstöße lassen sich nicht eindeutig angeben. Würden die Moleküle durcheinander hindurchgehen ohne ihre Geschwindigkeiten zu ändern, dann hätten wir auch keine Aenderung der Entropie und keine Annäherung an die stationäre Geschwindigkeitsverteilung. Nun ist es höchste Zeit, dass ich schliesse.

Noch einen herzlichen Gruss von Ihrem treu ergebenen

Max Planck.

^[1]Letter 192. See Letters 194 and 195 for Lorentz's draft replies.

^[2]A statement, similar to the one quoted here, is made in Letter 189.

194. To Max Planck, 20 July 1909

Handwritten draft, presumably for the letter dated 30 July 1909, to which Planck refers in Letter 196. See also Letter 195 for another draft of presumably the same letter.

Aan Planck 20 Juli. Antwoord op 16 Juni en 10 Juli.^[1]

Meeningen verschillen niet veel.

Ik geef toe dat men zoo lang mogelijk zich aan de M'sche vergelijkingen^[2] voor aether moet houden, en sprak dan ook vroeger van „verzweifelte” gedachte. Kan die niet uitwerken. Moeilijk vooral de overgang tot onbegrensden aether. Ook is het niet duidelijk hoe eigenlijk een vrijheidsgraad in het parallelepipedum^[3] een quantum moet opnemen, waarbij toch een zekere voortplanting te pas komt.

Dus zoolang niet iemand een gelukkigen inval heeft, zullen wij h in de stralende deeltjes zoeken. Dan geef ik ook toe dat van entropie van aether op zich zelf geen sprake is en dat de waarde daarvan met de eigenschappen der materie samenhangt.

Nu de moeilijkheden. Het ergst bij vrije electronen, d.w.z. bij electronen die niet voortdurend om evenwichtsstand trillen. Natuurlijk zijn die noodig voor geleiding in metalen, dus ook in 't spel bij absorptie en emissie lange golven. Niet bepaald noodig scherp geknikte zigzagbanen aan te nemen. Elektron kan wel door een atoom opgenomen worden (misschien een tijd lang daarin trillen), en dan naar ander atoom. Maar geleiding enz. moet met dat overgaan, dus met een niet-periodieke beweging samenhangen en dan moet die beweging ook een rol spelen bij iets kortere golven waarbij h reeds een invloed heeft. Bij niet periodieke bewegingen echter geen $h\nu$.

Wil niet beweren dat nu de toestand v. Jeans moet ontstaan. Er kunnen best afwijkingen van de vergelijkingen van Hamilton zijn. Maar de hypothese der energieelementen in tegenwoordigen vorm laat ons in de steek.

Naar aanleiding van P's opmerkingen. Wanneer men alleen met resonatoren te doen heeft is het onverschillig of men de „hardnekkigheid” aan deze of den aether toeschrijft. Maar de zaak is anders wanneer men ook vrije electronen toelaat. Evenzoo, de entropie v. aether kan wel van koolstofje afhangen, als dan ook maar van de vrije electronen daarvan h te pas komt.

Resonatoren. Wij stellen als eisch dat de verdeling van energie over een stelsel resonatoren dezelfde wordt bij evenwicht met materie als bij evenwicht met aether. Neemt men nu aan dat met materie uitwisseling alleen bij volle quanta plaats heeft, dan mag men niet aannemen dat die met aether geleidelijk gaat, waarschijnlijk ook niet dat het afstaan aan aether met sprongen gaat en het opnemen geleidelijk.

Dus ook opnemen van energie uit aether met volle quanta. Hoe kan dat. Stel ν_0 resonator zoo dat $h\nu_0 = kT$ is. Resonator kan energie opnemen uit interval $\Delta\nu$ van de orde $\sigma\nu_0$. Wij kennen σ niet, maar stel $\Delta\nu = \frac{1}{1000}\nu_0$. Volgens (233) is de ruimtelijke dichtheid der energie^[4]

$$\frac{8\pi h\nu_0^4}{1000(e-1)c^3};$$

quantum $h\nu_0$ zit in ongeveer $70\lambda^3$. Resonator smal en neemt niet alles op. Dus moeten vele golven hem treffen. — Men kan zeggen dat er locale opeenhopingen zijn. Goed, als maar niet geconcentreerd gebleven quanta. Maar in ieder geval moet resonator zijn naam verdienen, dus tamelijk veel golven.

Stel, hij haalt energieelement uit 1000 golven, $\lambda = 25\mu$. Tijd van opnemen vereischt $0,8 \times 10^{-10}$. Tusschen twee botsingen H_2 mol. $1,1 \times 10^{-10}$. Dus opneming energie niet plotseling. Zou korter moeten duren dan tijd tusschen twee opnemingen of verliezen. — Verder, of resonator al of niet opneemt kan alleen van oogenblikkelijke trillingssterkte afhangen. Kan het nu niet gebeuren dat hij ermee begint maar dat niet genoeg golven volgen.

Hieraan niet teveel gewicht toekennen. Toch alles zeer duister. Eenig lichtpunt: P's hypothese der energieelementen. Gaat tot op zekere hoogte goed.

Wat nu verder te doen. Nieuwe bewegingswetten electronen (*niet* Hamilton). Zullen voor resonatoren $h\nu$ kunnen ophelderen en doen zien wat er bij vrije electronen voor in de plaats komt. De nieuwe wetten niet met één slag te vinden. Misschien het best dynamisch electronensysteem onafhankelijk v. straling verder te ontwikkelen (in aansluiting aan relativiteit).

Inmiddels zou het mooi zijn als P. phenomenologisch energiewisseling in alle gevallen nader kon beschrijven.

Translation

To Planck. Reply to 16 June and 10 July.^[1]

Opinions do not differ much.

I agree that one has to maintain M's equations^[2] as long as possible and spoke accordingly in the past of "verzweifelte" thought. Cannot work this out any further. Difficult in particular the transition to infinite ether. It is also unclear how in fact a degree of freedom in the parallelepiped^[3] must absorb a quantum, whereby one has some form of propagation.

So, until someone has a felicitous idea, we will look for h in the radiating particles. Then I also admit that we cannot speak of entropy of ether in itself and that its value is connected with the properties of matter.

Now the difficulties. Worst with free electrons, i.e., with electrons that do not permanently vibrate around an equilibrium position. Of course they are needed for conductivity in metals, so also active in absorption and emission of long waves. Not exactly necessary to assume sharply pointed zig-zag trajectories. Electron can indeed be absorbed by an atom (perhaps vibrate in it for some time), and then on to another atom. But conduction etc. must be connected with this moving on, so with a non-periodic motion and then this motion must also play a role in somewhat shorter waves where h has already influence. For non-periodic motions, however, no $h\nu$.

Do not want to claim that Jeans's state has to come about. Deviations from Hamilton's equations are certainly possible. But the hypothesis of energy-elements in its present form doesn't get us anywhere.

In connection with P's remarks. When one has only to do with resonators it doesn't matter whether one ascribes the "stubbornness" to these or to the ether. But it is different when one also admits free electrons. Likewise, the entropy of the ether may depend on a speck of coal, if its free electrons are connected with h as well.

Resonators. We demand that the distribution of energy over a set of resonators will be the same in equilibrium with matter as in equilibrium with ether. If one now assumes that exchange with matter only takes place in full quanta, one is not allowed to assume that exchange with ether goes gradually, nor, probably, that emission to ether goes in jumps and absorption gradually.

So also absorption of energy from ether in full quanta. How can that be. Suppose ν_0 of resonator such that $h\nu_0 = kT$. Resonator can absorb energy from interval $\Delta\nu$ of order of magnitude $\sigma\nu_0$. We don't know σ , but suppose

$\Delta\nu = \frac{1}{1000}\nu_0$. According to (233) the spatial density of energy is^[4]

$$\frac{8\pi h\nu_0^4}{1000(e-1)c^3};$$

quantum $h\nu_0$ is contained in approximately $70\lambda^3$. Resonator narrow and does not absorb everything. So many waves must hit it. — On can say that there are local accumulations. OK, but only if not quanta still concentrated. But in any case the resonator must deserve its name, so rather many waves.

Suppose, it gets energy-element from 1000 waves, $\lambda = 25\mu$. Needed time of absorption $0,8 \times 10^{-10}$. Between two collisions of H_2 mol. $1,1 \times 10^{-10}$. So absorption not sudden. Should last shorter than time between two absorptions or losses. — Further, whether resonator absorbs or not can only depend on instantaneous vibration-strength. Could it perhaps be that it starts but that not enough waves follow.

Don't put too much weight on this. Nevertheless everything very obscure. Only light-point: P's hypothesis of energy elements. Goes well up to a point.

What to do now. New laws of motion electrons (*not* Hamilton). Will be able to clarify $h\nu$ for resonators and show what replaces it for free electrons. The new laws not to be found in one swoop. Perhaps best to further develop the dynamical electron system independent of radiation (in connection with relativity).

In the meantime it would be nice if P. could further describe exchange of energy phenomenologically in all cases.

^[1]Letters 192 and 193.

^[2]Maxwell's equations.

^[3]The rectangular box of the model in Lorentz's Rome lecture (see Letter 173, note 6).

^[4]Eq. (233) in *Planck 1906* gives the spatial energy density $u(\nu)$ for radiation as a function of the frequency ν . The expression below is $u(\nu_0)d\nu_0$ for the chosen value of $d\nu_0$ and $h\nu_0 = kT$.

195. To Max Planck, 30 July 1909

Handwritten draft, presumably for the letter dated 30 July 1909, to which Planck refers in Letter 196. See also Letter 194 for another draft of presumably the same letter.

Aan Planck schrijven. Onze meeningen loopen eigenlijk niet ver uiteen. Dat men wanneer de aether de gewone eigenschappen behouden zal, in het geheel niet van eene entropie van een straling in den aether spreken kan, tenzij dat men aan een wisselwerking tusschen den aether en materie denkt, geef ik onmiddellijk toe, en eveneens geef ik gaarne toe dat pogingen om aan de eigenschappen van den aether te tornen, op de allergrootste moeilijkheid stuiten. Ik had daarvan dan ook alleen als van iets wanhopigs gesproken. Het eenige wat iemand er nog toe zou kunnen brengen, het toch in den aether te zoeken zou zijn de moeilijkheid die men op den anderen weg vindt, en deze moeilijkheid ligt vooral in de vrije electronen.

Men zou van die moeilijkheden geheel af zijn, wanneer men zich kon voorstellen dat electronen of een harmonische beweging hebben of in het geheel niet stralen. (Met vrije electronen bedoelde ik zulke, die zooals men het zich voor de me-

talen voorstelde, vrije wegen doorloopen en dan telkens als ze tegen een atoom of molekuul botsen een anderen weg inslaan.) Gij zult U herinneren hoe ik hiertoe gekomen was. H. en R. hadden aangetoond dat men van de absorptie der metalen rekenschap kon geven uit het gewone geleidingsvermogen,^[1] en voor dit laatste had Drude zijne bekende theorie ontwikkeld, volgens welke het geleidingsvermogen aan vrije electronen, in den bovengenoemden zin van het woord te wijten moest zijn;^[2] voor die theorie pleitte nu dat de wel bekende betrekking tusschen geleidingsvermogen voor electriciteit en voor warmte er uit volgt. Het lag dus voor de hand, met behulp van die vrije electronen ook een theorie der emissie te construeeren.

Translation

Write to Planck. Our views do not really differ much. I readily admit that, if the ether shall keep its usual properties, one cannot speak of an entropy of radiation in the ether at all, and I also readily admit that attempts to fiddle with the properties of the ether meet with the greatest difficulties. In fact, I had only spoken of that as something desperate. The only thing that could bring anyone to look for a solution in the ether anyway would be the difficulty one runs into on the other road, and that difficulty lies in particular in the free electrons.

One would be completely rid of those difficulties if one could imagine that electrons either have a harmonic motion or do not radiate at all. (With free electrons I meant those that, as one imagines it for metals, move along free trajectories and each time they collide with an atom or molecule take another path.) You will remember how I had come to this. H. and R. had shown that one could account for the absorption of metals from the normal conductivity^[1] and for the latter Drude had developed his well-known theory, according to which the conductivity would be due to free electrons, in the above sense of the word;^[2] if favor of that theory was that the well-known relation between electrical conductivity and heat conductivity follows from it. It was an obvious step to construct a theory of emission with the help of those free electrons.

^[1]Hagen and Rubens. See Letter 171 for their results.

^[2]See Letter 171, note 5, for Drude's theory.

196. From Max Planck, 17 November 1909

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 17. Novbr. 09.

Lieber Herr College!

Von ganzem Herzen danke ich Ihnen und Ihren werten Ihrigen für den freundlichen Ausdruck Ihrer Teilnahme an meiner Trauer. Es ist hart, das Liebste auf Erden so früh hergeben zu müssen, und doch muss ich dem Geschick dankbar sein, dass sie mir durch 22 schöne Jahre angehört hat, und dass sie in meinen Kindern fortlebt.^[1] Die Sorge um diese wird mich aufrecht halten und am Leben nicht verzagen lassen.

Ich schulde Ihnen immer noch den Dank für Ihren letzten mir so wertvollen Brief vom 30. Juli,^[2] den ich unter anderen Umständen schon beantwortet hätte, um so mehr, als ich Ihnen gerne eine etwas speziellere Formulierung meiner Anschauungen über die Strahlungsvorgänge vorgelegt hätte. Ich denke aber dies bald nachzuholen, sobald ich mich wieder etwas tiefer hineingearbeitet habe.^[3]

Mit herzlichen Grüßen, namentlich auch an Ihre verehrte Frau Gemahlin,
Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]Planck's wife Marie Merck (b. 1861), with whom he had been married since 1887, had died on 17 October 1909.

^[2]See Letters 194 and 195 for drafts of Lorentz's letter.

^[3]See Letter 197.

197. From Max Planck, 7 January 1910

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 7.I.10.

Lieber Herr College!

Immer noch schulde ich Ihnen den Dank für Ihren freundlichen Brief vom 30. Juli,^[1] in welchem Sie mir die einer Durchführung der Strahlungstheorie entgegenstehenden Schwierigkeiten so anschaulich schildern, dass ich vieles daraus gelernt habe. Wenn ich mich nun daran mache, Ihnen meinerseits die Gedanken mitzuteilen, die ich mir über diese Schwierigkeiten mache, so geschieht das nicht in dem Gefühl, dass ich im Stande wäre, diese Schwierigkeiten zu heben, sondern nur in der Absicht, eine Möglichkeit anzudeuten, wie man vielleicht einmal zu ihrer Beseitigung gelangen könnte. Die Sache liegt ja so wenig aussichtsvoll, dass man sich mit dem Schimmer einer Hoffnung für die Zukunft begnügen muss und froh sein darf, wenn man nicht *alle* Ausgänge fest verrammelt sieht.

Ich schicke Ihnen gleichzeitig den Entwurf zu einer kleinen Notiz, die ich in die Annalen der Physik zu setzen beabsichtige,^[2] in der ich mich über die einzelnen Punkte vorsichtiger äussere, als ich in diesem Brief tun möchte. Die Notiz soll hauptsächlich den Zweck dienen, der „Corpusculartheorie“ des Lichtes (im freien Aether!) entgegenzutreten, die ich, wie ja auch Sie, zur Zeit wenigstens für ganz unbegründet und unangebracht halte.

Mein Entwurf ist nur ein vorläufiger und schnell hingeschrieben, ich werde wohl noch Einiges daran ändern. Immerhin dachte ich ihn der Vollständigkeit halber Ihnen mitschicken zu sollen.

Nun zu den Elektronen, und zwar zunächst zu den „freien“ Elektronen. Merkwürdigerweise machen mir diese nun gerade am wenigsten Kopfzerbrechen, während umgekehrt Sie bei ihnen die bedenklichsten Schwierigkeiten finden. Wenn man nämlich, wie Sie es formuliren, unter „freien“ Elektronen solche versteht, „die nicht fortwährend um ein feste Gleichgewichtslage herumschwingen, sondern unter Umständen grössere Strecken durchlaufen können, indem sie entweder frei an einer gewissen Anzahl von Atomen vorbeigehen, oder jedenfalls von einem Atom zu einem benachbarten übergehen“, — dann, meine ich, kommt man notwendig zu der Folgerung, dass solche Electronen, *solange sie frei sind*, entweder sich gleichförmig und geradlinig oder doch mit ganz geringer Beschleunigung bewegen. Im letzten Falle ist ihre Bewegung entweder als quasistationär zu betrachten, also überhaupt nicht mit Strahlung verbunden, oder sie emittirt nur sehr langwellige Strahlen, für die ja gar keine Schwierigkeiten bestehen.

Die Schwierigkeiten beginnen erst, wenn ein Elektron eine grosse Beschleunigung erfährt, und das geschieht immer nur, wenn es nicht mehr als momentan frei betrachtet werden kann, sich also entweder im „Zusammenstoss“ mit einem Atom oder im dauernden Schwingungszustand um eine Gleichgewichtslage befindet. Einen derartigen Zusammenstoss darf man sich nun offenbar nicht wie den zweier elastischer Kugeln gegeneinander vorstellen, sondern man muss eher denken an den Schlag eines Hammers gegen eine Stimmgabel oder eine Claviersaite. Der Hammer ist das Elektron, die Stimmgabel das Atom (das natürlich auch gebundene Elektronen enthält). Unperiodisch ist der Vorgang allerdings insofern, als der Hammer mit einer bestimmten Geschwindigkeit anprallt, mit einer anderen bestimmten Geschwindigkeit zurückprallt, aber dennoch werden periodische Wellen emittirt, die durch die Natur der Stimmgabel bedingt sind. So entsteht aus dem unperiodischen Vorgang periodische Schwingungsenergie. Das soll natürlich nur ein Gleichnis sein.

Das Wesen der Sache ist, dass die Schwingungsenergie der „Resonatoren“ ganze Vielfache von $h\nu$ sein müssen. Wie ist das möglich? Ich denke mir die Resonatoren mit einer gewissen Reizschwelle begabt, so dass sie nur dann ansprechen, wenn sie von einer hinreichend grossen Energie von passender Frequenz angeregt werden.^[3]

Nun machen Sie dagegen das wichtige Bedenken geltend, dass dieses Minimum von Energie $h\nu$ im freien Aether einen Raum (beispielsweise 70 Kubikwellenlängen) einnimmt, der viel zu gross ist, als dass der Resonator auf diesen ganzen Raum gleichzeitig reagiren könnte. Aber Sie machen auch selber schon auf

den Ausweg aufmerksam, der dieses Bedenken heben kann. Die den Resonator erregende Energie der freien Strahlung ist nicht gleichmässig im Raum ausgebreitet, sondern im Gegenteil mit äusserst unregelmässiger Dichte, und nur die lokalen Anhäufungen kommen dem Resonator zu Gute. Diese lokalen Anhäufungen sind natürlich nur zufällige Resultate des Zusammentreffens der ungeheuer vielen kleinen von den einzelnen Resonatoren ausgehenden Kugelwellen, die untereinander vollständig incohärent sind. Ich denke mir also, dass ein Resonator durch eine *geeignete* Energiemenge von *geeigneter* Frequenz plötzlich zu Schwingungen ange regt wird, die dann vielleicht allmählig abklingen. Freilich sagen Sie mit vollem Recht, dass ein solcher Resonator sich seines Namens nicht mehr würdig zeigt, und dies hat mich bewogen, dem Resonator seinen Ehrennamen abzuerkennen und ihn allgemeiner „Oscillator“ zu nennen (wie auch in dem beigefügten Entwurf geschehen ist).

Von vorneherein kann man ja dem Oscillator beliebige Eigenschaften beilegen. Es fragt sich nur, ob dann auch die Beziehung zwischen der mittleren Energie eines solchen Oscillators und der mittleren Strahlungsintensität der entsprechenden Strahlung im freien Aether ebenso lautet wie bei einem stetig veränderlichen Resonator. Dies ist einstweilen eine Annahme, für die ich noch keinen Beweis erbringen kann. Sie scheint mir aber nicht ganz unhaltbar zu sein. Denn da der Oszillator nur auf die entsprechende Strahlung (von derselben Frequenz) ansprechen soll, so wird doch seine mittlere Energie proportional gedacht werden können der vorhandenen Strahlungsenergie gleicher Frequenz.

Die Unstetigkeit muss irgendwie einmal hineinkommen; sonst ist man rettungslos den Hamiltonschen Gleichungen und der Jeans'schen Theorie ausgeliefert. Also habe ich die Unstetigkeit verlegt an den Punkt, wo sie am wenigsten schaden kann, auf die Erregung der Oszillatoren. Das Abklingen kann dann stetig erfolgen, mit constanter Dämpfung.

Vielleicht gestattet Ihnen Ihre Zeit mir einmal gelegentlich ein Wort über Ihre Auffassung zu sagen. Für jedes wäre ich Ihnen dankbar.

Hoffentlich haben Sie mit den werten Ihrigen das neue Jahr gut angetreten. Mir ist immer noch trübe und einsam zu Mute,^[4] nur die Liebe meiner Kinder und die Arbeit vermag meinem Leben einen Inhalt zu geben. Aber ich gebe die Hoffnung auf eine lichtere Zukunft nicht auf. Ohne eine solche lohnte es sich ja überhaupt nicht den Kampf ums Dasein zu führen.

Mit herzlichem Grusse an Sie und Ihre verehrte Frau Gemahlin
Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]See Letters 194 and 195 for drafts.

^[2]Planck 1910.

^[3]See Letter 176 for an earlier exposition of this hypothesis.

^[4]See Letter 196, note 1.

198. From Arnold Sommerfeld, 9 January 1910

Handwritten letter. The year is inferred from the reference to the Naturforscherversammlung in Salzburg, which took place in 1909.

München 9. Januar.

Verehrter Herr College!

Arnold Lorenz Sommerfeld kann noch nicht schreiben; sonst würde er sich selbst für die reizenden Bilder des kleinen Däumlings bedanken. Aber er kann malen, hat diese Bilder schön kolorirt und sie als Wandfries zur Zierde des Kinderschlafzimmers angebracht. Er kann auch hämmern, hobeln, sägen, hat zu Weihnachten einen grossen Handwerkskasten bekommen und hält sich in allen befreundeten Familien das Recht aus, den Weihnachtsbaum zerkleinern zu dürfen. Er ist stämmig und gesund, ebenso wie seine Geschwister, und ist seinem gütigen fernen Namensvetter sehr zugetan.

Lieber Herr College, Sie sollten aber wirklich nicht so raumzeitlich weittragende Konsequenzen aus der indiskreten Mitteilung meiner Frau ziehen! Vgl. hierzu meine gleichlautende Bitte im vorigen und vorvorigen Jahre.^[1]

Ich bin jetzt auch zur Relativtheorie bekehrt; besonders die systematische Form und Auffassung Minkowski's hat mir das Verständnis erleichtert.^[2] Dagegen bin ich altmodisch genug, mich gegen die Lichtquanten in Einstein'scher Auffassung vorläufig zu wehren. Die Stark'schen Lichtquanten, gegen die ich kürzlich das Wort ergriffen habe,^[3] werden Sie wohl auch nicht goutiren. Einstein, der auf der Salzburger Naturforscher Versammlung dies Jahr zum ersten Mal sich blicken liess,^[4] ist ein ungemein sympathischer und bescheidener Mensch. Willy Wien hat sich kürzlich einer Blinddarm-Operation unterziehen müssen und ist vollständig wieder hergestellt.

In der Hoffnung, dass Sie im neuen Jahr in alter Frische tätig sein mögen und dass in Ihrer Familie alles gut gehe, bleibe ich mit herzlichen Grüßen von meiner Frau

verehrungsvollst

A. Sommerfeld.

Wir haben 100 holländische Tulpen von Crelage im Keller und lesen den neuesten van Eeden, die Nachtbraut,^[5] finden aber, dass die Tulpen eine schönere Erinnerung an Ihr schönes Land sind, wie die Nachtbraut.

^[1]See Letter 165.

^[2]See *Minkowski 1908* for his four-dimensional formulation of special relativity; see also *Sommerfeld 1910a, 1910b*, in which Minkowski's formulation is extensively used.

^[3]See *Sommerfeld 1909b*, which takes issue with Stark's conclusion in *Stark 1909* that the observed spatial asymmetry in the intensity of X-rays emitted by a carbon anti-cathode can only be explained with the help of a light-quantum hypothesis. See also Stark's rejoinder in *Stark 1910a*.

^[4]See *Einstein 1909b* for his paper at the Naturforscherversammlung in Salzburg in September 1909.

^[5]Frederik van Eeden (1860–1932) Dutch novelist and psychiatrist; the book is *Die Nachtbraut* (Berlin: Concordia, 1909), later reprinted as *Die Traumbraut*, a translation of *De nachtbruid: de gedenkschriften van Vico Muralto* (Amsterdam: Versluys, 1909).

199. From Woldemar Voigt, 20 March 1910

Handwritten letter.

Göttingen 20.3.10.

Verehrter Freund!

Mit grosser Freude höre ich von College Hilbert, dass wir Sie im Herbst auf längere Zeit hier haben werden.^[1] Das ist eine schöne und liebe Aussicht! Ich möchte Ihnen sogleich aussprechen, wie wertvoll mir und uns Allen Ihr Kommen ist, und daran die Bitte knüpfen, dass Sie diese Zeit hindurch bei mir wohnen möchten — hoffentlich von irgend Jemand der Ihrigen begleitet! Sie sollen bei uns volle Gelegenheit zu ruhiger Arbeit haben; wir sind zufrieden, wenn wir Sie bei den Mahlzeiten und in einigen Ruhestunden sehen.

Meine Kristallphysik ist nun glücklich im Manuscript fast fertig und der Druck ist bis nahe zur Hälfte vollendet.^[2] Bei der Last der Institutsarbeit habe ich das Werk nur mit grosser Anstrengung fördern können und bin jetzt gezwungen eine Ruhepause von 14 Tagen eintreten zu lassen. Ich gehe mit meiner Frau nach Frenzo am See von Como.

Allen den lieben Ihrigen sende ich herzliche Grüsse.

Treulich immer

Ihr W. Voigt.

^[1]From 24 to 29 October 1910 Lorentz gave a series of lectures in Göttingen, at the invitation of the commission of the Wolfskehlstiftung (the Wolfskehl lectures, in this case also known as the Lorentz Festwoche). The lectures were edited by Max Born (1882–1970; *Privatdozent* at the University of Göttingen) and printed as *Lorentz 1910g* (see *Born 1969*, pp. 72–73, and *Born 1978*, p. 146, for two slightly different accounts of Born's activities). See also Letter 200.

^[2]*Voigt 1910a*.

200. To Woldemar Voigt, 10 April 1910

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 10 April 1910.

Verehrter Freund,

Jetzt, da Sie wohl nach Göttingen zurückgekehrt sind, will ich nicht länger warten mit der Beantwortung Ihres letzten freundlichen Schreibens.^[1] Wie ich bereits im vergangenen Herbst, als er uns besuchte, College Hilbert mitgeteilt habe, werde ich gern die ehrenvolle Einladung, an Ihrer Universität eine Reihe von Vorlesungen zu halten annehmen. Zwar fühle ich lebhaft, wie schwierig es für mich sein wird, gerade in Göttingen, wo auf jedem Gebiete der Physik so intensiv und mit so schönem Erfolg gearbeitet wird, den Zuhörern etwas zu bieten, das die Mühe des Hörens lohnt, aber ich habe mir gesagt, dass man sich einer Aufgabe nicht entziehen darf, nur weil sie schwierig ist. Auch ermutigt mich das grosse Wohlwollen, das Sie und die anderen Fachgenossen mir immer gezeigt haben; wenn ich daran denke, so bin ich überzeugt, dass man mich mit Nachsicht beurteilen wird.

Und nun habe ich Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin herzlichst zu danken für Ihre freundliche Einladung, während meines Aufenthaltes in Göttingen bei Ihnen zu wohnen. Das werde ich recht gern tun, und freue ich mich ganz besonders darauf, bei dieser Gelegenheit manches mit Ihnen zu besprechen; aus dem Studierzimmer, das Sie mir so liebenswürdig zur Verfügung stellen, hoffe ich oft, wenn ich Sie nicht störe, zum Vorschein zu kommen.

Meine Frau meint, es sei besser — obgleich sie übrigens gern noch einmal nach Göttingen käme — dass sie dieses Mal zu Hause bliebe. Indes ist das noch nicht definitiv und haben wir noch Zeit uns zu beraten. Wünscht sie am Ende die Rolle von Begleiterin einer der Töchter zu überlassen, so wäre jetzt Hannie an die Reihe.^[2] Sie wird bald ihr 21. Jahr vollenden und es wäre sehr schön für sie, einmal etwas von einem anderen Lande zu sehen, wozu sie bis jetzt wenig Gelegenheit hatte. Ich möchte sie daher eventuell, wenn Sie es gestatten, gern mitbringen, in der Hoffnung, nicht zu viel von der Gastfreundschaft Ihres Hauses zu verlangen.

Was das Thema meiner Vorlesungen betrifft, so hat es mit der Wahl desselben wohl noch keine Eile, und wird diese warten können bis ich die definitive Einladung erhalten habe. Wenn wir so weit sind, so wird es mir sehr lieb sein wenn Sie mir raten wollen. Vorläufig denke ich an einen Überblick über die Entwicklung unserer Vorstellungen über den Äther.^[3]

Mit grossem Interesse vernahm ich aus Ihrem Briefe, dass wir bald Ihre Kristallphysik besitzen werden. Obgleich Sie den Stoff völlig beherrschen, kann ich mich doch denken, dass Sie dieses Werk nur mit grosser Anstrengung haben vollenden können, und dass Sie das Bedürfnis hatten, sich einige Zeit zu erholen. Möge das dieses Mal besser gelungen sein als voriges Jahr, als Sie nach Süd-Frankreich reisen wollten.^[4]

Von College Onnes kann ich Ihnen glücklicherweise gute Nachrichten geben. Seine Gesundheit hat den Winter hindurch kaum etwas zu wünschen übrig gelassen und die Helium-Arbeiten haben erfreulichen Fortgang. Es wird wohl bald möglich sein, das flüssige Helium als Kühlmittel anzuwenden.

Darf ich nun damit schliessen, dass ich Ihnen etwas von einer Angelegenheit, die mich persönlich betrifft, mitteile? Sie erinnern sich wohl der Teyler-Stiftung in Haarlem, in deren Hörsaal Sie damals Ihren Vortrag hielten?^[5] Diese Stiftung, die man, was ihre Zwecke betrifft, einigermaßen mit der Royal Institution vergleichen kann (freilich arbeitet sie in viel kleinerem Massstabe) besitzt ein kleines physikalisches Laboratorium, welches unter der Leitung eines Konservators steht. Diese Stelle musste neulich neu besetzt werden, und ich habe nun als „Curator“ des Laboratoriums die Leitung der physikalischen Abteilung der Stiftung übernommen, in dem Sinne jedoch, dass ich die tägliche Verwaltung einem Konservator überlassen kann.^[6] Als solcher ist Dr. Elias, der bei du Bois in Berlin gearbeitet hat gewählt;^[7] er wird nur die Verpflichtung haben, zunächst allein und später mit einem oder zwei Praktikanten im Laboratorium zu arbeiten, und ich werde regelmässig alles mit ihm besprechen. Das Laboratorium wird mit neuen Hilfsmitteln versehen und wird speziell für elektrische und optische Untersuchungen dienen; wir hoffen, dass es uns gelingen wird, etwas zu Stande zu bringen.

Vorläufig werde ich diese neuen Arbeiten mit meiner Professur verbinden, aber nach einigen Jahren, wahrscheinlich 1913, hoffe ich, dass diese letztere in der Weise geändert werden wird (dies konfidentiell), dass ich nur noch wenige Stunden zu lesen habe und in Haarlem wohnen kann.^[8] Ich hoffe dann in meinen weiteren Arbeitsjahren über etwas mehr freie Zeit verfügen zu können.

Entschuldigen Sie, bitte, die lange Auseinandersetzung, zu der ich mich verführen liess, weil Sie sich immer so freundlich für alles, was uns betrifft, interessieren.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 199, in which Voigt mentions a planned trip to Italy.

^[2]The elder daughter Berta had accompanied Lorentz to New York in 1906 (see Letter 138, note 16). Eventually Johanna (Hannie) did not come along (see Letter 212).

^[3]The topic changed (see Letter 207).

^[4]Cf. Letter 197.

^[5]Perhaps during his visit in March 1909 (see Letter 181).

^[6]On December 10, 1909, Lorentz had been appointed *Curator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation at Haarlem; the appointment went into effect on January 8, 1910.

^[7]Gerhard Joan Elias (1879–1951) would later (1916) become professor at the Technical University of Delft. The Dutchman Henri Eduard Johan Godfried du Bois (1863–1918) had been Professor of Applied Physics at the University of Berlin since 1876 (with an interruption from 1901 to 1904, when he held a chair in Utrecht). He died a few months after his return to a professorship in Utrecht.

^[8]Lorentz moved to Haarlem in the summer of 1912.

201. From Wilhelm Wien, 24 April 1910

Handwritten letter.

Würzburg, den 24/4/10

Lieber Herr Kollege!

Die Aussicht Sie auf dem Brüsseler Congress sehen und sprechen zu können hat mich besonders veranlasst den Plan zu fassen ebenfalls dorthin zu gehen obgleich es mir wegen der Naturforscherversammlung sehr schlecht passt.^[1] Wollen Sie mir vielleicht mittheilen wann Sie nach Brüssel kommen und wo Sie dort wohnen werden.

Mit grossem Interesse habe ich Ihren Vortrag über Strahlung gelesen^[2]. Mit den Energieelementen ist es in der That eine missliche Sache und es wäre jedenfalls am besten wenn wir sie wieder los werden könnten. Vielleicht ist doch noch eine statistische Behandlung der Strahlung auf anderer Grundlage möglich. Sehr freue ich mich mit Ihnen über diese Fragen sprechen zu können.

Mit besten Grüssen

Ihr

W. Wien

^[1]The 82nd Naturforscherversammlung was held in Königsberg from 18 to 24 September 1910.

^[2]*Lorentz, 1910c*, the translation of a lecture of 17 April 1909 at the 12th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres in Utrecht.

202. To Wilhelm Wien, 10 May 1910

Handwritten letter (private collection).

Leiden, 10 Mai 1910.

Lieber Herr Kollege,

Es ist sehr freundlich von Ihnen, dass Sie daran denken, wie wir uns auf dem Brüsseler Congress würden sehen und sprechen können,^[1] und auch mir wäre das sehr lieb, da ich vielen Wert darauf legen würde, mich über verschiedene Fragen mit Ihnen zu unterhalten. Leider habe ich noch gar nicht den festen Plan nach Brüssel zu gehen, und ist es ganz gut möglich, dass ich gar nicht dort kommen werde. Ich muss nämlich wieder sehr spärlich mit meiner Zeit sein und zwar aus verschiedenen Gründen, von welchen ich hier nur zwei anführen will.

Erstens werde ich in der nächsten Zeit viel zu tun haben für die Teyler'sche Stiftung in Haarlem, von der Sie vielleicht wohl einmal gehört haben. Diese Stiftung, die man einigermassen (obgleich sie in viel bescheidenerem Massstab wirkt) mit der Royal Institution vergleichen kann, besitzt ein kleines physikali-

ches Institut, das jetzt neu eingerichtet werden soll und insbesondere für elektrische und optische Untersuchungen bestimmt wird. Man hat mich zum „Curator“ der Stiftung ernannt und es ist mir die Leitung des Ganzen (nämlich was die Physik betrifft) anvertraut worden.^[2] Ein junger Physiker, Dr. G.J. Elias, der in den letzten Jahren bei du Bois in Berlin gearbeitet hat, ist zum Konservator des Laboratoriums ernannt worden. Ihm werde ich die täglichen Arbeiten überlassen können; wir werden aber regelmässig zusammen besprechen was gemacht werden kann, und ich hoffe, dass es uns gelingen wird, in dieser Weise etwas Nützlichendes zu Stande zu bringen. Vorläufig bringt dies wenig Änderung in meinen Verhältnissen da ich hier ebenso wie bis jetzt arbeiten und wohnen werde; in den nächsten Jahren wird Haarlem Nebensache für mich sein. Später aber gedenke ich dorthin überzusiedeln und nur noch eine kleine Anzahl von Vorlesungen an der Universität zu halten; ich werde dann mehr Zeit als jetzt für wissenschaftliche Arbeit haben.

Entschuldigen Sie bitte, dass ich Ihnen das Alles so ausführlich mitteile; ich liess mich dazu verführen, weil Sie mir immer so viel Interesse gezeigt haben. Bevor ich nun von meinem „zweiten“ Grund spreche, muss ich Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin unsere herzlichsten Glückwünsche zu der Geburt Ihres Töchterleins^[3] aussprechen; ich erhalte nämlich die Anzeige davon eben in diesem Augenblick während ich Ihnen schreibe. Möge Ihr Mädchen gesund und kräftig erwachsen und Ihnen beiden zu grosser Freude sein und möge Ihre Frau recht bald und glücklich genesen, sodass sie sich des neuen Glücks vollauf freuen kann. Es wird uns sehr freuen, noch einmal zu hören, ob alles nach Wunsch geht und, bitte, fügen Sie dann auch hinzu, ob Ihre anderen Kinder gut gesund sind.^[4] Die beiden ältesten gehen wohl schon in die Schule.

Was ich Ihnen nun weiter noch von mir selbst zu sagen habe, ist, dass ich versprochen habe, in der Woche vom 24. bis 29. Oktober in Göttingen eine Reihe von Vorträgen zu halten (auf Einladung der Wolfskehl-Stiftung).^[5] Auch die Vorbereitung dazu wird viel Zeit in Anspruch nehmen und wahrscheinlich ein Grund für mich sein, im September ruhig zu Hause zu bleiben.

Mit freundlichen Grüssen und den besten Wünschen für Mutter und Tochter
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 201.

^[2]See also Letter 200, note 5.

^[3]Hildegard Wien.

^[4]The other children were Gerda and Karl.

^[5]See Letter 199, note 1.

203. From Wilhelm Wien, 18 May 1910

Handwritten letter.

Würzburg 18/5/10

Lieber Herr Kollege!

Ich danke Ihnen herzlich für Ihre Glückwünsche und Ihre theilnehmenden Fragen.^[1] Meiner Frau und dem Kinde geht es sehr gut, meine Frau ist bereits wieder aufgestanden. Die andern Kinder sind mit meiner Mutter in Mittenwald damit meine Frau mehr Ruhe hat. Auch ist es für sie immer sehr gut wenn sie sich in dem gesunden Gebirgsklima aufhalten. Die älteste ist nun 6 Jahre und wird im Herbst anfangen Schulunterricht zu nehmen. Der Junge ist $3\frac{1}{2}$ und ist ziemlich wild und ausgelassen. Jetzt fehlen mir die Kinder sehr und ich muss nun mehrere Monate warten bis ich sie wiedersehe.

Was Sie über Ihre eignen Zukunftspläne schreiben hat mich natürlich sehr interessirt, namentlich dass Sie später nach Haarlem übersiedeln wollen. Wenn Sie dann mehr Zeit für Ihre wissenschaftlichen Arbeiten haben ist dieser Plan gewiss sehr zu begrüßen. Auch dass Sie in Göttingen Vorträge halten wollen freut mich sehr. Man wird wieder allerlei Interessantes hören und lernen. Sehr bedauere ich nur die Unwahrscheinlichkeit dass ich Sie in Brüssel sehen werde. Es ist mir dadurch zweifelhaft geworden ob ich selbst hingehen werde. Vielleicht besuche ich Sie ein anderes Mal von Aachen aus.

Wissenschaftlich bin ich immer noch von experimentellen Arbeiten über positive Strahlen in Anspruch genommen,^[2] da das Gebiet ziemlich complizirt geworden ist und ich erst gewisse Uebersicht über die Thatsachen gewinnen wollte. Mich interessirt besonders die Aussicht etwas auf diesem Wege über den Mechanismus der Lichtemission zu erfahren. Denn die Prozesse sind offenbar sehr elementarer Art und es kann kaum zweifelhaft sein dass der Mechanismus der Zusammenstöße der Kanalstrahlen mit ruhenden Molekülen mit dem Mechanismus der Lichterzeugung eng zusammenhängt.^[3] Ich hoffe bald die weiteren Einzeluntersuchungen meinen Schülern überlassen zu können und selbst wieder etwas mehr Theorie treiben zu können.

Vielleicht macht es sich doch noch dass wir uns in diesem Herbst sehen. Darüber würde ich besonders erfreut sein.

Indem ich Sie bitte mich den Ihrigen bestens zu empfehlen
verbleibe ich Ihr ganz ergebener

W. Wien

^[1]See Letter 202.

^[2]See Letter 158, note 2.

^[3]This hypothesis is worked out in *Wien 1909c*.

204. From Johannes Stark, 29 May 1910

Handwritten letter in German script. Letterhead of the Physikalisches Institut der Königlichen Technischen Hochschule, Aachen.

Aachen, den 29. Mai 1910

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Ihren kürzlich in der Physik. Zeitschr. veröffentlichten Vortrag über Lichtquanten^[1] habe ich mit grossem Interesse gelesen. Wie mir scheint, neigen Sie der Ansicht zu, dass die Emission und Absorption von Lichtenergie durch einzelne Resonatoren quantenhaft erfolgt. Auch scheinen Sie es für möglich zu halten, dass die Lichtenergie ausserhalb des Resonatorfeldes bei der Fortpflanzung konzentriert bleibt, also nicht in den räumlichen Winkel 4π divergiert; indes kommen Sie zu der Schlussfolgerung, dass das einzelne Lichtquantum in der Richtung seiner Fortpflanzung und senkrecht dazu eine Ausdehnung besitzt, welche sehr gross ist relativ zu seiner Wellenlänge.^[2] Diese Schlussfolgerung basieren Sie auf die Voraussetzung, dass die Lichtquanten gleicher Frequenz, welche derselben Lichtquelle entstammen, unabhängig von einander sind, keine Aggregate von geordneten Eigenschaften bilden können, dass man geometrische Qualitäten eines Bündels von Lichtenergie mit den geometrischen Qualitäten der von einem einzelnen Resonator emittierten Lichtenergie identifizieren darf. Einen Beweis für die Richtigkeit oder Wahrscheinlichkeit dieser Voraussetzung geben Sie in Ihrem Vortrag nicht. Er mag nahe liegen und es sich darum erübrigen dass man diesen Punkt ausführlich bespricht, und es mag meine Schuld sein, dass er mir nicht bekannt ist. Ich möchte Sie darum bitten mir gütigst mitteilen zu wollen, durch welche That-sachen jene wichtige Voraussetzung sicher begründet ist.

Da die Energie des elektromagnetischen Feldes eines Lichtquantums von Seite eines Resonators ponderomotorische Kräfte erfährt, so steht nach meinem Dafürhalten der Annahme nichts im Wege, dass auch die Energien der elektromagnetischen Felder zweier oder mehrerer Lichtquanten ponderomotorische Kräfte auf einander ausüben. Nach meiner Ansicht können darum Lichtquanten sich zu Aggregaten zusammenordnen, welche in und senkrecht zu ihrer Fortpflanzungsrichtung auf einer Strecke regelmässige geometrische Eigenschaften besitzen, welche gross ist relativ zu der räumlichen Periode in dem Aggregat. Ich stelle mir diese Erscheinung analog der Erscheinung vor, dass die Atome eines chemischen Elementes sich dank ihren wechselseitigen Kräften zu geometrisch regelmässigen kleinen Aggregaten (Kristallen) zusammenordnen, deren Volumen gross ist relativ zu dem Volumen des einzelnen Atoms; die kleinen geordneten Aggregate können, wie es bei vielen festen Metallen der Fall ist, ungeordnet zusammengelagert sein. Aus Lichtquanten-Aggregaten, die in sich geordnet, relativ zu einander ungeordnet sind, setzt sich nach meinem Dafürhalten natürliches Licht zusammen. Auf diese geordneten Lichtquantenaggregate beziehen sich unsere bisherigen optischen Beobachtungen (dioptrische und Interferenzphänomene); die Identifikation der geometrischen Qualitäten der Aggregate mit denjenigen der Lichtquanten ist

ebenso unstatthaft, wie es die Identifikation der geometrischen Qualitäten eines Kristalles mit denjenigen seiner Atome wäre.

Ich wäre Ihnen nun sehr zu Dank verbunden, wenn Sie, sehr geehrter Herr Professor, mich auf die Thatsachen aufmerksam machen würden, welche den vorstehenden Ansichten widersprechen. Es dürften das dieselben Thatsachen sein, welche die von Ihnen gemachte Voraussetzung begründen, dass die von derselben Lichtquelle emittierten Lichtquanten nicht in eine räumlich geordnete Relation zu einander treten können in Aggregaten, welche mehrere Lichtquanten umfassen.

Mit vorzüglicher Hochachtung und ergebenem Gruss

J. Stark.

^[1]Lorentz 1909c.

^[2]See also the discussion of this point in Letter 189.

205. To Johannes Stark, 28 June 1910

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 28 Juni 1910.

Sehr geehrter Herr College,

Auf Ihr Schreiben vom 29 d.v.M.^[1] möchte ich Folgendes antworten.

1. Als ich meinen Vortrag hielt, wollte ich es dahingestellt sein lassen, inwiefern es zulässig sei, anzunehmen, dass die Emission und Absorption nach Quanten erfolgen, und dass jedes dieser letzteren sich nur nach einer bestimmten Seite hin fortpflanzt. Ich beschränkte mich darauf, aus bekannten Tatsachen zu folgern, dass jedes einzelne Quantum eine ziemlich grosse Ausdehnung haben muss, und dass infolgedessen in manchen Fällen eine weitgehende Zersplitterung der Quanten stattfinden muss. Dabei betrachtete ich die Quanten als völlig unabhängig von einander.

Sie führen jetzt die neue Hypothese ein, dass die Quanten sich zu grösseren Aggregaten zusammenfügen. Schliesst man sich dieser Ansicht an, so werden natürlich meine Schlüsse hinfällig. Was ich von den Quanten und deren Zersplitterung gesagt habe, gilt dann nur von den Aggregaten.

2. Indes führt Ihre Auffassung, wie mir scheint, zu nicht unerheblichen Schwierigkeiten.

Man kann sich zweierlei vorstellen: entweder, die Bildung der Aggregate erfolgt erst nachdem die Quanten die Lichtquelle verlassen haben, oder es gehen von dieser bereits fertige Aggregate aus.

Sie scheinen der ersten Ansicht zuzuneigen, indem Sie sagen: „Da die Energie des elektromagnetischen Feldes eines Lichtquantums von Seite eines Resonators ponderomotorische Kräfte erfährt, so steht ... der Annahme nichts im Wege, dass

auch die Energien der elektromagnetischen Felder zweier oder mehrerer Lichtquanten ponderomotorische Kräfte auf einander ausüben.“

Ich bemerke hierzu, dass die Elektrizitätstheorie *in ihrer gewöhnlichen Form* (Maxwell'sche Gleichungen) „ponderomotorische Kräfte“, die nicht auf ponderable Materie, sondern auf Gleichgewichtsstörungen im Äther wirken würden, gar nicht kennt, und keineswegs verlangt, dass zwei lokal begrenzte Gleichgewichtsstörungen sich einander nähern und sich in bestimmter Weise zusammenfügen müssen. Sie brauchen jedoch auf diese Bemerkung nur wenig Gewicht zu legen, da man eben, wenn man einmal mit Lichtquanten operiert, die unbeschränkte Gültigkeit der Maxwell'schen Gleichungen fallen lassen muss.

3. Mehr Bedeutung hat vielleicht folgende Bemerkung. Sie werden gewiss annehmen, dass die von Ihnen vorausgesetzten „ponderomotorischen“ Wirkungen zwischen den Quanten durch den Äther vermittelt werden. Das involviert aber, dass das eine Quantum in seiner Umgebung irgend eine Zustandsänderung des Äthers hervorruft, die sich bis zu dem anderen Quantum erstreckt. Wenn wir den ganzen Raum, in welchem das Gleichgewicht des Äthers gestört ist, zu dem Quantum rechnen, so müssen wir also sagen, dass zwei Quanten nur wenn sie sich durchdringen, oder wenigstens berühren, einen Einfluss aufeinander haben können.

4. Sie werden wahrscheinlich annehmen müssen, dass ein regelmässig gebautes Aggregat nur aus Quanten mit (genau oder nahezu) gleicher Frequenz zusammengesetzt werden kann. Ein Quantum muss also, was die Frage der Vereinigung mit anderen betrifft, ziemlich „wählerisch“ sein, und das kann es nur sein, wenn die durch die Frequenz bestimmten Eigenschaften stark in ihm ausgeprägt sind. Ich kann mir dieses nur denken, wenn in dem einzelnen Quantum sehr viele Wellen regelmässig aufeinander folgen, was wieder eine gewisse Ausdehnung desselben (sei es auch eine viel kleinere als die früher von mir berechnete) erfordert.

Überhaupt wäre es gut, wenn die Anhänger der Quantenhypothese dazu gelangen könnten, sich von der räumlichen Ausdehnung eines Quantums eine einigermaßen bestimmte Vorstellung zu bilden. *Einige* Ausdehnung muss es jedenfalls haben, weil sonst die Wellenlänge kein Merkmal eines Quantums sein könnte.

5. Denken wir uns ein innerlich gut zusammenhängendes Aggregat von gleichen Quanten, ein Aggregat, das sowohl seitlich wie auch in der Fortpflanzungsrichtung eine ziemlich grosse Ausdehnung besitzt, und also scharfe Bilder, sowie scharfe Interferenzstreifen bei hohen Gangunterschieden liefern kann; es sei V das Volumen dieses Aggregates. Lassen wir es auf eine planparallele Glasplatte fallen, die, sagen wir, den 10. Teil des Lichtes reflektiert. Wir wollen annehmen, dass das Aggregat auch nach der Reflexion seine ursprüngliche Fähigkeit, scharfe Bilder und Interferenzen zu geben, behalten hat;* dann muss es also auch die gleiche Ausdehnung V besitzen. Die Lichtschwächung besteht nun nach der Quantenhypothese darin, dass neun Zehntel der Quanten in dem reflektierten Aggregat fehlen, sodass in demselben zahlreiche Lücken bestehen. In einer Theorie, welche „ponderomotorische“ Wirkungen zwischen den Quanten annimmt, entsteht nun die Frage, wie es zu verstehen sei, dass ungeachtet jener Lücken, das Volumen V

*Sie können natürlich einwenden, dass dies bis jetzt nicht experimentell bewiesen ist.

bleibt, und nicht etwa die übriggebliebenen Quanten so weit zusammenrücken, dass sie in einem Volumen $0,1V$ in derselben Weise an einander geschlossen sind, wie ursprünglich die Quanten in dem Volumen V .

6. Bis jetzt nahm ich an, dass die Quanten sich zu Aggregaten vereinigen nachdem sie die Lichtquelle verlassen haben. Wollte man sich vorstellen, dass von der Quelle fertige Aggregate emittiert werden, so käme man, wie mir scheint, in Widerspruch mit der Planck'schen Theorie der Wärmestrahlung, in welcher die Annahme wesentlich ist, dass die Emission der einzelnen Quanten völlig regellos stattfindet, sodass die Betrachtungsweisen der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Anwendung kommen können. Man kann auch sagen: wenn von der Quelle nicht vereinzelte Quanten, sondern bestimmte Aggregate ausgingen, so wären eben diese letzteren mit dem Planck'schen Energieelement zu identifizieren.

7. Im Anschluss an das unter 5 Gesagte möchte ich noch bemerken, dass die Spaltung eines Lichtbündels an der Grenzfläche zweier durchsichtiger Medien sich mit der Unteilbarkeit der Quanten vereinigen lässt, indem man annimmt, dass einige Quanten die Fläche passieren, und andere zurückgeworfen werden. Ich sehe aber gar nicht ein, wie man, wenn man an die Unteilbarkeit festhält, von den Interferenzerscheinungen bei dünnen Platten Rechenschaft geben soll. In einem einzelnen Quantum könnte gar keine Interferenz stattfinden, da es nur als Ganzes reflektiert oder durchgelassen werden könnte. Wie müsste man nun aber erklären, dass das Verhältnis zwischen den Intensitäten des reflektierten und des durchgelassenen Lichtes, d.h. das Verhältnis zwischen der Anzahl der zurückgeworfenen und der Anzahl der hindurchgegangenen Quanten in der bekannten Weise von der Dicke der Schicht abhängt?

Ich denke, Sie werden mir zugeben, dass man auf grosse Schwierigkeiten stösst wenn man bei Annahme unteilbarer Quanten die Entstehung der Newton'schen Ringe zu erklären versucht.

Ich werde Ihnen zu vielem Dank verpflichtet sein, wenn Sie mir Ihre Meinung über die vorstehenden Betrachtungen mitteilen wollen. Natürlich will ich mit denselben nicht sagen, dass ich die Schwierigkeiten, welche der üblichen Auffassung (der nicht quantenhaften Ausbreitung) im Wege stehen, nicht anerkenne.

— — — —

Wir hoffen herzlich, dass es Ihnen und den Ihrigen in dem neuen Wohnorte und dem neuen Wirkungskreise nach Wunsch geht.^[2] Dass Ihre Arbeitskraft in Aachen ebenso gross ist wie früher in Hannover, davon zeugen die zahlreichen wichtigen Arbeiten, die Sie mir im Laufe des letzten Jahres zukommen liessen, und für welche ich meinen besten Dank ausspreche.

Mit freundlichen Grüssen von Haus zu Haus
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Nachtrag zu 7. Ein Lichtbündel werde an einer Grenzfläche in zwei Bündel A und B zerlegt, und es werden diese beiden, wie es oft vorkommt, später zur Interferenz gebracht. Sind die Quanten unteilbar, so erhalten A und B *verschiedene* Quanten. Es muss also möglich sein, dass zwei verschiedene Quanten mit einander interfe-

rieren und sich dabei verstärken oder schwächen (Schwierigkeit wegen der Erhaltung der Energie!). Dem gegenüber kann man die Annahme, dass ein Quantum fortwährend seine Individualität behält, schwerlich aufrecht erhalten.

^[1]Letter 204.

^[2]In 1909 Stark had been appointed Professor of Physics at the Technische Hochschule in Aachen.

206. From Johannes Stark, 4 August 1910

Handwritten letter.

Ostseebad Lubmin, 4.VIII.10.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Ich danke Ihnen verbindlich für Ihren freundlichen Brief vom 28.VI.^[1] und bitte Sie gütigst entschuldigen zu wollen, dass ich erst heute ihn beantworte. Dies geschieht aus zwei Gründen. Erstens hatte ich im Juli vor meiner Abreise dringende amtliche Arbeiten zu erledigen, zweitens wollte ich das Eintreffen der Korrektur einer Abhandlung abwarten, welche ich der Wiener Akademie vorlegen liess.^[2] Von dieser wollte ich Ihnen zur ausführlichen Begründung meiner nachstehenden Darlegungen ein Exemplar übersenden. Nun ist die Korrektur zwar eingetroffen, aber leider nur in einem Exemplar; dieses musste ich sofort wieder an die Druckerei zurückgehen lassen.

Die Abhandlung stellt ausschliesslich eine experimentelle Untersuchung dar, ich enthalte mich in ihr jeder theoretischer Schlussfolgerung über die Lichtquanten. Ihr wesentlicher Inhalt ist folgender: In den 15 ersten Ordnungen eines Glasgitters werden an den drei Hg-Linien $\lambda 4359$, $\lambda 4047$, $\lambda 3663$ die Intensitäten auf photographischem Wege unter Benutzung des Schwärzungsgesetzes für Normalexposition gemessen und zwar einmal an der positiven Säule des Lichtbogens von 3,5 Amp Stärke, das andre Mal an der positiven Säule des Glimmstromes von $9 \cdot 10^{-6}$ Amp. Gebildet wird dann für die verschiedenen Interferenzordnungen einer

Linie das Verhältnis $\frac{\text{Intensität i. Lichtbogen}}{\text{Intensität i. Glimmstrom}}$. Wie Sie aus der beiliegenden

Kurve^[3] ersehen ist dieses Verhältnis eine Funktion der Ordnungszahl; „es geht in die höheren Ordnungen relativ zu den niederen Ordnungen um so weniger Lichtenergie, je kleiner die Zahl der Emissionszentren ist.“

Eine analoge Untersuchung über die relative Interferenzfähigkeit zweier homogener Lichtarten von verschiedenem Ursprung (grosse und kleine Stromdichte) soll an den Newton'schen Interferenzstreifen einer keilförmigen Schicht ausgeführt werden. Ferner soll mit Hilfe des bereits benützten Gitters der Einfluss der Reflexion und Brechung, der Absorption, der Doppelbrechung und der Ausbreitung auf die relative Interferenzfähigkeit homogenen Lichtes untersucht werden.

Die Vorbereitungen hierzu waren bereits längere Zeit vor meiner Abreise fertig. Aus Zeitmangel und Ermüdung gelangte ich indes nicht mehr zur Ausführung der Beobachtungen selbst.

Ich schicke diese Mitteilungen voran, um zu zeigen, dass für mich die Konstitution des Lichtes in erster Linie ein experimentelles Problem ist. Und ich möchte hieran die Bemerkung schliessen, dass ich meinen Ansichten über die Lichtquanten zunächst lediglich heuristischen Wert beimesse.

Was Ihre mir wertvollen Bemerkungen über die Schwierigkeiten betrifft, welchen diese Ansichten begegnet, so möchte ich mir folgende Meinungsäußerung dazu gestatten.

ad 2. Es scheint mir mehr eine Definition der „ponderomotorischen“ Kraft zu sein als eine erschöpfende Darstellung der Erfahrung, wenn als Angriffsort der Kraft die ponderable Materie festgesetzt wird. Definitionen sind natürlich nicht falsch, beweisen aber auch nichts gegen die Realität eines Phänomens, das nicht in die Definition aufgenommen wurde. Dass die Definition der ponderomotorischen Wirkung in der üblichen Theorie so eng gefasst wurde, scheint mir der Grund dafür zu sein, dass der Theorie die Kräfte auf den Äther und dessen Bewegung so viel Schwierigkeiten machten. Soll das Prinzip von actio und reactio gewahrt bleiben, so ist es unabweisbar, auf die elektromagnetische Strahlungsenergie eine Kraft während der Emission und Absorption zuzulassen.^[4]

Also in Summa: so sehr ich eine bewährte und gut durchgearbeitete Theorie schätze, so wenig lasse ich mich durch ihre Tintenstriche abhalten, neue Gesichtspunkte experimentell zu prüfen.

ad 3. In der That bin ich der Ansicht, dass Lichtquanten sich berühren oder bis zu einem gewissen Grad wechselseitig durchdringen müssen, wenn sie eine ponderomotorische Wirkung auf einander ausüben sollen.

ad 4. Nach meinem Dafürhalten können Lichtquanten dann eine maximale ponderomotorische Wirkung auf einander ausüben, wenn ihre Frequenzen gleich sind. Dass für diese weiter eine räumliche Periodizität von beträchtlicher Periodenzahl eine notwendige Voraussetzung ist, vermag ich nicht einzusehen. Und falls die Lichtenergie wirklich quantenhafte Konstitution besitzt, so muss es dem Experiment vorbehalten bleiben Aufschluss über die räumliche Ausdehnung der Lichtquanten zu liefern.

ad 5. Wie das Licht hinsichtlich seiner Interferenzfähigkeit durch die Reflexion verändert wird, muss, wie Sie selbst bemerken, durch entsprechende Beobachtungen erst ermittelt werden, nachdem über die Richtigkeit der bisherigen dogmatischen Ansichten über das Licht einmal Zweifel laut geworden sind. Man muss wohl erst das Resultat dieser Beobachtungen abwarten, ehe man den Versuch macht, die Wirkung der ponderomotorischen Kräfte zwischen den Lichtquanten theoretisch zu verfolgen.

ad 6. Die Bildung von geordneten Lichtaggregaten aus Lichtquanten liesse sich zwar nicht mit den Überlegungen vereinigen, welche Planck seiner Ableitung des Verteilungsgesetzes zu Grunde legt. Aber dieses kann wohl der Wirklichkeit entsprechen, ohne dass jedes Detail der Planck'schen Überlegungen richtig ist. So lässt sich die Verteilung der Strahlungsenergie auf die möglichen Frequenzen

wohl ohne die spezielle Hypothese gewinnen, dass die emittierenden und absorbierenden Resonatoren völlig unabhängig von einander sind.

ad 7. Nach meiner Ansicht kann ein Lichtquantum in der That nicht mit sich selbst interferieren. Lässt man einmal die Hypothese der Lichtquanten und einer ponderomotorischen Wirkung zwischen ihnen als diskutabel zu, dann darf man die Konsequenzen aus ihr nicht mit dem Raisonement der bisher gewohnten optischen Dogmatik ziehen. Interferenz von zwei Lichtaggregaten gleicher Ordnung heisst darum nicht Superposition (Auslöschung u. Verstärkung) in dem gewöhnlichen Sinne, sondern an einem Beobachtungsort in einer Strahlenrichtung tritt deswegen eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Quantenzahl auf, weil infolge der wechselseitigen ponderomotorischen Wirkung der Quanten an dem Ort der Teilung der Aggregate in die betreffende Richtung eine grössere oder kleinere Quantenzahl geleitet wird. Von einer Verletzung des Energieprinzips kann bei dieser wohl allein sachgemässen Vorstellung nicht die Rede sein. Irrtümlich und unglücklich in dieser Hinsicht ist vielmehr die übliche Vorstellung, dass an einem Interferenzorte zwei Lichtbündel sich gegenseitig auslöschen. Sie schliesst die Annahme ein, dass die zwei Bündel wirklich an dem betreffenden Ort existieren und mit Recht kann man dann nach dem Verbleib ihrer Energie fragen. Es scheint mir, dass man das Interferenzphänomen nicht immer wieder gegen die Lichtquantenhypothese ins Feld führen würde, wenn man bei seiner Analyse von der üblichen formal-mathematischen Art der Superposition vektorieller Zustände in einem Medium sich emanzipieren und in erster Linie immer an die Energie in den Lichtbündeln denken würde.

Wie Sie sehen, sehr geehrter Herr Professor Lorentz, vermag ich mich Ihren Bedenken gegen die Lichtquantenhypothese nicht anzuschliessen. Nun haben mich Ihre Einwände gewiss nicht bestärkt, eigensinnig an meinen so sehr der weiteren Ausgestaltung und Begründung bedürftigen Ansichten über die Konstitution des Lichtes festzuhalten, wohl aber sind sie mir ein Impuls die geplanten experimentellen Untersuchungen gleich nach meiner Rückkehr von meiner Reise durchzuführen.

Ich danke Ihnen noch herzlich für Ihr freundliches persönliches Interesse. Ich bin mit meiner Stellung in Aachen zufrieden. Sie hat meiner Sehnsucht nach einem eigenen Institut Erfüllung gebracht. Wenn nun auch die Stadt Aachen selbst als Grosse Stadt nicht unserem Ideal — uns schwebt die kleine Universitätsstadt vor — entspricht, so fühlen wir uns dort doch wohl. Meiner Familie, die sich voriges Jahr um einen kleinen Jungen vermehrt hat, geht es gut. Meine Frau und ich denken öfter an den Aufenthalt bei uns, mit dem uns Herr und Frau Lorentz in Hannover erfreut haben.^[5] Wir wünschen, dass es Ihnen, Ihrer Frau Gemahlin und Ihrer Familie recht gut gehen möge.

Mit freundlichem Gruss von Haus zu Haus
Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 205.

^[2]Stark 1910b.

^[3]This graph is missing.

^[4]See Letter 82, note 2, for more on the principle of action and reaction in Lorentz's theory.

^[5]Lorentz and his wife had visited Stark in Hannover in May 1907 (see Letter 152).

207. To Woldemar Voigt, 6 October 1910

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 6 October 1910.

Verehrter Freund,

Haben Sie besten Dank für die freundliche Zusendung Ihrer Kristallphysik,^[1] und gestatten Sie mir herzlichste Glückwünsche zu der Vollendung dieses grossen Werkes auszusprechen. Ich bewundere die Arbeitskraft und die Ausdauer, die nötig sein mussten um das fertig zu bringen und freue mich in hohem Maasse darüber, dass Sie uns diese zusammenfassende Bearbeitung eines Gebietes, das Keiner so gründlich kennt wie Sie, geschenkt haben.

Selbstverständlich werde ich viel in dem Buch lesen und viel daraus lernen. Aber leider muss ich damit warten, weil ich sonst gar zu schlecht für meine Göttinger Vorträge vorbereitet sein würde.^[2]

Darf ich am 22ten (Samstag) Abends 5.38 kommen? Das wäre mir sehr lieb, da ich dann den Sonntag haben werde um von der Reise auszuruhen und für einige vorbereitende Besprechungen.

Mit dem Titel meiner Vorträge hat es ein kleines Missverständnis gegeben. Vor längerer Zeit schrieb ich College Hilbert, ich dachte daran, einen Überblick über die Entwicklung unserer Vorstellungen vom Äther zu geben;^[3] ich betrachtete das als vorläufige Mitteilung und hoffte später Gelegenheit zu haben zu einer definitiven Angabe des Thema. Dazu bin ich nun aber nicht rechtzeitig gekommen, und nachdem meine Arbeiten in den letzten Monaten mich in etwas andere Richtung geführt hatten, überraschte vor einigen Wochen Prof. Hilbert mich mit der gedruckten Ankündigung meiner Vorträge, die er so freundlich war, mir zukommen zu lassen. Ich habe ihn von der Änderung in meinem Plane in Kenntnis gesetzt und ihm mitgeteilt, dass jetzt der Titel „Alte und neue Fragen der Physik“ besser passer würde; mit der Bitte womöglich diese Änderung in irgend einer Weise bekannt zu machen.^[4] Weiter habe ich aber nichts gehört.

Viel hat dies übrigens nicht zu bedeuten, denn meine erste Vorlesung wird völlig dem ersten Titel entsprechen^[5] und ich kann mich auch selbst bei den Zuhörern für die Abweichung, die ich mir erlauben werde, entschuldigen.

In der Hoffnung, Sie und die Ihrigen bald in guter Gesundheit begrüßen zu dürfen und mit herzlichem Gruss von Haus zu Haus

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]*Voigt 1910a.*

^[2]See Letter 199, note 1 for Lorentz's lectures..

^[3]See Lorentz to David Hilbert, 9 May 1910 (Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen).

^[4]See Lorentz to David Hilbert, 31 August 1910 (Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen).

^[5]The title of the first lecture in *Lorentz 1910g* was "Über die Entwicklung unserer Vorstellungen vom Äther."

208. From Woldemar Voigt, 11 October 1910

Handwritten letter.

Göttingen, den 11.X.10.

Verehrter Freund!

Vielen Dank für Ihre sehr freundlichen Zeilen!^[1] Wir freuen uns, Sie Sonnabend d. 22. h. abends 5^h 38' begrüßen zu können. Schade nur, dass von den Ihrigen Niemand Sie begleiten kann. Meine Frau lässt dies Bedauern besonders Ihrer lieben Frau aussprechen, indem sie zugleich für den Brief herzlich dankt.

Was den Titel Ihrer Vorträge angeht, so werden wir hier im Voraus nach Ihren Wünschen wirken. Wie ich höre wird die *Physikalische Zeitung* eine besondere bezügliche Notiz bringen.^[2] Im Übrigen sind wir Alle voller dankbarer Erwartung dessen, was Sie uns bringen werden — ohne Rücksicht auf den Titel.

Mit besten Grüßen

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]Letter 207.

^[2]Lorentz's lectures were announced in *Physikalische Zeitschrift* 11 (1910): 920.

209. From Johannes Stark, 14 October 1910

Handwritten letter in German script. Letterhead of the Physikalisches Institut der Königlichen Technischen Hochschule, Aachen.

Aachen, den 14. Oktober 1910

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Wie ich Ihnen mitteilte, hatte ich bereits im Sommer Versuche über die Newton'sche Interferenz vorbereitet.^[1] Diese Versuche habe ich kürzlich zum Abschluss gebracht. Da Sie an meinen Ansichten über Lichtaggregate Interesse nah-

men, so erlaube ich mir, Ihnen die beiliegende Abschrift einer demnächst in den Annalen der Physik erscheinenden Abhandlung zur Verfügung zu stellen;^[2] in ihr ist lediglich die Zahlentabelle und die Fig. 4 u. 7 weggelassen.

Mit freundlichem Gruss

Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]See Letter 206

^[2]*Stark and Steubing 1910.*

210. To Johannes Stark, 20 October 1910

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Leiden, 20 Oktober 1910.

Sehr geehrter Herr College,

Haben Sie herzlichen Dank für Alles, was Sie mir in der letzten Zeit geschickt haben, für Ihren Brief vom 4 August,^[1] für Ihre Abhandlung in den Wiener Sitzungsberichten,^[2] den Bericht über Ihre neue Arbeit,^[3] und endlich für den ersten Teil Ihres Buches über Atomdynamik.^[4] Es freut mich sehr, dass Sie sich entschlossen haben, in diesem letzteren Ihre Anschauungen in zusammenhängender Form auseinanderzusetzen.

Was Ihre beiden letzten experimentellen Arbeiten betrifft, so bewundere ich wieder sehr das Talent und die Ausdauer, mit welchen Sie so delikate experimentelle Untersuchungen zu einem glücklichen Ende führen, und ich will nicht im Geringsten die Bedeutung Ihrer Resultate herabschätzen, wenn ich mir die Bemerkung erlaube, dass diese, wie mir scheint, von der Quantenhypothese ganz unabhängig ist. Auch wenn man sich an die gewöhnlichen Auffassungen hält, erhebt sich die Frage ob nicht die Zahl der regelmässig aufeinander folgenden Wellen mit der Art und Weise wie das Licht hervorgebracht wird, wechseln wird. Welchen Standpunkt man auch einnehmen möge, jedenfalls muss man alle derartige Untersuchungen, die geeignet sind die Natur der Strahlung in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Umständen kennen zu lernen, als sehr wichtig betrachten.

Auf einige Punkte in Ihrem letzten Brief hoffe ich später noch einmal zurückzukommen; jetzt fehlt mir, da ich die nächste Woche in Göttingen vortragen muss, die Zeit dazu. Gestatten Sie mir für den Augenblick nur die allgemeine Bemerkung, dass ich keineswegs „dogmatisch“ sein will.^[5] Natürlich denkt nicht ein Jeder über neue und kühne Gedanken in derselben Weise; das hängt von persönlichen Eigenschaften und wohl auch vom Alter ab. Aber ich gebe gern den grossen heuristischen Wert Ihrer Ideen zu und möchte Sie wirklich nicht von der Verfolgung derselben abhalten. Sie werden mir aber auch das Recht zugestehen, diese Ideen auch an bekannten Erscheinungen zu prüfen. Wenn vielleicht die herkömm-

lichen Auffassungen einmal fallen sollen, so werden Sie nicht verlangen, dass sie unverteidigt verlassen werden. Eine neue Theorie, wenn sie lebenskräftig ist, gewinnt an Kraft durch die Einwände, die sie hervorruft.

Mir herzlichen Grüßen von Haus zu Haus, und in der Hoffnung, dass es Ihrem kleinen Knaben gut gehen möge

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 206.

^[2]*Stark 1910b*.

^[3]*Stark and Steubing 1910* (see Letter 209).

^[4]*Stark 1910c*.

^[5]See point 'ad 5' in Letter 206.

211. From Johannes Stark, 22 October 1910

Handwritten letter in German script.

Aachen, 22.X.10.

Hochgeehrter Herr Professor Lorentz!

Für Ihren so freundlichen Brief sage Ihnen herzlichen Dank.^[1] Ich möchte Ihnen mit den vorliegenden Zeilen nicht lästig fallen, indem ich sie Ihnen nach Göttingen sende.^[2] Aber es thäte mir leid, wenn Sie in Ihren Vorträgen auf ein Missverständniss zwischen Ihnen und mir zu sprechen kämen. Darum beeile ich mich, Ihren Brief zu beantworten. Ich stimme Ihnen darin vollkommen bei, dass meine Interferenzbeobachtungen keinen Beweis zu Gunsten der Lichtquantenhypothese darstellen. In den zwei experimentellen Arbeiten kam es mir vor allem darauf an, säuberlich Beobachtungen zu machen und darzustellen; ich sah darum in den zwei Abhandlungen von einer Diskussion meiner Resultate im Sinne irgend einer Hypothese ab. Ich habe dies indes in einem demnächst im *Jahrb. d. Rad. u. El.* erscheinenden Artikel gethan.^[3] Ich entnehme aus diesem zur Charakteristik meines Standpunktes folgende Stellen. ... „Gerade deswegen möchte ich ausdrücklich bemerken, dass die obigen Interferenzbeobachtungen über die Abhängigkeit der Ordnungslänge der Lichtwellenhypothese nicht widersprechen. Man kann sich unter einem geordneten Lichtaggregat eine geordnete Folge von Wellen oder einen geordneten Wellenzug vorstellen, dessen Ordnungslänge von der Zahl der zusammenwirkenden Emissionszentren abhängt.“ ... „So möchte ich zur Ausschliessung von Missverständnissen zwar einerseits ausdrücklich erklären, dass nach meiner Ansicht die obigen Interferenzbeobachtungen keinen Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese (Lichtquanten) erbringen sollten noch wirklich erbringen, insofern sie lediglich Eigenschaften der beobachteten Lichtaggregate, nicht der hypothetischen Lichtquanten betreffen. Andererseits möchte ich aber auch darauf hinweisen, dass die alten und die neuen Beobachtungen über die In-

terferenz nicht in Widerspruch mit der Lichtquantenhypothese stehen. Dass man von einer Interferenz eines Lichtquantums mit sich selbst sprach, beruhte auf einer missverständlichen Auffassung der Lichtquantenhypothese. Und ich hoffe, nach der hier gegebenen Analyse von Interferenzbeobachtungen wird niemand mehr aus den Interferenzbeobachtungen bei grossen Gangunterschieden einen Einwand gegen die Lichtquantenhypothese herleiten wollen.”

Gewiss, Sie haben Recht, eine neue Auffassung muss Widerspruch ertragen können und muss sich gerade durch den Kampf auf Grund neuer Erfahrungen entwickeln. So hat Ihr Widerspruch den Anlass zu meinen zwei letzten Arbeiten gegeben. Ich hatte sie zwar schon vor einem Jahr ins Auge gefasst, da mir immer wieder das Schlagwort Interferenz entgegengeworfen wurde. Aber da man sich mit diesem Schlagwort begnügte und keine eingehende Begründung gab, so stellte ich die Arbeiten hinter anderen zurück. Erst als Ihr Vortrag über Lichtquanten erschien, entschloss ich mich, an die Versuche heranzugehen.

Es thut mir leid, dass ich bei Ihnen den Eindruck erweckte, als ob ich Sie in der Lichtquantenfrage für dogmatisch hielt. Das ist durchaus nicht der Fall. Wenn Sie eine Äusserung von meiner Seite über Ihre Forscherthätigkeit nicht als eine Unbescheidenheit nehmen wollen, so möchte ich Ihnen sagen, dass ich noch weit mehr als die elegante Form gerade den physikalischen Inhalt Ihrer Arbeiten schätze. Gerade weil es im besten Sinne des Wortes physikalisch und nicht dogmatisch ist, empfehle ich meinen Studierenden in erster Linie Ihr Lehrbuch der Physik.^[4] Wenn mein Missmut gegen einen formalen Dogmatismus, der gerade bei uns in Deutschland jede neuartige Auffassung verpönen will, Ihnen bemerkbar geworden ist, so thut mir dies leid; er hatte nie eine Arbeit von Ihnen zum Gegenstand.

Ich bedaure, dass es mir nicht möglich ist, zu Ihren Vorträgen nach Göttingen zu kommen. Es trifft gerade Ende dieser Woche der vorgesetzte Ministerialdirektor zur Besichtigung der Hochschulinstitute hier ein. Ich wünsche Ihnen, dass Ihnen der Aufenthalt in Göttingen viel Befriedigung bringen möge.

Meine Frau und ich bitten Sie uns Ihrer Frau Gemahlin bestens empfehlen zu wollen und senden Ihnen herzliche Grüsse.

Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 210.

^[2]Lorentz was lecturing in Göttingen (see Letter 199, note 1).

^[3]*Stark 1910d*.

^[4]*Lorentz 1906i*.

212. To Woldemar Voigt, 1 November 1910

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 1 November 1910.

Sehr verehrte Gastfrau und lieber Freund,

Jetzt, da ich in den Kreis der Meinigen zurückgekehrt bin, die ich alle (auch Hannie) Sonntag morgen in guter Gesundheit wiedersah, ist es mir ein Bedürfnis, Ihnen noch einmal meinen innigsten Dank auszusprechen für alle die Freundlichkeit und Herzlichkeit, die Sie mir in der vorigen Woche zeigten.^[1] Man war überrascht davon, dass ich gar nicht ermüdet war, und meine Frau gestand mir jetzt, sie habe sich in dieser Hinsicht wohl einige Sorge gemacht. Dass nun ihre Furcht sich als eitel erwiesen hat und dass ich fast das Gefühl habe, ich habe eine Erholungsreise gemacht, ist der zärtlichen mütterlichen und väterlichen Sorge zu verdanken, die Sie für „den ältesten Sohn“ hatten. Ich werde diese nicht vergessen und werde an Vieles oft zurückdenken. So an die Brödchen nach den Vorträgen, an die sonstigen Stärkungsmittel, deren Vorrat so gross war, dass ich den letzten Rest erst im Nachtzuge verzehrt habe; auch an eine gewisse Decke und einen gewissen Ruhesessel. Ebenso gedenke ich der geselligen Unterhaltungen in Ihrem Hause und des schönen Familienfestes, das ich mitfeiern dürfte.^[2] Es war mir eine grosse Freude, Ihre Söhne und Töchter näher kennen zu lernen, und zu einigen Ihrer Enkelkinder in freundschaftliche Beziehung zu treten, während schliesslich das Erinnerungsbild gekrönt wird durch die herrliche Spazierfahrt im farbigen Wald.

Was meine Vorträge betrifft, so brauche ich Ihnen wohl kaum zu sagen, dass mich die Freundlichkeit und Nachsicht, mit der man sie beurteilt hat, mit lebhafter Dankbarkeit erfüllt. Ganz besonders lieb war es mir aber, dass, nachdem ich geendet hatte, gerade mein bester und ältester Göttinger Freund das Wort ergriff. Ich habe, wie ich damals bereits sagte, in Ihrer Stadt viele Anregung und Ermutigung zu weiterer Arbeit gefunden. Und *ein* Eindruck war mir sehr wohlthuend, nämlich der Eindruck, den ich bekam von der Begeisterung, mit der bei Ihnen gearbeitet wird, von der Liebe zur Wissenschaft und der Arbeitskraft meiner deutschen Fachgenossen. Sie, verehrte Frau, werden schon verstehen, wen ich hier in erster Linie im Auge habe.

Wunderschön fand ich wieder was ich im Institut sah. Der Gedanke, zu dem Vielen, was dort gemacht wird, die Anregung gegeben zu haben, und Schüler zu bilden, die unsere Wissenschaft über die ganze Welt hin verbreiten, ist wohl geeignet, Einem eine berechtigte Genugtuung zu geben.

Jetzt habe ich nur noch zu sagen, dass ich die schönen Äpfel richtig meiner Frau überreicht habe; sie dankt bestens dafür.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz had lectured in Göttingen from 24 to 29 October (see Letter 199, note 1); during his visit he stayed with the Voigt family (see Doc. 200).

^[2]Possibly Mrs. Voigt's birthday (cf. Letter 247).

213. From Woldemar Voigt, 27 December 1910 (1)

Handwritten letter.

Göttingen, den 27.XII.10.

Verehrter Freund!

Es tut uns recht sehr leid, dass wir in der Unruhe der Weihnachtsvorbereitungen vergessen haben, Ihnen zur Hochzeit Ihrer Tochter einen Gruss zu senden.^[1] In unsrer grossen Familie kostet das Fest eine ganze Menge Arbeit, zu der bei mir noch die Arbeit im Institut kam — so wollen Sie entschuldigen, dass unsere Gedanken an Göttingen gebunden waren! Dass wir herzlich Anteil nehmen an der grossen Veränderung, die durch diese Hochzeit in Ihr Haus gebracht wird, werden Sie gern glauben; wir haben ja Ähnliches wiederholt erlebt! Möge aus der Verbindung für Sie Alle reiches Glück erwachsen.

Noch immer lebt in unserm Hause die Erinnerung an die Lorentz-Festwoche^[2] und es hätte nicht Ihrer freundliche Gabe, für die meine Frau bereits in unser beider Namen gedankt hat, bedurft, um diese Erinnerung anzuregen. Es war für uns beide eine *so schöne Zeit*, und wir wünschen nur, dass es uns gelungen ist Ihnen zu zeigen, welche innige Freude wir an dem Zusammensein mit Ihnen gehabt haben.

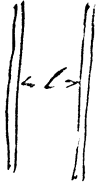
Inzwischen ist das halbe Wintersemester in der gewohnten Arbeit dahingegangen, und Sie werden von Ihrem Besuch im Institut den Eindruck mitgenommen haben, dass ich *nicht viel Ruhezeit* gehabt habe. Zum Glück gehen die meisten in Angriff genommenen Untersuchungen ziemlich glatt vorwärts; einige Schwierigkeiten sind natürlich hier und da entstanden.

Für die Veröffentlichung unserer Beobachtungen über die Intensitätsverhältnisse beim Zeeman-Effekt habe ich mir die Theorie des Vorganges noch genauer überlegt und bitte um die Erlaubnis Ihnen einige Punkte daraus vorzutragen. Die Sache ist schliesslich ziemlich kompliziert.^[3]

Da man die Emission des schwarzen Körpers in einem *absorbierenden* Medium nicht kennt, bin ich ausgegangen von der Emission einer Schicht der Flamme in den leeren Raum, die sich nach Kirchhoff aus deren Absorption berechnet. Ich erhalte

$$E = \frac{4\pi l \kappa n^2}{\lambda} \epsilon$$

wobei ϵ die Emission des schwarzen Körpers im leeren Raum ist; l die Schichtdicke bezeichnet.^[4]



Um die Emission derselben Schicht *in der Flamme* zu berechnen, habe ich die Schicht beiderseitig durch einen unendlichen dünnen Spalt von der Flamme isoliert gedacht und die Reflexionen an den so entstehenden Grenzen in Rechnung gesetzt. Ich erhalte dann für die *Emission der Schicht*^[5]

$$E' = n^2(1 + \kappa^2)s$$

woraus folgt, dass auch die Emission des *schwarzen Körpers* in der Flamme

$$s' = n^2(1 + \kappa^2)s$$

ist; hieraus ist das Clausiussche Gesetz auf eine absorbierende Umgebung erweitert.^[6]

Um die Emission einer Flamme von endlicher Dicke zu berechnen sind die Emissionen der einzelnen Schichten mit den Schwächungen in Rechnung zu setzen, die der Absorption in der Flamme und dem Durchtritt in den leeren Raum entsprechen.

Ersteres bietet keinerlei Schwierigkeit, *wohl aber letzteres*. Ich kann da nur durch eine *methodus mixta* zu einem Resultat gelangen. Einmal muss ich als Erfahrung annehmen, dass der Übergang in den leeren Raum so allmählig ist, dass an der Grenze der Flamme keine merkliche Reflexion stattfindet. In diesem Falle kann man die Gleichung^[7]

$$\delta \frac{\partial^2 \chi}{\partial t^2} + \eta \frac{\partial \chi}{\partial t} = v^2 \frac{\partial^2 \chi}{\partial z^2}$$

bei mit z variierenden δ und η integrieren durch

$$\chi = F \cos(\nu t - f)$$

wobei F und f von z abhängen.

Es gilt dann^[8]

$$-\frac{\delta}{v^2} F = \frac{d^2 F}{dz^2} - F \left(\frac{df}{dz} \right)^2 = F'' - F f'^2$$

$$-\frac{\eta}{v^2} F = 2 \frac{dF}{dz} \frac{df}{dz} + F \frac{d^2 f}{dz^2} = 2F' f' + F f''$$

Die letzte Gleichung giebt

$$-\frac{1}{v^2 v} \int \frac{\eta dz}{f'} = \ln \left(\frac{F^2 f'}{k} \right); \quad (k \text{ Constante})$$

dabei ist $f' = v/\omega$ und ω die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also auch

$$-\frac{1}{v^2 v^2} \int \eta \omega dz = -I = \ln \left(\frac{F^2 f'}{k} \right),$$

und

$$F^2 = \frac{\omega}{v} k e^{-I}$$

Hieraus erhellt, dass $\frac{dI}{dt} = I'$ der Absorptionsmodul für F^2 ist.

Wendet man diese Formel auf die beiden Grenzen (i) und (a) der Übergangsschicht an, so resultiert

$$\frac{F_a^2}{F_i^2} = \frac{\omega_a}{\omega_i} e^{-(I)} \quad (I) = \int_i^a \frac{\eta \omega dz}{v^2 v^2}$$

Ich schliesse hieraus, dass beim Durchtritt durch die Grenze F_i^2 einmal den Faktor n erhält, und sodann eine Schwächung, die sich dadurch ausdrücken lässt, dass man der *homogenen* Flamme einen gewissen Teil der inhomogenen Übergangsschicht *noch zurechnet*. Denn letztere ist einer gewissen *homogenen* Schicht aequivalent, da *spezifische* Absorptionen in der Grenze nicht statthaben.

Berechnet man hiernach die Emission einer Flamme von der *reduzierten* Dicke D ,^[9] so gelangt man zu

$$(E) = n^4(1 + \kappa^2)s \left(1 - e^{-\frac{4\pi n \kappa D}{\lambda}} \right).$$

Diese Formel ist nun auf die Gesetze für n und κ anzuwenden, die bei einer Zeeman-Zerlegung gelten, und für unsere Beobachtungen je für die Schwingung parallel und normal zu den magnetischen Kraftlinien von $v = 0$ bis $v = \infty$ zu integrieren. Das ist eine böse Aufgabe, da $n\kappa$ in den Absorptionsstreifen *ziemlich gross* ist, eine Entwicklung daher nicht angewendet werden kann. Ich denke, ein graphisches Verfahren anzuwenden.

Würden Sie wohl die Güte haben, Vorstehendes einmal zu überdenken und mir Ihre Meinung zu schreiben? Die Frage liegt Ihnen ja nahe, und Sie würden mir damit eine grosse Freundlichkeit erweisen. Herzlichen Dank im Voraus!

(Auffallend ist, dass (E) sich für unendlich kleines D nicht auf E reduziert; aber die früher betrachtete Schicht hat unstetige Grenzen, reflektiert also, die jetzt betrachtete geht stetig über, reflektiert also nicht. Auch steckt in D die Wirkung der Übergangsschicht.)

Doch genug nun der Wissenschaft. Meine Frau und ich senden Ihnen Allen herzlichste Grüsse und die besten Wünsche zum neuen Jahre. Möchten sich in demselben unsere Wege wieder einmal kreuzen!

Treulich

Ihr W. Voigt.

^[1]The wedding of Lorentz's elder daughter Geertruida Luberta with the physicist Wander Johannes de Haas. See also Letter 217, note 2.

^[2]See Letter 212, note 1.

^[3]More details and corrections in connection with the following discussion may be found in *Voigt 1911b*. See also Letters 214–217.

^[4] κ is the absorption index, n the index of refraction, and λ the wavelength.

^[5]In *Voigt 1911b* the following two equations are corrected to $E = E'n(1 + \kappa^2)$ and $s = s'(1 + \kappa^2)$, respectively.

^[6]The law of Kirchhoff-Clausius states that at equilibrium the specific intensities of radiation of a certain frequency in two media are in the direct ratio of the squares of the indices of refraction in those media. See, e.g., *Planck 1906*, secs. 35–39. See also Letter 214.

^[7]The following equation describes the damped oscillation of the electric or magnetic vector.

^[8]The left-hand sides of the next two equations should be multiplied by v^2 . The later formulas should be corrected accordingly.

^[9]In *Voigt 1911b* this is called “Äquivalente Dicke” (“equivalent thickness”). The factor $n^4(1 + \kappa^2)$ is corrected to $1/(1 + \kappa^2)$.

214. From Woldemar Voigt, 27 December 1910 (2)

Handwritten postcard.

Göttingen 27.XII.10

Verehrter Freund!

Wollen Sie bitte in meinem Brief die Bemerkung über den Clausiusschen Satz cassieren,^[1] die mir fälschlich entschlüpft ist. E ist durch das Amplitudenquadrat im leeren Raum gemessen, E' durch das *in der homogenen Flamme*; hierauf beruht der Unterschied — ein Zusammenhang mit der Satz von Clausius existiert *nicht*; ich täuschte mich im Moment des Briefschreibens. Der Irrtum ist aber ohne Einfluss auf das Endresultat; da E und (E) sich beide auf den leeren Raum beziehen, sind sie Maass der Emission.

Entschuldigen Sie das Versehen.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 214, in particular note 6.

215. From Woldemar Voigt, 12 January 1911

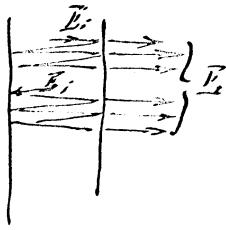
Handwritten letter.

Göttingen, den 12.1.11.

Verehrter Freund!

Ich habe mir schon Vorwürfe gemacht dass ich Sie bei Ihrer grossartiger Tätigkeit mit der kleinen Frage belästigt habe.^[1] Aber die Erinnerung an die schöne Zeit des mündlichen Meinungs-austausches hier wirkte noch so nach, dass mir beim Schreiben an Sie die Frage ganz von selbst kam.

Inzwischen habe ich gelegentlich über die Sache noch weiter nachgedacht und glaube, dass doch mein erster Weg, die unbekannte Emission des schwarzen Körpers in der Lichtquelle zu umgehen, nicht der richtige war. Ich möchte die folgende Schlussreihe für besser halten.



Die Emission der dünnen Schicht *in den leeren Raum E* entsteht in der Weise, dass auf beide Grenzen der Schicht primär diejenige Emission E_i auffällt, welche die Schicht in einer *gleichartigen* Umgebung emittieren würde, und dass von diesem E_i nur der durch verschiedene Reflexionen nach den allgemeinen Gesetzen modifizierte Teil austritt. Da die emittierende Schicht unendlich dünn ist, so spielen bei der Berechnung des

Verhältnisses von E und E_i weder Phasendifferenzen noch Absorptionen, die von der Dicke der Schicht abhängen, eine Rolle.

Misst man dann der Einfachheit halber die Emission durch die Amplitudenquadrate, so erhält man $E_i = n^2(1 + \kappa^2)E$.

Der bei diesem Vorgang in der Schicht verbleibende Teil von E_i muss dann als in derselben wieder absorbiert gelten.

Ich möchte Ihnen diese einfache Überlegung mitteilen, um Ihnen mit der Beantwortung der früheren keine Mühe zu machen.

Treulich

Ihr W. Voigt.

^[1]See Letters 213 and 214.

216. From Woldemar Voigt, 14 January 1911

Handwritten letter.

Göttingen, den 14.1.11.

Verehrter Herr College!

Es ist mir aufrichtig leid, dass ich in meinem ersten Briefe unvorsichtig über unfertige Dinge geplaudert habe.^[1] Die Erinnerung an unsere mündlichen Unterhaltungen hat mich dazu verführt, aber ich bitte Sie *recht dringend*, Ihre kostbare Zeit nicht mit Beantwortung jener Expectorationen zu vergeuden.

Zum Abschluss dieser mir jetzt nicht erfreulichen Episode möchte ich nur ein seltsames Resultat angeben, das ich in Verfolgung des Ihnen mitgeteilten gefunden habe.

Berechnet man die Emission der Schicht in der Weise meines letzten Briefes, so macht es einen Unterschied, ob man die Emission auf eine magnetische oder eine elektrische Schwingung zurückführt.

Bei einer *magnetischen* Emission sind an den beiden Grenzflächen der Schicht die magnetischen Componenten gleich, die elektrischen entgegengesetzt, bei einer *elektrischen* gilt das entgegengesetzte. Der Unterschied der Resultate drückt sich am deutlichsten aus, wenn man aus ihnen das Verhältnis der Emission des schwarzen Körpers in Vacuum (e_0) und im absorbierenden Körper (e) berechnet.

Bei magnetischer Emission erhält man $e = e_0 n^2$, bei elektrischer $e = e_0 / (1 + \kappa^2)$; im ersten Fall kommt nur der Brechungsindex, im zweiten nur der Absorptionsindex vor. Da nun (für durchsichtige Körper) nur das erste Gesetz der thermodynamisch begründeten Regel von Kirchhoff-Clausius entspricht,^[2] so ergibt sich, dass man bei derartigen Betrachtungen *nur magnetische* Emission annehmen darf.^[3] Dies Resultat ist mir sehr überraschend.

Herzlich grüssend

Ihr

W. Voigt.

PS. Ich bin mit Arbeit für das Institut überhäuft und habe an obiges Problem nur ab und an einmal denken können.

^[1]See Letter 213.

^[2]See Letter 213, note 6.

^[3]In contrast to this conclusion, in *Voigt 1911b* only electric vibrations are taken into account. See also Lorentz's comments in Letter 217.

217. To Woldemar Voigt, 19 January 1911

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 19 Januar 1911.

Verehrter Freund,

Ich muss Ihnen und Ihrer Frau Gemahlin zunächst unseren herzlichen Dank aussprechen für Ihre freundlichen Glückwünsche zu Berta's Vermählung.^[1] Wir hatten schöne „bruidsweken“, wie wir die letzten beiden Wochen nennen, und Sonnenschein am Hochzeitstage; nachher kam uns aber das Haus sehr still vor und, als das Grün und die Blumen entfernt waren, sehr kalt. Sie kennen das aus Erfahrung. Glücklicherweise können wir uns darüber freuen, dass das junge Paar noch einige Monate hier wohnen wird bevor unser Schwiegersohn seine Assistentenstelle bei du Bois in Berlin anzutreten hat.^[2] Bis daher wird er wahrscheinlich seine Doktorarbeit zu Ende führen können, und ich hoffe sehr, dass es ihm gelingen wird, wissenschaftlich etwas zu leisten.

Was das von Ihnen gestellte Problem betrifft, so erlaube ich mir, um wenigstens meinen guten Willen zu zeigen, Ihnen meine Resultate mitzuteilen, obgleich Sie das kaum mehr verlangen. Wo sie von den Ihrigen etwas abweichen, haben Sie wohl die Güte nachzuprüfen, ob ich mich nicht geirrt habe.^[3]

Ich habe stets angenommen, dass die Ausstrahlung *elektrisch* erregt wird, und finde nun für das Emissionsvermögen eines schwarzen Körpers in dem betrachteten Medium

$$e_i = \frac{e_0}{1 + \kappa^2}, \tag{1}$$

wo e_0 die Emission im Vakuum ist.

Das entspricht der von Ihnen in Ihrem letzten Briefe angegebenen Formel aber ich muss bemerken, dass ich die Emission immer auf *einen bestimmten Kegel im Vakuum* (oder Luft) bezogen habe. Dann muss wirklich die Strahlung des schwarzen Körpers im Inneren eines durchsichtigen Mediums e_0 sein, wie aus (1) für

$\kappa = 0$ folgt. Da dem Strahlenkegel $d\omega_0$, in Luft, der Kegel $d\omega = \frac{1}{n^2}d\omega_0$ in dem Medium (senkrechter Durchgang) entspricht, so kann man, wenn $e_0 = s_0d\omega_0$ ist, für die Emission im Inneren des Mediums auch setzen $n^2s_0d\omega_0$, die bekannte Formel.

Für die Emission einer unendlich dünnen Schicht (Dicke l) die auf beiden Seiten mit Luft in Berührung ist, finde ich ebenso wie Sie

$$E_0 = \frac{2\nu\kappa n^2}{c}le_0 \tag{2}$$

(n reeller Brechungsindex, ν Frequenz, c Geschw. im Äther), für die Emission einer Schicht im Inneren des Mediums aber

$$E_i = \frac{1}{n(1 + \kappa^2)}E_0. \tag{3}$$

Ich gelange zu dieser Formel auf einem dem von Ihnen angegebenen ganz ähnlichen Wege; um aber das Resultat noch weiter zu verifizieren betrachte ich einen etwas allgemeineren Fall. Vorher bemerke ich, dass, wenn

$$n' = n(1 - i\kappa)$$

der komplexe Brechungsindex ist, ein sich in der Richtung der x -Axe fortpflanzendes Lichtbündel etwa durch die Gleichungen

$$\mathfrak{E}_y = ae^{iv\left(t - \frac{n'x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = an'e^{iv\left(t - \frac{n'x}{c}\right)}$$

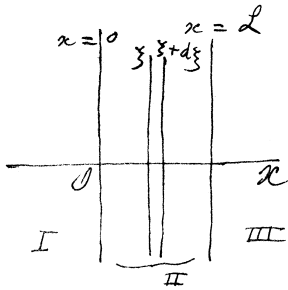
dargestellt werden kann (ich setze $\mathfrak{B} = \mathfrak{H}$ sodass $\frac{\partial \mathfrak{H}_z}{\partial t} = -c\frac{\partial \mathfrak{E}_y}{\partial x}$ sein muss). Ist

an irgend einer Stelle die reelle Amplitude von \mathfrak{E}_y : q so kann man für den Poynting'schen Energiestrom setzen:

$$\frac{1}{2}cnq^2 \tag{4}$$

und für die Wärmeentwicklung pro Volumeneinheit

$$\kappa n^2\nu q^2. \tag{5}$$



Das Medium erfülle die Schicht zwischen $x = 0$, $x = L$; auf beiden Seiten befinde sich das Vakuum (scharfe Begrenzung). Ich betrachte die Strahlung insofern sie von der unendlich dünnen Schicht $d\xi$ ausgeht. Die *direkte* Strahlung sei auf der rechten Seite von $\xi + d\xi$

$$\mathfrak{E}_y = ae^{iv\left[t - \frac{n'}{c}(x - \xi)\right]}, \quad \mathfrak{H}_z = an'e^{iv\left[t - \frac{n'}{c}(x - \xi)\right]}$$

und auf der linken Seite von ξ

$$\mathfrak{E}_y = ae^{iv\left[t + \frac{n'}{c}(x - \xi)\right]}, \quad \mathfrak{H}_z = -an'e^{iv\left[t + \frac{n'}{c}(x - \xi)\right]}.$$

Die Amplitude a sei reell und vorläufig unbekannt.

Durch wiederholte Reflexion an $x = 0$, $x = L$ entstehen hieraus Lichtbewegungen, die man folgendermassen zusammenfassen kann:

In II nach rechts

$$\mathfrak{E}_y = a'e^{iv\left(t - \frac{n'}{c}x\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = a'n'e^{iv\left(t - \frac{n'}{c}x\right)}$$

in II nach links

$$\mathfrak{E}_y = a''e^{iv\left(t + \frac{n'}{c}x\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = -a''n'e^{iv\left(t + \frac{n'}{c}x\right)}$$

in III nach rechts

$$\mathfrak{E}_y = a'''e^{iv\left(t - \frac{x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = a'''e^{iv\left(t - \frac{x}{c}\right)}$$

in I nach links

$$\mathfrak{E}_y = a^{IV}e^{iv\left(t + \frac{x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = -a^{IV}e^{iv\left(t + \frac{x}{c}\right)}$$

Aus den Grenzbedingungen folgt

$$a' = -a(1 - n') \frac{(1 + n')e^{r(L - \xi)} - (1 - n')e^{-r(L - \xi)}}{N}$$

$$a'' = -a(1 - n') \frac{(1 + n')e^{-r(L - \xi)} - (1 - n')e^{-r(L + \xi)}}{N}$$

$$a''' = 2an'e^{\frac{ivL}{c}} \frac{(1 + n')e^{r\xi} - (1 - n')e^{-r\xi}}{N}$$

$$a^{IV} = 2an' \frac{(1 + n')e^{r(L - \xi)} - (1 - n')e^{-r(L - \xi)}}{N}. \quad (6)$$

Hier ist

$$r = \frac{ivn'}{c},$$

$$N = (1 + n')^2 e^{rL} - (1 - n')^2 e^{-rL}.$$

Wenn wir $x = 0$ mit x und $x = L$ mit $\xi + d\xi$ zusammenfallen lassen, sodass die ganze Schicht unendlich dünn ist, so kann man in diesen Ausdrücken alle Exponentialgrößen gleich Eins setzen. Man findet dann

$$a''' = n'a$$

(Natürlich hätte man diesen Fall in einfacherer Weise nach derselben Methode mit Beschränkung von vornherein auf eine unendlich dünne Schicht behandeln können. Man kann dann nämlich in den Grenzbedingungen sowohl für $x = 0$, wie auch für $x = L$, alle Exponentialgrößen fortlassen; hierdurch erhält man

$$\begin{aligned} a + a' + a'' &= a''' \\ an' + a'n' - a''n' &= a''' \\ a + a' + a'' &= a^{IV} \\ -an' + a'n' - a''n' &= -a^{IV} \end{aligned}$$

also

$$a' = a'' = \frac{1}{2}(n' - 1)a, \quad a''' = a^{IV} = n'a.)$$

Die äussere Strahlung, die von der Platte ausgeht, beträgt also

$$\frac{1}{2}|a''|^2c = \frac{1}{2}|n'|^2a^2c = \frac{1}{2}(1 + \kappa^2)a^2c$$

Dies muss nun den Wert (2) haben. Also

$$a^2 = \frac{2E_0}{n^2(1 + \kappa^2)c} \tag{7}$$

Es war aber a die Amplitude der im Inneren des Mediums von einer unendlich dünnen Schicht ausgehenden Strahlung. Der entsprechende Energiefluss ist nach (4)

$$E_i = \frac{1}{2}cna^2,$$

woraus sich (3) ergibt.

Um nun das Resultat zu verifizieren, kehre ich zu der Schicht von der endlichen Dicke L zurück. Aus (6) erhält man für die nach links gehende Strahlung insofern sie von der Schicht $d\xi$ herrührt

$$\frac{1}{2}|a^{IV}|^2c = 2a^2|n'|^2c \frac{|A|^2}{|N|^2},$$

wenn man zur Abkürzung in (6)

$$(1 + n')e^{r(L-\xi)} - (1 - n')e^{-r(L-\xi)} = A \tag{8}$$

setzt. Berücksichtigt man (7) und (2), so verwandelt sich der gefundene Ausdruck in

$$\frac{8v\kappa n^2}{c}e_0 \frac{|A|^2}{|N|^2}d\xi,$$

und die Emission der ganzen Schicht beträgt somit

$$E_t = \frac{8v\kappa n^2}{c}e_0 \int_0^L \frac{|A|^2}{|N|^2}d\xi. \tag{9}$$

Wir wollen dies mit dem Absorptionsvermögen der Schicht vergleichen. Fällt auf dieselbe von links ein Lichtbündel

$$\mathfrak{E}_y = ae^{iv\left(t-\frac{x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = ae^{iv\left(t-\frac{x}{c}\right)},$$

so entsteht in der Schicht eine Lichtbewegung, die man zusammenfassen kan in ein Bündel

$$\mathfrak{E}_y = a'e^{iv\left(t-\frac{n'x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = a'n'e^{iv\left(t-\frac{n'x}{c}\right)},$$

das nach rechts, und ein Bündel

$$\mathfrak{E}_y = a''e^{iv\left(t+\frac{n'x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = -a'n'e^{iv\left(t+\frac{n'x}{c}\right)},$$

das nach links geht. Ich finde nun:

$$a' = a \frac{2(1+n')e^{rL}}{N}$$

$$a'' = -a \frac{2(1-n')e^{-rL}}{N},$$

wo r und N die frühere Bedeutung haben. An der Stelle $x = \xi$ ist also im Ganzen

$$\begin{aligned} \mathfrak{E}_y &= 2a \frac{(1+n')e^{r(L-\xi)} - (1-n')e^{-r(L-\xi)}}{N} e^{ivt} \\ &= 2a \frac{A}{N} e^{ivt} \quad (\text{vgl. (8)}). \end{aligned}$$

Somit beträgt, wenn a reell ist, die Wärmeentwicklung in der Schicht $d\xi$, nach (5)

$$v\kappa n^2 4a^2 \frac{|A|^2}{|N|^2} d\xi.$$

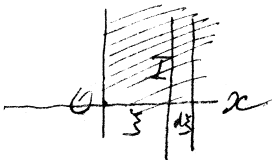
Integriert man dies von 0 bis L , und beachtet man, dass die einfallende Energie $\frac{1}{2}a^2c$ ist, so findet man für das Absorptionsvermögen der Schicht

$$A_t = \frac{8v\kappa n^2}{c} \int_0^L \frac{|A|^2}{|N|^2} d\xi. \quad (10)$$

Hieraus, in Verbindung mit (9) folgt schliesslich

$$\frac{E_t}{A_t} = e_0,$$

eine Beziehung, die sich übrigens auch bestätigt, wenn man in (9) und (10) die Integralzeichen fortlässt, und sich also auf die Emission (nach aussen hin) und die Absorption einer einzigen Schicht $d\xi$ beschränkt.



Wir legen die YZ -Ebene in das betrachtete Medium, welches sich nach rechts hin bis ins Unendliche und nach der linken Seite bis auf beliebige Entfernung erstrecken möge. Da ein von links kommendes Bündel an der Grenze des rechts von OYZ liegenden Teiles I des Mediums nicht reflek-

tiert und am Ende in diesem Teil völlig absorbiert wird, so ist I den von links kommenden Strahlen gegenüber als vollkommen schwarz zu betrachten. Wir werden also e_i erhalten, wenn wir die von I herrührende, durch die YZ-Ebene hindurchgehende Strahlung berechnen. Nun beträgt die von der Schicht $d\xi$ ausgehende Strahlung nach (3) und (2)

$$\frac{2\nu\kappa n}{c(1+\kappa^2)}e_0d\xi$$

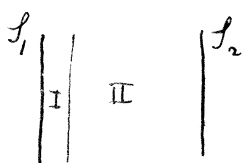
und hiervon erreicht der Teil

$$e^{-\frac{2\nu\kappa n\xi}{c}}$$

die YZ-Ebene. Also

$$e_i = \frac{2\nu\kappa n}{c(1+\kappa^2)}e_0\int_0^\infty e^{-\frac{2\nu\kappa n\xi}{c}}d\xi = \frac{e_0}{1+\kappa^2},$$

die Gleichung (1).



Zur Bestätigung dieses Resultates kann noch folgende Betrachtung dienen. Es seien S_1 und S_2 zwei schwarze Scheiben, I eine Schicht des Mediums, so dünn, dass man von ihrer Emission und Absorption absehen kann, II Vakuum. Ich bezeichne mit α_i und α die Reflexionskoeffizienten an der Grenze I, II, wenn

die Strahlen von links, bezw. von rechts einfallen. Die Scheibe S_1 strahlt aus e_i und erhält davon zurück $\alpha_i e_i$; ausserdem erhält sie von S_2 die Energie $(1-\alpha)e_0$. Es muss also sein

$$e_i(1-\alpha_i) = e_0(1-\alpha)$$

und das ist wirklich der Fall, da

$$\alpha = 1 - \frac{4n}{(n+1)^2 + n^2\kappa^2}, \quad \alpha_i = 1 - \frac{4n(1+\kappa^2)}{(n+1)^2 + n^2\kappa^2} \quad (11)$$

ist.

Es ist bemerkenswert, dass in diesem Fall nicht, wie bei einem durchsichtigen Körper, $\alpha_i = \alpha$ ist; die Differenz hängt mit einem eigentümlichen Umstand zusammen.

Es ist nämlich sowohl bei der inneren wie auch bei der äusseren Reflexion die gespiegelte (komplexe) Amplitude

$$\pm \frac{(n'-1)}{n'+1}a,$$

wenn a die einfallende Amplitude ist. Bei der äusseren Reflexion kann man nun die gewöhnliche Betrachtung anwenden, und schliessen, dass die reflektierte Intensität der Bruchteil

$$\left| \frac{(n'-1)}{n'+1} \right|^2$$

der einfallenden ist.

Bei der inneren Reflexion ist dies nicht statthaft, und zwar weil in diesem Fall der Energiestrom nicht mehr als die Differenz zweier Ströme, die zu dem einfallenden, bezw. dem reflektierten Bündel gehören, aufgefasst werden kann. Ist nämlich das einfallende Licht

$$\mathfrak{E}_y = ae^{iv\left(t - \frac{n'x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = an'e^{iv\left(t - \frac{n'x}{c}\right)},$$

so ist das reflektierte

$$\mathfrak{E}_y = a\frac{(n' - 1)}{(n' + 1)}e^{iv\left(t + \frac{n'x}{c}\right)}, \quad \mathfrak{H}_z = -a\frac{(n' - 1)}{(n' + 1)}n'e^{iv\left(t + \frac{n'x}{c}\right)}$$

(Grenzfläche $x = 0$). Die wirklichen Werte sind also für $x = 0$, wenn

$$n' = ue^{iv}, \quad \frac{n' - 1}{n' + 1} = pe^{iq}$$

$$\mathfrak{E}_y = a\cos vt + pacos(vt + q),$$

$$\mathfrak{H}_z = au\cos(vt + v) - pau\cos(vt + q + v),$$

und hieraus folgt für den Energiestrom

$$c\mathfrak{E}_y\mathfrak{H}_z = ca^2\{ucosvt\cos(vt + v) - p^2ucos(vt + q)\cos(vt + q + v) + pu\cos(vt + q)\cos(vt + v) - pu\cos vt\cos(vt + q + v)\}$$

Der Mittelwert Während einer vollen Periode ist:

$$\frac{1}{2}ca^2\{ucosv - p^2ucosv + 2pusinq\sin v\},$$

oder, da

$$ucosv = n,$$

$$usinv = -n\kappa,$$

$$psinq = -\frac{2n\kappa}{(n + 1)^2 + n^2\kappa^2}$$

ist,

$$\frac{1}{2}ca^2n\left\{1 - p^2 + \frac{4n\kappa^2}{(n + 1)^2 + n^2\kappa^2}\right\}.$$

Da es in Wirklichkeit nur *einen* Energiefluss gibt, so ist die Zerlegung in zwei Ströme einigermassen willkürlich. Indes, wenn wir sagen, dass der Strom $\frac{1}{2}ca^2n$ nach der Grenzfläche hinfließt, so müssen wir sagen, dass der Strom

$$\frac{1}{2}ca^2n\left\{p^2 - \frac{4n\kappa^2}{(n + 1)^2 + n^2\kappa^2}\right\}$$

von ihr zurückkehrt. Für den Reflexionskoeffizienten α_i müssen wir also setzen

$$\alpha_i = p^2 - \frac{4n\kappa^2}{(n + 1)^2 + n^2\kappa^2}.$$

Andererseits ist

$$\alpha = \left| \frac{n' - 1}{n' + 1} \right|^2 = p^2 = 1 - \frac{4n}{(n + 1)^2 + n^2 \kappa^2}$$

und wir finden also für α_i den Wert (11).

Der Wert (3) für die innere Emission führte bei Betrachtung einer beliebig dicken Schicht zu einem Resultat, das mit dem Kirchhoff'schen Gesetz im Einklang steht. Die Schicht war scharf gegen das Vakuum begrenzt. Man muss natürlich auch zu dem von dem K'schen Gesetze geforderten Resultat kommen, wenn man, wie Sie es getan haben, annimmt, dass die Übergänge so allmählig sind, dass keine nennenswerte Reflexion stattfindet.

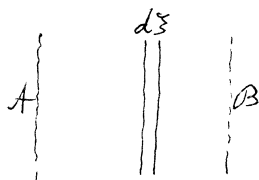
Ich stieß hier auf eine Schwierigkeit, die sich erst dadurch beseitigen liess, dass ich in dem Ausdruck (3) das Glied κ^2 vernachlässigte. Diese Vernachlässigung lässt sich nun auch motivieren.

Wenn keine Reflexion stattfinden soll, so muss die Dicke der Grenzschicht viele Wellenlängen betragen; also, wenn wir verlangen, dass die Flamme nicht alles auf sie fallende Licht absorbiert, so müssen wir annehmen, dass die Absorption auf einer der Wellenlänge gleichen Strecke sehr wenig beträgt und das erfordert einen sehr kleinen Wert von κ .

Vernachlässigen wir κ^2 und setzen also nach (2) und (3)

$$E_i = \frac{2\sqrt{\kappa n}}{c} I e_0,$$

so wird alles sehr einfach, da man bei Abwesenheit von Reflexionen die Durchlässigkeit einer beliebigen Schicht aus den in ihren einzelnen Elementen stattfindenden Absorptionen berechnen kann, wobei sich dann für beide Fortpflanzungsrichtungen die gleiche Durchlässigkeit ergibt.



Es sei nun $d\xi$ eine beliebige Schicht in einem etwa zwischen den Ebenen A und B sich erstreckenden Medium mit allmählichen Grenzübergängen; D sei der Durchlässigkeitskoeffizient für den zwischen $d\xi$ und B liegenden Teil. Offenbar ist dann für die von $d\xi$ ausgehende rechts von B bestehende Strahlung zu setzen

$$D \frac{2\sqrt{\kappa n}}{c} e_0 d\xi. \tag{12}$$

Fällt andererseits von der rechten Seite her ein Bündel von der Intensität I auf B , so ist der Teil, der bis zur Schicht $d\xi$ vordringt, DI und in der Schicht wird der Teil $DI \frac{2\sqrt{\kappa n}}{c} d\xi$ absorbiert. Das „Absorptionsvermögen“ der Schicht $d\xi$ ist also

$$D \frac{2\sqrt{\kappa n}}{c} d\xi.$$

Dividiert man (12) hierdurch, so erhält man e_0 wie es sein muss.

Auch für die ganze Flamme kann man, wenn man einmal das Kirchhoff'sche Gesetz zu Grunde legt, die Emission berechnen, indem man das Absorptionsvermögen mit e_0 multipliziert.

Die von Ihnen angeregte Frage, ob nun auch bei magnetischer Emission Resultate erhalten werden, die dem K'schen Gesetz entsprechen, scheint mir sehr interessant. Ich vermute dass dies der Fall sein wird, wenn man auch alle Unterschiede im Verhalten der Körper auf Unterschiede in den „magnetischen Grössen“ zurückführt. Wie nun aber in einem „gemischten“ Fall: elektrische Emission und eine von Eins verschiedene magnetische Permeabilität? Dann muss das Gesetz sich wohl bestätigen, da ein solcher Fall in Wirklichkeit vorkommt.

Entschuldigen Sie, dass ich Sie so lange mit Betrachtungen aufgehalten habe, die kaum etwas Neues enthalten. Sehr lieb wäre es mir, wenn ich Ihnen einmal wirklich von Nutzen sein könnte. Sie haben ja so erstaunlich viel mit dem Institut zu tun, während ich für eine längere Berechnung schon eher Zeit finden kann.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 213, note 1.

^[2]Berta's husband, Wander de Haas, was assistant of Henri du Bois at the University of Berlin from 1911 to 1913; he then moved to the Physikalisch-Technische Reichsanstalt, also in Berlin, where he worked until April 1915. On 11 July 1912 De Haas obtained his doctorate under Kamerlingh Onnes on a dissertation on the compressibility of hydrogen at low temperatures (*De Haas 1912*).

^[3]See Letters 212–216, also for the notation employed here. The remainder of this letter (except the last two paragraphs and the salutation) was published as an addendum to *Voigt 1911b* (*Lorentz 1911b*).

218. From Albert Einstein, 27 January 1911

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Zürich 27. Januar 11.

Hochverehrter Herr Prof. Lorentz!

Ich danke Ihnen herzlich für Ihren so überaus freundlichen Brief. Sie können sich kaum vorstellen, wie sehr ich mich darauf freue, Sie persönlich kennen zu lernen. Die Aussicht darauf war es auch, was mich veranlasste, die freundliche Einladung zu einem Vortrag in Leyden anzunehmen,^[1] während ich sonst solchen Gelegenheiten, wo ich „auftreten“ muss, wenn irgend möglich, aus dem Wege gehe. Neulich habe ich mit einem Freund zusammen die Auszüge Ihrer in Göttingen gehaltenen Vorträge^[2] mit grösstem Genuss gelesen. Aber da wurd es mir so recht lebhaft, was das für ein kurioses Unterfangen für mich ist, theoretische Physik nach Leyden zu tragen! Und doch beschleicht mich das Gefühl der Zaghafteit

nicht, weil ich überzeugt bin, bei Ihnen und Ihrer Umgebung Wohlwollen und nicht strenge Kritik zu finden.

Ihre und Ihrer Frau Gemahlin freundliche Einladung, bei Ihnen zu wohnen, nehme ich mit Freuden an und gestatte mir auch, meine Frau mitzubringen. Aber ich bitte Sie sehr unseretwegen keinerlei Umstände zu machen.

Den Vortrag will ich gerne, da es gewünscht wird, schon am Freitag halten.^[3] Die Hauptsache kommt aber dann erst, nämlich das Gespräch mit Ihnen über das Strahlungsproblem. Schon im Voraus beteuere ich Ihnen, dass ich nicht der orthodoxe Lichtquantler bin, für den Sie mich halten;^[4] das mag von ungenauer Ausdrucksweise in meinen Arbeiten herkommen. Ich bin riesig neugierig, bezüglich gewisser Überlegungen Ihr Urteil zu hören. In diesen unfertigen Dingen versteht man einander schwer ohne die lebendige Rede und Gegenrede.

Die Zeit unserer Ankunft werde ich Ihnen noch mitteilen. Indem ich Sie und Ihre Frau Gemahlin freundlich grüße, verbleibe ich mit nochmaligem bestem Danke

Ihr Sie aufrichtig verehrender

A. Einstein.

^[1]Einstein had been invited by the Leiden student association to give a lecture (see Albert Einstein to Heike Kamerlingh Onnes, 31 December 1910, *CPAE*, Vol. 5, Doc. 242).

^[2]*Lorentz 1910g*.

^[3]The lecture was delivered on Friday 10 February 1911.

^[4]See a similar comment in Letter 190.

219. To Woldemar Voigt, 5 February 1911

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 5 Februar 1911.

Verehrter Freund,

Ich bitte sehr es zu entschuldigen, dass ich die Korrekturen erst jetzt zurückschicke;^[1] möge die Verzögerung Ihnen nicht unbequem gewesen sein. Was die Publikation meines „Zusatzes“ betrifft, so bin ich selbstverständlich damit ganz einverstanden, obgleich sie auch hätte unterbleiben können, da meine Betrachtungen nach den Ihrigen kaum etwas Neues enthalten.

Ich habe auch Ihren Artikel gelesen und einige Druckfehler, die mir auffielen, verbessert.

Wäre es nicht gut, S. 6 (nahe der Mitte) die Worte „nach H. Lorentz“ zu streichen? Sie sind doch, was die dort in Rede stehende Frage betrifft, mit mir einverstanden, und es handelte sich nur um einen lapsus calami Ihrerseits. Ferner möchte ich Sie bitten, S. 15, Z. 3, das Wort „neuerdings“ zu streichen. Die betreffende Arbeit ist nämlich von 1905;^[2] ich trage wohl selbst die Schuld daran, dass sie Ihnen

entgangen war, denn ich fürchte versäumt zu haben, die Separate zu versenden. Ich füge jetzt einen Abzug bei.

In der zweiten Zeile Ihrer Gleichung 33) soll wohl den Faktor ρ_i hinzugefügt werden, und auf S. 13 vermisste ich eine Fussnote, obgleich Z. 8 v.u. ein 1) steht.

Mit grossem Interesse sah ich die Resultate der experimentellen Untersuchung und ganz besonders frappte mich das Maximum der Wirkung bei einer gewissen Feldstärke.^[3] Das ist höchst merkwürdig und ebenso das ungleiche Verhalten verschiedener Linien.

Zwei Punkte in der Beschreibung der Versuche sind mir nicht ganz klar, aber das wird an mir liegen. Erstens, war (p. 16) die optische Axe des Kalkspatkeils nicht unter 45° geneigt; und zweitens, kann man eine so einfache Formel wie $A_p/A_s = (\tan\varphi)/(\tan\varphi_0)$ (S. 18)^[4] anwenden?

Haben Sie auch besten Dank für die freundliche Zusendung der Arbeit über die Konzentrationsänderungen im Magnetfelde.^[5] Das ist schon wieder eine recht erfreuliche Bestätigung einer theoretischen Folgerung.

Ich bedauere es immer sehr, dass Sie mit den Arbeiten im Institut so überbürdet sind; könnten Sie nur einen Teil davon einem anderen überlassen. Aber ich fürchte, dass dies einstweilen zu den *pia vota* gehören wird, und es würde gewiss auch schwer halten, Einen zu finden, der Sie würdig vertreten könnte. Wäre es Ihnen aber möglich, sich einige Ruhe zu verschaffen (und sich die dann auch zu gönnen), so würden sich alle Ihre Freunde gewiss sehr darüber freuen.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Mit lebhafter Genugtuung las ich die Besprechung Ihrer Kristallphysik in der *Phys. Zeitschr.*^[6]

^[1]The proofs of *Voigt 1911b* (including the addendum by Lorentz).

^[2]*Lorentz 1905n*.

^[3]Lorentz refers to the measurements of the influence of a magnetic field on the polarisation of certain spectral lines.

^[4] A_p and A_s are the amplitudes of the electric component of the emitted light parallel and perpendicular to the magnetic field, respectively; $\varphi - \varphi_0$ was read off on the polarimeter. In the published paper this formula has been replaced by a less simple one. All of Lorentz's other remarks in this letter were incorporated in the paper as well (see also Letter 221).

^[5]*Voigt 1910b*.

^[6]Felix Auerbach published a favorable review of *Voigt 1910a* in *Physikalische Zeitschrift* 12 (1911): 118–119.

220. From Albert Einstein, 15 February 1911

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Zürich. 15.II.11.

Hoch geehrter Herr Prof. Lorentz!

Nun sitze ich wieder hier in meiner Klausur, erfüllt von der schönsten Erinnerung an die wunderschönen Tage, die ich in Ihrer Nähe zubringen durfte.^[1] Ich danke Ihnen und Ihrer hoch geehrten Familie von ganzem Herzen dafür, dass Sie uns beide mit so viel Herzlichkeit aufgenommen haben. Es strahlt von Ihnen so viel Güte und Menschenfreundlichkeit aus, dass während meines Aufenthaltes bei Ihnen nicht einmal die quälende Überzeugung sich entwickeln konnte, dass mir so viel Güte und Auszeichnung unverdient zuteil wird. Hoffentlich hat sich Ihre geehrte Frau Gemahlin längst wieder erholt von den allzugrossen Anstrengungen, die sie sich leider unsererwegen auferlegt hat; ich bitte Sie, mich von Ihrem Wohlergehen durch eine kurze Notiz auf einer Postkarte zu benachrichtigen.

Nicht minder danke ich Ihnen für die bedeutenden wissenschaftlichen Anregungen, die Sie mir haben zuteil werden lassen. Am wunderbarsten erschien mir die Überlegung, an der Sie mich Samstag Abend teilnehmen liessen, als bereits alle Physiker wieder fort waren. Sehr bedeutsam war auch, was ich von Herrn Kamerlingh Onnes und von Herrn Keesom gehört habe.^[2] Hoch wichtig scheinen die Beziehungen zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Temperatur werden zu wollen.^[3] Wenn nur nicht immer die Schwierigkeit hereinkäme, dass man nicht weiss, ob man die Aenderung der elektrischen Leitfähigkeit hauptsächlich auf Aenderung der Zahl oder auf Aenderung der freien Weglänge der Elektronen oder auf beides zurückführen soll. Aber ich hoffe zuversichtlich, dass es Euch bald gelingen wird, die Schwierigkeiten zu überwinden.

Ich habe auch die Stelle der Oszillator-Abhandlung nachgesehen, wo der Faktor $\frac{1}{2}$ fehlte.^[4] Es handelte sich diesmal Gott sei Dank nur um einen Schreibfehler, indem der Zahlenfaktor in der Folge wieder richtig ist. Zu unseren Gesprächen über die Quanten bei der Oszillation materieller Gebilde möchte ich noch eine Kleinigkeit nachholen. Die prozentische Schwankung der Temperatur eines Körpers ist^[5]

$$\frac{\sqrt{\tau^2}}{T_0} = \sqrt{\frac{R}{N}} \cdot \frac{1}{\sqrt{c}},$$

wenn c die Wärmekapazität bedeutet. Dies gilt also auch für einen Teil eines festen Körpers, wenn c die W. Kap. dieses Teiles ist. Die relative Schwankung der thermischen Energie erfüllt, wenn dieser Teil sich nach Art eines aus n Planck'schen Resonatoren bestehenden Gebildes verhält, d.h. wenn seine thermische Energie durch die Formel

$$E = \frac{nh\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

gegeben ist, die Beziehung^[6]

$$\frac{\overline{\Delta E^2}}{E^2} = \frac{h\nu}{E} + \frac{1}{n}.$$

Das zweite Glied müsste nach der statistischen Mechanik allein stehen. Das erste dominiert, wenn der Energie-Inhalt klein ist; es ist dann die relative Schwankung des Energie-Inhaltes davon unabhängig, auf wieviele Resonatoren (schwingende Atome) dieser Energieinhalt verteilt ist. Wenn also die spezifische Wärme sich wirklich der Theorie gemäss ergibt, so zwingt uns das Boltzmann'sche Prinzip dazu, auch im Innern fester Körper jene höchst ungleichmässige Verteilung der Energie anzunehmen.

Es dankt Ihnen nochmals von Herzen

Ihr Sie verehrender

A. Einstein.

^[1]Einstein visited Leiden and gave a lecture on 10 February, probably on fluctuations. See *CPAE*, Vol. 3, Doc. 19, for possible notes for the lecture; see also Letter 218.

^[2]Willem Hendrik Keesom (1876–1956) was *Conservator* of the Physics Laboratory of the University of Leiden, of which Heike Kamerling Onnes was Director.

^[3]Kamerlingh Onnes had just started a series of experiments on the electrical conductivity of metals at very low temperatures that would eventually lead to the discovery of superconductivity. See, e.g., *Dahl 1984* for a historical account.

^[4]Perhaps in *Einstein and Hopf 1910*.

^[5]In the equation below $\tau = T - \bar{T}$, where the bar denotes the average.

^[6]Cf. *Einstein 1909a* and *Einstein 1912d*.

221. From Woldemar Voigt, 26 February 1911

Handwritten letter.

Göttingen, den 26.2.11.

Lieber und verehrter Freund!

Hier kommt endlich der Abdruck der kleinen Arbeit,^[1] über die ich Ihren Rat erbeten hatte.^[2] Sie werden sehen (S. 18), dass für die Berechnung der Beobachtungen ganz verständig verfahren ist. In meinem elenden Zustande war das mir aber entfallen ebenso wie die richtige Orientierung des Kalkspatkeiles, an die Sie seiner Zeit erinnerten. Die Abfassung der Kristallphysik *neben* der angestregten Tätigkeit im Institut ist eben *zu viel* für mich gewesen, zumal bei Ausfall einer genügenden Ruhezeit im Sommer!^[3]

Ich habe schon vor Jahren einige Male eine solche Periode der Überarbeitung gehabt, besonders 1899; aber dieses Mal ist es doch besonders schlimm. Die Arbeit wird mir furchtbar schwer and muss doch getan werden. —

Von den andern Abhandlungen, die ich beilege, giebt die eine die Theorie zu Beobachtungen an Rowland-Gittern,^[4] über die einer meiner Schüler jetzt in der Physikal. Zeitschrift berichten wird.^[5] Die andere ist zusammen von meinem II. Assistenten und einer Schülerin ausgeführt.^[6] Es handelt sich um eine Methode, bei äusserst dünnen Metallschichten die Dicke und die optischen Konstanten *gesondert* zu bestimmen. Die Werte der letzteren finden sich für dünnste Silberschichten *ganz anders*, als für dichtes Metall oder dicke Schichten. Wir verfolgen dies interessante Resultat noch weiter.

Am 6. März schliesst das Semester; am 15. ca. hoffe ich fort zu kommen.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]*Voigt 1911b.*

^[2]See Letter 219.

^[3]*Voigt 1910a.* Cf. Letters 199 and 207.

^[4]*Voigt 1911a.*

^[5]See *Brotherus 1911.*

^[6]See *Galli and Försterling 1911.*

222. From Wilhelm Wien, 12 April 1911

Handwritten letter in German script.

Aachen, den 12/4/11

Lieber Herr Kollege!

Meine Frau und ich wollen in der nächsten Woche eine kleine Reise durch Holland machen und wir werden bei dieser Gelegenheit meine Drohung Sie zu besuchen wahr machen. Wir würden uns sehr freuen wenn wir Sie zu Hause finden würden. Wir werden am Donnerstag den 20 April am Nachmittag vom Haag kommend in Leiden ankommen und am Freitag gegen Mittag nach Haarlem und Amsterdam weiterfahren. Von hier reisen wir am Montag den 17 April ab. Ich freue mich sehr mit Ihnen wieder einmal wissenschaftlich zu diskutieren (vielleicht über das Haassche Modell?^[1]).

Mit besten Grüssen

Ihr

W. Wien

^[1]The atomic model of Arthur Erich Haas (1884–1941), in which a negatively charged atom moves in a circular orbit within or on the surface of a positively charged sphere of radius a . Haas succeeded in expressing Planck's constant in a and other fundamental constants. See *Haas 1910a, 1910b, 1910c*; see also *Hermann 1969* and *Kuhn 1978* for historical discussions.

223. From Woldemar Voigt, 19 May 1911

Handwritten letter.

Göttingen, den 19.V.11.

Verehrter Herr College und Freund!

Gestern Abend, als wir gerade in der Ihnen bekannten Weise Collegen und Schüler zur Begrüßung von Michelson in unserm Hause hatten,^[1] traf Ihr freundliches Telegramm ein;^[2] meine Frau und ich genossen dasselbe in Stille und Heimlichkeit als eine besondere Weihe des Abends.

Und nun am Morgen, wo ich dazu komme, Ihnen zu schreiben, drängt es mich Ihnen zu sagen, *wie tief* Ihre Güte und die freundliche Gesinnung Ihrer Herrn Collegen mich rührt. Ich fühle ja im Innern immerzu drückend, wie wenig ich zu leisten vermag, und wenn ich am Abend müde auf den Tag zurücksehe, und mir klar mache, mit wie *untergeordneter* Arbeit er verbracht ist — Verhandlungen mit den Schülern über elementare theoretische und technische Fragen — so kommt mir meine Tätigkeit so subaltern vor. Ich schrieb noch kürzlich an Planck: während er mit Anderen — mit *Ihnen* insbesondere — sich im reinen Aether der allgemeinsten Fragen bewegte, wühlte ich als Maulwurf in der Erde nach kleinen Spezialitäten.

Nun kommt mir von Ihnen und Ihren Collegen die Versicherung, dass Sie meine Arbeit für nützlich halten, und das ist mir eine hohe Freude und Ehre für die ich Ihnen von ganzem Herze danke. —

Lassen Sie mich diesem Dank meinen warmen Glückwunsch zur Verlobung Ihrer lieben zweiten Tochter anschliessen,^[3] den zu schreiben ich im Drange der Arbeit immer verschob und nehmen Sie mit den Ihrigen die herzlichsten Grüsse von Ihrem treu ergebener

W. Voigt

^[1]Albert Michelson spent the summer of 1911 in Göttingen as Wolfskehl professor. See, e.g., *Livingston 1973*, pp. 254–258, and *Born 1978*, p. 146.

^[2]The telegram presumably brought the news of Voigt's election as foreign member of the Royal Dutch Academy of Sciences, which had been officially confirmed by the Minister of Education on 16 May 1911 (see *Verst. Kon. Ak. Wet.* 20 (1911–12): 2).

^[3]Johanna Wilhelmina (Hannie) Lorentz became engaged to and married H.C. Leemhorst, who later became Mayor of the town of Hoorn in the Dutch province of North-Holland.

224. To Wilhelm Wien, 29 July 1911

Handwritten letter (private collection).

Baarn (Holland), 29 Juli 1911.

Hochgeehrter Herr Kollege,

Ich erlaube mir, Ihnen anbei für die Annalen eine Arbeit von Dr. Julius Suchy in Prag über den Anteil der Wärmestrahlung an der Wärmeleitung zu schicken.^{*[1]} Dieselbe ist während eines Aufenthaltes des Verfassers in Leiden entstanden, und enthält, obgleich er das Thema keineswegs erschöpft hat, einige interessante Betrachtungen, so dass es mir sehr lieb wäre, wenn Sie die Abhandlung in die Annalen aufnehmen könnten. Die Richtigkeit der mathematischen Entwicklungen kann ich verbürgen.

Ich schicke dies nach Würzburg, obgleich Sie vielleicht schon nach Mittenwald abgereist sind. Jedenfalls hoffe ich, dass Sie dort mit den Ihrigen eine schöne Ferienzeit zubringen werden und dass Sie dann nachher, Ende Oktober, nach Brüssel kommen. Es wird mich ganz besonders freuen, wenn Sie sich an der Diskussion in dem von Herrn Solvay eingeladenen „Conseil“ beteiligen.^[2]

Mit herzlichen Grüßen von uns beiden, auch an Ihre Frau Gemahlin
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See *Suchy 1911* for the published version.

^[2]The first Solvay Conference, which took place from 30 October to 3 November 1911. It was an initiative of Walther Nernst, who persuaded the Belgian industrial Ernest Solvay to convene (and finance) a meeting of a select group of physicists to discuss the latest developments and problems in quantum theory and radiation theory. Lorentz presided the meeting. See *Solvay 1912* for its proceedings; see also *Mehra 1975* for historical background and the organization of subsequent Solvay Conferences.

225. From Wilhelm Wien, 3 August 1911

Handwritten letter.

Mittenwald 3/8/11

Lieber Herr College!

Ich danke Ihnen bestens für die Uebersendung der Arbeit des Herrn Suchy^[1] und spreche Ihnen meine Freude darüber aus etwas von Ihrer wissenschaftlichen Arbeit für die Annalen erhalten zu haben. Ich darf wohl hoffen nächstens auch etwas aus Ihrer Feder zu bekommen und ich würde gern die Abhandlungen, welche

*eingeschrieben

in der Amsterdamer Akademie erschienen sind, von Ihnen erhalten um sie für die Annalen übersetzen zu lassen.

Nach Brüssel komme ich natürlich gern.^[2] Wir können dann gründlich diskutieren und ich freue mich schon auf die wissenschaftlichen Gespräche mit Ihnen. Das Energieelement werden wir wohl nicht ganz aufklären aber in dieser offenbar äusserst schwierigen Frage kann man wohl nur auf Erfolg rechnen wenn man mit vereinten Kräften vorgeht.

Ich wünsche Ihnen gute Ferien!

Herzliche Grüsse von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

^[1]See Letter 224.

^[2]See Letter 224, note 2.

226. From Woldemar Voigt, 4 October 1911

Handwritten letter.

Göttingen, den 4.X.11.

Verehrter Freund und College!

Nehmen Sie unsern herzlichen Glückwunsch zur Geburt Ihres ersten Enkelkindes, dessen Ankunft uns die heute erhaltene Karte meldet.^[1] Möge der Knabe kräftig heranwachsen und seinem Grossvater Lorentz immer Ehre machen — ich wüsstest ihm nichts Besseres zu wünschen! Und möchte die junge Mutter sich von den Anstrengungen der Entbindung schnell und völlig erholen und eine so heitere und glückliche Mutter werden, wie wir die liebe Grossmutter Lorentz kennen.

Ihnen beiden aber wünschen wir, dass Sie sich in der neuen Würde nur um so *jünger* fühlen möchten.

Ich benutze die Gelegenheit, um Ihnen ein Weniges von uns zu erzählen.

Auf Wunsch meiner Kollegen habe ich noch ein Mal das Rektorat der Universität übernommen und bin seit dem 1. Sept. in dem neuen Amte, das ich das erste Mal 1893/4 führte. Unsere Sommerreise musste daher im *August* stattfinden, und wir waren nur 10 Tage in Evolenn (Wallis), da mir die Hitze eher nach Haus trieb, als wir beabsichtigt hatten. Am 3. Sept. musste ich dann zum Jubiläum nach Kristiania,^[2] fuhr dann am 8. nach Bergen und kreuzte vom 9. bis 12. die Nordsee, um vom 12.–15. bei dem Jubiläum in St. Andrews die Universität zu vertreten;^[3] d. 16. und 17. benutzte ich zur Heimreise. Sie sehen, das war eine ziemlich anstrengende Partie. Aber sie hat auch viel Interessantes gebracht, und ich denke mit Vergnügen zurück.

Hier kam ich dann sogleich tüchtig in die Arbeit. Neben dem Rektorat nimmt mich der Abschluss der Untersuchungen mehrerer Schüler im Institut in An-

spruch; ausserdem muss ich für die Vorbereitung *neues* Sorge tragen, da wieder neue Gäste angemeldet sind. Mit vieler Mühe habe ich die Anschaffung eines neuen Michelsonschen Plan-Gitters und dessen Montierung zu einem Autokollimationsspektroskop mit UV-Objektiv ermöglicht, das nun als ein stigmatisches Instrument die Möglichkeit geben soll, die Begleiterscheinungen des Zeeman-Effektes noch genauer zu studieren. Ich erhoffe schöne Resultate von dem Instrument.^[4]

Meine Frau ist zum Glück wohl und sieht den Anstrengungen des Rektorjahres mutig entgegen. In den Kinderhäusern geht es auch gut; die Zahl der Enkel ist auch noch die alte: 12.

Mit lebhaftem Interesse gedenken wir der lieben Freunde in Holland. Bitte, grüssen Sie ausser den Ihrigen Onnes und Zeeman nebst Frau herzlich von uns.

Treulich immer

Ihr

W. Voigt.

^[1]Albert de Haas, son of Berta Lorentz and Wander de Haas.

^[2]The centenary celebration of the University of Kristiania (now Oslo) took place from 4 to 10 September 1911. See *Nature* 87 (1911): 384–385.

^[3]The 500th anniversary of St. Andrews University was celebrated from 12 to 15 September 1911. See *Nature* 87 (1911): 385–388.

^[4]See, e.g., *Voigt and Hansen 1912* for some early experimental results.

227. To Wilhelm Wien, 5 October 1911

Handwritten copy, in the hand of Mrs. Lorentz.

Leiden, 5.10.1911.

Lieber Herr Kollege,

Es wird mir sehr lieb sein in Brüssel mit Ihnen, Planck und Sommerfeld in demselben Hôtel zu wohnen.^[1] Ich bin aber dort nicht bekannt und möchte daher Ihnen die Wahl eines Gasthofes überlassen. Wenn Sie mir einige Tage vorher mitteilen wollen, wo Sie zu wohnen gedenken, so werden Sie mir viel Vergnügen machen. Ich bestelle dann ein Zimmer in demselben Hause.

Mit herzlichen Grüssen von uns beiden, auch an Ihre Frau Gemahlin, und in der Hoffnung Sie in Brüssel in guter Gesundheit zu sehen

Ihr treu ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 224, note 2. Eventually, all participants stayed at the recently opened luxury hotel Metropole.

228. From Albert Einstein, 23 November 1911

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Prag. 23.XI.11

Hoch verehrter Herr Professor Lorentz!

Ich schreibe Ihnen diesen Brief mit schwerem Herzen, wie einer, der seinem Vater eine Art Unrecht zugefügt hat. Die Entscheidung, die ich zu treffen hatte, wurde mir sehr schwer.^[1] Ich gestehe Ihnen jetzt offen, dass es mir eine Hauptsorge gewesen ist, dass ich nicht wusste, ob es Ihnen recht sei, wenn ein Ausländer nach Utrecht käme. Sie direkt fragen konnte ich doch nicht, und sonst hätte mir es auch niemand sagen können. Dazu kam, dass ich der Überzeugung bin, dass der junge Debije, der ja Holländer ist, mir an Begabung mindestens gleichkommt.^[2]

Sie fühlen es sicher, dass ich eine unbegrenzte Verehrung für Sie fühle. Wenn ich gewusst hätte, dass Sie es wünschen, dass ich nach Utrecht gehe, so wäre ich hingegangen. Aber es ist doch begreiflich, dass ich es nicht wagte, Sie zu fragen.^[3] So bleibt mir nun nur eines: Ich bitte Sie inständig, mir meine Handlungsweise nicht übel zu nehmen! Ich bin genug dadurch gestraft, dass es mir nun versagt ist, häufiger mit Ihnen zusammenzutreffen. Aber ich will, wenn Sie mir trotz des Vorgefallenen Ihre freundliche Gesinnung bewahren wollen, von Zeit zu Zeit nach Holland fahren, um mit Ihnen zu sprechen. Auch bitte ich Sie, wenn Sie mit Ihrer wertvollen Familie in die Schweiz kommen, mir die grosse Freude zu machen, meine Gäste zu sein.

Physikalisch weiss ich wenig Neues. Die Rotationsbewegung des Dipols im Strahlungsfelde lässt sich unter der Voraussetzung der Gültigkeit der Mechanik für diesen Fall leicht durch einen Kunstgriff finden. Nach Ihrer allgemeinen Untersuchung müsste ja bei Gültigkeit der Mechanik unter Zugrundelegung des Jeanschen Gesetzes die Maxwell'sche Verteilung herauskommen. Für diesen Fall ergibt sich also aus dem leicht zu berechnenden Emissionskoeffizienten der Absorptionskoeffizient für jede Frequenz aus Kirchhoffs Gesetz. Nachdem man so die Abhängigkeit des Absorptionskoeffizienten von der statistischen Verteilung der Dipole kennen gelernt hat, lässt sich mit Hilfe der nunmehr bekannten Gesetze der Absorption (und Emission) leicht das statistische Gesetz der Dipole finden, das zu Plancks Strahlungsformel gehört. Ich glaube aber nicht an die Richtigkeit des so sich ergebenden Resultates, weil die Gesetze der Mechanik für das rotierende Dipol wohl nicht gelten dürften. Oder anders ausgedrückt: eine Gesamtheit von starren Dipolen wird wohl in einem Jeans'schen Strahlungsfelde *nicht* sich nach Maxwells Gesetz verteilen. —

Mit dem Fall der gedämpften Resonatoren bin ich beschäftigt; es ist eine ziemliche Rechnerei. Der schon in Brüssel erwähnte Fall der Elektronen im Magnetfelde ist interessant, aber nicht so sehr, wie ich in Brüssel meinte. Elektronen in einem örtlich veränderlichen Magnetfelde sind Oszillatoren mit veränderlicher Frequenz. Vernachlässigt man die Strahlung, so ergibt die statistische Mechanik das Verteilungsgesetz an jedem Orte, wenn es an *einem* Orte bekannt ist. Ist dieser

Ort feldfrei, so herrscht dort Maxwells Verteilung; daraus schliesst man, dass diese überall herrschen müsse. Dies führt natürlich zu Jeans' Formel. Immerhin scheint mir die Sache zu zeigen, dass die Mechanik schon für das im Magnetfeld bewegte Elektron nicht gelte. Ich sage Ihnen dies als Argument gegen die Ansicht, dass die Gültigkeit der Mechanik da aufhöre, wo mehr als 2 Dinge in Wechselwirkung miteinander treten. Die h -Krankheit sieht überhaupt immer hoffnungsloser drein. Immerhin glaube ich, dass noch am ehesten die rein mechanische Seite sich aufklären lassen sollte.

Noch einmal bitte ich Sie von Herzen, mir Ihre freundliche Gesinnung zu bewahren. Sie können sich kaum vorstellen, wie peinlich mir der Gedanke ist, Sie erzürnt oder gar betrübt zu haben. Wenn Sie mir auf diesen Brief nicht antworten, so nehme ich an, dass Sie ohne die leiseste Verstimmung mir gegenüber empfinden. Wenn Sie mir aber irgendwie zürnen, so bitte ich Sie sehr, mir es zu sagen, damit ich mich bemühen kann, mir Ihre freundlich Gesinnung wieder zu erwerben.

Mit den besten Grüßen an Sie, Ihre Frau Gemahlin und Ihre Kinder (auch von meiner Frau) verbleibe ich

Ihr Sie verehrender

A. Einstein.

^[1]In August 1911 Einstein (who at the time was professor of physics at the German University in Prague) was invited to succeed Cornelis Harm Wind, who had died on 11 August 1911, as Professor of Mathematical Physics at the University of Utrecht. After some hesitation Einstein decided to decline. The fact that his appointment at the Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) in Zurich was already being discussed probably influenced his decision. See also the correspondence between Einstein and the Utrecht physicist Willem Julius (who represented the Utrecht University) from this period in *CPAE*, Vol. 5.

^[2]In April 1912 Peter Debye became Wind's successor in Utrecht.

^[3]Lorentz and Einstein had discussed the Utrecht vacancy in Brussels at the first Solvay Conference at which Einstein was one of the participants, but there seems to have been a misunderstanding between the two. See also Letter 232.

229. From Emil Wiechert, 28 November 1911

Typed letter.

Göttingen 28.11.1911.

Hochgeehrter Herr Kollege!

Verzeihen Sie freundlichst, dass ich Sie mit einer Bitte belästige. Meine neuere Arbeit über Relativitätsprinzip und Aether wird,^[1] wie es scheint, noch weitere Diskussionen zur Folge haben. Herr Laue hat mir eine Arbeit vorlegen lassen, die sich gegen meine Arbeit richtet. Ob er sie wird drucken lassen, weiss ich freilich noch nicht, doch ist das vermutlich der Fall.^[2] Jedenfalls möchte ich selbst auf den

Gegenstand noch einmal zurückkommen. Unter diesen Umständen sind mir einige historische Daten von Wert; so zum Beispiel spricht Herr Laue von dem Einstein'schen „Additionsgesetz der Geschwindigkeiten“, von dem Einstein'schen „Experiment mit den 2 Uhren“ etc. etc. Nun kenne ich von Ihnen aus jener Zeit die Arbeit Arch. neerl. 25, 363, 1892, das in Leiden 1895 erschienene Buch, und die Arbeit Proc. Amsterdam 1904 p. 809.^[3] Giebt es wohl noch andere Arbeiten, die für die Relativitätstheorie in Betracht kommen? Ich wäre sehr dankbar, wenn Sie mir einen eventuellen kurzen Hinweis geben wollten. — Ist es sehr unverschämt, wenn ich ausserdem noch frage, ob ich von diesen älteren Arbeiten (ausser dem Buch, was in meinem Besitz ist) Separatabzüge haben könnte?

Mit allerbesten Grüßen bin ich in vorzüglicher Hochachtung

Ihr ganz ergebener

E. Wiechert

^[1]Wiechert 1911, in which it is argued that the possibility of superluminal velocities in the framework of an ether-based theory may provide empirical support for the existence of the ether.

^[2]The paper was published as *Laue 1912a*. Laue concludes that the question of the existence of the ether is a philosophical one, which must be debated using philosophical methods. Max Laue (1879–1960) was *Privatdozent* in physics at the University of Munich.

^[3]*Lorentz 1892f, 1895b, and 1904d*, respectively.

230. To Wilhelm Wien, 30 November 1911

Leiden, 30 November 1911.

Lieber Herr Kollege,

Mit grosser Freude habe ich die Nachricht vernommen, der Nobelpreis für Physik sei Ihnen für dieses Jahr verliehen und ich spreche Ihnen zu dieser so wohlverdienten Auszeichnung meine herzlichsten Glückwünsche aus. Wie ich höre, hat man zwar auch an manche andere Ihrer Errungenschaften, aber doch in erster Linie an Ihr Verschiebungsgesetz gedacht, und das ist auch ganz richtig, denn dieses Gesetz wird auf alle Zeiten eine wahre Perle der theoretischen Physik bleiben.^[1] Ich hoffe von ganzem Herzen, dass es Ihnen vergönnt sein möge, auch in Zukunft unsere Wissenschaft mit wichtigen neuen Tatsachen und Gesichtspunkten zu bereichern, und manches Rätsel zu lösen. Eine Hoffnung, die ich auch mit gutem Vertrauen ausspreche, da Sie mit Ihren Gaben und auf der Höhe Ihrer Arbeitskraft noch so viel Schönes tun können.

Im Auftrag meiner Frau muss ich Sie versichern, dass auch sie sich sehr über die Ihnen zu Teil gewordene Anerkennung freut, und wir bitten Sie, unsere besten Glückwünsche Ihrer Frau Gemahlin zu übermitteln. Sie gehen doch zusammen nach Stockholm? Meine Frau hat mich damals begleitet und wir haben recht schöne Erinnerungen an unsere Woche in Schweden.

Von den Anstrengungen in Brüssel^[2] haben Sie sich hoffentlich erholt. Ich habe es fast bereut, so oft das Wort ergriffen zu haben, denn ich hatte nach meiner Heimkehr alle diese Bemerkungen zu redigieren.^[3] Glücklicherweise bin ich seit einer Woche damit fertig und denke ich also jetzt mit ungemischter Freude an unseren Konferenz zurück. Ich habe das Gefühl, dabei viel gewonnen zu haben, und ich bedaure nur, dass ich wegen der Präsidenz nicht noch mehr von dem persönlichen Umgang mit Ihnen und anderen Fachgenossen habe geniessen können.

Hier fand ich viel Arbeit und so bin ich noch kaum dazu gekommen, mich mit der Ausarbeitung eines Planes für die von Herrn Solvay beabsichtigte Stiftung zu beschäftigen.^[4] Ich hoffe indes jetzt Hand daran zu legen und werde versuchen, diese Angelegenheit in nicht zu langsamem Tempo zu behandeln.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Wien was awarded the Nobel Prize “for his discoveries regarding the laws governing the radiation of heat.”

^[2]At the Solvay Conference. See Letter 224, note 2.

^[3]The discussion remarks were included in the proceedings (*Solvay 1912*).

^[4]On 1 May 1912 the Institut International de Physique was established, with the aim to encourage and finance research in physics, and organize Conseils de Physique like the one held in Brussels in 1911. See *Mehra 1975* for historical background.

231. From Wilhelm Wien, 2 December 1911

Handwritten letter.

Würzburg 2/12/11

Lieber Herr Kollege!

Sie haben mir durch Ihre herzlichen Glückwünsche und die freundliche Beurteilung meiner Arbeiten eine sehr grosse Freude gemacht und ich danke Ihnen bestens dafür.^[1] Gerade die Anerkennung, die sich in den Glückwünschen der holländischen Collegen ausspricht, ist mir besonders werthvoll, denn ein Ausspruch Ciceros, von dem ich sonst nur wenig behalten habe, sagt dass es nur Werth habe „laudari a laudatis“^[2] und das trifft hier besonders zu. Im übrigen ist es mir doch so wie vielen andern gegangen, dass das, was ich wirklich geleistet habe, in argem Missverhältnis steht zu dem, was ich anstrebte, sodass ich sehr weit davon entfernt bin mit mir zufrieden zu sein.

Aber die Anerkennung, die ich jetzt wieder bei meinen Fachgenossen finde, wird mir ein neuer Ansporn sein meine Kräfte zur Förderung der Wissenschaft anzuspannen. Allerdings vermag der gute Wille nicht allein Werthvolles hervorzu bringen und das übrige, was dazu nöthig ist, muss wohl als eine gute Gabe dazu kommen.

Ihrer Frau Gemahlin danken wir beide herzlich für ihre Antheilnahme. Wir werden beide nach Stockholm gehen, die dortigen Collegen haben sehr freundliche Einladungen an uns ergehen lassen und wir freuen uns schon sehr auf die Reise.

An die Brüsseler Tage denke ich auch mit grosser Freude zurück. Ich habe auch sehr viele Anregungen dort empfangen und trage jetzt in einem Privatissimum meinen Schülern die in Brüssel diskutirten Fragen vor. Die Redaktion der Diskussionen hatte ich glücklicherweise schon dort beendet.

Die neue Solvaysche Stiftung^[3] kann sicherlich noch grossen Nutzen stiften. Es ist nicht ausgeschlossen dass ich selbst diese Stiftung für meine experimentellen Arbeiten angehen werde. Die Ansprüche an die Apparate wachsen jetzt so schnell, dass es auch für die gut eingerichteten Laboratorien sehr schwer ist ganz mitzukommen.

Hoffentlich vergeht nicht eine zu lange Zeit bis wir uns einmal wieder sehen und sprechen können.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr getreuer

W. Wien

^[1]See Letter 230.

^[2]Litterally: "To be praised by the praised ones." Wien is conflating two quotations: The Latin proverb "Turpe est laudari ab illaudatis" ("It is dishonorable to be praised by those who are not themselves praised"), and a quotation from Cicero's *Epistulae ad familiares* (XV, V, 1): "Ea est enim profecto iucunda laus, quae ab iis profiscitur, qui ipsi in laude vixerunt" ("For that praise is truly agreeable, that is given by those who themselves live in praise").

^[3]See Letter 230, note 4.

232. To Albert Einstein, 6 December 1911

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Leiden, 6 Dezember 1911.

Lieber Herr Kollege,

Nach dem, was Sie in Ihrem letzten Brief^[1] sagten, haben Sie aus dem Umstande, dass ich ihn noch nicht beantwortete, bereits geschlossen, dass für mein Gefühl der Lauf, den die Utrechter Angelegenheit genommen hat, auch nicht den leisesten Schatten auf unser gegenseitiges Verhältnis wirft. Indes möchte ich Ihnen dies noch einmal nachdrücklich sagen. Ich bin fest überzeugt, dass Sie den Weg eingeschlagen haben, den Sie für den richtigen halten mussten, und es kann gar nicht die Rede davon sein, dass Sie mich betrübt hätten.

Dies schliesst nicht aus, dass mich das Resultat Ihrer Unterhandlungen mit der Utrechter Fakultät wirklich sehr betrübt, aber daran sind Sie nicht Schuld; nur das

Schicksal, das uns nun einmal nicht günstig hat sein wollen. Hätte ich Ihnen nur gleich am Anfang geschrieben. Das ging aber nicht, weil man in Utrecht, wie das im Allgemeinen auch ganz richtig ist, sehr verschlossen war. Ich habe infolgedessen nur vermutet, aber nicht gewusst, dass man sich mit Ihnen in Verbindung gesetzt hatte. Eben weil ich es vermutete, habe ich am Tage vor meiner Abreise nach Brüssel Julius gesagt^[2] (wir sahen uns in der Akademiesitzung), ich würde in Brüssel mit Ihnen zusammentreffen. Ich hoffte in dieser Weise die Erlaubnis zu bekommen, und die erhielt ich dann auch sofort, mit Ihnen über den Ruf nach Utrecht zu sprechen, natürlich in der Absicht, womöglich dazu mitzuwirken, dass Sie ihm folgten. Wäre es mir dann weiter nur gelungen, mich Ihnen gegenüber besser auszudrücken, oder hätte ich nachher bevor es zu spät war, etwas von Ihren Skrupeln gehört; da hätte ich wenigstens versuchen können, sie zu beseitigen.

Indes will ich in dieser Weise mit diesen „hätte“ und „wäre“ nicht fortfahren; das nützt uns ja gar nichts. Wie ich bereits sagte, will ich mich damit trösten, dass Sie auch in Zürich schönes leisten können. Folgen Sie frohen Herzens und mit gutem Mute Ihrem neuen Rufe. Was mich betrifft, so hoffe ich von ganzem Herzen, dass Sie mit den Ihrigen in Zürich recht glücklich sein werden, und wenn Sie uns neue Ansichten in unserer Wissenschaft öffnen werden, so wird mir das zu einer meiner grössten Freuden gereichen. Ganz besonders lieb wird es mir aber sein, wenn wir, sei es in Ihrem Hause, sei es in dem unsrigen, wieder einmal gehörig diskutieren können.

Mit herzlichen Grüssen von uns beiden, auch an Ihre Frau Gemahlin,
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Ich habe Sie auf einem Rechenfehler erappt. Nämlich 25 francs = 12 Fl. holländisch, und Sie haben mir Fl. 15,09 geschickt. Ich schicke Ihnen daher Fl. 3. zurück.^[3]

^[1]Letter 228.

^[2]Willem Julius conducted the negotiations with Einstein on behalf of the University of Utrecht.

^[3]Cf. Letter 234.

233. To Albert Einstein, 8 December 1911

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Leiden, 8 Dezember 1911.

Lieber Herr Kollege,

Ich möchte doch gern wissen, inwiefern es jetzt feststeht, dass Sie nach Zürich

gehen. Wenn Sie mir das bald sagen wollen, so werden Sie mich zu vielem Dank verpflichten .

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

234. From Albert Einstein, 12 December 1911

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Prag. 12.XII.11

Hoch verehrter Herr Prof. Lorentz!

Ich danke Ihnen bestens für Ihren Brief,^[1] aus dem ich mit Freuden ersehe, dass Sie mir Ihre freundliche Gesinnung bewahrt haben. Mein Rechenfehler erklärt sich daraus, dass ich nicht mehr wusste, wie viel Sie mir in Brüssel geliehen haben.

Mit meiner Berufung nach Zürich steht es folgendermassen.^[2] Ich habe vor ca. 14 Tagen von zwei Professoren des Züricher Polytechnikums eine Anfrage bekommen, ob ich geneigt wäre, eine Stelle am Polytechnikum in Zürich anzunehmen. Ich sagte prinzipiell zu und erhielt seitdem ein Schreiben des dortigen Schulratspräsidenten, in welchem er mir seinen Besuch ankündigte. Was mich am meisten verpflichtet, eine Berufung nach Zürich anzunehmen, das ist der Umstand, dass sich ein dortiger Freund und Kollege mit meinem Wissen emsig bemüht hat, eine solche Berufung zu veranlassen,^[3] wobei er gestützt auf frühere Äusserungen von mir fest darauf zählte, dass ich eine Berufung annehmen würde. Er schrieb mir kürzlich, dass er in der Angelegenheit sich derart engagiert habe, dass es äusserst peinlich, ja sogar verletzend, für ihn wäre, wenn eine Absage von mir erfolgte. Sie können sich kaum denken, wie sehr mich die ganze Angelegenheit quälte; aber das Bewusstsein, dass mir Ihre freundliche Gesinnung nicht verloren geht, hilft mir über die Angelegenheit hinweg. —

Mir herzlichen und ehrerbietigen Grüßen verbleibe ich
Ihr

A. Einstein

Die besten Grüsse an Ihre geehrte Familie, auch von meiner Frau.

^[1]Letter 232.

^[2]See Letter 233 for the request for information.

^[3]The friend was Heinrich Zangger (1874–1957), Professor of Forensic Medicine at the University of Zurich. See also the correspondence concerning Einstein's appointment at the ETH in *CPAE*, Vol. 5.

235. To Emil Wiechert, 21 December 1911

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz)

Leiden, 21 Dezember 1911

Hochgeehrter Herr Kollege,

Sie haben in Ihrem Schreiben^[1] so gut wie alle meine Arbeiten genannt, die sich auf die Elektrodynamik und Optik bewegter Systeme beziehen; man kann nur noch hinzufügen eine Abhandlung von 1899 „Théorie simplifiée etc.” und das von mir auf der Düsseldorfer Naturforscherversammlung vorgetragene Referat.^[2] Von beiden schicke ich mit der gleichen Post einen Abzug, so wie auch von meiner Arbeit von 1904, von einem kleineren Artikel aus der letzten Zeit (über die Masse der Energie) und von dem Referat, das Herr Born von meinen Göttinger Vortragen gegeben hat.^[3]

Das Relativitätsprinzip als allgemeines Postulat gehört ausschliesslich Einstein. Ich habe mich demselben, was die mathematische Gestalt betrifft, zwar allmählich genähert, aber es nicht ganz erreicht.

In der Arbeit von 1899 benutze ich eine Substitution, die in der im Born'schen Referat benutzten Bezeichnungsweise folgendermaassen lautet:^[4]

$$z' = az - bct, \quad \frac{1}{a}t' = \frac{1}{a}t - \frac{b}{c}z$$

und erst in 1904 habe ich ihre Transformation

$$z' = az - bct, \quad t' = at - \frac{b}{c}z$$

eingeführt, die sich übrigens schon viel früher bei Voigt findet (Über das Dopplersche Prinzip, Gött. Nachrichten, 1887^[5]).

Ich bitte Sie sehr, die lange Verzögerung meiner Antwort zu entschuldigen; meine Zeit war leider sehr in Anspruch genommen.

Mit herzlichen Grüssen und mit der Bitte, mich Ihrer verehrten Frau Mutter und Ihrer Frau Gemahlin bestens zu empfehlen, verbleibe ich in vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Von der Abhandlung in den Arch. néerland. 1892 besitze ich leider keine Separata mehr.

^[1]Letter 229.

^[2]Lorentz 1899d and 1898h.

^[3]Lorentz 1904d, 1911f, and 1910g.

^[4]In a more familiar notation: $a = \beta$ and $b = \beta(v/c)$, with $\beta = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$; v is the relative speed of the two reference frames (in this case directed along the z -axis)

^[5]Voigt 1887a. See also Lorentz's comments in Letter 175.

236. To Albert Einstein, 13 February 1912

Typed copy.

Leiden, 13 Februar 1912

Lieber Herr Kollege,

Ich glaube Ihnen gesagt zu haben, als Sie uns im vorigen Jahr besuchten, dass ich nach einiger Zeit nach Haarlem übersiedeln und meine Stellung an der hiesigen Universität mit einer ausserordentlichen Professur vertauschen würde. Dieser Plan hat jetzt bestimmtere Form angenommen und ich gedenke ihn im Laufe dieses Jahres, sagen wir im Herbst, zur Ausführung zu bringen;^[1] es wird dann ein anderer Physiker die ordentliche Professur für theoretische Physik übernehmen müssen. Unsere Regierung hat bereits ihre Zustimmung dazu gegeben, und ebenso das Kuratorium, auf dessen Antrag die Professoren an der Universität ernannt werden. Auch die Fakultät, deren Urteil in solchen Angelegenheiten gewöhnlich den Vorschlägen des Kuratoriums zu Grunde gelegt wird, ist mit der Aenderung einverstanden.

Und nun darf ich mit der Frage an Sie herantreten, die ich im Namen der Fakultät an Sie richte, ob Sie bereit sein würden, einem Rufe nach Leiden zu folgen, und ob Sie uns also gestatten, einen Antrag in diesem Sinne an das Kuratorium zu stellen.

Die Fakultät ist einstimmig der Meinung, es könne für die Förderung der physikalischen Studien an unserer Universität nichts Besseres und Schöneres geschehen, und wir, die drei Physiker, Kamerlingh Onnes und Kuenen und ich würden uns glücklich preisen, wenn wir mit Ihnen zusammenwirken dürften. Wissen wir doch, wie Sie allen Fragen der Physik, auf jedem Gebiete, ein lebhaftes Interesse entgegenragen und sie neu zu beleben und zu beleuchten verstehen. Auch van der Waals, der Mitglied des Kuratoriums ist, und als der einzige Physiker in demselben ein massgebendes Urteil auszusprechen hat, ist der Meinung, dass wir jetzt in erster Linie an Sie, und nur an Sie, zu denken haben.

Was aber mich persönlich betrifft, so kann ich Ihnen kaum sagen, wie verlockend für mich die Aussicht wäre, in stetem Verkehr mit Ihnen arbeiten zu können. Wäre es mir vergönnt, Sie hier als Nachfolger und zugleich Zeit als Kollege zu begrüssen, so wäre damit ein Wunsch erfüllt, den ich im Stillen lange gehegt habe, aber leider nicht früher habe aussprechen dürfen. Wenn man älter wird und die Kraft zum Schaffen allmählich versagt, so bewundert man um so mehr den frohen, begeisterten Schaffensdrang eines Jüngeren, und deshalb hätte es für mich hohen Reiz, viel von Ihren Arbeiten und Gedanken zu hören, um so mehr als ich gewiss bin, dass der wissenschaftliche Verkehr zwischen uns, ebenso wie bis jetzt, zugleichzeitlich ein herzlich freundschaftlicher sein würde.

Ich weiss natürlich, dass es Umstände geben kann, die dies Alles zu einem schönen Traum machen könnten. Aber jetzt will ich keine Zweifel aufkommen lassen, und mich der Hoffnung hingeben, dass unsere Wünsche in Erfüllung werden gehen können.

Wenn Sie mir sagen können, dass Sie einen Ruf nach Leiden in Erwägung nehmen wollen, so werden wir sofort die weiteren Schritte tun und zu bewirken versuchen, dass Ihnen ein ganz definitives Anerbieten gemacht wird. Dass uns dies gelingen wird, steht zwar nicht *absolut* fest, ist aber doch als *höchst* wahrscheinlich zu betrachten. Sind wir soweit gekommen, so wird es uns natürlich sehr lieb sein, wenn Sie sofort „ja“ sagen; sollten Sie dann aber noch längere Zeit zur Beratung wünschen, so werden wir gar nicht zu sehr in Sie drängen.

Noch Eines muss ich erwähnen, das auch seine Wichtigkeit hat. Nämlich: der Anfangsgehalt eines ordentlichen Professors beträgt hier 4000 Gulden, und der Gehalt wird nach 5 Jahren auf 5000 Gulden, und abermals nach 5 Jahren auf 6000 Gulden erhöht. Weitere Einnahmen, für Vorlesungen oder Prüfungen, giebt es nicht. Von den Pensionsbedingungen (Ruhestandsgehalt und Wittwen- und Waisenpension) will ich jetzt schweigen; vielleicht sind diese Ihnen von Utrecht her bereits bekannt.^[2] Selbstverständlich bin ich übrigens zu jeder weiteren Auskunft über diesen Punkt oder andere Fragen gern bereit. In der Hoffnung von Ihnen bald eine, sei es auch nur vorläufige Antwort zu erhalten,^[3] verbleibe ich ... etc. ...

^[1]Lorentz had been appointed *Curator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation in Haarlem (see Letter 200, note 5). Starting academic year 1912/1913 Lorentz became Extraordinary Professor and in July 1912 he moved to Haarlem. He continued lecturing in Leiden, on Monday mornings, on recent developments in physics.

^[2]See Letter 228, note 1, for Einstein's candidacy for a chair in Utrecht.

^[3]See Letter 238.

237. From Emil Wiechert, 15 February 1912

Typed letter.

Göttingen Hainberg, den 15. Februar 1912.

Hochverehrter Herr Kollege.

Für den freundlichen Brief v. 21. Dezember^[1] und für die Uebersendung der Separatabzüge sage ich herzlichen Dank. Verzeihen Sie vielmals, dass ich mich trotzdem noch einmal an Sie wende.

Die Arbeit, in welcher ich die Angriffe von Laue und die thörichten Ausführungen von Campbell zurückweisen werde, ist in wenigen Wochen druckfertig.^[2] Ich freue mich sehr, dass ich noch weiteres gefunden habe zur Stütze des Aethers und zur Zurückweisung des unbedingten Relativitätsprinzipes — oder „*transzendenten*“ Relativitätsprinzipes, wie es vielleicht noch besser zu nennen ist. Eben darum möchte ich meine nächste Arbeit mit sehr grosser Vorsicht formulieren.* Dies ist der Anlass, weshalb ich mir erlaube, mich nochmals an Sie zu wenden. Ich muss hoffen, dass Sie mir das nicht übel deuten werden.

*auch in historischer Hinsicht.

In Ihrer Arbeit von 1899 (Archives Néerlandaises)^[3] benutzen Sie die Transformation:^[4]

$$t' = t - k^2 \frac{w}{c^2} x$$

In der Arbeit 1904 (Proceedings)^[5] lautet die Gleichung 5 :

$$t' = t \frac{l}{k} - kl \frac{w}{c^2} x \quad (\text{statt } t' = kl \left(t - \frac{w}{c^2} x \right)).$$

Das ist nun doch noch nicht die Transformation, die man als „Lorentz-Transformation“ bezeichnet.^[6] Ich vermute aber, dass es sich nur um einen Druckfehler handelt, denn die folgenden Formeln entsprechen der richtigen Formel. Dies ist doch eine richtige Ansicht?^[7]

Sie sagen, dass Prof. W. Voigt schon 1887 die Transformation benutzt habe. Es scheint mir aber, dass dieses *nicht* der Fall ist. W. Voigt scheint mir für die Zeiten t' und t stets die gleichen Einheiten zu benutzen. Ich sehe aber einen entscheidenden Fortschritt in Ihrer Arbeit von 1904 darin, dass eben diese Gleichheit der Einheiten aufgegeben wird. Bin ich auch damit im Recht? —

Mit allerbesten Grüßen und in vorzüglicher Hochachtung

Ihr ganz ergebener

E. Wiechert

^[1]Letter 235.

^[2]The manuscript was never published: Wiechert only responded in *Wiechert 1921 to Laue 1912a* and *Campbell 1912*, which both criticized the arguments in *Wiechert 1911*. Especially Campbell's paper was rather sarcastic in tone, stating, for example, that Wiechert's denial of the existence of a maximum possible signal speed should also imply his rejection of thermodynamics, because of its assumption of an absolute minimum temperature. (See also Letter 229, note 2, for more on Laue's paper.)

^[3]*Lorentz 1902j*, the French translation of *Lorentz 1899d*.

^[4]In the equations below, w is the relative speed (in the x -direction) of the two reference frames under consideration, c is the speed of light and $k = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$.

^[5]*Lorentz 1904d*.

^[6]Wiechert overlooks that x is the Galilean transformed coordinate x_r , i.e., $x_r = x - wt$.

^[7]See Letter 241 for Lorentz's reply.

238. From Albert Einstein, 18 February 1912

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Prag. 18.II.12.

Hoch verehrter und lieber Herr Prof. Lorentz!

Der wichtige und herzliche Brief, den ich vor zwei Tagen von Ihnen erhielt,^[1] versetzt mich in eine fieberhafte Unruhe, trotzdem der Weg, den ich gehen muss,

mir bereits bestimmt vorgezeichnet ist. Ich habe nämlich vor wenigen Wochen meinen Anstellungsvertrag für die Stelle am Züricher Polytechnikum unterzeichnet, d.h. ich habe mich verpflichtet nächsten Herbst dort als Lehrer der theoretischen Physik anzutreten. Nun bietet mir der bewundertste und liebste Zeitgenosse eine Stelle in seiner Nähe an, indem er mir seinen freundschaftlichen persönlichen Verkehr in Aussicht stellt! Etwas Schöneres, als in Gesprächen mit Ihnen die Probleme und Ereignisse unserer geheimnisvollen Wissenschaft zu erleben, kann ich mir nicht denken. Mein Gefühl geistiger Inferiorität Ihnen gegenüber kann die grosse Freude an solchen Gesprächen nicht trüben, zumal die väterliche Güte, die Sie allen Menschen entgegenbringen, ein Gefühl des Gedrücktseins nicht aufkommen lässt. Auf Ihrem Lehrstuhl zu sitzen, hätte allerdings etwas unsagbar Drückendes für mich.^[2] Ich kann dies nicht weiter analysieren, aber ich bemitleidete immer den Kollegen Hasenöhr, dass er auf dem Stuhle Boltzmanns sitzen muss.^[3]

So träume ich zwischen Wonne und Bangen von Leiden. Aber ich darf dieser Versuchung nicht nachgeben. Denn ich habe früher versprochen, dass ich eine Stelle als Theoretiker ans Züricher Polytechnikum annehmen würde, habe mich ernennen lassen und habe die Ernennung offiziell angenommen. Ich thue also nichts als meine Pflicht, wenn ich nun auch hingehe, und ich zweifle nicht daran, dass Sie diese Art zu handeln billigen werden. Vom Standpunkt Ihrer Fakultät aus ist es nicht sehr zu bedauern, dass ich nicht nach Leiden komme. Ich bin nämlich zwar ein wirklich guter Lehrer für die elementaren Dinge, verfüge aber über ein nur bescheidenes Wissen und beherrsche die Mathematik nicht genügend, um unser Fach an der bedeutendsten Hochschule Hollands würdig zu vertreten. Mein langwieriges Brüten auf einigen wissenschaftlichen Eiern kann ich wohl an einem weniger exponierten und erleuchteten Plätzchen vornehmen. Über zwei seit unserem letzten Zusammensein ausgeschlüpfte kleine Eier möchte ich Ihnen nun erzählen.

Nach der Quantenhypothese wird die Strahlungsenergie $h\nu$ absorbiert bei photochemischer Zersetzung eines Moleküls durch Strahlung von der Frequenz ν . Dies kann man nun merkwürdiger Weise rein thermodynamisch beweisen unter der Annahme, dass die Raschheit des Molekülzerfalles der ersten Potenz der Dichte der wirksamen Strahlung proportional ist. Die Überlegung ist folgende.^[4]

Ein Gas (Molekül A) zerfalle unter dem Einfluss von Strahlung von der Dichte ρ & Frequenz ν in zwei Gase (Moleküle B bzw. C). Bei der Rückbildung von A aus B und C wird wieder Strahlung emittiert (von der nämlichen Frequenz ν). Beim eigentlichen thermodyn. Gleichgewichte bei der Temperatur T und bestimmter Konzentration C von A etc. wird sein

$$\begin{aligned} \text{Zahl der zerfallenden Moleküle} &= \text{konst.} \cdot \rho \cdot C_A \\ \text{„ „ gebildeten „} &= \text{konst.} \cdot C_B \cdot C_C \end{aligned}$$

Diese beide Zahlen müssen gleich sein.

$$\frac{\rho C_A}{C_B C_C} \text{ ist also bestimmt durch die Gastemperatur allein. Ohne an der Gastem-}$$

peratur zu ändern, gibt es aber, wie aus dieser Überlegung hervorgeht noch andere thermodynamische Gleichgewichte, bei welchen die Temperatur der Strahlung

von dem der Gastemperatur entsprechenden Werte ρ abweicht. Setzen wir für das „gewöhnliche“ thermod. Gleichgewicht $\frac{\rho C_A}{C_B C_C} = K$. Man kann dann ein neues Gleichgewicht bei derselben Gastemperatur erzielen, indem man etwa ρ und C_A so abändert, dass das Produkt ρC_A ungeändert bleibt. Lässt man nämlich C_B und C_C ungeändert, so bleibt K ungeändert, d.h. es ist nach wie vor die Anzahl der zerfallenden Moleküle A gleich der Anzahl der sich neu bildenden.

Drückt man nun die Bedingung dafür aus, dass die Entropie eines Systems, das sich in einem beliebigen von diesen Gleichgewichtszuständen befindet, ein Extremum ist, so erhält man gleichzeitig das Wien'sche Strahlungsgesetz und das oben erwähnte $h\nu$ -Gesetz. Dass das Wien'sche und nicht das Planck'sche Gesetz herauskommt, zeigt, dass das $h\nu$ -Gesetz sowie die angedeuteten Grundannahmen nur für verdünnte Strahlung gültig sind. —

Die zweite Sache betrifft die Beziehung Gravitationsfeld–Beschleunigungsfeld–Lichtgeschwindigkeit.^[5] Es kommen da einfache und schöne Dinge ganz zwangsläufig heraus. Die Lichtgeschwindigkeit c ist variabel, Sie bestimmt die Gravitationskraft. Auf einen ruhenden Punkt von der Masse 1 wirkt die Kraft $-\frac{\partial c}{\partial x}$

$-\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial c}{\partial z}$. c erfüllt im leeren Raume die Laplace'sche Gleichung. Die träge Masse eines Körpers ist $\frac{m}{c}$, sinkt also mit dem Schwerepotential. Die Bewegungsglei-

chungen des materiellen Punktes stimmen mit denen der gewöhnlichen Relativitätstheorie im Wesentlichen überein. Die Theorie Abrahams ist in allen Teilen unzutreffend, wenn die Aequivalenz zwischen Schwerefeld und „Beschleunigungsfeld“ wirklich besteht.^[6] —

Ich erinnere mich, dass Sie mir davon erzählt haben, dass Sie häufig im Sommer nach der Schweiz kommen.^[7] Es würde mich riesig freuen, wenn ich Sie bei einer solchen Gelegenheit wiedersehen könnte. Vom August an bin ich wieder in Zürich. Es wäre mir eine unvergleichliche Freude, Sie und Ihre Frau Gemahlin einmal in meinem Hause aufnehmen zu dürfen

Die Herren Kollegen Kamerlingh Onnes und Künen bitte ich bestens zu grüßen und Ihnen meinen Dank zu bringen für das so grosse Vertrauen, das sie mir entgegenbringen.

Mit den herzlichsten Grüßen an Sie, Ihre Frau Gemahlin und Ihre Kinder, auch von meiner Frau verbleibe ich

Ihr Sie verehrender

A. Einstein.

^[1]Letter 236.

^[2]In a letter to Paul Ehrenfest of December 1912, commenting on the latter's appointment as Lorentz's successor, Einstein expressed himself more strongly: “Als mich Lorentz dam-

als rief, empfand ich ein unleugbares Gruseln!" (see *CPAE*, Vol. 5, Doc. 425).

^[3]Friedrich Hasenöhr (1874–1915), successor of Ludwig Boltzmann at the University of Vienna.

^[4]See *Einstein 1912a* for a detailed discussion.

^[5]See *Einstein 1912b*.

^[6]Einstein was becoming engaged in a polemic with Max Abraham on the latter's theory of gravitation (see *Abraham 1912a, 1912b*; see also *CPAE*, Vol. 5, Doc. 343, note 3, for more details). The equivalence between acceleration and gravitation (the 'equivalence principle') was one of the cornerstone principles of Einstein's scalar theory of the static gravitational field, as developed in *Einstein 1912b, 1912c*.

^[7]Lorentz spent several of his summer holidays in the Swiss mountains.

239. From Arnold Sommerfeld, 25 February 1912

Handwritten letter.

München, 25.II.12.

Hochverehrter Herr College!

Die Adresse von Ehrenfest ist
Lopuchinskja 7A, Apothekerinsel, Petersburg.

Augenblicklich ist er noch auf Reisen und kehrt Mitte März dorthin zurück.^[1] Er ist im Gespräch fast noch interessanter und packender wie in seinen Abhandlungen.

Die physikalische Zeitschrift mahnt mich, ihr ein Referat über die erschienenen Encyklopädie-Artikel zuzuschicken, wie ich das früher getan habe.^[2] Ich lege Ihnen anbei das vor, was ich über Ihre Magnetooptik sagen möchte. Wenn Sie einverstanden sind, werfen Sie bitte das Blatt in den Papierkorb. Wenn Sie aber Zusätze oder Veränderungen wünschen, so schicken Sie es mir bitte mit diesen zurück. Aber halten Sie sich bitte nicht mit irgend welchen Begründungen derselben auf; solche litterarischen Referate sind nicht so wichtig, dass man viel Zeit daran verlieren soll. Ich habe mir, wie Sie sehen, die Sache auch leicht gemacht. Wenn ich in den nächsten 14 Tagen das Blatt nicht zurück erhalte, nehme ich Ihr Einverständnis an.

Ehrenfest erzählte von der misslichen Situation von Lebedef, der seines Amtes entsetzt ist und nur spärliche Mittel hat, um seine Arbeit privatim fortzuführen.^[3] Ich wies Ehrenfest auf die fondation Solvay hin. Wenn sich Lebedef darum bewirbt, so würde bei ihm der Wirkungsgrad der etwa zu bewilligenden Unterstützung sicher besonders hoch sein.

Ich habe gerade zusammen mit meinem optischen Collegen P. Koch eine genaue Diskussion der Beugungsaufnahmen von Walter u. Pohl mit X-Strahlen abgeschlossen.^[4] Dabei war es mir eine besondere Genugtuung, dass die letzte Arbeit unseres armen Wind über die genaue Berechnung der Impulsbeugung^[5] voll verwertet wurde.

Zu der Diskussion meines Brüsseler Rapports habe ich einige Zusätze gemacht.^[6] H. de Broglie wird so freundlich sein, sie denjenigen Herren zuzuschicken auf deren Bemerkungen sie sich beziehen.^[7] Der Zusatz an Ihre Adresse betrifft den elastischen Stoss bei Hertz.^[8] Hier habe ich ausgeführt, dass nach der „*h*-Hypothese“ nicht nur die Zeit, sondern auch die Eindringungstiefe beim Zusammenstoss mit der Geschwindigkeit abnehmen soll, während letztere bei Hertz mit ihr zunimmt. Ich bitte Sie, diese Zusendung gerade so zu behandeln wie die beiliegende, d.h. sie mir nur dann zurückzuschicken, wenn Sie Änderungen wünschen, u. diese ohne Begründung an den Rand zu schreiben.

Zu Ihrem Einwande, dass man statt $\int Hdt = +h$ auch $\int Hdt = -h$ verlangen könnte,^[9] habe ich mich im Text meines Rapports so gestellt: Die Analogie zu der Relativtheorie des einzelnen Massenpunktes verlangt $\int Hdt > 0$, weil hier *H* notwendig positiv ist. Die Übertragung, einschliesslich des Vorzeichens, auf die Wechselwirkung zwischen Atom und Elektron ist Hypothese. Dagegen ist ein von Ihnen gleichzeitig erhobener Einwand anders zu erledigen: dass von den beiden Wurzeln für den Hin- und Hergang des Elektrons beim lichtelektrischen Effekt nicht notwendig die positive zu nehmen sei. Dies Vorzeichen hat seinen grund darin, dass beim Hingang das *+h* früher erreicht wird, als beim Hergang. Nachdem ich mich also für das *+h* entschieden habe, ist in der Wahl dieses Vorzeichens keine Willkür.^[10]

Im Ganzen möchte ich zu meinem Brüsseler *h*-Vortrage mit Cohn-Göthe sagen:

„Da hilft nun weiter kein Bemühn,
Sinds Rosen nun sie werden blühn.“^[11]

Die Versuche mit Röntgenstrahlen, die mich über die Wahrscheinlichkeit des Blühens näher unterrichten sollten, sind noch nicht fertig.

Ich fürchte, dass man es in Holland Debye sehr verdenken wird, wenn er in Utrecht ablehnt. Aber er ist ganz unschuldig an der verfahrenen Situation. Diese ist nur durch den Minister verschuldet, der ihn hat ernennen lassen, ohne Debye offiziell zu fragen, und ohne dass Debye irgend einem Menschen (auch nicht Prof. Julius) inofficiell gesagt hatte, dass er im Falle seiner Ernennung nach Utrecht gehen würde.^[12]

Mit ergebensten Grüssen
Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]Paul Ehrenfest (1880–1933). He was in search of an academic position and Lorentz was considering him as his successor in Leiden (see *Klein 1970*, chap. 8, and *Huijnen and Kox 2007* for more details on Ehrenfest).

^[2]The announcement appeared in *Physikalische Zeitschrift* 13 (1912): 407–408.

^[3]Piotr Lebedew (b. 1866) had resigned from his professorship in Moscow in 1911 out of protest to government repression of the universities. He died in March 1912.

^[4]See *Sommerfeld 1912a* and *Koch 1912*; *Walter and Pohl 1908, 1909*. Peter Paul Koch (1897–1945) was *Privatdozent* at the University of Munich.

^[5]*Wind 1910*. Cornelis Harm Wind had died on 7 August 1911.

^[6]The discussion following Sommerfeld's report at the first Solvay Conference (*Sommerfeld 1912b*).

^[7]Maurice de Broglie (1875–1960) was one of the secretaries of the meeting and, together with Paul Langevin, editor of its proceedings.

^[8]See *Hertz 1881* for Heinrich Hertz's theory of elastic collisions.

^[9]It concerns Sommerfeld's quantization condition. In the equation H is the Lagrangian; the right-hand side should be $h/(2\pi)$.

^[10]Lorentz's second objection refers in particular to Sommerfeld's treatment of the photoelectric effect. In his discussion Sommerfeld considers the model in which an electron is vibrating harmonically. When the action integral $W = \int H dt$ reaches the value $h/(2\pi)$ for the first time, W is at a maximum, so that $dW/dt = 0$, which implies $T = V$ (with T and V the kinetic and potential energy), and thus $x^2 = (f/m)x^2$ (f is the force constant and m the mass of the electron). Sommerfeld now takes for x the positive root of this equation.

^[11]“Wer will denn alles gleich ergründen! / Sobald der Schnee schmilzt, wird sich's finden./ Hier hilft nun weiter kein Bemühen! / Sind's Rosen, nun sie werden blühen.” “Kommt Zeit, kommt Rat”, in J.W. Goethe, *Gedichte, Epigrammatisch, Erste Reihe*.

^[12]Only after successful negotiations on his salary after his official appointment on 3 February 1912 did Peter Debye on 18 March accept the chair of Mathematical Physics at the University of Utrecht (for which Einstein had been a candidate earlier; see Letter 228, note 1). He vacated his chair at the University of Zurich, where he had succeeded Einstein, less than a year after his appointment (see *Snelders 1987* for more details; see also the correspondence between Einstein and Willem Julius in *CPAE*, Vol. 5).

240. From Woldemar Voigt, 27 February 1912

Handwritten postcard.

Göttingen 27.11.12.

Verehrter und lieber Herr College!

Ich sende Ihnen heute eine weitere Schülerarbeit deren Werden Sie im Institut sahen; betr. die photometrische Ausmessung der Linien D_1 und D_2 und die theoretische Erklärung der bei zunehmender Dampfdichte eintretenden Veränderungen.^[1] Ich habe immer das Bedürfnis gefühlt über den Anteil der Absorptionen an diesen Vorgängen Klarheit zu gewinnen, und ich glaube, dass die von Herrn Brotherus^[2] ausgeführten Untersuchungen bei denen unsere gemeinsamen theoretischen Ueberlegungen eine grosse Rolle spielen, uns zum ersten Male einen tieferen Einblick in den Vorgang gewähren. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Mit besten Grüßen

Ihr treu ergebener

W. Voigt.

^[1]*Brotherus 1912a*.

^[2]Hjalmar Viktor Brotherus (1885–1962).

241. To Emil Wiechert, 5 March 1912

Handwritten letter.

Leiden, 5 März 1912.

Sehr verehrter Herr Kollege,

Mit der Geschichte der Relativitätstransformation steht es, wie mir scheint, folgendermassen:

1. Denkt man bei einer solchen Transformation nur an die Koordinaten und die Zeit, und versteht man also unter Rel.-transf. eine jede, die sich auf die Form

$$x' = ax + bct, y' = y, z' = z, t' = at - \frac{b}{c}x, \quad (1)$$

$$a^2 - b^2 = 1$$

bringen lässt,^[1] so kann man sagen, dass die Rel.-transf. in meinen Gleichungen von 1899 *enthalten* ist, nämlich *in den späteren Gleichungen mit ε* (nicht in den früheren).^[2] Für diese kann man nämlich schreiben, wenn man die Bedeutung von x und die Beziehung zwischen t' und t berücksichtigt

$$x'' = \frac{k}{\varepsilon}(x - pt), y'' = \frac{1}{\varepsilon}y, z'' = \frac{1}{\varepsilon}z, \quad (2)$$

$$t'' = \frac{1}{k\varepsilon} \left[t - \frac{p}{c^2 - p^2}(x - pt) \right] = \frac{k}{\varepsilon} \left(t - \frac{p}{c^2}x \right)$$

(da $k^2 = \frac{c^2}{c^2 - p^2}$ ist) und dies wird für $\varepsilon = 1$ mit (1) identisch, wenn man

$a = k$, $b = k \frac{p}{c}$ setzt. *Ich habe indes in der genannten Arbeit den Wert $\varepsilon = 1$ nicht eingeführt.*

Meine Gleichungen von 1904^[3] stimmen mit (2) überein; nur enthalten sie statt $\frac{1}{\varepsilon}$ die Grösse l , die ich dann = 1 gesetzt habe, was zu der Rel.-transf. führte.

2. Man kann auch die Transformationsgleichungen für die elektrische und die magnetische Kraft als wesentlich betrachten. Diese lauten^[4]

$$\begin{aligned} d_x' &= d_x, d_y' = ad_y - bh_z, d_z' = ad_z + bh_y, \\ h_x' &= h_x, h_y' = ah_y + bd_z, h_z' = ah_z - bd_y \end{aligned} \quad (3)$$

Die Formeln von 1904:^[5]

$$\begin{aligned} d_x' &= \frac{1}{l^2}d_x, d_y' = \frac{k}{l^2} \left(d_y - \frac{w}{c}h_z \right), d_z' = \frac{k}{l^2} \left(d_z + \frac{w}{c}h_y \right) \\ h_x' &= \frac{1}{l^2}h_x, h_y' = \frac{k}{l^2} \left(h_y + \frac{w}{c}d_z \right), h_z' = \frac{k}{l^2} \left(h_z - \frac{w}{c}d_y \right) \end{aligned} \quad (4)$$

nehmen für $l = 1$ diese Gestalt an (es ist $k^2 = \frac{c^2}{c^2 - w^2}$).

Was aber die Abhandlung von 1899 betrifft, so setzte ich in derselben (ich kombiniere die Formeln für \mathfrak{F}'' und \mathfrak{H}'' mit den früheren für \mathfrak{F}' und \mathfrak{H}')⁶¹

$$\mathfrak{F}_x'' = \varepsilon^2 4\pi V^2 d_x, \quad \mathfrak{F}_y'' = \varepsilon^2 (4\pi k V^2 d_y - k p \mathfrak{H}_z)$$

$$\mathfrak{F}_z'' = \varepsilon^2 (4\pi k V^2 d_z + k p \mathfrak{H}_y)$$

$$\mathfrak{H}_x'' = \varepsilon^2 \mathfrak{H}_x, \quad \mathfrak{H}_y'' = \varepsilon^2 (k \mathfrak{H}_y + 4\pi k p d_z)$$

$$\mathfrak{H}_z'' = \varepsilon^2 (k \mathfrak{H}_z - 4\pi k p d_y).$$

Diese haben aber die Gestalt von (4), nur mit ε^2 statt $\frac{1}{l^2}$. Man überzeugt sich

davon, wenn man $4\pi V^2 d$ durch \mathfrak{F} , \mathfrak{H} durch $\frac{1}{c} \mathfrak{h}$, \mathfrak{H}'' durch $\frac{1}{c} \mathfrak{h}''$ ersetzt (V ist gleichbedeutend mit c).

3. Die Bedeutung der Transformation liegt darin, dass nach Ausführung derselben die elektrodynamischen Grundgleichungen wieder die ursprüngliche Form haben. Dazu genügen aber — ich denke hier an die Grundgleichungen der Elektronentheorie — die ausgeführten Berechnungen nicht; man muss auch die Transformationsgleichungen für die Geschwindigkeiten und für die Dichte der elektrischen Ladung heranziehen. Ich habe ursprünglich t' immer als eine mathematische Hilfsgrösse betrachtet, und gar nicht den Gedanken gehabt, dass diese Variable *in jeder Hinsicht* die Rolle der Zeit spielen könnte, und so bin ich nicht zu den dem Relativitätsprinzip entsprechenden Transformationsgleichungen für die letztgenannten Grössen gekommen; dies hat zuerst Einstein angeeben.

Ich setzte z.B. in 1899

$$\rho_0'' = \frac{\varepsilon^3}{k} \rho_0,$$

und entsprechend in 1904

$$\rho' = \frac{1}{kl^3} \rho,$$

also für $l = 1$

$$\rho' = \frac{1}{k} \rho = \frac{1}{a} \rho \quad (\text{vgl. oben}),$$

während die Rel-transformation lautet

$$\rho' = \left(a - \frac{bv_x}{c} \right) \rho = \frac{1}{a + \frac{bv_x}{c}} \rho.$$

Da ich nicht die richtige Transformation getroffen hatte, so gelang es mir auch nicht, die vollkommene Invarianz der Grundgleichungen nachzuweisen. Statt

$$\text{div}' d' = \rho'$$

erhielt ich namlich⁷¹

$$\text{div}' d' = \left(1 - \frac{w u_x'}{c^2} \right) \rho'$$

und meine Schlüsse erhielt ich nur dadurch, dass ich zeigen konnte, dass das Glied $\frac{w u_x'}{c^2}$ in manchen Fällen keinen merklichen Einfluss hat.

Das Relativitätsprinzip als allgemeines, vollkommene Exaktheit beanspruchendes Prinzip haben wir Einstein zu verdanken.

4. Was die Formeln von Voigt betrifft, so sind diese so wenig von oben angeführten (1) verschieden, dass man, wie mir scheint, wohl sagen kann, er habe die Rel. transformation angegeben. Die von ihm zu Grunde gelegten Differentialgleichungen behalten nämlich ihre Form, wenn man x, y, z, t alle mit ein und derselben Konstante multipliziert. Man findet nun in seiner Abhandlung über das Doppeler'sche Prinzip^[8] die Substitution (die Formeln 10) auf S. 45)

$$\xi = x - \kappa t,$$

$$\eta = qy,$$

$$\zeta = qz,$$

$$\tau = t - \frac{\kappa x}{\omega^2}$$

wo w die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bedeutet, und

$$q = \sqrt{1 - \frac{\kappa^2}{\omega^2}}$$

ist.

She bemerken zu Recht, dass t und τ hier den gleichen Koeffizienten haben. Aber es kommt jetzt in der zweiten und dritten Gleichung der Koeffizient q vor. Setzt man

$$\xi = qx', \eta = qy', \zeta = qz', \tau = qt',$$

so verwandeln sich die Gleichungen in

$$x' = \frac{1}{q}x - \frac{\kappa}{q}t, y' = y, z' = z, t' = \frac{1}{q}t - \frac{\kappa}{q\omega^2}x.$$

und dies hat wirklich die Gestalt von (1), wenn man ω mit c identifiziert und

$$a = \frac{1}{q}, b = \frac{\kappa}{q^2}$$

setzt.

Ich habe mit lebhaftem Interesse Ihre Betrachtungen über „Relativitätsprinzip und Äther“, für deren freundliche Zusendung ich bestens danke, gelesen.^[9] Im Grunde sind unsere Auffassungen nahe verwandt.^[10]

Mit herzlichen Grüßen und in vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebener

H. A. Lorentz

^[1]See Letter 235; see also Letter 237 to which this one replies.

^[2]See Lorentz 1899d (or one of its translations). In the equations Lorentz refers to, he took into account all orders of v/V (with v the relative speed of the two reference frames and V

the speed of light), instead of only second order effects; the symbol ϵ denotes an unspecified factor of second order or higher.

^[3]See *Lorentz 1904c* (or its translation *Lorentz 1904d*).

^[4]In the equations below, which refer to the microscopic fields, \mathfrak{d} is the electric displacement and \mathfrak{h} the magnetic force.

^[5]The relative speed of the two reference frames is now denoted by w .

^[6]The quantities \mathfrak{F}' and \mathfrak{H}' are the Lorentz transformed fields \mathfrak{d} and \mathfrak{H} (which has the same meaning as \mathfrak{h}). The single prime indicates that quantities of higher than second order in v/V have been neglected; the double prime denotes that all orders have been kept.

^[7]Here u_x is the relative velocity of the electron.

^[8]*Voigt 1887a*.

^[9]*Wiechert 1911*. See als Letters 229 and 237 (especially its note 2) for more on this paper

^[10]In the first section of his paper *Wiechert* refers to Lorentz's well-known view that it is a matter of choice whether one accepts the principle of relativity as a universal principle or not.

242. From Emil Wiechert, 9 March 1912

Typed letter.

Göttingen Hainberg, den 9. März 1912.

Hochverehrter Herr Kollege.

Am gleichen Tage an dem morgens die Sendung meines §2 an Sie abging erhielt ich am Nachmittag Ihren ausführlichen Brief vom 5. März.^[1] Ich danke Ihnen herzlich für die grosse Mühe, die Sie sich so gegeben haben.

Sie werden bemerken, dass ich manches von dem, was Sie schreiben, auch schon erkannt habe. So darf ich hoffen, dass Sie im ganzen mit meiner Darstellung zufrieden sein werden, bitte aber etwaige Ausstellungen nicht zu unterlassen.

Nach Ihrer Mitteilung habe ich Herrn Einstein doch nicht ganz Gerechtigkeit widerfahren lassen; das muss bei den jetzigen Diskussionen vermieden werden. So möchte ich denn auf Seite 4 des übersandten Manuskripts an den ersten Absatz oben noch die Worte hinzufügen: "Er hat dabei das Verdienst, die Lorentz-Transformation und die Invarianz der elektrodynamischen Erscheinungen ihr gegenüber zuerst in vollständiger Strenge zur Geltung zu bringen, — auch in solchen Einzelheiten, wo H.A. Lorentz sich noch mit Annäherungen begnügte. Es handelte sich dabei um die Transformation der Dichte."^[2] — Ich möchte übrigens nicht verfehlen hinzuzufügen, dass diese Bemerkung von Herrn H. A. Lorentz selbst herrührt, der sie bei Gelegenheit einer persönlichen Diskussion äusserte."

Würden Sie mir erlauben, dass ich in dieser Form Ihre Mitteilung erwähne?^[3]

In vorzüglicher Hochachtung und mit nochmaligem herzlichem Dank für Ihre grosse Freundlichkeit bin ich mit den besten Grüßen

Ihr ganz ergebener

E. Wiechert

^[1]Letter 241.^[2]The charge density.^[3]See Letter 237, note 2, for the fate of the manuscript.

243. To Emil Wiechert, 19 March 1912

Handwritten letter.

Leiden, 19. März 1912

Hochgeehrter Herr Kollege,

Gestatten Sie mir doch noch einige Bemerkungen zu dem Manuskripte, das Sie die Güte hatten, mir zu schicken.^[1] S. 2 Z. 4 v.u. heisst es: „indem H.A.L. die Hypothese annahm u.s.w.“ Ich möchte Sie bitten, hier etwa Folgendes zu sagen: „Es geschah dies in einer Arbeit, in der L. sich die Frage stellte, ob es möglich sei, die fundamentellen Hypothesen so zu fassen, dass für jede Grösse der Translationsgeschwindigkeit die Erscheinungen im ursprünglichen und im transformierten Koordinatensystem formal in gleicher Weise beschrieben werden können, entweder genau, oder mit solcher Annäherung, dass die Feststellung der Bewegung relativ zum Aether u.s.w. unmöglich erscheint.“ u.s.w.

Etwas weiter, S. 3 sagen Sie, es wären nun alle die „Grundlagen“ für die Aufstellung des E'schen Rel.-prinzipes“ geschaffen. Das macht den Eindruck, meine Arbeiten haben dazu die Grundlage geliefert, während tatsächlich Einstein sich gar nicht darauf gestützt hat. Ich möchte Ihnen vorschlagen, die zweite Alinea von S. 3 so anzufangen (ich benutze hier den in Ihrem Briefe enthaltenen Passus): „Mit dieser Arbeit war L. so weit gekommen, dass er eine in einfachen Fällen vollkommene, im allgemeinen aber nur angenäherte Invarianz seiner Gleichungen der benutzten Transformation gegenüber erzielt hatte. Einstein ist es dann im Jahre 1905 gelungen, die L. Transformation und die Invarianz der elektrodynamischen Erscheinungen ihr gegenüber in vollständiger Strenge und Konsequenz zur Geltung zu bringen, wodurch es ihm möglich wurde, zuerst das Relativitätsprinzip als allgemein gültigen und alle Erscheinungen umfassenden Grundsatz auszusprechen.“ Und dann weiter: „Er kehrte den Entwicklungsgang u.s.w.“

Es würde mich sehr freuen, wenn Sie mit diesen Vorschlägen einverstanden wären, denn ich lege hohen Wert darauf, dass Einstein's Verdienst gehörig gewürdigt wird. Natürlich überlasse ich Ihnen gern die schliessliche Redaktion, und habe ich nichts dagegen, dass Sie wie Sie das in Ihrem Briefe angeben, meine Mittheilung erwähnen.

Noch zwei Kleinigkeiten. S. 2 sind in der einen Gleichung z und z' miteinander zu verwechseln, nämlich

$$z' = \frac{z - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

und S. 3 Z. 12 soll es wohl statt „Gleichzeitigkeit“ heissen „Gleichwertigkeit“. Ähnlich auf S. 4, Z. 3.

Ich schliesse mit der Bitte, die Verzögerung dieser Antwort freundlichst zu entschuldigen. Meine Zeit war sehr in Anspruch genommen, zumal meine Frau erkrankt ist. Glücklicherweise geht es mit ihrer Genesung nach Wunsch.

Mit besten Grüßen treulich

Ihr

H. A. Lorentz

^[1]See Letters 241 and 242.

244. From Arnold Sommerfeld, 24 April 1912

Handwritten letter.

24.IV.12

Hochgeehrter Herr College!

Sehr gern will ich Ihre Fragen beantworten.

1) Ehrenfest ist mir *persönlich* nicht näher bekannt. Er war nur kürzlich 8 Tage in München, wobei sowohl meine Frau wie ich den Eindruck eines sehr sympathischen, feinsinnigen Menschen hatten.^[1] Von Klein^[2] hörte ich gelegentlich, dass er durch Stimmungen und Verstimmungen in der Arbeit gelegentlich gehemmt würde. Von seinen Freunden, deren ich mehrere genau kenne, wird er sehr geschätzt. Ritz war ein intimer Freund von ihm.^[3] Ich habe nie etwas nachteiliges über seinen Charakter gehört. Dass er ein Mann von strengen Grundsätzen ist, geht für mich aus folgenden Umständen hervor: Er wollte wegen der jetzigen politischen Verhältnisse in Russland nicht Privatdocent werden; er ist confessionslos, also aus der Synagoge ausgetreten und nicht zum Christentum übergetreten. Noch eine Kleinigkeit: Er verwirft den Genuss von Fleisch und ist Vegetarianer.

2) Er trägt *meisterhaft* vor. Ich habe noch kaum einen Menschen so fesselnd und glänzend reden hören. Prägnante Wortbildungen, witzige Pointen, Dialektik steht ihm in ungewöhnlicher Weise zur Verfügung. Charakteristisch ist seine Art, die Tafel zu behandeln. Die ganze Disposition seines Vortrags steht auf das anschaulichste für den Hörer auf der Tafel vermerkt. Er versteht es die schwierigsten Sachen anschaulich und konkret zu machen. Die mathematischen Überlegungen übersetzt er in fassliche Bilder.

3) Aus dem persönlichen Verkehr hatte ich, mehr wie aus seinen Arbeiten, den Eindruck, dass es ihm um die *physikalischen Tatsachen* zu tun ist. In seinen Arbeiten ist er wohl mehr Logiker und Dialektiker. Die Mathematik ist ihm, wie es sein soll, nicht Selbstzweck. Im persönlichen Verkehr giebt er sich vielseitiger wie in seinen Abhandlungen. Die experimentellen Ergebnisse verfolgt er, soweit sie principiell sind. Auch Einstein will ihn in Prag zu seinem Nachfolger haben, wie

ich höre.^[4] Ich denke aber, dass er Ihre Nachfolge vorziehen würde.^[5] In Petersburg ist er Privatmann und ohne Einkommen, er lebt von seinem Vermögen, das nicht sehr gross sein dürfte. Er geht mit der Absicht um, sich in Berlin, München oder Zürich zu habilitieren. Ich würde ihn sehr gern hier haben, nachdem ich durch seinen Besuch belehrt bin, dass er nicht, wie es mir früher aus seinen Abhandlungen schien, abstrakter Dialektiker ist, sondern eine starke physikalische Ader hat. Doch wird das nun wohl durch Prag oder Leiden vereitelt werden. Prag könnte übrigens an seiner Confessionslosigkeit scheitern, wenigstens musste Einstein, um in Österreich Ordinarius werden zu können, wieder in die Synagoge eintreten. Ob Ehrenfest diesen Schritt tun würde, ist mir nach seinen Grundsätzen zweifelhaft. 4) Ehrenfest hat bei Boltzmann in Wien promoviert über nicht-holonome Systeme. Die Arbeit ist nicht gedruckt.^[6] Er war mehrere Semester in Göttingen, lernte dort seine Frau kennen, eine russische Studentin, seine Mitarbeiterin (Tatiana Ehrenfest, vgl. Encykl.-Artikel).^[7] Planck schätzt ihn als sehr scharfsinnig, wie er mir in Brüssel sagte,^[8] hat ihn aber persönlich erst kürzlich und viel flüchtiger wie ich kennen gelernt.^[9] Vielleicht wäre eine Vereinbarung zwischen Ihnen und Einstein angebracht.

Sie wissen vielleicht noch nicht, dass Debye erst zum Oktober in Zürich freigelassen wird.^[10] Unter diesen Umständen würde es vielleicht doch nicht ausgeschlossen sein, dass er nach Leiden statt nach Utrecht kommt.^[11] Ich sähe ihn natürlich lieber dort, obwohl ich weiss dass Ihre Universitäten offiziell gleich gestellt sind. Debye überragt natürlich alle anderen, die nach Einsteins Ablehnung in Frage kommen können, bedeutend. Er ist ein wirklicher Physiker. Sicherlich würden Sie auch Abraham haben können, der in Mailand technische Mechanik vorträgt, sicherlich auch Laue, der — bitte ganz im Vertrauen — als Extraordinarius für Zürich an Debyes Stelle in Aussicht genommen ist.^[12]

Diese letzten Bemerkungen sollen natürlich nicht Ehrenfest schaden, dem ich alles Gute wünsche und der meiner Meinung nach auch alles Gute verdient.

Mit herzlichen Grüssen auch von meiner Frau an die Ihrige

Ihr sehr ergebener

A. Sommerfeld.

^[1]Paul Ehrenfest, traveling through Europe in search of a position, had given a lecture in Munich on 5 February 1912. See also Letter 239, note 1.

^[2]Felix Klein.

^[3]Walter Ritz (1878–1909). He had been a fellow-student of Ehrenfest in Göttingen in 1901–1902 (see *Klein 1970*, p. 42).

^[4]See the correspondence between Ehrenfest and Einstein in *CPAE*, Vol. 5.

^[5]Apparently, in the letter that the present one replies to, Lorentz had intimated that Ehrenfest's possible candidacy to succeed him in Leiden was the reason for his request for information on him.

^[6]The dissertation is reprinted in *Ehrenfest 1959*.

^[7]The mathematician Tatiana Afanassjewa (1876–1964). Their joint *Encyklopädie* paper on the foundations of statistical mechanics is *Ehrenfest and Ehrenfest 1911*.

^[8]At the Solvay Conference, which both Sommerfeld and Planck had attended.

^[9]During a visit of Ehrenfest to Berlin in January 1909 (see *Klein 1970*, p. 172).

^[10]Peter Debye had been appointed in Utrecht (see Letter 239, note 8).

^[11]Lorentz did not consider Debye as his possible successor, because he did not want to interfere in the Utrecht appointment procedure.

^[12]Max Laue (who became Max von Laue in June 1913) did become Debye's successor in Zurich.

245. To Woldemar Voigt, 13 May 1912

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 13 Mai 1912.

Verehrter Freund,

Gestatten Sie mir im Vertrauen eine Frage an Sie zu richten, mit deren Beantwortung Sie mir viel Vergnügen machen werden. Ich werde im Laufe dieses Jahres mein Vorhaben, nach Haarlem überzusiedeln und meine Professur mit einer ausserordentlichen zu verwechseln — von dem ich Ihnen früher erzählte^[1] — zur Ausführung bringen, und es muss also an meiner Stelle ein ordentlicher Professor der theoretischen Physik ernannt werden. Dabei möchte ich nun die Wahl nicht von vornherein auf die jungen Holländer beschränken, sondern auch mit dem Verdienst ausländischer Physiker rechnen. Nun habe ich an Ehrenfest gedacht, der mir ein sehr scharfsinniger und tiefdenkender Forscher zu sein scheint und von dem ich recht viel Gutes gehört habe. Er war früher einige Zeit in Göttingen und Sie haben ihn damals wahrscheinlich näher kennen gelernt. Es wäre mir nun sehr lieb, wenn Sie die Güte haben wollten mir zu sagen, welchen Eindruck er auf Sie gemacht hat, und wie Sie über seine Fähigkeiten und Leistungen urteilen; ich würde hohen Wert darauf legen, das zu wissen.^[2]

Sollte er Ihnen nicht näher getreten sein, so können Sie mir vielleicht einen Ihrer Kollegen nennen, der ihn besser kennt.

Ich hoffe sehr, dass es Allen in dem Voigtschen Hause und in den Kinderhäusern gut gehe; das anstrengende Rektoratsjahr haben Sie jetzt bald überstanden. Wir werden in der nächsten Zeit die Hochzeit unserer jüngsten Tochter feiern^[3] und dann bleibt uns nur „Rüdchen“, wie Sie ihn früher nannten, im Hause übrig, der uns jetzt Alle in Länge überragt.^[4]

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 200.

^[2]See also Letter 244 for Arnold Sommerfeld's reply to a similar request.

^[3]Hannie Lorentz; see Letter 223, note 3.

^[4]Rudolf Lorentz.

246. From Woldemar Voigt, 20 August 1912

Handwritten letter.

Göttingen, den 20.VIII.12.

Lieber und verehrter Freund!

Zu Ihrer Übersiedlung nach Harlem wünsche ich Ihnen das Allerbeste.^[1] Mögen Sie dort mit den Ihrigen ein behagliches Heim gefunden haben und reiche Musse zu wissenschaftlichen Arbeiten. Der gute Onnes wird Sie ja recht vermissen, denn wenn Sie auch noch Vorlesungen in Leiden halten, so fehlt doch die Möglichkeit Sie zu beliebiger Stunde zu sehen.

Am 1. Sept. geht nun mein Rektoratsjahr zu Ende und damit eine der anstrengendsten Perioden meines Lebens. Das Durcheinander der Fragen, mit denen sich mein armes Gehirn so unmittelbar nach einander hat beschäftigen müssen, in Institut und Rektorat, hat mich doch schliesslich mehr ermüdet, als ich ahnte. Aber ich konnte dem Wunsche meiner Kollegen nicht widerstreben! —

Im Institut arbeiten jetzt neben einer Anzahl guter Köpfe auch einige, die recht enttäuscht haben, nämlich nach gutem Anfang zu versagen drohen.

Ihnen wird von Interesse sein, dass mit Hilfe der s.Z. mit Ihnen verhandelten Formeln für Emission und Absorption inhomogener Lichtquellen^[2] das Egoroff-Georgiewsky-Phänomen^[3] in Na-Dampf bei den beiden Linien D_1 und D_2 sich nach Ihrer Auffassung *gut* erklärt, — *nicht aber* bei He und Hg in Geissler-Röhren, wo noch ganz unerklärliche *qualitative* Abweichungen vorliegen, über die ich schon Gött. Nachr. 1911 p. 87 berichtet habe.^[4]

Viel Kopferbrechen haben mir die Beobachtungen von Brotherus (Phys. Zeitschr. XIII p. 540)^[5] gemacht, nach denen bei Na-Flammen das Kirchhoffsche Gesetz nicht gilt, sondern enorme *qualitative* Abweichungen vorliegen, während meine Formeln die Beobachtungen gut wiedergeben. Es widersprechen also die *Formeln* — obwohl sie auf der Annahme des Kirchhoffschen Satzes für unendlich dünne Schichten beruhen, bei Anwendung auf ausgedehnte inhomogene Lichtquellen eben diesem Satz!

Sie sind selbst (Gött. Nachr. 1911 p. 96)^[6] auf diesen Widerspruch gestossen und haben ihn in einer Weise erledigt (Vernachlässigung von κ^2 neben Eins^[7]), die mich nie recht befriedigt hat, da ja der Kirchhoffsche Satz *streng* sein will.

Ich habe zunächst versucht, ob die bei den Rechnungen vernachlässigte *Reflexion* innerhalb inhomogener Medien die Abweichung beseitigen könnte, und habe ein spezielles Problem, das mit dem der Flamme Verwandtschaft hat, soweit erledigen können, dass man Grössenordnungsschlüsse ziehen kann.^[8] Diese erweisen aber die Wirkung der Reflexion als *viel zu klein*, um die Differenzen aufzuklären.

Ich habe dann gesucht, ob nicht in Kirchhoffs Beweis, der ausdrücklich für inhomogene Körper gelten will, ein Trugschluss steckt. Und da ist mir doch ein eigentümlicher Punkt aufgefallen.

Kirchhoff benutzt (Abh. p. 586)^[9] den Satz, dass ein Lichtstrahl für einen und für den entgegengesetzten Weg *dieselbe Zeit* braucht. Aber dieser Satz versagt

m.E. bei stetig veränderlichen Medien. Dies scheinen mir die allgemeinen Schwingungsgleichungen zu sagen, und das giebt auch im speziellen die Integration in jenem Einzelfall, von dem ich oben berichtete. Und hieraus möchte ich schliessen, dass *der Kirchhoffsche Satz für inhomogene Medien in der Tat nicht bewiesen ist.*^[10]

Wollen Sie sich die Sache nicht durch den Kopf gehen lassen und mir gelegentlich in einigen Zeilen Ihre Ansicht sagen? Bei der centralen Stellung, welche der Satz von K. einnimmt erscheint mir die Frage doch von grosser Bedeutung. Andererseits zeigen m.E. die mit meinen Formeln stimmenden Beobachtungen von Brotherus dass diese Formeln haltbar sind.

Ich bin sehr gespannt, wie sich die Sache entwickelt. —

Am 4. Sept. hoffen wir auf einige Wochen in die Berge gehen zu können und alle Arbeitsgedanken zu verbannen. Auch meine Frau freut sich nach den Mühen des Rektorjahres auf eine Zeit ohne Verantwortung. —

Noch eines möchte ich sagen. Ich hatte 1881 allgemeine Formeln für Biegung und Drillung von Kristallstäben abgeleitet, aus denen sich ergab, dass in vielen Fällen ein biegendes Moment Drillung, ein drillendes Biegung bewirkt.^[11] Wir haben dies (erste) Resultat jetzt zum ersten Mal der Prüfung unterworfen und bei Stäbchen von Gyps eine sehr schöne Bestätigung der Theorie erhalten. Das wollte ich Ihnen gern noch schreiben. —

Ihnen und den lieben Ihrigen senden meine Frau und ich herzliche Grüsse.

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 245.

^[2]See Letters 213–217.

^[3]See *Egoroff and Georgiewski 1897a, 1897b*. These authors had observed a partial polarisation in the light emitted by certain substances when placed in a magnetic field. See also Lorentz's discussion of this phenomenon in *Lorentz 1897c*.

^[4]*Voigt 1911b*.

^[5]*Brotherus 1912b*.

^[6]*Lorentz 1911b*.

^[7]See Letter 217.

^[8]See *Voigt 1912a* for a calculation.

^[9]*Kirchhoff 1860*.

^[10]See *Voigt 1912a* for a similar reasoning. In a later "Nachtrag" to this paper, however, Voigt came to the conclusion that an explanation on the basis of temperature gradients in the flame that Brotherus had used as a light source was more likely. See also *Voigt 1912b* for a comprehensive treatment of the problem.

^[11]See *Voigt 1882*.

247. To Woldemar Voigt, 22 November 1912

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 22 November 1912.

Lieber Freund und verehrter Kollege,

Ich erlaube mir, mit einer herzlichen Bitte an Sie heranzutreten. Sie haben natürlich von dem „Conseil de physique“ gehört, der sich im vorigen Jahre auf Einladung Herrn Solvay's in Brüssel versammelt hat, und dessen Verhandlungen in kurzem erscheinen werden.^[1] Seitdem ist eine Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Forschung zustande gekommen, das „Institut international de physique Solvay“ (Herr Solvay hat dafür eine Million francs gegeben) und diese hat unter anderem die Aufgabe, von Zeit zu Zeit wieder eine ähnliche Konferenz wie die des vorigen Jahres zu veranstalten.^[2] Die nächste Versammlung wird Ende Oktober 1913 in Brüssel stattfinden und für sie ist das Thema gewählt worden: „Einige Fragen, die sich auf die Struktur der Materie beziehen“.^[3] Das „Comité scientifique de l'Institut Solvay“ (zusammengesetzt aus Frau Curie, Brillouin, Goldschmidt, Kamerlingh Onnes, Knudsen, Nernst, Rutherford, Warburg und mir^[4]) beehrt sich nun, Sie zu bitten an dieser Versammlung teilnehmen zu wollen.^[5] Ferner sollen eingeladen werden Bragg, Grüneisen, Gouy, Laue, Lenard, Röntgen, J.J. Thomson und Weiss.^[6] Auch hoffen wir, dass die Mitglieder des ersten Conseil de physique sich auch an dem zweiten beteiligen werden, nämlich nebst den Mitgliedern des bereits genannten Comité scientifique, de Broglie, Einstein, Hasenöhr, Jeans, Langevin, F.A. Lindemann, Perrin, Planck, Rubens, Sommerfeld und W. Wien.^[7]

Im Namen des Comité scientifique bitte ich Sie jetzt, diese Einladung annehmen zu wollen. Sie würden uns damit eine grosse Freude bereiten und wir würden auf Ihre Beteiligung an unserer Arbeit hohen Wert legen. Dass es mich persönlich ganz besonders freuen wird, wenn Sie kommen, brauche ich kaum zu sagen.

Die Sitzungen werden fünf oder sechs Tage in Anspruch nehmen und wir hoffen Referate zu haben über die Struktur der Atome; die von Laue entdeckten Erscheinungen; Pyro- und Piezo-Elektrizität; und die Molekulartheorie der festen Körper. Zu vielem Dank wären wir Ihnen verpflichtet, wenn Sie das dritte übernehmen wollten.^[8] Zu viel Arbeit würde das, wie ich hoffe, nicht von Ihnen erfordern, da Sie den Gegenstand vollständig beherrschen.

Die Referate sollen den Teilnehmern einige Zeit vor der Versammlung zugesandt werden.

Lassen Sie mich noch hinzufügen, dass wir das vorige Jahr wirklich tüchtig gearbeitet haben. Es hat manchen interessanten Gedankenaustausch gegeben und ich glaube sagen zu dürfen, dass z.B. Planck, Wien und Sommerfeld günstige Eindrücke von dieser Konferenz mit nach Hause genommen haben.

Was das neue Thema betrifft, so ist auch von Magnetismus und Magneto-Optik die Rede gewesen. Wir haben das aber auf später verschoben, da wir uns nicht auf einmal zu weit von dem Programm des vorigen Jahres entfernen wollten.^[9]

Wenn Sie mich mit einer zustimmenden Antwort erfreuen können, so wird die „Commission administrative de l'Institut Solvay“ Ihnen eine offizielle Einladung zukommen lassen. Sie ist in der Lage jedem Teilnehmer ein Honorar von 750 francs anzubieten.

— — — — —

Ich kann Ihnen nicht schreiben ohne mich doppelt zu schämen. Einmal weil ich Ihren letzten freundlichen Brief^[10] noch gar nicht beantwortet habe und auf die interessanten darin berührten Fragen noch nicht eingegangen bin. Entschuldigen Sie es, bitte. Ich leide noch immer, was Korrespondenz und Arbeit betrifft, unter den Folgen unserer Übersiedelung. Jetzt muss ich einige Zeit nach Paris, wo ich im Collège de France vortragen muss^[11] (meine Frau geht mit). Nachher wird dann aber eine ruhigere Zeit kommen, und da komme ich noch einmal auf die mit dem Kirchhoff'schen Gesetze zusammenhängenden Fragen zurück.

Und dann, was noch schlimmer ist, ich habe den Geburtstag Ihrer Frau Gemahlin vergessen! Ich hoffe, sie wird mir deshalb nicht böse sein; sie zürnt ja nur, unter gewissen Umständen, den Sperlingen. Von Herzen hoffe ich, dass Sie alle das grosse häusliche Fest dieses mal unter ebenso günstigen Umständen werden gefeiert haben, wie damals als ich Zuschauer sein dürfte.^[12] — Sehr freue ich mich darauf im Frühjahr wieder nach Göttingen zu kommen.^[13]

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See *Solvay 1912*.

^[2]See *Solvay 1921* for the regulations of the Institut. *Mehra 1975* gives a historical account of its creation.

^[3]The conference took place from 27 to 31 October 1913; its theme was “La structure de la matière”. See *Solvay 1921* for its proceedings.

^[4]Marie Curie (1867–1934), Professor of Physics at the Sorbonne; Marcel Brillouin (1854–1948), Professor of Mathematical Physics at the Collège de France; Robert Goldschmidt (1877–1935); Martin Knudsen (1871–1949), Professor of Physics at the University of Copenhagen; Walther Nernst, Professor of Physical Chemistry at the University of Berlin; Ernest Rutherford (1871–1937), Professor of Experimental Physics at the University of Manchester; Emil Warburg (1846–1931), President of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin.

^[5]After some hesitation (see Letter 248) Voigt accepted the invitation, although he attended only part of the conference (see Letters 259 and 260).

^[6]William Henry Bragg (1862–1942), Cavendish Professor of Physics at the University College London; Eduard Grüneisen (1877–1949), Director of the Weak-Current Laboratory at the Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin; Louis-Georges Gouy (1854–1926), Professor of Physics at the University of Lyon; Philipp Lenard (1862–1942), Professor of Physics at the University of Heidelberg; Pierre Weiss (1865–1940); Professor of Physics at the ETH (Zurich).

^[7]Maurice de Broglie; James H. Jeans (1877–1946); Frederick A. Lindemann (1886–1957); Jean Perrin (1870–1942), Professor of Physical Chemistry at the University of Paris; Heinrich Rubens (1865–1922), Professor of Experimental Physics at the University of Berlin. Of those mentioned here Philipp Lenard, Wilhelm Röntgen, Jean Perrin and Max Planck

did not attend; additional participants were William Barlow (1845–1934; private scholar), William J. Pope (1870–1939; Professor of Chemistry at the University of Cambridge), and Robert W. Wood (1868–1955; Professor of Experimental Physics at Johns Hopkins University).

^[8]Although the theme of pyro- and piezoelectricity was eventually dropped (see Letter 252), Voigt presented a short report on pyroelectricity (*Voigt 1921*).

^[9]The theme of the first Solvay Conference was radiation theory and quanta.

^[10]Letter 246.

^[11]See *Lorentz 1916e* for the published version of these lectures.

^[12]See Letter 212.

^[13]See Letter 249, note 1.

248. From Woldemar Voigt, 24 November 1912

Handwritten letter.

Göttingen, den 24.XI.12.

Verehrter Herr College!

Vielen herzlichen Dank für Ihre vorhin erhaltenen Zeilen.^[1] Ich empfinde tief die freundliche Gesinnung, die in der Einladung liegt, die ich Ihnen verdanke, und ich will derselben gerne nachkommen. Aber ich kann nicht verhehlen, dass ich sehr im Zweifel bin, ob ich den Mitgliedern der Versammlung werde Interessantes sagen können. Die ganze Theorie der Pyro- und Piezoelektrizität ist über ein *geometrisches* Niveau noch wenig hinausgekommen; die eigentlich physikalischen Fragen erweisen sich bisher kaum zugänglich, die Ansätze zu einer molekular-theoretischen Behandlung, welche vorliegen, scheinen mir wenig befriedigend. Mir persönlich hat die Entwicklung der geometrischen Beziehungen und ihre Verwertung zur Deutung der Beobachtungen viele Freude gemacht,^[2] aber diese Untersuchungen haben doch nur wenig Beziehung zu den andern Arbeiten des Congresses.

Bitte, überlegen Sie dies freundlichst, ehe Sie die offizielle Einladung veranlassen! Ich bin völlig zufrieden, wenn Sie nach dem Vorstehenden davon absehen. —

Von uns ist zum Teil Ernstes zu berichten. Zwar in den Kinderhäusern steht es im Ganzen normal. Aber meine Frau hat vor 3 Wochen eine recht grosse Operation durchgemacht, die ja zum Glück nicht mit dem früheren Leiden zusammenhing, sie aber doch natürlich stark angegriffen hat. Ich meinesteils kann die Oberarbeitung des Rektorjahres nicht verwinden. Geht der gewöhnliche Betrieb bis nahe an die Grenze meiner Kräfte, so ging der vorjährige bestimmt darüber hinaus. So lange das Amt dauerte, hielt mich Pflicht und Verantwortung hoch, — jetzt geht es nicht mehr: ich bin wie ausgepumpt.

In den Weihnachtsferien sollen meine Frau und ich auf 2–3 Wochen in die Hochalpen. Hoffentlich bringt der Aufenthalt uns beide „in die Höhe“.

Was die in meinem letzten Brief angedeuteten Fragen angeht,^[3] so wollen Sie bitte darin keine Nötigung sehen. Ich erwähnte sie, da sie mich beschäftigen. In den Ferien habe ich meine früheren Untersuchungen über die Absorption und Emission geschichteter Körper auf die Richtung *schief* zu den Schichten ausgedehnt und dabei die früher gefundenen Schwierigkeiten nochmals überdacht.^[4] Ich glaube, dass dabei Grenzen der Gültigkeit des Kirchhoffschen Satzes hier mitspielen, dass man der „homogene“ Schicht eines *inhomogenen* Körpers überhaupt ein individuelles Absorptions- und Emissionsvermögen nicht beilegen kann, beide vielmehr von dem Aenderungsgesetz der Konstitution abhängen. Auch über Intensitätsverteilung in Spektrallinien habe ich gearbeitet.^[5]—

Da Sie nichts von den Ihrigen schreiben, hoffe ich, dass es Allen gut geht.

Ich bleibe in herzlicher Verehrung

Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 247.

^[2]See *Voigt 1910a*, chaps. 4, 5, and 8, for Voigt's work in this field.

^[3]See Letter 246.

^[4]See *Voigt 1912b*.

^[5]See *Voigt 1913b*.

249. From Woldemar Voigt, 20 February 1913

Handwritten letter.

Göttingen, den 20.11.13.

Verehrter Herr College und Freund!

Die Aussicht, Sie Ende April hier zu sehen,^[1] ist nicht nur der *Universität* hocherfreulich, das Haus Voigt hat noch seine ganz *besondere* Freude daran. Meine Frau und ich bitten Sie recht herzlich, wieder bei uns abzusteigen und diesmal auch Ihre gute Frau mitzubringen. Vielleicht erleichtert *ihr* die Aussicht auf einen Besuch in Berlin den Entschluss. Grosse Herrlichkeiten und Festlichkeiten können wir Ihnen freilich nicht versprechen, nur aber einen behaglichen Aufenthalt, bei dem wir versuchen werden, Ihnen unsere Verehrung und Liebe in schmuckloser Weise auszudrücken.

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]During the last week of April 1913, Max Planck, Peter Debye, Walther Nernst, Marian von Smoluchowski, Arnold Sommerfeld, and Lorentz lectured in Göttingen on kinetic gas theory at the invitation of the commission of the Wolfskehlstiftung. The proceedings were published as *Planck et al. 1914*; Lorentz's contribution is *Lorentz 1914q*. See also Letter 250 for Lorentz's plans for the stay in Göttingen.

250. To Woldemar Voigt, 2 March 1913

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 2 März 1913.

Lieber und verehrter Freund,

Ihr letztes freundliches Schreiben^[1] mahnt mich daran, dass ich Ihren vorletzten Brief^[2] noch immer nicht beantwortet habe. Ich bitte sehr, mir die lange Verzögerung zu verzeihen, obgleich ich nur die Entschuldigung dafür anführen kann, dass die Zeit so rasch flieht; sie scheint es immer rascher zu tun.

Was Sie uns von dem Gesundheitszustande Ihrer Frau Gemahlin schrieben, und von der Operation, der sie sich hat unterwerfen müssen, hat uns sehr Leid getan; ebenso was Sie sagten von den Folgen, die die Anstrengungen des Rektoratsjahres für Sie selbst hatten. Seitdem ist einige Zeit verflossen und haben Sie im Gebirge Ruhe und Erholung finden können. Von Herzen hoffen wir, dass Sie jetzt frei von jeder Sorge sein können.

Was nun Ihre freundliche Einladung betrifft, so nähmen wir diese mit grosser Freude an, wenn wir nicht andere Pläne hätten. Wir möchten nämlich unserer Tochter in Berlin und ihrem Mann^[3] die Gelegenheit bitten, die Woche in Göttingen mitzumachen, und haben sie daher eingeladen, mit uns zusammen in irgend einer Pension oder einem Hotel zu wohnen. Meine Frau stellt sich vor, dann, während die Anderen sich der Physik widmen, unseren kleinen Enkel zu hüten. Sie sehen also, dass wir uns förmlich in Göttingen einbürgern werden. Selbstverständlich werden wir den bekannten Weg in Ihre Wohnung nicht vergessen und hoffen wir unsere Kinder Ihnen vorstellen zu dürfen (was Berta betrifft ist das nicht mehr nötig). Auch den Enkel. Dass wir einmal mit ihm kommen dürfen, dafür bürgt mir die bekannte Güte Ihrer Frau den kleinen Kindern gegenüber.

Jetzt habe ich eigentlich noch über Manches zu schreiben, aber ich muss damit noch warten. Gestern habe ich einen Vortrag für Realschullehrer gehalten,^[4] dessen Vorbereitung mir die letzte Woche sehr in Anspruch genommen hat, und obgleich ich die Beantwortung Ihres Briefes nicht länger verschieben wollte, muss ich jetzt kurz sein, da ich morgen meine wochentliche Vorlesung in Leiden habe,^[5] und mich unglücklicherweise in ein Labyrinth von Formeln verwirrt habe, aus dem ich noch einen Ausweg finden muss. Also bald Weiteres. Lassen Sie mich jetzt nur noch sagen, dass wir Ihnen beiden für die Freundlichkeit, die Sie uns aufs neue gezeigt haben, von Herzen dankbar sind. Und auch dies noch, dass es mich *sehr* freut, dass Sie die Einladung zur Brüsseler Konferenz angenommen haben.^[6]

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Letter 249.

^[2]Letter 248.

^[3]Berta and her husband Wander de Haas (and their son Albert).

^[4]Presumably the first in a series of lectures on the principle of relativity, held in March 1913 at Teyler's Foundation in Haarlem and published as *Lorentz, 1914h*.

^[5]Lorentz lectured once a week, on Monday mornings, on current problems in physics.

^[6]See Letter 248.

251. From Wilhelm Wien, 3 June 1913

Handwritten letter

Würzburg, den 3/6/13

Lieber Herr Kollege!

Als ich die Redaktion der Annalen der Physik übernahm hatte ich Sie gebeten, Ihre Abhandlungen, die Sie gewöhnlich in den Berichten der Akademie von Amsterdam veröffentlichen, für die Annalen zum Abdruck zu geben.^[1]

Leider haben Sie meine Bitte nicht nur nicht erfüllt, sondern mir Ihre letzten Abhandlungen gar nicht mehr zugeschickt sodass ich eben erst aus den Beiblättern ersehe dass Sie eine Abhandlung über die Quantentheorie schon 1912 veröffentlicht haben.^[2]

Darf ich Sie bitten diese Abhandlung mir für die Annalen zu übergeben? Und darf ich Sie ferner bitten mir Ihre Arbeiten auch weiter wie früher zuzuschicken, erstens damit ich sie gleich lesen kann und zweitens damit ich sie gleich mir für die Annalen ausbitten kann?

Leider konnte ich nicht nach Göttingen kommen da ich zu dieser Zeit in Amerika war und dort versucht habe für die Quantentheorie Propaganda zu machen.^[3] Ich hätte gern mit Ihnen über die Elektronentheorie der Metalle gesprochen. Man kann übrigens die Drudesche Theorie noch besser conserviren wenn man nur annimmt dass in der Gleichung^[4] $\sigma = \frac{1}{2mu} e^2 NL$ die Grösse $\frac{N}{u}$ nicht, aber sowohl N als auch u von der Temperatur abhängig nimmt. Die Constanz der Wärmeleitung^[5]

$$k = \frac{\alpha}{3} uNL$$

verlangt dann dass $u^2 L$ von der Temperatur nahe unabhängig ist. Dies führt zu der Folgerung dass u^2 sich wie $\frac{1}{L}$ mit der Temperatur ändert. Eine ähnliche Annahme ist jetzt von Herzfeld gemacht.^[6] Nur bleibt zweifelhaft wie man diese quantenhafte Vertheilung der Elektronenenergie vorzustellen hat. Die universelle Formel für $\frac{k}{\sigma}$ von Drude^[7] würde bestehen bleiben da für $T = \infty$ die lebendige Kraft

$\frac{m}{2}u^2 = \frac{kT}{2}$ werden müsste. N hängt dann wie u von der Temperatur ab.

Mit besten Grüßen

Ihr

W. Wien

Ich bitte Sie sehr Ihre Familie von mir zu grüssen. Hoffentlich sehen wir uns im Oktober.^[8]

^[1]See Letter 142.

^[2]*Lorentz, 1912b*.

^[3]See Letter 249, note 1, for the Göttingen lectures on kinetic theory. Wien had lectured at Columbia University in New York in April 1913 (the lectures were published as *Wien 1913b*; see also *Wien, Karl 1930*, pp. 27–28, for Wien's impressions of his trip).

^[4]The following expression for the electrical conductivity σ was first derived by Drude in the framework of his electron theory of metals, which is based on the model of free electrons moving among fixed positively charged metal atoms (see *Drude 1900–02, 1904*); here m is the mass of the charged particles, u their (mean) speed, e their charge, N their number density and L their mean free path. See also *Wien 1913a* for a discussion similar to the one that follows.

^[5]In the equation below $\alpha = 3k_B/2$, with k_B Boltzmann's constant.

^[6]See *Herzfeld 1913*.

^[7]The so-called Wiedemann-Franz law in the form $k/\sigma = (4/3)(\alpha/e)^2T$.

^[8]At the second Solvay Conference, which took place from 27 to 31 October 1913.

252. To Woldemar Voigt, 11 June 1913

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 11 Juni 1913.

Verehrter Kollege und Freund,

In Beantwortung Ihres letzten Schreibens^[1] kann ich Ihnen mitteilen, dass die Solvay-Stiftung wirklich, wie das seinerzeit in verschiedenen Journalen angekündigt worden ist, über Mittel verfügt, um wissenschaftliche Untersuchungen zu unterstützen.^[2] Das Jahr der Stiftung läuft von Mai zu Mai, und für das Jahr 1912–13 sind viele Anfragen bei uns eingelaufen (so viele, dass wir leicht viel mehr als die zu unserer Verfügung stehende Summe von 17500 francs verwenden könnten), über welche zu entscheiden jetzt vorbereitet wird. Da für diese Anfragen ein bestimmter Termin (ich meine 1 März) gestellt war, so können wir jetzt eine Bewerbung Herrn Rohn's nicht mehr berücksichtigen. In den nächsten Monaten wird es aber Gelegenheit geben, neue Anfragen einzusenden, und zwar an mich als Vorsitzenden des internationalen wissenschaftlichen Komitee's. Wir beabsichtigen

darüber bei der nächsten Versammlung in Brüssel, also Ende Oktober, in mündlicher Beratung zu entscheiden.

Selbstverständlich wird gewünscht, dass über das Ziel der geplanten Untersuchung und über etwa bereits erreichte Erfolge soviel mitgeteilt wird als nötig ist um zu beurteilen, inwiefern Aussicht vorhanden ist, dass bei der Arbeit etwas schönes und wichtiges herauskommen wird.

Ich muss noch bemerken, dass die Unterstützungen nicht an Institute, sondern an Personen verliehen werden. Wenn es sich also um eine persönliche Arbeit Dr. Rohn's handelt, so möchte ich raten, dass er selbst sich an mich wendet, und dass Sie mit einem Hinweis auf seine Tätigkeiten und auf die Bedeutung der Untersuchung die Bewerbung unterstützen.

Es hat uns sehr gefreut, dass Sie die Reise nach Russland so interessant fanden; auch Bakhuyzen war sehr darüber zufrieden.^[3] Was uns betrifft, so denken wir mit grossem Vergnügen an unseren Aufenthalt in Göttingen zurück,^[4] namentlich an die viele Freundlichkeit, die Sie und die Ihrigen uns bei dieser Gelegenheit wieder erwiesen haben. Glücklicherweise hörten wir alsbald von Ihrem Sohne und Ihrer Schwiegertochter, deren Besuch uns sehr lieb war, dass die Krankheit Ihres Enkels eine günstige Wendung genommen hatte.

Ich kann Ihnen jetzt mitteilen, dass wir für den nächsten „Conseil de physique“ statt der Piezo- und Pyro-Elektrizität ein anderes Thema gewählt haben, und zwar die Beziehungen zwischen der Kristallstruktur und der chemischen Zusammensetzung.^[5] Prof. Pope in Cambridge wird uns ein Referat darüber liefern.^[6] Es wird also vier Referate. geben: 1. Sir J.J. Thomson über den Bau der Atome,^[7] 2. Laue über die von ihm entdeckten Erscheinungen,^[8] 3. das soeben genannte und 4. Grüneisen über die molekulare Theorie fester Körper.^[9] Wie mir scheint kann ein gut zusammenhängendes Ganzes daraus werden, und schliesst sich das dritte Referat dem zweiten und vierten gut an. Denken Sie nur an das Modell des Diamanten, das Nernst uns in Göttingen vorführte^[10] und an Madelung's Modell des NaCl.^[11]

Wir werden nun hohen Wert darauf legen, wenn Sie nach Brüssel kommen wollen und sich an den Diskussionen beteiligen. Ich zweifle nicht daran, dass die ausgewählten Themata Sie interessieren werden, und da so viel von Kristallen die Rede sein wird, so würden wir Ihrer Mitwirkung schwerlich entbehren können.

Später werden wir zu überlegen haben, ob für das nächste Mal die Piezo- und Pyro-Elektrizität auf das Programm zu setzen ist, oder ob wir besser tun, uns dann einmal in die Theorie des Magnetismus und der magneto-optischen Erscheinungen zu vertiefen. Das wird gar nicht ohne Sie gehen.

— — — —

Ich erlaube mir schliesslich eine Bemerkung zu Ihrer letzten Publikation über die „Koppelungstheorie“^[12] zu machen, auf die ich verfiel als ich mir die Bedeutung Ihrer Formeln klar zu machen suchte. Es scheint mir nämlich, dass man eigentlich nicht sagen kann, dass Linien „zusammenfallen“. Es sollte vielmehr heissen, dass eine einzige Linie dadurch entsteht, dass die anderen, die sie zuerst begleiteten, in endlicher Entfernung von ihr verschwinden, indem ihre Intensität Null wird.^[13]

Führt man in die Gleichungen (31), S. 418 die Werte ein, die Sie S. 420 angeben, so verschwinden wegen der Beziehung (29) die Glieder mit den ersten Potenzen (und ohne Produkte) von^[14] π_1, π_2, π_3 . Es tritt nur die Kombination $\pi_2\pi_3 + \pi_3\pi_1 + \pi_1\pi_2$ auf, die ich mit ω bezeichnen will, und das Produkt $\pi_1\pi_2\pi_3$. Wenn wir nun annehmen, das Magnetfeld sei bereits so stark dass die Grössen π im Vergleich mit den von dem Feld abhängigen, sehr klein sind, so dürfen wir $\pi_1\pi_2\pi_3$ vernachlässigen und ω als unendlich klein betrachten. Es wird dann

$$a = -3i(h' + h'')$$

$$b = 3(h'^2 - h'h'' + h''^2) - \frac{\omega}{v^2}$$

$$c = -3h'h'' - \frac{\omega}{v^2}$$

$$d = -i(h'^3 + h''^3)$$

Schreibt man für den Ausdruck unter dem Summenzeichen in (30) $3K$, so wird jetzt

$$K = \frac{p^2 - i(h' + h'')vp - v^2(h'^2 - h'h'' + h''^2) + \frac{1}{3}\omega}{p^3 + 3v^2h'h''p - iv^3(h'^3 + h''^3) + \omega p}. \quad (1)$$

Zähler und Nenner sind hier Polynome in p und es handelt sich darum K in Partialbrüche zu zerlegen.

Vernachlässigt man die Glieder mit ω , so sind die Faktoren des Nenners

$$p + \alpha, p + \beta, p + \gamma,$$

wo

$$\alpha = iv(h' + h'')$$

$$\beta = -\frac{1}{2}iv(h' + h'') + \frac{1}{2}v(h' - h'')\sqrt{3}$$

$$\gamma = -\frac{1}{2}v(h' + h'') - \frac{1}{2}v(h' - h'')\sqrt{3}$$

Der Zähler aber ist gerade $(p + \alpha)(p + \gamma)$ und es lässt sich also, wenn wir die Glieder mit ω beibehalten, für (1) schreiben

$$K = \frac{(p + \beta)(p + \gamma) + \frac{1}{3}\omega}{(p + \alpha)(p + \beta)(p + \gamma) + \omega p}.$$

Bezeichnet man jetzt die Faktoren des Nenners mit $p + \alpha', p + \beta', p + \gamma'$, so sind die Differenzen $\alpha' - \alpha, \beta' - \beta, \gamma' - \gamma$ unendlich klein (wie ω). Man findet

$$\alpha' = \alpha \left\{ 1 - \frac{\omega}{(\beta - \alpha)(\gamma - \alpha)} \right\}, \quad \beta' = \beta \left\{ 1 - \frac{\omega}{(\gamma - \beta)(\alpha - \beta)} \right\}$$

$$\gamma' = \gamma \left\{ 1 - \frac{\omega}{(\alpha - \gamma)(\beta - \gamma)} \right\} \quad (2)$$

(ω^2 immer vernachlässigt).

Es lässt sich nun K wie folgt zerlegen

$$K = \frac{A}{p + \alpha'} + \frac{B}{p + \beta'} + \frac{C}{p + \gamma'}$$

Der Nenner A ist von 1 um eine Grösse von der Ordnung ω verschieden; B und C aber sind von der Ordnung ω , nämlich

$$B = \frac{\frac{1}{3} + \frac{\beta}{\alpha - \beta}}{(\alpha - \beta)(\gamma - \beta)} \omega, \quad C = \frac{\frac{1}{3} + \frac{\gamma}{\alpha - \gamma}}{(\alpha - \gamma)(\beta - \gamma)} \omega. \quad (3)$$

Es gibt also *drei* Linien (wenn wir uns auf die + Welle beschränken), deren Lage man erhält, wenn man die reellen Teile von $p + \alpha'$, $p + \beta'$, $p + \gamma'$ gleich Null setzt (sagen wir die α' -, β' -, γ' -Linie). Bei Verstärkung des Feldes nähern sich diese Linien immer mehr der α -, β -, γ -Linie, ich meine denjenigen deren Lage man erhält, wenn die reellen Teile von $p + \alpha$, $p + \beta$, $p + \gamma$ gleich Null gesetzt werden. Zu gleicher Zeit verschwinden aber die β' - und γ' -Linie, weil die Werte von B und C sich, wie (3) zeigt, der Null nähern.

Ich bemerke noch, dass diese Werte schliesslich dem Quadrat der Feldstärke umgekehrt proportional sind, während aus (2) hervorgeht wie die Entfernungen $\alpha' - \alpha$, $\beta' - \beta$, $\gamma' - \gamma$ von der Feldstärke abhängen.

Setzt man die Werte von h' und h'' ein, so ergibt sich

$$\alpha = 2vg'; \quad \beta = v(-g' + f'\sqrt{3}); \quad \gamma = v(-g' - f'\sqrt{3})$$

und hieraus kann man schliessen, dass bei Verstärkung des Feldes die α -, β -, und γ -Linie immer weiter auseinandergehen. Sie können nicht zusammenfallen, denn dazu wäre nötig $f' = 0$, $g' = 0$, was das Fehlen jeder Koppelung zwischen den drei ursprünglichen Linien anzeigen würde.

Was das Verschwinden der β - und γ -Linie betrifft, so hängt das natürlich damit zusammen, dass für die denselben entsprechenden Bewegungszustände das resultierende elektrische Moment Null wird. Ein Molekül mit einem derartigen Bewegungszustand (gesetzt, dass er vorhanden wäre) kann nicht emittieren. Andererseits kann ein solcher Zustand auch nicht unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes entstehen; daher die Abwesenheit einer Absorption.

Sie sehen, dass die Bemerkungen, die Sie vielleicht auch schon gemacht haben, das Wesentliche in Ihrer schönen Theorie gar nicht berühren.^[15]

Mit freundlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Woldemar Voigt to Lorentz, 5 June 1913, in which Voigt inquires about the possibility to apply for a grant from the Solvay Foundation for his collaborator Rohn.

^[2]As had been announced in the *Physikalische Zeitschrift* (14 (1913): 48), for the period 1 May 1913–1 May 1914 the Solvay Foundation had 17,500 Belgian francs available to support experimental research on radiation, in connection with the theory of energy quanta and molecular theories. Applications had to be sent to Lorentz. The amount was later raised to 20,000 fr. (*Physikalische Zeitschrift* 14 (1913): 856).

^[3]The astronomer Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen and the orientalist Christiaan Snouck Hurgronje (1857–1936) were the official delegates of the Royal Dutch Academy of Sciences at the meeting of the International Association of Academies (Association Internationale des Académies) that was held in St. Petersburg from 11 to 17 May 1913. (See *Versl. Kon. Ak. Wet.* 21 (1912–13): 1308.)

^[4]See Letter 249, note 1.

^[5]Cf. Letter 250.

^[6]See *Barlow and Pope 1921*.

^[7]*Thomson 1921*.

^[8]*Laue 1921*.

^[9]*Grüneisen 1921*.

^[10]See *Nernst 1914*.

^[11]See *Madelung 1910*.

^[12]*Voigt 1913a*.

^[13]See also the following letter.

^[14]In the following, the quantities π , h' , h'' , and p are combinations of the frequency ν and the various constants occurring in the coupled set of equations of motion for the electrons on which Voigt's theory is based. These quantities are functions of the field strength. Eq. (30) is an expression for the (complex) index of refraction, derived by Voigt, in which a , b , c , and d occur as abbreviations of certain functions of the coupling constants and the frequency.

^[15]See Letter 253.

253. From Woldemar Voigt, 16 June 1913

Handwritten letter. Letterhead of the Hotel zum Reichstag, Berlin.

Berlin NW. 7, 16.VI.13.

Verehrtester Freund!

Zur Vertretung unserer Universität bei des Kaisers Jubiläum^[1] bin ich hierher gesandt und benutze eine freie halbe Stunde, um Ihnen für Ihren freundlichen Brief^[2] herzlich zu danken.

Herr Dr. Rohn wird nach Ihrem Vorschlag seine bisherigen Resultate und seine weiteren Pläne schriftlich darstellen und ich werde meine Ansicht darüber gleichfalls zu Papier bringen.

Was den Congress in Brüssel angeht, so hoffe ich bestimmt, Ihrer erneuten Einladung folgen zu können. Es ist überaus freundschaftlich von Ihnen, dass Sie eine Vertagung der Diskussion über Pyro- und Piezoelektrizität vermittelt haben. Es wird mir eine grosse Freude sein, mich mit dem mir werten Gegenstande ernst zu beschäftigen. Zwar arbeiten jetzt zwei meiner Schüler darüber, aber ich fühle mich trotzdem zu einer umfassenden Darstellung nicht fähig. Die Angelegenheiten meiner verwittweten Tochter, die viele Aufregungen bringen, kommen in diesem Sommer zu aller Arbeit noch hinzu, und ich fühle mich meist sehr müde.

Es ist sehr lieb von Ihnen, dass Sie sich für meine Koppelungsarbeit interessieren. Es liegt bei Wien^[3] eine Fortsetzung zum Druck, die ich schon vor Wochen vollendet habe, aber aus äusseren Gründen zurückgehalten habe.^[4] Darin sind die von Ihnen berührten Punkte ausführlich behandelt und eine ganze Reihe neuer Bestätigungen der Theorie gegeben.

Der Ausdruck, den Sie beanstanden, ist in der Tat sehr unglücklich gewählt. Indessen habe ich wohl das allgemeinere „Zusammenfliessen“ statt des spezielleren „Zusammenfallen“ benutzt (wenn mich die Erinnerung nicht täuscht).^[5] Ich habe über den Mechanismus schon bei meiner ersten Publication ziemlich klar gesehen und wollte ausdrücken, dass die „Triplet-Linien“ die Intensität der übrigen *aufsaugen*. Aber es ist ein dummer Ausdruck, der Missverständnisse hervorruft. Ich werde denselben korrigieren.

Eine der seltsamsten Beobachtungen, die durch die Theorie glatt erklärt wird, ist die, dass die p -Komponente *für sich* ein *normales Triplet* mit Aussenkomponenten von abnehmender Stärke giebt.^[6] Dass die Formeln dies liefern, ist eine schöne Stütze der Theorie.

Leben Sie wohl, lieber Freund!

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]The 25th anniversary of the reign of German Kaiser Wilhelm II.

^[2]Letter 252.

^[3]Wilhelm Wien, editor of the *Annalen der Physik*.

^[4]*Voigt 1913c*. The paper is dated “Anfang Juni 1913”; it was received by the *Annalen der Physik* on 16 June.

^[5]Voigt does use the word “zusammenfallen” a few times (e.g., on p. 438).

^[6]See the “Anmerkung” on p. 227 of *Voigt 1913c*.

254. From Woldemar Voigt, 30 July 1913

Handwritten postcard.

G. 30.VII.13.

Verehrter Freund!

Veranl. durch Ihre letzten Zeilen sende ich Ihnen die Korrektur meiner neuen Arbeit, die erst in längerer Zeit erscheinen kann.^[1] Ich erlaube mir besonders auf die Figur S. 29 aufmerksam zu machen, die das Verhalten der 10 Zeeman-Komponenten veranschaulicht.^[2] Das Ganze ist doch sehr unerwartet, dabei bereits in vielen Einzelheiten durch Beobachtungen bestätigt. Wie drollig ist dass nach rechts hin eine Komp. von D_2 sich mit einer von D_1 paart! Da ich nur diesen Abdruck habe, bitte ich denselben freundlichst an Prof. Zeeman zu schicken, den die

Figur wohl interessieren wird. — In nächster Woche geht nun das Semester bei uns zu Ende und es kommt die Zeit zu ruhiger Arbeit, die ich sehr ersehne.

Mit herzlichsten Grüßen an Sie Alle
treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]The proofs of *Voigt 1913c*. The paper was published on 26 August 1913.

^[2]The figure, which is on p. 228 of the published version, is part of an addendum added in proof (“Zusatz bei der Korrektur”), dated 16 July 1913.

255. From Albert Einstein, 14 August 1913

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem. The year is inferred from the reference to Einstein’s appointment in Berlin.

Zürich. 14. August.

Hoch verehrter und lieber Herr Prof. Lorentz!

Ich danke Ihnen von Herzen für Ihre beiden Briefe,^[1] auch besonders für die freundliche Gratulation zu der neuen Stelle.^[2] Ich konnte der Versuchung nicht widerstehen, eine Stelle anzunehmen, in der mir alle Verpflichtungen abgenommen sind, sodass ich mich ganz der Grüblerei hingeben kann.

Mit meiner Nachfolgerschaft ist es so: Wenn nicht alles trägt, wird Laue auf dieselbe Anspruch erheben, und es gibt gewiss niemanden, der mehr Anspruch darauf hätte.^[3] Aber ich glaube, dass Keesom für die Universität der richtige Mann wäre (an Laues Stelle), ja sogar, dass Keesom für die schweizerische Physik überhaupt ein wahrer Segen wäre, weil er die experimentelle Technik der tiefen Temperaturen beherrscht.^[4] Daneben wird er gewiss auch als Theoretiker anregend wirken. Sie würden mich gewiss in dem Bestreben, unterstützen, Keesom diesen Ruf zu verschaffen. Freilich ist mein Einfluss an der Universität nicht sehr gross. Aber ich habe schon an Laue über die Sache geschrieben und hoffe, auch *seine* Unterstützung zu finden. Ich würde mich *sehr* freuen, wenn Keesom eine seiner Tüchtigkeit entsprechende Anstellung finden würde. Sobald ich mich einigermassen in der Sache orientieren kann, schreibe ich Ihnen wieder.

Mit der andern Angelegenheit, Ihren Herrn Schwiegersohn betreffend,^[5] weiss ich im Augenblick nichts anzufangen; denn ich habe in Berlin weder ein Institut noch einen Assistenten. * Aber da man nun einmal einen „Hans Dampf auf allen Gassen“ aus mir gemacht hat, werde ich doch vielleicht einmal etwas für ihn thun können. Auch will ich Herrn Weiss^[7] davon sprechen, wenn er wiederkommt. Einstweilen freue ich mich darauf, Ihre lieben Kinder in Berlin näher kennen zu

*Ich bin nur Mitglied der Akademie und erhalte eine Bezahlung, die von der Akademie ausgegeben wird, aber aus einer Schenkung eines Privatmannes stammt.^[6]

lernen und gratuliere Ihnen von Herzen als dem besten und zärtlichsten der Grossväter. Einstweilen bitte ich Sie auch, Ihnen allen meine freundschaftlichen Grüsse zu übermitteln. Sie können sicher sein, dass ich Ihre Anregung nicht aus dem Auge lassen werde.

Nun zur Gravitation. Ich bin beglückt darüber, dass Sie mit solcher Wärme sich unserer Untersuchung annehmen.^[8] Aber leider hat diese Sache doch noch so grosse Haken, dass mein Vertrauen in die Zulässigkeit der Theorie noch ein schwankendes ist. Befriedigend ist der Entwurf bis jetzt, soweit es sich um die Einwirkung des Gravitationsfeldes auf andere physikalische Vorgänge handelt. Denn der absolute Differenzialkalkül erlaubt hier die Aufstellung von Gleichungen, die beliebigen Substitutionen gegenüber kovariant sind. Das Gravitationsfeld ($g_{\mu\nu}$) erscheint sozusagen als das Gerippe an dem alles hängt. *Aber die Gravitationsgleichungen selbst haben die Eigenschaft der allgemeinen Kovarianz leider nicht.* Nur deren Kovarianz linearen Transformationen gegenüber ist gesichert. Nun beruht aber das ganze Vertrauen auf die Theorie auf der Überzeugung, dass Beschleunigung des Bezugssystems einem Schwerefeld äquivalent sei. Wenn also nicht alle Gleichungssysteme der Theorie, also auch Gleichungen (18)^[9] ausser den linearen noch andere Transformationen zulassen, so widerlegt die Theorie ihren eigenen Ausgangspunkt; sie steht dann in der Luft.

Bisher wollte es uns aber nicht gelingen, irgend welche nicht lineare Substitutionen anzugeben, denen gegenüber die Gleichungen (18) kovariant wären. Zwei Möglichkeiten prinzipiell verschiedener Art kommen da in Betracht.

1) Transformationen, welche von dem vorhandenen $g_{\mu\nu}$ -Feld unabhängig sind, welche Ehrenfest als „selbständige Transformationen“ bezeichnete; nur mit solchen hat sich meines Wissens bisher die Gruppentheorie beschäftigt.

2) Transformationen, deren p erst durch Differenzialgleichungen zu dem als gegeben zu betrachtenden $g_{\mu\nu}$ -Feld zu bestimmen wären,^[10] die also dem vorhandenen $g_{\mu\nu}$ -Feld angepasst werden müssen. Solche Transformationen sind — soviel ich weiss — noch nicht systematisch untersucht worden. („unselbständige Transformationen“)

Die Existenz „selbständiger“ nicht linearer Transformationen ist die einfachere Möglichkeit; dies scheint aber nicht zuzutreffen, ohne dass ich dies zu beweisen wüsste. Es genügt aber schon die Existenz „unselbständiger“ nicht linearer Transformationen, um mit der Aequivalenzhypothese nicht nachträglich in Konflikt zu geraten.

Prinzipiell liegt die Sache einfach. Man fragt: Welche Bedingungen müssen die p_{ik} einer Transformation erfüllen, damit

$$\Gamma_{\mu\nu} = \Delta_{\mu\nu}(\gamma) - \kappa\vartheta_{\mu\nu}$$

sich bei der Transformation wie ein Tensor transformiert?^[11] Man erhält so partielle Differenzialgleichungen für die p_{ik} . Es fragt sich, ob diese letzteren mit den Integrabilitätsbedingungen vereinbare Lösungen haben. — Will ich die Rechnung aber ausführen, so scheitere ich an der Kompliziertheit der Gleichungen. — Sollte es sich zeigen lassen, dass nicht lineare Transformationen überhaupt nicht existieren, so verdiente die Theorie kein Vertrauen.

Sehr interessant ist es hingegen, dass die Gleichungen die Relativität der trägen Masse liefern. Es kommen nämlich folgende Dinge heraus:^[12]

1) Die Existenz einer trägen, ruhenden Kugelschale erhöht die Trägheit einer Masse m , die sie umgibt.

2) Eine Beschleunigung von K induziert eine gleichsinnige beschleunigende Kraft, die auf m wirkt.

3) Rotiert K , so entsteht dadurch im Innern von K ein Koriolis-Feld, derart, dass ein im Innern von K angeordnetes Pendel so beeinflusst wird, dass seine Schwingungsebene mitgenommen wird.

Alle diese Effekte sind zwar wegen ihrer Kleinheit nicht der Prüfung zugänglich, sind aber an und für sich plausibel, wie Mach in seiner Mechanik so hübsch bei seiner Kritik von Newtons Prinzipien gezeigt hat.^[13]

Mit herzlichen Grüßen an Sie und Ihre werte Familie, auch von meiner Frau
Ihr ganz ergebener

A. Einstein.



^[1]Both letters are missing.

^[2]On 3 July 3 1913 the Prussian Academy of Sciences in Berlin had accepted a proposal by Max Planck, Walther Nernst, Heinrich Rubens and Emil Warburg to offer Einstein a specially created salaried membership of the Academy. On 7 December Einstein formally accepted his appointment as a member of the Academy; in addition he was appointed Professor of Theoretical Physics at the Friedrich-Wilhelms Universität in Berlin. On 29 March 1914 Einstein arrived in Berlin (see *Kirsten and Treder 1979*, vol. 1, and *CPAE*, Vol. 8, Calendar).

^[3]At the time, Max von Laue was Extraordinary Professor of Theoretical Physics at the University of Zurich. He was not appointed; in fact, Einstein's chair at the Zurich Polytechnic (ETH) remained vacant until 1 April 1920, when Paul Scherrer was appointed.

^[4]Willem H. Keesom would become Professor of Physics in Leiden in 1923.

^[5]Wander de Haas worked at the Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin from 1913 until April 1915. During that period he collaborated with Einstein on the phenomenon that is now known as the Einstein-De Haas effect. See Letter 288, note 2 for more on the effect.

^[6]The Prussian Academy paid Einstein a salary of 12,000 M, half of which was donated by the Berlin banker Leopold Koppel (1854–1933). The Koppel money was in fact never used to pay Einstein: it became part of the "Stiftungsfonds der physikalisch-mathematische Klasse" of the Prussian Academy (see *Kirsten and Treder 1979*, vol. 1, pp. 97–99, 102–104).

^[7]At the time Pierre Weiss was Professor of Physics at the ETH.

^[8]*Einstein and Grossmann 1913*, in which a tensor theory of gravitation is presented.

^[9]The equations for the gravitational field of *Einstein and Grossmann 1913* (see note 11).

^[10]The quantities p_{ik} determine the transformation of a covariant vector under the coordinate transformation $x \rightarrow x'$.

^[11]In the expression above, $\Delta_{\mu\nu}$ is a non-linear function of the first and second derivatives of the contravariant metric tensor $\gamma_{\mu\nu}$, κ a constant, and $\vartheta_{\mu\nu}$ the energy-momentum complex of the gravitational field. These quantities occur in the gravitational field equations of *Einstein and Grossmann 1913*, $\Gamma_{\mu\nu} = \kappa\vartheta_{\mu\nu}$.

^[12]See *Einstein 1913*.

^[13]*Mach 1883*, in which inertia is attributed to the action of distant masses in the universe.

256. From Albert Einstein, 16 August 1913

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Zürich. 16.VIII.

Lieber und verehrter Herr Prof. Lorentz!

Zum wissenschaftlichen Teil meines Briefes^[1] muss ich noch einiges nachtragen. Sie haben die Frage aufgeworfen, ob es berechtigt sei, anzunehmen, dass der Spannungs-Energiетensor stets *symmetrisch* sei;^[2] Minkowski benutzte z.B. einen unsymmetrischen Tensor.^[3] Ich glaube mit Laue, dass Minkowski darin irrte.^[4] Die Aequivalenz der trägen Masse und der Energie, die doch — wenigstens für abgeschlossene Systeme — sicher richtig sein dürfte, lässt sich am einfachsten durch $X_t = T_x$ ausdrücken.^[5] Deshalb wird man in der gewöhnlichen Relativitätstheorie wohl daran festhalten, den Tensor als einen symmetrischen anzusehen. In unserem Falle wird es daher auch am nächsten liegen, den kovarianten und kontravarianten Spannungs-Energie-Tensor als symmetrisch vorauszusetzen.

Ferner fand ich gestern zu meiner grossen Freude, dass die gegenüber der Gravitationstheorie in meinem letzten Briefe, sowie in der Arbeit geäusserten Bedenken nicht angezeigt sind. Die Sache scheint sich mir folgendermassen zu lösen. Ausdruck des Energieprinzips für Materie & Gravitationsfeld zusammen ist eine

Gleichung von der Form (19) d.h. von der Form $\sum \frac{\partial T_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = 0$; von dieser Voraus-

setzung ausgehend stellte ich die Gleichungen (18) auf.^[6] Nun zeigt aber eine Betrachtung der allgemeinen Differenzialoperatoren des absoluten Differenzialkalküls, dass eine so gebaute Gleichung niemals absolut kovariant ist. Indem wir also die Existenz einer solchen Gleichung postulierten, spezialisierten wir stillschweigend die Wahl des Bezugssystems. Wir beschränkten uns auf den Gebrauch solcher Bezugssysteme, in bezug auf welche der Erhaltungssatz des Impulses und der Energie in dieser Form gilt. Es zeigt sich, dass bei der Bevorzugung solcher Bezugssysteme nur mehr allgemeine lineare Transformationen als allein berechtigt übrig bleiben.

Also kurz gesagt: *Durch Postulierung des Erhaltungssatzes gelangt man zu einer in hohem Masse bestimmten Wahl des Bezugssystems und der zuzulassenden Substitutionen.*

Erst jetzt macht mir die Theorie Vergnügen, nachdem dieser hässliche dunkle Fleck beseitigt zu sein scheint.

Es grüsst Sie herzlich

Ihr ganz ergebener

A. Einstein.

^[1]Letter 255.

^[2]See, e.g., *Lorentz 1904e*, sec. 23.

^[3]See *Minkowski 1908*.

^[4]See *Laue 1911*, sec. 22.

^[5]In modern notation: $T_{01} = T_{10}$, with T the macroscopic energy-momentum tensor of matter in an electromagnetic field.

^[6]The equation-numbers refer to *Einstein and Grossmann 1913*; $T_{\mu\nu}$ is the total energy-momentum tensor, (18) are the field equations.

257. To Wilhelm Wien, 28 September 1913

Handwritten letter (private collection).

Haarlem, 28 September 1913.

Lieber Herr Kollege,

Ich fürchte, dass Sie mir sehr böse sind, weil ich Ihre letzten Briefe^[1] noch immer nicht beantwortet habe, und Sie haben auch wirklich Grund dazu. Ich kann mich nur einigermassen damit entschuldigen, dass ich in dem ersten Jahr nach unserer Übersiedelung nach dieser Stadt^[2] immer vor einem Berg Arbeit stand, den ich nicht bewältigen konnte; darunter hat meine Korrespondenz sehr gelitten. Ich hoffe dass Sie mir noch einmal verzeihen wollen; allmählich werde ich mich schon bessern.

Meine letzten Arbeiten habe ich Ihnen vor einiger Zeit geschickt. Was aber die Aufnahme derselben in die Annalen betrifft, so glaube ich, dass wir das unterlassen müssen, weil sie schon zu alt geworden sind.^[3] Komme ich noch einmal auf die behandelten Fragen zurück, so will ich gerne Ihrer freundlichen Aufforderung folgen, und dann eine Bearbeitung für die Annalen liefern, in der nachträglich Einiges von dem bereits publizierten aufgenommen ist.

Dr. Goldschmidt wird Ihnen nächstens eine Konvokation zum zweiten Conseil de physique schicken;^[4] die erste Sitzung werden wir am 27. Oktober, morgens halb zehn, halten. Es freut mich sehr, dass Sie kommen werden und ich hoffe, da wir nicht so lange Sitzungen haben werden wie vor zwei Jahren, mich mehr als damals an persönlichen Besprechungen beteiligen zu können. In erster Linie hoffe ich dann zu hören wie es Ihnen und den Ihrigen in der Zwischenzeit gegangen ist.

Vor acht Tagen wohnte ich in Brüssel der von der Société Solvay u. Cie veranstalteten Feier Herrn S's 50-jähriger industrieller Tätigkeit bei — es war ein sehr schönes Fest — und kurz vorher hatte ich, zum ersten Mal, die Versammlung der British Association besucht.^[5] Wir hatten wieder einmal eine Diskussion über Strahlungstheorie,^[6] bei welcher Gelegenheit es sich zeigte, dass Herr Jeans sich jetzt der Quantentheorie angeschlossen hat. Wir hatten ferner einen sehr schönen Vortrag von Bragg über das Laue-Phänomen,^[7] und J.J. Thomson trug über sein X_3 vor, das er geneigt ist, jetzt für H_3 zu halten.^[8]

Ferner waren wir diesen Sommer ruhig zu Hause. Oder vielmehr unruhig, da die beiden Töchter mit Gatten und Kindern bei uns waren, und sogar noch ein Enkeltöchterchen in unserer Wohnung geboren wurde;^[9] es war so geplant, dass dieses Ereignis hier und nicht in Berlin stattfinden würde. Glücklicherweise ging al-

les so gut wie wir nur wünschen konnten. Jetzt, nachdem wir einige Zeit drei Enkelkinder im Hause hatten (Sie sehen wie alt ich werde) sind wir wieder mit unserem 18-jährigen Sohne allein.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]One of these is Letter 251.

^[2]In July 1912 Lorentz had moved to the town of Haarlem to take up his position of *Curator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation.

^[3]Cf. Letter 255.

^[4]The second Solvay Conference was held in Brussels from 27 to 31 October 1913. Robert Goldschmidt (1877–1935) was one of the secretaries of the meeting.

^[5]The meeting took place in Birmingham, 10–17 September. See *Lorentz, 1913f, 1913g* for his contributions.

^[6]Participants in this discussion were Lorentz, James Jeans, Ernst Pringsheim, A.E.H. Love, and Joseph Larmor. See *Rep. Br. Ass.* 83 (1913): 376–386.

^[7]William Henry Bragg; his paper is *Bragg 1913*, on Max von Laue's discovery of X-ray diffraction in crystals (see *Friedrich, Knipping, and Laue 1912* and *Laue 1912b*).

^[8]J.J. Thomson's paper was published as *Thomson 1913*.

^[9]Aletta C. de Haas, daughter of Wander de Haas and Berta Lorentz. At the time, the De Haas family lived in Berlin (see Letter 255, note 5).

258. From Max Planck, 11 October 1913

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 11. Oct. 1913.

Lieber verehrter Herr College!

Wohl allzu lange habe ich schon Gebrauch gemacht von Ihrer freundlichen Erlaubnis, meine definitive Antwort bezüglich meiner Teilnahme an dem Conseil de physique Solvay bis zu den letzten Tagen vor dem Beginn desselben hinauszuschieben.^[1] Zu meiner Entschuldigung kann ich nur anführen, dass ich bis heute an der stillen Hoffnung festhalten wollte, vielleicht doch noch persönlich in Brüssel erscheinen zu können. Aber nun, da ich immer deutlicher die Unmöglichkeit einsehe, darf ich auch nicht länger zögern, Ihnen den Sachverhalt mitzuteilen. Am 15. d.M. findet die offizielle Uebergabe des Rectorates statt^[2] und von diesem Tage an ist meine ganze Tätigkeit den Geschäften der Universität gewidmet, die, wie ich sicher weiss, gerade in den ersten beiden Wochen, besonders wegen der vielen Immatriculationen, die volle Arbeitskraft des neuen Rectors in Anspruch nehmen und eine Vertretung durch andere nicht gestatten.

Je lebhafter ich die Notwendigkeit des Fernbleibens bedaure, um so angelegentlicher wird aber mein Interesse und meine Teilnahme an den Arbeiten des

Conseil sein. Denn es bedarf nur eines rückschauenden Gedankens an unsere Zusammenkunft vor zwei Jahren, an die unvergesslichen, wissenschaftlich so vielfach anregenden, persönlich so überaus harmonisch verlaufenen Stunden, um mir auch diesmal klar zu machen, welche Schätze neuer Eindrücke sachlicher und menschlicher Art, dort der Verteilung harren. Sie würden, hochverehrter Herr College, mich zu ganz besonderem Dank verpflichten, wenn Sie bei einer Ihnen passend erscheinenden Gelegenheit Anlass nehmen möchten, meine warme Sympathie und meine herzlichsten Grüsse den Teilnehmern des Conseil au übermitteln, vor Allem auch Herrn Ernest Solvay selber, sowie auch dem Herrn Generalsecretär.^[3] Seien Sie versichert, dass meine Gedanken Ihre Verhandlungen begleiten und dass ich den Referaten und Discussionen folgen werde, als wäre ich selber anwesend.

Mit dem Ausdruck tiefer Verehrung
Ihr stets ergebener,

M. Planck.

^[1]See Letter 247 for more on the second Solvay Conference.

^[2]During the academic year 1913–1914 Planck was Rector of the Berlin Friedrich-Wilhelms Universität. On 15 October 1913 he started his activities with an inaugural speech (see *Planck 1913*).

^[3]Robert Goldschmidt.

259. To Woldemar Voigt, 14 October 1913

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 14 Oktober 1913.

Lieber und verehrter Freund,

Es tut mir sehr Leid, dass es Ihnen so schlecht passt, nach Brüssel zu gehen, um so mehr als ich einigermaassen die Schuld daran trage.^[1] Von Anfang an war Ende dieses Monats als Zeit für die Konferenz vorhergesehen, aber es war ein gewisser Spielraum offen gelassen, und diesen hätte ich benutzen können. Als es sich indes darum handelte, die Zeit definitiv festzusetzen wusste ich nichts Besseres zu tun, als mich an der letzten Woche Oktobers, in die auch die Versammlung von 1911 fiel, zu handeln.^[2] Ich habe also der Commission administrative und dem Sekretär^[3] einen Vorschlag in diesem Sinne gemacht, ohne vorher alle Teilnehmer um ihre Meinung zu fragen. Es wäre wohl recht schwierig gewesen, allen Wünschen gerecht zu werden und die verschiedenen Schwierigkeiten gegeneinander abzuwägen. Indes wollen wir uns in Brüssel noch einmal darüber beraten, welche Zeit des Jahres für diese Versammlungen die geeigneteste sei.

Für dieses Mal lässt sich nun leider nichts mehr ändern und kann ich nur hoffen, dass Sie sich dazu entschliessen können, Dienstag abend^[4] in Brüssel einzutreffen. Sie können versichert sein, dass das Allen sehr lieb sein wird, und mir per-

sönlich werden Sie eine grosse Freude bereiten. Auch werden Sie sich dann noch volle drei Tage an unseren Diskussionen beteiligen können, was wohl der Mühe wert sein dürfte.

Halten Sie mich, bitte, nicht für unbescheiden weil ich so bei Ihnen anhalte.

Mit freundlichen Grüßen von Haus zu Haus

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Voigt's had cancelled his attendance of the second Solvay Conference (see Letter 260).

^[2]The second Solvay Conference took place from 27 to 31 October 1913.

^[3]Robert Goldschmidt.

^[4]28 October 1913.

260. From Woldemar Voigt, 15 October 1913

Handwritten letter.

Göttingen, den 15.X.13.

Verehrter Freund!

Es ist *überaus* freundlich, dass Sie sich die Mühe genommen haben, mir so ausführlich zu antworten.^[1] Natürlich wird kein Termin allen Geladenen gleichmässig passen, und ich bin sogar überzeugt, dass die *Mehrzahl* sehr zufrieden sein wird. Die andern Deutschen werden sich wahrscheinlich auch ohne Schwierigkeit frei machen können, zumal an andern deutschen Universitäten die Ferien länger gehalten werden, als bei uns. Aber ich bin ein unglücklicher Pedant und nehme mein Lehramt sehr schwer!

Immerhin veranlasst mich Ihr Brief, meine frühere Resignation aufzugeben. Ich denke also bestimmt, am Dienstag Abend nach Brüssel zu kommen, und will sogar versuchen, ob sich ein Weg finden lasst, schon in der Nacht von Montag zu Dienstag zu kommen.

Mit herzlichem Dank für die mir abermals gezeigte freundschaftliche Gesinnung

Ihr treu ergebener

W. Voigt.

^[1]See Letter 259.

261. To Johannes Stark, 16 December 1913

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Haarlem, 16 Dezember 1913.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Haben Sie vielen Dank für die freundliche Zusendung Ihrer Arbeit über die neue von Ihnen entdeckte Erscheinung.^[1] Die Überzeugung, dass das Phänomen wirklich besteht, brauchten Sie mir nicht mehr beizubringen. Nachdem ich sie gelesen habe, ist aber meine Bewunderung für das grosse Talent, das Sie in dieser Untersuchung gezeigt haben, noch gestiegen.

Ich möchte mir nun erlauben, noch einmal auf Ihr letztes Schreiben^[2] zurückzukommen, da ich mich in meinem ersten Brief^[3] offenbar nicht deutlich ausgedrückt habe, was ich sehr bedauere. Sie müssen sich wirklich nicht durch den Gedanken beschwert fühlen, eine Ihnen zu verleihende Subvention vermindere was man zur Förderung anderer Arbeiten tun kann; es sind ja eben Entdeckungen von so grosser Tragweite und so fundamenteller Bedeutung wie die Ihrige, die wir in erster Linie berücksichtigen müssen.^[4] Ich möchte denn auch, wie ich Ihnen bereits schrieb, die Angelegenheit dem internationalen Komitee der Solvay Stiftung vorlegen, damit wir uns darüber beraten können, in wiefern wir Ihnen nützlich sein könnten.

Wollen Sie mir nun gestatten, in dieser Richtung wirksam zu sein? Wir werden wohl nicht soviel tun können, wie wir wünschten, aber es wäre mir für das Institut de physique sehr lieb, wenn wir etwas dazu beitragen könnten, Ihnen die Arbeit zu erleichtern.

Noch etwas Anderes habe ich Ihnen zu sagen. Sie werden in Kurzem von den Leidener Studenten eine Einladung erhalten um einen Vortrag zu halten, und es würde mich in hohem Maasse freuen, wenn Sie eine zustimmende Antwort geben könnten. Einmal, weil für die Studierenden eine höchst wertvolle Anregung darin liegen würde, Sie über Ihre Entdeckungen sprechen zu hören, dann aber auch weil die Gelegenheit, die was interessierenden Fragen, besonders die, welche sich jetzt ergeben, mit Ihnen zu besprechen, mir sehr willkommen wäre.^[5]

Mit freundlichem Gruss und in vorzüglicher Hochachtung
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]*Stark 1913*, in which the splitting of spectral lines under the influence of an electric field (the Stark effect) is announced. See, e.g., *Mehra and Rechenberg 1982*, pp. 202–206, for a historical discussion.

^[2]Johannes Stark to Lorentz, 26 November 1913.

^[3]Lorentz to Johannes Stark, 20 November 1913 (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz, Berlin).

^[4]In a letter that is not available, Stark had requested financial support from Ernest Solvay to continue his research on the Stark effect. In his letter of 20 November, Lorentz replied that Stark had to direct his request to the Solvay Foundation and not to Solvay personally;

he had great hesitations to approach Solvay directly and strongly advised Stark not to do so either. He also pointed out that the sum Stark requested exceeded the amount available, most of which had already been spent anyway. In his reply of 26 November Stark made no secret of his annoyance, saying that in his enthusiasm he had clearly overrated the importance of his discovery and adding that it would not be right for him to hinder the work of other investigators by his large financial request.

^[5]The lecture on the Stark effect was delivered on 18 February 1914; Lorentz participated in the discussion afterwards (see *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 19 February 1914, for a report).

262. From Max Planck, 25 December 1913

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 25.XII.13.

Lieber verehrter Herr College!

Ihr freundlicher Brief vom 19., für den ich Ihnen meinen herzlichen Dank sage, da er mich sehr erfreut hat, erreichte mich gerade in dem Augenblicke, als ich die Berichte über die diesjährige Tagung der British Association studierte, und insbesondere Ihre interessanten Ausführungen über das thermische Gleichgewicht:^[1]

Materie | Resonatoren | Aether

bezüglich der Hauptfrage: Wo sitzt die Unstetigkeit? Sie plädieren dafür, die Unstetigkeit ausschliesslich in die Wechselwirkungen zwischen der Materie und den Resonatoren zu verlegen, und für die Wirkungen zwischen den Resonatoren und dem Aether die Sätze der klassischen Dynamik beizubehalten. Nun möchte ich mir eine Frage gestatten, durch deren gelegentliche Beantwortung Sie mich hoch erfreuen würden. Betrachten Sie die Schwingungsenergie eines Resonators als ganzes Vielfaches von $h\nu$, oder nehmen Sie an, dass diese Energie auch andere Werte annehmen kann? Mir scheint, dass von Ihrem Standpunkt aus das letztere gefolgert werden muss; denn nach der klassischen Dynamik nimmt der Resonator aus dem umgebenden Aether die Energie stetig auf. Dann aber weiter: Ist die „Verteilungsdichte“ der Resonatoren auf die Energieintervalle von 0 bis $h\nu$, von $h\nu$ bis $2h\nu$, von $2h\nu$ bis $3h\nu$, u.s.w. in diesen Intervallen sprungweise verschieden, innerhalb eines einzelnen Intervalles aber constant, oder ändert sich die Verteilungsdichte durchaus stetig mit wachsender Energie? Das sind Fragen, die mir eine fundamentale Bedeutung zu haben scheinen, und deren Beantwortung daher, wie ich glaube, vor Allem anzustreben ist.

Schliesslich noch eine Bemerkung. Das thermische Gleichgewicht:

Materie | Resonatoren | Aether

darf offenbar nicht gestört werden, wenn man die Materie wegnimmt und nur die Resonatoren und den Aether übrig lässt. Wenn nun aber für dieses System die klassische Dynamik vollständig gelten soll, so liesse sich das wohl nur so erklären, dass man sagt: Zwischen Resonatoren und Aether gibt es überhaupt kein *bestimm-*

tes Gleichgewicht, in dem Sinne, dass bei einer bestimmten Temperatur die Energie einer jeden Schwingungszahl bestimmt ist. Denn wenn dies der Fall wäre, konnte nach der Voraussetzung die Energieverteilung nur die Rayleigh-Jeanssche sein. Ist das auch Ihre Ansicht?

Nun bin ich so ins Fragen gekommen, dass Sie genug haben werden. Aber Sie werden meine Neugierde gewiss milder beurteilen, wenn Sie erwägen, wie entfernt ich in diesem Jahre von dem Quell der Wissenschaft leben muss, und wie stark in Folge dessen der Durst anwächst.^[2]

In treuer Verehrung
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Lorentz 1913d, 1913e for Lorentz's lecture and discussion remarks. The 83rd meeting of the British Association for the Advancement of Science took place in Birmingham from 10 to 17 September 1913.

^[2]Planck was Rector of his university (see Letter 258, note 2).

263. From Woldemar Voigt, 27 December 1913

Handwritten letter.

Göttingen, den 27.XII.13.

Lieber und verehrter Freund!

Meine Frau und ich senden Ihnen die herzlichsten Grüsse und Glückwünsche zum neuen Jahr und erinnern uns dabei dankbar des wertvollen Kleinodes, das uns Ihre und Ihrer lieben Frau Freundschaft bedeutet. Wir hoffen recht sehr, dass das neue Jahr uns wieder ein Zusammensein beschert. Wir haben die Tage in Brüssel trotz der Beschränkung, die sie in dieser Hinsicht durch Sitzungen brachten, überaus genossen.^[1] —

Augenblicklich beschäftigt mich natürlich sehr die wichtige Starksche Entdeckung.^[2] Schade, dass bisher der elementare Fall (mit nur drei Freiheitsgraden) nicht klargestellt ist; dieser würde (ähnlich wie das normale Zeeman-Triplet) die beste Vergleichung mit der Theorie gestatten. Eine He-Linie zeigt anscheinend eine Zerlegung in 2 Komponenten (transversal), analoges schreibt mir Stark bez. einer Ca-Linie. Bei beiden ist die Verschiebung der p-Komp. grösser als die der s-Komp.^[3] — was ich erwartete.

Die in der I. Abh. beschriebenen Fälle sind im übrigen alle komplizierter, und ich bin zweifelhaft, in wie weit es sich da um einen direkten elektrischen Effekt bei ihnen handelt. Es könnte wohl ein kinematischer dabei mitspielen. Diesen Gedanken legt besonders die scheinbare Proportionalität mit der Feldstärke nahe, die bei einem rein elektrischen Effekt nicht stattfinden könnte.^[4] Wesentlich wären

oder wenn wir im Anfang des Sommers zusammenkommen, wird von neuen Subventionen die Rede sein können. Auch kann ich schon jetzt sagen, dass wir dann manche recht nützliche Verwendung für das Geld werden finden können. Indes werde ich nicht unterlassen, Ihre Wünsche dem Komitee zu übermitteln. Es wird mir lieb sein, wenn Sie mir bis dahin einige nähere Angaben machen können.

Ich benutze diese Gelegenheit, um auch im Namen meiner Frau die besten Wünsche für Ihr Wohl und das der Ihrigen im neuen Jahre auszusprechen. Möge insbesondere Ihre jüngste Tochter, die Sie im Oktober wegen Ihrer wissenschaftlichen Pflichten nicht gleich bei der Geburt begrüßen konnten, in guter Gesundheit und zur Freude des ganzen Hauses heranwachsen.

Mit herzlichen Grüßen von uns beiden, auch an Ihre verehrte Frau Gemahlin, treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Wilhelm Wien to Lorentz, 8 December 1913, in which Wien writes that he had tried to have the prize awarded for the relativity principle (see also Wien's comments in Letter 265). Indeed, both in 1912 and in 1913 Wien had nominated Einstein and Lorentz for a shared prize (see *Crawford et al. 1987*).

^[2]The other Dutch nominators were Julius, Kamerlingh Onnes, Van der Waals, and Zeeman. Julius, Lorentz, and Van der Waals had earlier nominated Kamerlingh Onnes for the 1914 prize, but that nomination became void when Kamerlingh Onnes was awarded the prize for 1913 (see *Crawford et al. 1987*). The 1914 Nobel Prize went to Max von Laue. Max Planck received the Nobel Prize for 1918, which was awarded in 1919. See also Letter 265.

265. From Wilhelm Wien, 22 January 1914

Typed letter.

Würzburg, 22. Januar 1914 .

Lieber Herr Kollege!

Ich bin ganz Ihrer Meinung in Bezug auf den Vorschlag für den diesjährigen Nobel-Preis und ich bin auch gerne bereit, ebenso wie Sie, Planck vorzuschlagen.^[1] Nur kann ich nicht verhehlen, dass ich Zweifel habe, ob das Nobel-Komité unserem Vorschlag Folge geben wird. Als ich in Stockholm war,^[2] habe ich mit den dortigen Herren die Frage eingehend besprochen und dabei den Eindruck gewonnen, dass sie nicht geneigt sind, wissenschaftliche Arbeiten zu krönen, deren Ergebnisse nicht ganz sicher begründet sind, und es schien mir so, als ob die Planck'schen Theorien ihnen noch nicht so fest begründet zu sein scheinen, wie sie es für die Verleihung des Nobel-Preises für erforderlich halten. Ich habe mich selbst schon mehrere Male vergeblich bemüht, für die Relativitätstheorie den Preis zu erwirken,^[3] und obwohl diese Theorie in ihren Fundamenten jedenfalls fester steht als die Quantentheorie, waren doch immer noch die Bedenken zu gross. Aber wir können ja den Versuch machen, denn ich bin auch der Überzeugung, dass in

den Planck'schen Theorien jedenfalls so viel Gesundes steckt, dass ein grosser Teil von ihnen jedenfalls erhalten bleiben wird.

Was die Mittel der Solvay-Stiftung anbelangt, so habe ich schon angenommen, dass die Kasse jetzt erschöpft ist. Wenn Sie aber im Sommer wieder über neue Mittel verfügen und nicht schon andere Pläne im Auge haben, so wäre ich Ihnen dankbar, wenn Sie meine Wünsche vertreten könnten. Ich möchte nur noch fragen, ob Sie einen detaillierten Arbeitsplan wünschen nebst genauem Kostenvoranschlag der zu beschaffenden Apparate.

Bei uns geht alles gut, nur leben wir sehr still infolge des Todes meines Schwiegervaters.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

^[1]See Letter 264.

^[2]To receive the prize for 1911 for his work on radiation theory.

^[3]See Letter 264, note 1.

266. From Woldemar Voigt, 27 January 1914

Handwritten letter.

Göttingen, den 27.1.14.

Verehrter Freund!

Ich möchte nicht unterlassen, den Bitten von Coll. Hilbert den Ausdruck meiner Hoffnung zuzufügen, dass es uns vergönnt sein möchte, Sie im kommenden Sommer in Göttingen zu haben.^[1] Ihr Wirken hier würde uns Allen Anregung und Belehrung im weitesten Maasse bringen, und wir glauben annehmen zu dürfen, dass auch Ihnen die grosse und andächtige Hörerschaft, deren Sie hier sicher sein können, Genugtuung bereiten würde. Wenn es Ihnen zu schwer fallen sollte, das ganze Semester hier zuzubringen, liesse sich vielleicht eine Einigung auf die Zeit von den Pfingstferien bis zu den Sommerferien treffen. —

Meinen letzten Bemerkungen zu dem Stark-Effekt möchte ich noch das Folgende zufügen.^[2] Ich schrieb damals, dass eine *lineäre* Abhängigkeit von der Feldstärke mir auf die Beteiligung eines *kinematischen* Vorganges zu deuten schiene. Man kann nach den neusten Resultaten in Aachen u. Göttingen^[3] an dem lineären Gesetz kaum mehr zweifeln. Ich neige jetzt zu der folgenden Vorstellung,^[4]

Die Elektronen in den H-Ionen (auf die sich meine Überlegungen zunächst beziehen) unterliegen einem *azentrischen* quasielastischen Feld mit dem Potential

$$\varphi = \frac{1}{2}kr^2 + \frac{1}{2}k_1(a^2 + b^2)c + \frac{1}{3}k_2c^3 *$$

Die C-Axe ist die Richtung stärkster elektrischer Influenzwirkung; somit ist die stabile Gleichgewichtslage die, dass die Hälfte der Ionen (etwa) die +C-, die andere die -C-Richtung in der Richtung der elektrischen Kraftlinien liegen hat. Ich nehme an, in den Kanalstrahlen oszillieren die Ionen um diese Gleichgewichtslage, da bei der grossen Verdünnung die Zusammenstösse relativ selten sind.*

Aus dieser Vorstellung folgt die Aufspaltung in ein s- und ein p-Duplet *proportional mit dem Felde*, damit wichtige Züge der Starkschen Resultate bei H_α , H_β , H_γ . Es scheint, dass man auch die *Mittelkomponente* nahe der feldlosen Linie auf dieser Grundlage erklären kann, ebenso die Dissymmetrie der Intensitäten, über die Stark berichtet, und von der hier nachgewiesen ist, dass sie sich mit der Feldrichtung umkehrt. Übrigens ist natürlich in Betracht zu ziehen, dass die H-Linien Duplette sind, also der obige einfachste Typ nicht notwendig unmittelbar anwendbar ist.

Die Doppelbrechung, die mit diesem Typ gegeben ist, ist von viel höherer Ordnung klein, als bei der Zerlegung in nur 2 Komponenten, die ich früher betrachtete;^[5] es sind also mit derselben Doppelbrechung viel grössere Aufspaltungen vereinbar.

Es scheint mir dass man auf solcher Grundlage sehr mannigfache Typen erklären könnte.

Ihnen und Ihrer lieben Frau sende ich herzliche Grüsse.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]In a letter dated 22 January 1914, Hilbert had officially invited Lorentz to spend two to three months in Göttingen in the summer of 1914 as a visiting professor. As becomes clear from Lorentz's letter to Hilbert of 4 December 1913 (Deutsches Museum, Munich, coll. Voigt), the plan had already been discussed in April 1913 (at the meeting on kinetic theory; see Letter 249). After some initial problems, Hilbert had succeeded in raising 4000 Marks to pay Lorentz. In his reply to Hilbert, dated 1 February 1914 (Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, Göttingen), Lorentz declined the invitation, because he had no time for an adequate preparation, and suggested he would come in the summer semester of 1915 or the beginning of the winter semester 1915–1916 instead. Because of the outbreak of the First World War nothing came of this.

^[2]See Letter 263.

^[3]See *Wilsar 1914* and *Stark and Kirschbaum 1914a*. H. Wilsar worked in Göttingen.

^[4]See also *Voigt 1914a* for a more detailed discussion. The first version of this paper was submitted simultaneously with *Stark and Wendt 1914* on 20 December 1913, but according to a footnote the published version dates from the end of January 1914.

^[5]See, e.g., *Voigt 1899e*, *1900d*, and Letter 80, note 3.

* a, b, c , Elongationen, $r^2 = a^2 + b^2 + c^2$.

*vielleicht auch in dem starken Feld nicht die volle Tendenz zur Unordnung haben.

267. From Wilhelm Wien, 31 January 1914

Handwritten letter.

Würzburg, den 31/1/14

Lieber Herr Kollege!

Darf ich Sie wohl bitten mir, wenn möglich, einen Sonderabdruck Ihrer Ahandlung über die Dämpfung der Lichtschwingungen durch Zusammenstösse der Moleküle (Amsterd. Proc. 25 Januar 1906)^[1] zu schicken. Ich habe diese Abhandlung seinerzeit nicht erhalten und es macht grosse Schwierigkeiten sie von den Bibliotheken zu bekommen.

Ich habe eben eine Beobachtung gemacht, die geeignet ist, das Vertrauen zur elektromagnetischen Theorie, das für die Lichtemission etwas erschüttert ist, wieder ein wenig zu stärken. Aus der Gleichung für die elektrische Kraft

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{E} + \frac{1}{c}[\mathfrak{v} \mathfrak{H}]$$

folgt, dass man gleiche Wirkungen erhalten muss, wenn man $[\mathfrak{v} \mathfrak{H}]$ ebenso gross machen kann wie \mathfrak{E} .

Nach den neuen Beobachtungen von Stark werden die Spektrallinien durch geeignet grosse Werthe von \mathfrak{E} aufgespalten.^[2] Man kann nun bei Wasserstoffkanalstrahlen die Geschwindigkeiten so gross erhalten dass $\frac{1}{c}[\mathfrak{v} \mathfrak{H}]$ ebenso gross wird wie \mathfrak{E} bei den Versuchen von Stark.^[3] Die erwartete Wirkung hat sich thatsächlich beobachten lassen.^[4] Nur ist es nicht möglich, bei der gewöhnlichen Erzeugungsart der Kanalstrahlen, gleiche Geschwindigkeiten aller Theilchen zu erhalten. Deshalb habe ich auch keine Aufspaltung der Spektrallinien sondern nur eine Verbreiterung erhalten (in einem Fall allerdings auch eine Aufspaltung) von einer Grösse, wie sie sich aus der Theorie ergibt.

Früher würde man das wohl als selbstverständlich angesehen haben. Aber jetzt, wo man an die Möglichkeit denkt die elektromagnetische Theorie für die Lichtemission aufzugeben, schien mir das gewonnene Ergebnis nicht ohne Interesse.

Mit besten Grüssen von Haus zu Haus

Ihr

W. Wien

^[1]Lorentz 1906b.

^[2]See Stark 1913. See also Letters 263 and 266 for more on the Stark effect.

^[3]See Letter 263, note 5, for the role of canal rays in Stark's experiments.

^[4]See Wien 1914; see also Wien 1916.

268. From Woldemar Voigt, 5 July 1914

Handwritten letter.

Göttingen, den 5.VII.14.

Verehrter Freund!

Meine bevorstehende Reise nach Amerika, wo ich 5 Monate lang an Harvard-University Vorlesungen als „Austausch-Professor“ halten soll erfordert (der beabsichtigten Demonstrationen über Magneto-Optik und Kristallphysik wegen) *so viele* Vorarbeit, dass ich ganz überlastet bin. So wollen Sie entschuldigen, dass ich Ihnen noch nicht für die Übermittlung meiner Bitte um Ihre „Proceedings“ an Coll. Zeeman gedankt habe.^[1] Ich hole das nun nach.

Dabei möchte ich Ihnen berichten, dass Verhandlungen mit der Regierung im Gang sind, um Debye als 2. theoretischen Physiker für Göttingen zu gewinnen. Ich habe die Annahme der Austausch-Professur in gewissem Sinne von der Bewilligung dieses Wunsches abhängig gemacht. Mir liegt daran, die Theorie in Göttingen zu verjüngen und die neuen Ideen auch im Institut fruchtbar zu machen. Debye würde mein Institut erhalten, aber ich hoffe, dass ein geistiges *Zusammenarbeiten* entstehen würde.^[2]

Freund Zeeman hat mir gütigst ein Spaltstück von Diamant verschafft, an dem ich vorläufige Bestimmungen über die Grössenordnung der Elastizitätskonstanten dieses interessanten Kristalles ausführen will. Je nach dem Ausfall dieser Messungen sollen dann weitere Pläne gemacht werden. Eine Firma in Amsterdam will sich um geeignetes Material bemühen und das dann eventuell zu Stäbchen verarbeiten. Sieht die Sache hoffnungsvoll aus, so werde ich mich an das Institut Solvay um eine Beihilfe wenden. —

Meine Frau und ein Assistent begleiten mich nach Amerika. Wir reisen am 10. Sept. und hoffen, am 20. in Boston anzukommen. Wenn wir von Kindern und Enkeln gute Nachricht bekommen, dann kann die Zeit ganz erfreulich werden, die in völlig neuen Verhältnissen vor uns liegt.^[3]

In der Hoffnung, dass Sie und alle die Ihrigen sich wohl befinden, grüsse ich herzlich.

Ihr treu ergebener

W. Voigt.

^[1]See Lorentz to Woldemar Voigt, 14 May 1914, in which Lorentz writes that Pieter Zeeman has informed him that the Göttingen Gesellschaft der Wissenschaften will regularly receive the issues of the Proceedings of the Amsterdam Academy of Sciences.

^[2]In September 1914 Peter Debye was appointed Professor of Physics in Göttingen. He soon became the sole director of the physics institute, succeeding the two directors Voigt and Riecke (see *Jungnickel and McCormach 1986*, pp. 301–302).

^[3]Because of the outbreak of the First World War on 31 August 1914 Voigt's trip was canceled.

269. From Wilhelm Wien, 7 October 1914

Handwritten letter.

Würzburg 7/10/14

Lieber Herr Kollege!

Vor einiger Zeit schrieb ich an den Collegen Kamerlingh Onnes einen Brief, in dem ich ihn bat eine zusammenfassende Arbeit über seine letzten Untersuchungen für die Annalen zu schreiben. Ich fügte einige Bemerkungen über den Krieg und einen Zeitungsausschnitt über den Kriegsausbruch bei.^[1] Auf diesen Brief habe ich keine Antwort erhalten. Ich möchte Sie nun bitten gelegentlich den Collegen Onnes zu fragen ob er meine Bitte vielleicht so aufgefasst habe als wünsche ich durch Zuziehung holländischer Mitarbeiter den Beweis holländischer Sympathien für die deutsche Sache zu erbringen. Dieser Gedanke hat mir, als ich den Brief schrieb, völlig fern gelegen und er ist mir erst gekommen als ich keine Antwort erhielt. Mein Bestreben weitere Mitarbeiter für die Annalen zu gewinnen erklärt sich vielmehr aus dem Bedürfnis dafür zu sorgen dass den Annalen der Stoff nicht knapp wird, nachdem durch den Krieg die Thätigkeit unserer physikalischen Laboratorien sehr eingeschränkt ist.^[2] Ich würde mich natürlich auch sehr freuen den schon immer gewünschten Beitrag von Ihnen zu erhalten aber unter diesen Umständen wage ich nicht diesen Wunsch ausdrücklich auszusprechen, wenn ich auch die Ueberzeugung habe dass die Annalen kein politisches Organ sind. So hat denn auch Oseen mir einen Beitrag über Hydrodynamik zugesichert.^[3]

Den Krieg können wir alle nur aufs tiefste beklagen. Ich habe das Gefühl dass ich die Wiederanknüpfung persönlicher Beziehungen mit England, das ich früher so hochgeschätzt habe, nicht mehr erleben werde. Auch unsere so gemüthliche „famille Solvay“ ist wohl für immer auseinander gesprengt.

In der Hoffnung dass Sie unter dem Krieg nicht leiden
bin ich in alter Freundschaft
Ihr

W. Wien

^[1]The First World War had started on 1 August.

^[2]Many physicists were serving in the German army.

^[3]See *Oseen 1915*.

270. From Max Planck, 15 November 1914

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 15. Novbr. 1914.

Hochverehrter Herr College!

Ich danke Ihnen aufrichtig für die freundliche Uebersendung der von Ihnen und Herrn Collegen Ehrenfest beglaubigten Abschrift der Erklärung von Dr. D.H. van der Goot, zu deren Verbreitung ich gern das meinige beitragen werde.^[1] Ihr Inhalt stimmt ganz überein mit allem, was ich sonst hier über die angeblichen Verstümmelungen deutscher Verwundeter in Belgien gehört habe. Sie können überzeugt sein, dass auch ich nach meinen schwachen Kräften mit daran arbeite, dass die Wahrheit, welche unter den Ausbrüchen der Leidenschaft, hüben und drüben, schwer zu leiden hat, zu besserer Anerkennung gelangt. Dabei können und müssen alle wirklich Gutgesinnten, welchem Lager sie auch angehören, mitwirken. In dieser Erwägung bitte ich Sie auch, die beiliegende Flugschrift annehmen zu wollen, die über die Gerüchte von den Zerstörungen verschiedener Kunstdenkmäler Aufklärung verbreiten soll.

In steter unveränderlicher Verehrung
Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]The statement of the physician Dr. D.H. van der Goot, certified by Lorentz and Paul Ehrenfest, concerned the alleged maltreatment of wounded German soldiers by Belgian civilians. The allegations were denied by Van der Goot, who was connected to the Red Cross. His statement was sent to several colleagues by Lorentz and Ehrenfest. See also Lorentz to Paul Ehrenfest 6 October 1914 and 8 October 1914 (Ehrenfest Archive, Museum Boerhaave, Leiden).

271. From Woldemar Voigt, 17 November 1914

Handwritten letter.

Göttingen, den 17.XI.14

Lieber und verehrter Freund!

Es gehört zu dem *Schwersten* in dieser furchtbar ernsten Zeit, dass man fürchten muss, von den Freunden im Auslande innerlich getrennt zu werden, — nicht nur von denen in den uns feindlichen Ländern, sondern auch von denen in den neutralen. Dass ich hierbei vor allen Dingen an die Kollegen in Holland denke, deren freundliche Gesinnung zu meinen *kostbarsten* Besitztümern gehörte, brauche ich Ihnen wohl nicht zu versichern. Ich weiss sehr wohl, dass Holland dem erstarkten deutschen Nachbar nicht freundlich gesinnt ist, dass von bösen Absichten des

letzteren geschrieben wird — auf dieser Grundlage kann ein Verständnis des Existenzkampfes, den wir durchmachen müssen, kaum schwer erwachsen. Dazu kommt, dass unser Volk ebenso durch das *lange* nationale *Elend*, wie durch den *überschnellen Aufschwung* Eigenschaften erhalten hat, die dasselbe unbeliebt machen. Ich beklage das, hoffe aber gerade von dem jetzigen Kriege eine Reifung unserer Nation.

Wenn ich dem innern Drange, Ihnen einmal zu schreiben, folge, so geschieht das nicht in der Hoffnung Ihre Ansichten zu *beeinflussen* — sondern nur in der Hoffnung, Sie für *unsere* Ansicht *billig zu stimmen*, — eine Hoffnung, die darauf beruht, dass ich meine, Ihnen als ein ruhig und gewissenhaft denkender Mann bekannt zu sein.

Die Überzeugung, dass wir zu diesem Kriege *gezwungen* worden sind, ist eine ganz allgemeine, — hätten wir wählen können, so hätten wir nicht den Zeitpunkt gewählt, wo alle unsern Feinde einig und völlig aktionsfrei waren! Ebenso ist die Überzeugung allgemein, dass die eigentlich zum Kriege drängende Macht England gewesen ist, dessen Unersättlichkeit uns die Frucht unserer friedlichen Arbeit nicht gönnte. Die aufgefangenen und veröffentlichten Berichte des belgischen Geschäftsträgers in Petersburg beweisen uns das — nicht minder beweist es die Art der englischen Kriegführung gegen den deutschen Besitz und Handel!

Dass wir *gezwungen* sind, wird mir auch durch den Umstand bewiesen, dass keines der im Kampf stehenden Völker ähnlich für seine *Existenz* kämpft, wie wir. Einen *solchen* Kampf sucht man nicht leichtsinnig auf! Was würde aus uns, wenn wir unterliegen sollten!

Diese Empfindungen haben in unserm Volk einen Aufschwung hervorgebracht, der m.E. zu den grossartigsten der Geschichte gehört. Die englische Presse, die sich der tendenziösen Lüge in einer unglaublichen Weise dienstbar gemacht hat, versucht konsequent diese Tatsache zu verdunkeln. Ich meinesteils habe früher grosse Sorgen über die Qualitäten unseres Volkes gefühlt; ich bin aber durch die bewiesene Begeisterung und Opferwilligkeit *tief ergriffen*. Welche entsetzliche Verluste in den Familien, welches Stagnieren der friedlichen Arbeit: Niemand klagt, Jeder trägt tapfer das Notwendige. Lebten Sie unter uns — ich denke, Sie würden ein wenig an den Freiheitskampf Ihres Volkes erinnert werden.^[1] Hundert rührende Einzelheiten könnte ich erzählen, — ich will Sie damit nicht belästigen — nur bitten: *haben Sie ein wenig Zutrauen zu uns!*

Zu einer Antwort möchte ich Sie *nicht* veranlassen.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

Das tiefe Gefühl unserer Dankbarkeit gegen Ihr Volk für seine korrekte Neutralität soll doch nicht unausgesprochen bleiben! Hätten wir Antwerpen zu verschenken, wie gerne gäben wir dasselbe an Holland!

^[1]A reference to the 'Eighty Year War' (1568–1648), the insurrection against Spanish rule in the Netherlands, from which the Dutch republic emerged in the seventeenth century.

272. From Max Planck, 28 November 1914

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 28 Novbr. 1914.

Hochverehrter Herr College!

Ich danke Ihnen aufrichtig und herzlich für die freundliche Zusendung Ihres kleinen Aufsatzes über Ernest Solvay.^[1] Ich habe natürlich viel seiner gedacht in den kritischen Tagen der Einnahme von Brüssel, und der Vergleich mit den unvergesslich schönen Erinnerungen an unseren ersten Phys. Congress 1911^[2] berührt mich unendlich schmerzlich. Nach Mitteilungen, die ich unter der Hand eingelesen habe, ist er in seiner Bewegungsfreiheit jetzt wieder ungehindert, sonst würde ich hier bei der Akademie, deren correspondirendes Mitglied er ist, angeregt haben, sich für ihn zu verwenden. Denn die Saat, die er in edler Begeisterung für die Wissenschaft gestreut hat, darf und kann auch durch den Krieg nicht erstickt werden, und auch unser Patriotismus wird ihr nicht schaden.

In steter Verehrung mit bestem Gruss

Ihr ergebener

M. Planck.

^[1]A reprint or the manuscript of *Lorentz 1914d*, or of its German translation *Lorentz 1914g*.

^[2]The first Solvay Conference.

273. From Woldemar Voigt, 30 November 1914

Handwritten letter.

Göttingen, den 30.XI.14.

Verehrter Herr College!

Wollen Sie freundlich entschuldigen, wenn ich in den schweren Fragen, die mich jetzt mehr wie alles andere beschäftigen, Ihre Zeit nochmals in Anspruch nehme. Der äussere Anlass ist das kleine Buch, das ich in den letzten Monaten geschrieben habe — meine Erlebnisse in dem Krieg 1870/71 — und das ich Ihnen übersende.^[1] Ich bitte Sie, dasselbe zu durchblättern — vielleicht ist es Ihnen bei den freundlichen Gesinnungen, die Sie mir allezeit bewiesen haben, nicht uninteressant.

Ich möchte daran zwei Bemerkungen knüpfen. Sie werden aus dem Büchlein sehen, *wie wenig feindlich* sich 1870 *im allgemeinen* unser Verkehr mit dem französischen *Volke* gestaltet hat. Es entsteht die Frage, woher das gegenseitige Wüten im jetzigen Kriege stammt. Nach meiner Überzeugung ist dies die Folge der unablässigen und gehässigen *Hetzarbeit der französischen Presse*. Da Deutschland nicht *besiegt* werden konnte, wird es *beschimpft*; wir werden als Barbaren und Be-

stien dargestellt. Das ist 40 Jahre lang systematisch geschehen, in verlogener Weise — bestenfalls durch unehrliche Verallgemeinerung von Einzelfällen. Was Wunder, dass demnach die französische und die wallonisch-belgische Bevölkerung unsere Truppen wie Bestien *behandelt* hat. Unsere Leute sind gewiss keine Engel, es mag viel Rohheit dabei sein — *grausam* ist der Germane von Natur nicht — Grausamkeit liegt umgekehrt häufig nahe unter der Oberfläche beim Romanen. Ich erinnere nur an die entsetzliche Tierquälerei in Italien und Südfrankreich. — Ich zweifle nicht daran, dass die Schilderungen über belgische Angriffe vielfach übertrieben sind; man unterschätzt aber die seelische Erregung einer Truppe, die gezwungen ist, gegen Bürger, darunter Frauen, zu kämpfen, wenn man da nur böswillige Verleumdung voraussetzt. Furchtbare Dinge *sind* vorgekommen, das ist kein Zweifel.* Einer meiner Doktoranden (Leutnant bei der Telegrafeneinheit und Bräutigam, also weder als Kombattant noch als Angreifer der Weiblichkeit verdächtig) hat mir erzählt, dass er in der Notwehr ein junges Mädchen hat niederstechen müssen, die im Quartier über den Tisch hinweg zwei Mal mit dem Revolver nach ihm geschossen hatte. Dergleichen Angriffe sind nur aus einer unerhörten systematischen Verhetzung erklärlich.

Dass gegen Bürgerliche, die Waffen benutzen, drakonisch vorgegangen wird, ist Kriegsbrauch und Notwendigkeit. Das Zerstören von Häusern, aus denen geschossen worden ist, reicht noch nicht an das Verfahren der Engländer hin, die in Südafrika die Farmen der Buren niederbrannten, deren Besitzer kein anderes Verbrechen begangen hatte, als für sein Volk zu kämpfen.^[2] Dass unsere Truppen mutwillig Kunstwerke zerstörten, halte ich für eine alberne Verleumdung. So *dumm* sind unsere Führer nicht, dass sie nicht wüssten, dass dergleichen uns *nur schaden* würde. (Ein Offizier berichtete übrigens, dass kurz vor Kapitulation eines der Antwerpener Forts noch einige Schüsse *von dort* gegen die Kathedrale gerichtet worden wären, damit sie *uns* zugerechnet würden.) —

Die andere Bemerkung bezieht sich auf eine frühere beiläufige Äußerung von Ihnen, dass wir 1871 Elsass-Lothringen nicht hätten nehmen sollen. Vielfach wird dieser Umstand noch jetzt als der Hauptgrund des neuen Krieges bezeichnet. Ich halte dies für irrig. Frankreich hat uns 1870 den Krieg erklärt, obwohl wir kein Fussbreit französisches Land besaßen, nur weil es die Erstarkeung Deutschlands verhindern wollte. Es wäre unser Feind geblieben, auch wenn wir die alten deutschen Provinzen *nicht* genommen hätten. *Dass* wir dieselbe zurückforderten, erklärt sich, ausser durch die militärische Notwendigkeit, aus der *Geschichte*. Der Raub der Elsass durch Ludwig XIV bezeichnete die tiefste Demütigung Deutschlands,^[3] einen dauernden Fleck auf seiner Geschichte und Ehre. Nach den ungeheuren Opfern von 1813^[4] ging der Schrei nach unserm alten Land durch das ganze Volk. *Ist* doch das Elsass nach Kultur und Kunst *völlig deutsch*, und *war es damals* auch sprachlich noch völlig deutsch. Die Eifersucht von England und Russland hat die Zurückgewinnung damals verhindert, — aber vergessen haben wir die alte Wunde nicht. Napoleon III hat die Gallisierung von Elsass-Lothringen mit Hilfe des Klerus stark gefördert, so hat die innere Zurückgewinnung grossen Wi-

*S. am Schluss.

derstand gefunden. Überdies hat seit 1870 eine unausgesetzte französische Propaganda stattgefunden. Fehler sind von deutscher Seite auch reichlich gemacht worden, — trotzdem liegen die Verhältnisse dort m.E. recht beträchtlich anders, als französische Berichte aussagen. Ich meine, der jetzige Krieg, wo es in Elsass-Lothringen zu keiner nennenswerten Unruhe gekommen ist, *beweist dies*. —

Lieber Freund! Ich weiss, das in politicis Korrespondenz sehr unfruchtbar zu sein pflegt, und ich möchte eine solche Korrespondenz nicht hervorrufen. Aber die Übersendung meines Büchelchens legte mir die vorstehenden Äusserungen so nahe, dass ich nicht widerstehen konnte. Wie ich schon schrieb: die furchtbaren Probleme des Krieges nehmen mich vollkommen in Anspruch — mit Gewalt muss ich mich zu Arbeiten zwingen, die eine andere Richtung haben.

Bitte, bewahren Sie mir Ihre freundliche Gesinnung!

Treulich

Ihr

W. Voigt.

P.S. Ich kann mich nicht enthalten, dem Bericht über das Erlebnis meines Schülers noch den über eine andere ganz sicher beglaubigte Scheusslichkeit anzufügen. Ein Hauptmann unserer Garnison fällt bei dem Sturm auf Lüttich; seine Gattin reist nach Belgien, um Leiche oder Grab zu finden, — sie wird als Frau eines deutschen Offizieres von belgischen Bürgern ermordet!

V.

^[1]*Voigt 1914b*. It deals with the Franco-German war of 1870–1871, which was lost by the French. As part of the peace treaty of Frankfurt, France had to cede Alsace-Lorraine to the Germans; in addition, it had to pay a crippling 5 billion Gold Francs in reparations. In his preface, Voigt characterizes his book as “eine anspruchslose Darstellung dessen, was ein junger deutschen Student im Kriege 1870/71 erlebt hat.” He also draws attention to the role of the soldiers, who “ruhig und stetig das taten, was ihnen als ihre Soldatenpflicht gelehrt war, ausdauernd und zäh in Anstrengungen, tapfer unf gehorsam im Gefecht, kameradschaftlich einander ergeben in guten und bösen Stunden.”

^[2]A reference to the Boer Wars in South Africa between the English and two independent Boer republics.

^[3]The Alsace became French in 1648, at the conclusion of the 30-year war (Peace of Westphalia).

^[4]In 1813 the Alsace was occupied by allied troops (mainly Bavarians and Russians) fighting against Napoleonic France.

274. From Johannes Stark, 12 December 1914

Handwritten draft in German script (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Aachen, 12.XII.14

Herren Prof. Dr. H.A. Lorentz und Ehrenfest.

Sehr geehrte Herren!

Von Ihrer Seite ging mir heute eine Abschrift einer Erklärung eines Herrn Dr. van der Goot zu, die von Ihnen unterzeichnet ist.^[1] Eine Angabe von Ihrer Seite über den Zweck der Zusendung lag nicht bei. Jene Erklärung hat ein Gerücht über Verstümmelung deutscher Soldaten durch belgische Nichtkombattanten zum Gegenstand. Dieses Gerücht hat weder mit unseren wissenschaftlichen noch persönlichen Beziehungen etwas zu tun, Sie beide sind keine Belgier. So verstehe ich nicht, welcher Grund für Sie zu jener Zusendung vorgelegen hat. Verwunderlich finde ich es, dass holländische Physiker es für nötig halten, einem Kollegen in Aachen über Beobachtungen in Aachener Lazaretten Aufklärung geben wollen. Es liegt diesem Vorgehen eine Voraussetzung über deutsche Zustände zu Grunde, die ebenso wenig zutreffend wie schmeichelhaft für Deutsche ist. Ich habe in den Aachener Lazaretten zahlreiche deutsche, belgische, französische und afrikanische Verwundete mit Röntgenstrahlen untersucht, habe mit sehr vielen deutschen Lazarettärzten gesprochen und bin darum besser als Herr van der Goot über die Verwundeten in Aachener Lazaretten unterrichtet. Was das erwähnte Gerücht betrifft, so ist es nicht verwunderlich, wenn es auch auf deutscher Seite Leute giebt, die solches Zeug erfinden und weitererzählen. Aber es verschwindet gegenüber den ungeheuerlichen Lügen, welche von nichtdeutscher Seite über das deutsche Heer und Volk verbreitet und leider auch von neutraler Seite geglaubt werden. Und zudem kommen die deutsche Zeitungen der Pflicht nach, Gerüchte, die sich als unwahr erweisen, zu widerrufen. Der Inhalt Ihrer Zusendung, meine Herren, ist in den Aachener Zeitungen bereits vor vielen Wochen nicht bloss einmal, sondern mehrere Male und zwar von verschiedenen Seiten festgestellt worden. An diesem Beispiel mögen Sie erkennen, dass wir Deutsche es nicht nötig haben, uns von nichtdeutscher Seite über Vorgänge, an denen unsere Soldaten beteiligt sind, unterrichten zu lassen.

Meine verehrten Herren Kollegen, Ihre Zusendung hat mich sehr schmerzlich berührt. Denn sie scheint mir einen Schluss zu gestatten auf Ihre innerliche Parteinahme in diesem Kampf des deutschen Volkes um seine Existenz. Das wenigste, was ich von holländischer Seite und vor allem von holländischen Universitätslehrern in diesem Kampfe erwartet habe, war objektive Zurückhaltung. Ich hatte allerdings noch etwas mehr gehofft, nämlich dass diejenigen Holländer, die Jahrzehnte hindurch freundschaftlich mit uns Deutschen verkehrt haben, ihre Sympathie uns schenken würden. Wie ich aus Ihrer unmotivierten Zusendung schliessen muss, ist leider eher das Gegenteil der Fall. Ich hoffe aber, dass Sie, meine verehrte Herren Kollegen, mit der Zeit ein anderes Urteil über die deutsche

Sache in diesem Kriege sich bilden und dass die uns verknüpfenden freundschaftlichen Beziehungen die gegenwärtige Prüfung überdauern werden.

Mit (ausgezeichneter Hochachtung) bestem Gruss

J. Stark.

^[1]See Letter 270, note 1, for more on the statement by Van der Goot. In a letter to Paul Ehrenfest of 16 December 1914 (Ehrenfest Archive, Museum Boerhaave, Leiden) Lorentz comments on Stark's letter, writing: "Hem kennende, zullen wij ons de zaak maar niet te zeer aantrekken" ("Knowing him, we should not be too concerned about it").

275. To Johannes Stark, 16 December 1914

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Haarlem, 16 Dezember 1914.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Da in Zeitungen und Briefen aus Deutschland öfter die Rede war von den „belgischen Greueln“, schien uns die Erklärung des Herrn van der Goot von Wichtigkeit zu sein.^[1] Mit der Zusendung derselben an einige Fachgenossen, die wir hoch schätzen und auf deren Urteil wir Wert legen, beabsichtigten wir nur, einiges zur Feststellung der Tatsachen beizutragen; irgend welche Nebengedanken hatten wir dabei nicht. Dass auch Sie eine Abschrift erhielten, dafür bin nur ich verantwortlich, denn Koll. Ehrenfest hatte mir in der Verwendung der mir zur Verfügung stehenden Exemplare freie Hand gelassen. Als ich Ihre Adresse schrieb, habe ich mir gesagt, diese Zusendung habe kaum Zweck, da Sie ja genau wissen können, was in Ihrer Stadt vorgeht; trotzdem habe ich es für besser gehalten, gerade weil von Aachen die Rede war, Sie nicht in Unwissenheit über den von mir getanen Schritt zu lassen.

Sie sprechen in Ihrem Briefe von meiner Gesinnung und meinen Sympathien. Gestatten Sie mir indes, darauf jetzt nicht einzugehen. Ich möchte Ihnen nur dreierlei sagen. Erstens, dass mich dieser Krieg und was er zur Folge hat, unsäglich betrübt. Zweitens, dass ich herzlich hoffe, dass in Zukunft Ihr Volk, dem die Welt so viel zu verdanken hat, sich, ebenso blühend und glücklich wie andere, den gemeinschaftlichen Aufgaben und Interessen der Menschheit widmen können. Und drittens, dass es mir zu ganz besonderer Freude gereichen wird, wenn die persönlichen, auf gegenseitiger Würdigung beruhenden Beziehungen zwischen den Physikern verschiedener Länder, die sich in so erfreulicher Weise entwickelt hatten, nicht verloren gehen.

Mit freundlichem Gruss und den besten Wünschen für Sie und die Ihrigen,
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 274 for Stark's reaction to the statement by Van der Goot.

276. To Woldemar Voigt, 27 December 1914

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 27 Dezember 1914.

Lieber und verehrter Freund,

Es ist mir ein Bedürfnis, Ihnen in diesen letzten Tagen des Jahres herzliche Grüsse zu senden und unsere besten Wünsche für Sie und die Ihrigen auszusprechen. Leider können wir das nicht tun in der heiteren Stimmung, die sonst zu dem Weihnachtsfeste gehört; zu schwer lastet auf uns allen das Unheil, das über die Welt gekommen ist.

Sie werden verstehen, dass wir den Ereignissen der letzten Monate anders wie Sie gegenüberstehen. Wir haben nahe Verwandte^[1] und gute Freunde in Frankreich und haben viel gehört und gesehen von dem Elend, das Belgien befallen hat; die vielen unglücklichen Leute, die hier eine Zuflucht gefunden haben, erinnern uns täglich daran. So können wir unmöglich so fühlen wie Sie und ist es ein tiefer Schmerz, der bei mir überwiegt.

Angesichts unserer alten Freundschaft, und da Sie so freundlich waren, mir zu schreiben,^[2] wäre es nun meinerseits nicht offenerzig, wenn ich Ihnen nicht sagte, dass es vor Allem der Angriff Deutschlands gegen Belgien und die Verheerung dieses Landes sind, die mich unsäglich betrübt haben.^[3] Ich verstehe nicht, wie Ihre Regierung etwas hat tun können, das sie selbst als Unrecht bezeichnen musste. Das „Not kennt kein Gebot“ ist mir ebenso unbegreiflich wie der Versuch, eine Tat nachträglich zu rechtfertigen mit Gründen, die, als sie begangen wurde, unbekannt waren.^[4] Meinen Sie nicht auch, dass eine Nation, ebensogut wie ein Individuum, nie Unrecht tun sollte, auch dann nicht, wenn das Befolgen dieser Regel Ihren Interessen schaden würde?

Indes, wir wollen davon weiter nicht sprechen. Ich kann nur wünschen, dass am Ende die Summe des Elends nicht gar zu schrecklich sein wird, und dass das „Friede auf Erden“, das jetzt wie ein Spott klingt, einmal zur vollen Wirklichkeit werden möge. Was Ihr Volk betrifft, so hoffe ich herzlich, dass es in Zukunft, ebenso blühend und glücklich wie andere, sich an den gemeinschaftlichen Aufgaben der Menschheit, die die Entfaltung aller Kräfte erfordern, wird beteiligen können.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Ich danke bestens für die Zusendung Ihrer Kriegserinnerungen, die mir als Zeichen Ihrer freundlichen Gesinnung willkommen war. Ich hoffe das Buch später zu lesen; jetzt bin ich dazu nicht in der Stimmung.

^[1]Elisabeth Louise Kaiser (1854–1934), a painter, sister of Lorentz's wife Aletta and married to Joseph Willem Alfons Ibels.

^[2]See Letter 273.

^[3]Immediately at the beginning of the war Germany had invaded Belgium, ignoring its neutrality, after Belgium had refused the Germans free passage on their way to France. The German troops had met with fierce resistance, also from civilians, which had led to and reprisal measures against civilians and civilian property. Especially in neutral the Netherlands indignation about the fate of Belgium was great.

^[4]Presumably an allusion to the statement “Wir sind jetzt in Notwehr; und Not kennt kein Gebot!” made by German Chancellor Theobald von Bethmann Hollweg (1856–1921) in his speech to the Reichstag of 4 August 1914, in which he justified the invasion of Belgium on the grounds of an alleged threat of a French invasion of Germany. See also *Fuehr 1915* for documents found later that appeared to justify Hollweg’s claim.

277. From Woldemar Voigt, 13 January 1915

Handwritten letter.

Göttingen, den 13.I.15.

Lieber und verehrter Herr College!

Es ist sehr freundlich, dass Sie sich die Mühe genommen haben, mir zu antworten.^[1] Ich danke Ihnen herzlich dafür. Seien Sie versichert, dass ich für Ihre Auffassungen das weiteste Verständnis habe. Von einem Vertreter eines garantiert neutralen Staates konnte ich kaum eine andere erwarten. Doch möchte ich mir einige Bemerkungen zur Erklärung der unsrigen noch erlauben.

Die später aufgefundenen Dokumente* erscheinen mir denn doch nicht so irrelevant wie Ihnen. Unsere Regierung hatte nach ihren Informationen die *Überzeugung*, dass Belgien einem Einmarsch der französischen und englischen Armee nicht widerstehen würde, aber sie hatte keine vollen aktenmässigen Beweise dafür. Sie handelte auf ihre *Überzeugung* hin und begrüßte den nachträglichen aktenmässigen *Beweis*.^[2]

Was die belgischen Flüchtlinge angeht, so habe ich mit ihnen das grösste Mitleid. Aber ihre Flucht war schwerlich nötig. Ich habe in den letzten Wochen meine beiden Söhne in Belgien besucht, die in Brüssel und Tournai arbeiten. In beiden Städten war von Not und Teuerung nichts zu merken; wir wohnten und speisten *billiger*, als in Deutschland (wo übrigens alle Preise fast genau die normalen sind), die Strassen, Restaurants, Kino’s waren überfüllt von Menschen, die alles andere als traurig waren. Eine Schaar unserer Soldaten sah ich, von denen viele Arm in Arm mit Frauen und Mädchen gingen! In beiden Städten keinerlei Verwüstung, ausser in Tournai ein Dutzend Schusslöcher in den Fensterscheiben des Bahnhofs! Auch längs der ganzen Bahnlinie Herbestal-Brüssel-Tournai habe ich ausser in Löwen und in einem benachbarten Ort, wo ein Gefecht stattgefunden hatte, *kein*

*in Brüssel

zerschossenes Haus gesehen, dagegen alle Felder bestellt und im Lande ziemlich viele Pferde. Ich schliesse daraus, dass über die Verwüstung Belgiens ebenso gelogen wird, wie über andere „deutsche Barbarei“.

Es ist natürlich, dass sich das Mitleiden auf *die* Länder richtet, die von feindlicher Invasion betroffen sind. Aber leiden *wir* denn in diesem furchtbaren Kampf um unsere Existenz nicht? Nur durch unerhörte Anstrengungen und Blutopfer erwehren wir uns der riesigen Uebermacht. Sie haben keine Ahnung, wie unsere junge Intelligenz in diesem Kriege hingemordet wird. Ich könnte Ihnen aus Freundes- und Collegenkreisen Erschütterndes erzählen.* Und wie werden friedliche Deutsche in Feindesland behandelt, ihr Eigentum zerstört, teils durch schurkische Regierungsmassregeln, wie in England, teils auf dem Wege der Plünderung, wie in Russland und Frankreich. (Ich habe bei der amtlichen Kontrolle der bei französischen Gefangenen gefundenen Briefe Berichte aus Paris gefunden, dass dort in den ersten Kriegstagen sämtliche deutsche Häuser u. Läden geplündert resp. zerstört worden sind!)

Ich kann nicht leugnen, dass diese Dinge mir *viel barbarischer* erscheinen, als die durch militärische Rücksichten nötigen Beschiessungen einiger weniger Bau- denkmäler, und es scheint mir, dass unsere Feinde über die letzteren so schreien, um die Aufmerksamkeit der Neutralen von ihrer eigenen Brutalität abzulenken. —

Bitte entschuldigen Sie, wenn ich noch auf die zwei Anklagen eingehe, die uns in Bezug auf die Veranlassung dieses Krieges gemacht werden.

1. Serbien. Dies Land ist kein selbständiger Kleinstaat, sondern eine Satrapie Russlands, welches das Land dauernd zur Bedrohung der Südgrenze von Oesterreich benutzt hat. Es ist auch kein modernes Staatsgebilde; Laster und Mord in den hohen Kreisen stellen es noch *unter* Russland. Seine fundamentale Beseitigung der Bedrohung konnte Oesterreich nur von der Ersetzung des russischen Einflusses durch den oesterreichischen erwarten. Mir erscheint das so einfach, dass ich die Wirkung der advokatischen Verschleierungskünste der feindlichen Regierungen überhaupt nicht verstehe. Für uns aber ist die Bedrohung Oesterreichs auch eine Bedrohung Deutschlands.

2. Belgien. Nach diplomatischen Berichten, die unsere Regierung veröffentlicht hat, musste sie den Hauptangriff einerseits gegen unser rheinisches, andererseits gegen unser ober-schlesisches Industriegebiet erwarten. Erfolge hier könnten *tödlich* für uns sein: ich erinnere nur an die Krupp-Werke! Um dem ersteren Angriff zuvorzukommen, wurde uns der Vorstoss nach Belgien *ein Gebot der Not*.

Kein Vertrag kann von der Kündigung ausgenommen werden,^[4] wenn er für eine der Mächte tödlich zu werden droht. Unsere Regierung hätte nach der Überzeugung von der Unzuverlässigkeit der belgischen Regierung den *ganzen Vertrag* kündigen können. Sie versuchte, *ohne dies* auszukommen, war bereit die Erhaltung Belgiens zuzusagen, wenn der Durchmarsch gestattet würde. Es hätte keine Mühe gemacht, wie angesehene Staatsrechtslehrer dargetan haben, die Berechti-

*Alle meine deutschen Laboratoriumschüler stehen im Felde; meine Dr. Rümelin und Dr. Planck sind beide gefallen.^[3]

gung dieses Schrittes juristisch zu begründen. Unsere Regierung hat solche Versuche verschmäht und bekundet: *auch wenn es ein Unrecht ist*, sind wir dazu gezwungen, aber bereit Schadenersatz zu leisten. (Wie loyal sie in dieser Hinsicht verfährt, zeigt Luxemburg.) Ich empfinde ein solches Vorgehen als *grosszügig* und *würdig*, und kann auch hier die Kritik Feindlicher und Neutraler nicht recht verstehen.

Verzeihen Sie, dass ich Sie belästige. Ich habe nicht die Hoffnung Sie zu überzeugen — aber den so lebhaften Wunsch, Sie uns ein wenig billiger und freundlicher zu stimmen. *Wir* kämpfen um unsere Existenz. Keines der feindlichen Völker ist in dieser Lage.

Treulich Ihr

W. Voigt.

^[1]See Letter 276.

^[2]See, e.g., *Fuehr 1915* for documentation on this and similar accusations of French and English war plans against Germany.

^[3]Gustav Rümelin and Werner Planck (a nephew of Max Planck; see also Letter 285) both died in the first months of the war. See Voigt's obituary of his two former assistants in *Physikalische Zeitschrift* 16 (1915): 65–68.

^[4]A treaty between Prussia and Belgium, guaranteeing the latter's independence and neutrality had been signed in London on 9 August 1870.

278. To Albert Einstein, before 23 January 1915

Handwritten draft. The text, which is in one of Lorentz's scientific notebooks, is headed "Aan Einstein. Januari 1915. Naar aanleiding van Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie." ("To Einstein. January 1915. In connection with Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie.") The date is inferred from Einstein's reply (Letter 279).

Sie zeigen in §12,^[1] dass es unmöglich ist, statt des zunächst benutzten Koordinatensystems K ein anderes K' einzuführen, welches sich nur innerhalb eines endlichen Gebietes Σ von K unterscheidet, derart, dass die auf K' bezogenen $g'^{\mu\nu}$ wie die $g^{\mu\nu}$, nebst ihren Ableitungen, überall stetig sind.

Wenn Sie nun trotzdem in den folgenden Paragraphen finden, dass man statt K in dem Gebiete Σ andere Koordinatensysteme einführen kann (nämlich solche, die ebenso wie K , dem Gravitationsfelde angepasst sind), so dürfte das daher rühren, dass bei Einführung eines solchen K' nicht sämtliche Ableitungen der $g_{\mu\nu}$ an der Grenze von Σ stetig bleiben. In der Tat unterwerfen Sie die dem Felde angepassten Koordinatensysteme nur der Bedingung dass bei dem Übergang von einem System zu einem unendlich wenig davon verschiedenen die Δx_μ und $\frac{\partial \Delta x_\mu}{\partial x_\alpha}$ an der

Begrenzung verschwinden. (Nimmt man an dass die zweiten Differentialgradienten der Δx nach den x an der Grenze von Null verschieden sind, so gilt das, wie die Formel (63a) zeigt auch von dem $\Delta g_{\mu\nu}^{\mu\nu}$. Diese verschwinden nicht an der Innenseite der Begrenzung, und da sie an der Aussenseite, wo man nichts geändert hat, Null sind, so entsteht für diese Grössen eine Unstetigkeit. Also, wenn Sie ein gegebenes Gravitationsfeld zunächst auf ein Koordinatensystem beziehen, und sodann auf ein zweites dem Felde angepasstes System, welches nur im Inneren von Σ von dem ersten verschieden ist, so führen Sie an der Begrenzung Unstetigkeiten ein. Eine Beschreibung der Erscheinungen, die dieses involviert, ist aber kaum befriedigend zu nennen.

Die Schwierigkeit besteht)

Damit ist nicht ausgeschlossen, dass höhere Differentialquotienten der Δx nach den x daselbst von Null verschieden sind. Ist das der Fall, so wird auch, wie sich aus der Formel (63) ableiten lässt, die Variation Δ für gewisse Differentialquotienten der $g_{\mu\nu}$ nach den Koordinaten an der Grenze von Null verschieden sein. Da nun an der Aussenseite der Begrenzung nichts geändert worden ist, so würde notwendig in den Werten jener Differentialquotienten eine Unstetigkeit auftreten, wenn Sie ein Koordinatensystem einführen, das sich nur im Inneren eines begrenzten Gebietes von dem zunächst benutzten unterscheidet. Bei der Beschreibung des Gravitationsfeldes eine derartige Unstetigkeit einzuführen ist aber wenig befriedigend.

Würden schon die zweiten Differentialquotienten der Δx nach der x an der Grenze von Null verschieden sein, so ergäbe sich eine Unstetigkeit schon in den ersten Differentialquotienten der $g_{\mu\nu}$. Eine solche kann nur dann bestehen wenn eine endliche Menge des anziehenden „Agens“ (also hier der Energie u.s.w.) über eine Fläche verteilt ist. Es ist aber klar, dass wenn bei der einen Beschreibung der Gravitationsfelder eine derartige Flächenverteilung nicht besteht, sie auch bei der neuen Beschreibung nicht bestehen darf.

Zu ähnlichen Bemerkungen wird man auch dann geführt, wenn man sich vorstellt, dass im Inneren von Σ materielle Vorgänge stattfinden. Nur hat man in diesem Falle auf sämtliche Gleichungen, also nicht nur auf die Gravitationsgl, sondern auch auf die, welche die materiellen Vorgänge bestimmen, die Aufmerksamkeit zu richten. Übrigens scheint die Schwierigkeit mir immer zu bestehen, z.B. auch dann, wenn die einzige Begrenzung darin besteht, dass man die Vorgänge auch von einem gewissen Augenblick an betrachtet, sodass das Gebiet Σ etwa durch die Ungleichheit $t > F(x, y, z)$ gekennzeichnet ist. Man darf, wie mir scheint, fordern, dass die Beschreibung der Erscheinungen nach dem Moment $t_0 = F(x, y, z)$ sich der Beschreibung der Vorgänge vor dieser Zeit anschliesse, und dass also keine Diskontinuitäten an der Grenze t_0 eingeführt werden.

Kann man sich nun damit helfen, dass man sich den vierdimensionalen Raum Σ , den Sie bei Ihren Überlegungen ins Auge fassen, als nach allen Seiten unbegrenzt vorstellt. Wie mir scheint, kaum. Denn man kann die dem Gravitationsfelde angepassten Koord-syst nur dann finden, wenn man das Feld in dem betrachteten

Gebiete kennt, und die physikalischen Erscheinungen für $t = -\infty$ entziehen sich unserer Kenntnis. Am ehesten noch würde man vielleicht dem Felde angepasste Systeme finden können, wenn man es mit rein periodischen Vorgängen (wie in der alten Theorie die Bewegung zweier sich anziehenden materiellen Punkte) zu tun hätte. Gäbe es solche Vorgänge auch in der neuen Gravitationstheorie, so könnte man als Begrenzung des Gebietes Σ wählen $t = F(x, y, z)$ und $t = F(x, y, z) + T$ (T Periode) und könnte die Δx_μ so wählen, dass für $x, y, z, t + T$ die Δx_μ dieselben Werte haben wie für x, y, z, t .

Was die linearen Substitutionen betrifft, so bieten diese keine Schwierigkeit, da man sie für *alle* Werte von x, y, z, t einführt. Sie gehören übrigens nicht zu der Klasse der jetzt von Ihnen betrachteten Transformationen, da sie mit den für die Δx_μ angenommenen Grenzbedingungen unverträglich sind.

Ich will mit diesen Bemerkungen keineswegs leugnen, dass die Einführung der angepassten Koordinatensysteme recht schön ist, und dass sie sich bei der Ableitung der Differentialgleichungen des Gravitationsfeldes als sehr nützlich erwiesen hat.* Ich wollte nur sagen, dass es schwer halten wird, brauchbare angepasste Systeme wirklich zu finden, und dass also am Ende dem Bedürfnis an nicht linearen Transformationen, gegen welche die Gleichungen der Physik kovariant sein sollen, nur in beschränktem Maasse genügt wird.

Auch über dieses „Bedürfnis“ möchte ich einige Worte sagen. Offenbar ist es bei mir viel weniger lebhaft gewesen wie bei Ihnen. Ich habe nichts dagegen, dass es für die physikalischen Erscheinungen „ausgezeichnete“ Koordinatensysteme giebt, die allen anderen in gewissem Sinne „vorzuziehen“ sind. Damit meine ich nicht, dass man, wenn man der Beschreibung der Erscheinungen ein solches ausgezeichnetes System zu Grunde legt, etwas „Absolutes“ in den Vorgängen beschreibt; nur, dass die Beschreibung sich einfacher oder schöner als bei anderer Wahl des Koordinatensystems gestaltet, sodass sie uns mehr Befriedigung gewährt.†

Nehmen Sie z.B. den Fall eines rotierenden Systems, von dem Newton und Mach sprechen,^[2] und den Sie auch kurz berühren. Die Erfahrung lehrt, dass man ein Koordinatensystem I so wählen kann, dass die Bewegung eines Körpers in der Nähe der Erde, wenigstens mit grosser Annäherung, durch die Gleichungen

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\alpha \frac{x}{r^3}, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -\alpha \frac{y}{r^3}, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = -\alpha \frac{z}{r^3} \quad (1)$$

beschrieben werden kann. In diesem Koordinatensystem rotiert die Erde mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω , sagen wir um die z -Achse. Führen wir nun ein Achsenkreuz II ein, das diese Rotation mitmacht, so erhalten wir die Gleichungen

*Wenn es sich nur um diese Ableitung handelt, so können wir uns auf das Innere eines endlichen Gebietes beschränken, und brauchen uns um die Diskontinuitäten nicht zu kümmern.

†Man wird sich in vielen Fällen über die Frage was mehr und was weniger einfach ist, leicht einigen. Übrigens hält die Gleichberechtigung der beiden Systeme schon auf, wenn nur die Beschreibung bei Benutzung des einen oder des anderen verschieden aussieht.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2x'}{dt^2} &= -\alpha \frac{x'}{r^3} + 2\omega \frac{dy'}{dt} + \omega^2 x' \\ \frac{d^2y'}{dt^2} &= -\alpha \frac{y'}{r^3} - 2\omega \frac{dx'}{dt} + \omega^2 y' \\ \frac{d^2z'}{dt^2} &= -\alpha \frac{z'}{r^3} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Die einfachere Gestalt von (1) genügt um I vor II auszuzeichnen, und also zu sagen: die Beschreibung wird am einfachsten, wenn wir ein Koordinatensys zu Grunde legen, in welchem die Erde rotiert. Das wäre also die Bedeutung der Aussage: „die Erde rotiert.“

Indes kann man noch etwas hinzufügen. Unsere Erfahrung hat uns gelehrt, dass oft, wenn die Bewegung eines Körpers nach den Gleichungen

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = Y, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = Z$$

stattfindet, die X, Y, Z offenbar mit der Anwesenheit anderer Körper zusammenhängen, und mit der Entfernung, Grösse u.s.w. dieser Körper zusammenhängen.

So können wir vernünftiger Weise die Glieder $-\alpha \frac{x}{r^3}$, u.s.w. mit dem Vorhanden-

sein des Erdkörpers in Zusammenhang bringen und sprechen von einer von diesem ausgehenden Anziehung. Hätten wir nun zunächst gelernt die Bewegung eines materiellen Punktes mittels den Gleichungen (2) zu beschreiben und wären wir nicht auf den Gedanken gekommen, diese durch Änderung des Koordinatensystems auf die Form (1) zu bringen, so würde der Versuch naheliegen, auch die Glieder $2\omega \frac{dy'}{dt}$, $\omega^2 x'$, u.s.w. mit der Existenz irgend welcher Körper in Zusammenhang zu bringen. Das ist nun aber nicht gelungen; wenigstens ist etwas Klares und Präzises dabei nicht herausgekommen.*

Wir können uns vorstellen, man sei eine Zeit lang nur im Besitz der Gleichungen (2) gewesen und habe sich mit einer „Deutung“ der Glieder $2\omega \frac{dy'}{dt}$, $\omega^2 x'$, u.s.w. gequält. Käme dann einer, der durch Einführung des Koordinatensystems I die Gleichungen (2) auf (1) zurückführt, so würde ein Jeder das als eine wirkliche Erlösung begrüßen, und Jeder würde das System I vorziehen.

— — — —

Da es sich zeigt, dass eine allgemeine Kovarianz der Gleichungen der Physik bei beliebigen Transformationen ausgeschlossen ist, so geben Sie natürlich auch die Existenz ausgezeichnete Koordinatensysteme zu. Ihre angepassten Systeme sind eben solche, und der Ausgangspunkt Ihrer Gravitationstheorie war gerade,

*Ich denke hier an Machs „Körper des Weltraumes“ und an die „durchschnittliche Rotationsbewegung der ponderablen fernen Massen der Umgebung“ von der Sie sprechen.

dass sich die Gestalt der Gleichungen bei Einführung eines gegen das ursprüngliche beschleunigte System in bestimmter Weise *ändert*. (Ich brauche darüber weiter nichts zu sagen,) und will nur noch Folgendes bemerken.

Gesetzt wir könnten unsere Versuche machen in einem Raumteil der sehr weit von allen Himmelskörpern entfernt ist, und wir hätten gelernt, dass bei geeigneter Wahl eines KoordinatenZeitsystems ein materieller Punkt, der anderen nicht zu nahe kommt, sich in gerader Bahn mit konstanter Geschwindigkeit bewegt; auch hätten wir gefunden, dass in diesem Koordinatensystem die Maxwell'schen Gleichungen gelten. Die ältere Relativitätstheorie würde uns dann zeigen, dass es eine ganze Gruppe von Koordinatensystemen gibt, für welche das alles ebenso gilt und die wir also alle als gleichberechtigt anerkennen müssen. So weit gekommen würden wir gewiss diese Koordinatensysteme allen anderen vorziehen, denn wir würden die einfache Beschreibung nicht verderben wollen durch die Einführung eines nicht zu der genannten Gruppe gehörenden Koordinatensystems. Täten wir das, so würden „Gravitationsglieder“ in den Gleichungen auftreten und diese würden uns wenig gefallen, da wir keine Körper anzeigen könnten, auf deren „Einfluss“ oder „Wirkung“ sich jene Glieder zurückführen liessen. Der Fall würde ähnlich liegen wie oben, als von der Deutung der Glieder $2\omega \frac{dy'}{dt}$, $\omega^2 x'$, u.s.w. in den Gleichungen (2) die Rede war.

Da ich Sie nun einmal mit einem so langen Briefe plage, so gestatten Sie mir wohl noch eine Weile fortzufahren. Sie sagen, S. 1031, „Wir suchen ... vergeblich nach einem zureichenden Grunde dafür, warum eins dieser Systeme geeigneter sein sollte, bei der Formulierung der Naturgesetze als Bezugssystem zu dienen, als das andere; wir fühlen uns vielmehr dazu gedrängt, die Gleichberechtigung beider Systeme zu postulieren.“ Gehen Sie hier nicht etwas zu weit, indem Sie eine persönliche Auffassung als selbstverständlich hinstellen? Tatsächlich haben die älteren Physiker gemeint, den „zureichenden Grund“, von dem Sie sprechen, darin finden zu können, dass die beiden Systeme sich in bezug auf den Äther in verschiedener Weise bewegen. Sie haben mit Ihrer Bemerkung nur recht, weil Sie von einem Äther überhaupt nicht wissen wollen. Diese Auffassung mag am Ende der früheren vorzuziehen sein, aber sie ist doch nicht die einzig mögliche.

In Ihrem Artikel in der Kultur der Gegenwart^[3] finde ich, bei der Besprechung der „Verkürzungshypothese“ (Versuch von Michelson) die Bemerkung: „Diese Art und Weise, Versuchen mit negativem Ausgang durch ad hoc ersonnene Hypothesen gerecht zu werden, ist sehr unbefriedigend.“ Das hat auch Poincaré gesagt,^[4] und ich habe selbst *darin* zugestimmt;^[5] ich fühlte das Bedürfnis an einer *allgemeineren* Theorie, wie ich später versucht habe zu entwickeln,^[6] und wie sie von Ihnen wirklich (und in geringerem Umfange von Poincaré) aufgestellt worden ist.^[7] Indes, so schrecklich unbefriedigend war mein Verfahren doch wohl nicht. In Ermangelung einer allgemeinen Theorie kann man auch an der Erklärung einer einzelnen Tatsache seine Freude haben, wenn diese Erklärung nur nicht erkünstelt ist. Das war nun die von FitzGerald und mir gegebene Interpretation nicht; sie war vielmehr die einzig mögliche und ich fügte die Bemerkung hinzu, dass man zu der

Hypothese gelangt, wenn man das was man über den Einfluss einer Translation auf elektrostatische Kräfte bereits sagen konnte, auf andere Kräfte erweitert.^[8] Hätte ich das mehr betont,* so hätte die Hypothese weniger den Eindruck einer ad hoc[†] ersonnenen gemacht.

Ich möchte hier noch eine Bemerkung mehr didaktischer Natur anknüpfen. Wenn man die „Verkürzung“ aus den Gleichungen der Relativitätstheorie ableitet (was natürlich an und für sich ganz gerechtfertigt ist) und nichts weiter zur Erläuterung hinzufügt, so läuft man Gefahr, den Eindruck zu erwecken, dass es sich hier um „scheinbare“ Dinge, und nicht um eine wirkliche physikalische Erscheinung handle; wenigstens habe ich hin und wieder bei Vertretern der Relativitätstheorie Äusserungen gefunden, die von einer derartigen Auffassung zu zeugen scheinen. Dem gegenüber kann man bemerken, dass wenn wir eine „Änderung“ beobachten, indem wir das betrachtete System fortwährend auf ein und dasselbe Koordinatensystem K beziehen, diese „Änderung“ nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch (und warum sollten wir uns daran nicht halten?) eine physikalische Erscheinung darstellt. Die Verkürzung eines in Bezug auf K in Bewegung gesetzten Stabes, ist genau so reëll wie die Ausdehnung bei Temperaturerhöhung, und in einer Molekulartheorie ist die eine Erscheinung ganz ähnlich wie die andere aus der Betrachtung der Molekularkräfte zu erklären. Man darf sagen, dass diese Kräfte und ihre Wirkungsweise durch die Translation geändert werden, eine Auffassung, der man einen etwas lebhafteren Anstrich dadurch erteilen kann, dass man an eine Vermittlung der Wirkungen durch einen Äther denkt.[‡]

Wir sprachen früher zu wiederholten Malen von der „Zeit“ und der „Gleichzeitigkeit“. Daher erlaube ich mir noch kurz die Auffassung auseinanderzusetzen, die mir am meisten zuspricht.^[9] Ich bemerke zunächst, dass es sich hier um die Bilder handelt, die wir uns von den Erscheinungen machen, und die je nach unserer Eigenart mehr oder weniger überflüssige Zutaten erhalten, mehr oder weniger lebhaft gefärbt sind. Wie sie aber auch sein mögen, der Rahmen, in den das Bild gleichsam eingezeichnet wird, ist durch unsere Vorstellungen über Raum und Zeit gegeben. Auf den Ursprung dieser Vorstellungen und auf ihre tiefere Bedeutung wage ich nicht einzugehen; es scheint mir festzustehen, dass ein jeder sie nun einmal hat und dass sie bei verschiedenen Personen, so weit wir wissen können, übereinstimmen. Wir sehen ganz klar sowohl das „neben“, „hinter“ und „über“, wie auch das „nach“ einander. Dabei scheint mir eine unverkennbare unleugbare Verschiedenheit zwischen der Raum- und der Zeitvorstellung vorhanden, eine Verschiedenheit, die Sie, wohl auch nicht ganz bei Seite schaffen können. Sie können nicht die Zeitkoordinate als völlig gleichwertig mit den Raumkoordinaten be-

*Ich muss indes gestehen, dass ich diese Bemerkung erst gemacht habe, *nachdem* ich die Hypothese gefunden hatte.

†Ob es sich um die Erklärung eines negativen oder eines positiven Resultats handelt, scheint mir kaum einen Unterschied zu machen.

‡Selbstverständlich kann man sich, ohne diese Änderungen im einzelnen zu verfolgen, mit der Aussage begnügen, dass alle Kraftwirkungen derart sein müssen, dass sie sich dem Relativitätsprinzip fügen.

trachten. Das geht schon aus dem Umstande hervor, dass zu demselben materiellen Punkt sehr gut einmal das Wertsystem x, y, z, t und sodann die Werte x, y, z, t' gehören können, nicht aber einmal x, y, z, t und dann x', y, z, t .*

Was die Zeit betrifft, so haben wir, wie mich bedünkt, eine vollkommen klare Vorstellung von aufeinander folgenden Augenblicken und auch von der „Gleichzeitigkeit“.[†]

Wir denken uns jetzt, dass wir die von uns (oder von einem anderen) beobachteten Erscheinungen in einem physikalischen System stattfindend studieren. Ich will annehmen, dass zu den Instrumenten, die zu den Beobachtungen verwendet werden, zwei Gruppen von Uhren U und U' gehören. Die Uhren U sind relativ zu einander in Ruhe, und ebenso die Uhren U' . Diese letzteren haben aber relativ zu U eine gemeinsame, gleichförmige Translationsbewegung (festgestellt mit Hilfe der Angaben von U und mit Maasstäben, die in Bezug auf das System U ruhen). Übrigens hat man die Uhren U in bekannter Weise (Lichtsignale) nacheinander gerichtet, und ebenso die Uhren U' .

Es lassen sich nun von den in dem System stattfindenden Erscheinungen zwei Bilder entwerfen. In dem einen sind es die Uhren U , die gleichzeitig die gleiche Zeigerstellung erreichen, in dem anderen sind es die Uhren U' . Im Allgemeinen sind nun die beiden Bilder derart, dass wir keine Ursache haben, das eine dem anderen vorzuziehen. Diese Gleichwertigkeit ist eben die Behauptung des Relativitätsprinzips.[‡]

Gewährt es mir nun Befriedigung, das eine oder das andere Bild mit einem „Äther“ schmücken, oder soll ich sagen zu verunzieren, so steht mir das natürlich frei (wenn ich nur nicht zu viel über ihn phantasiere), und es liegt nahe, dass ich in dem einen Bild (um alles möglichst einfach zu halten), wo die Gleichzeitigkeit von den Uhren U angezeigt wird, den Äther in Bezug auf die U ruhen lassen werde, in dem anderen Bilde aber in bezug auf die U' .

Wenn von der Gleichwertigkeit der beiden Bilder gesprochen wird, so soll das selbstverständlich heissen, soweit unsere Erfahrung reicht. ** (Ein „Weltgeist“, der ohne an einem bestimmten Ort gebunden zu sein, das ganze betrachtete System durchdränge, oder „in dem“ dieses System bestände, und der unmittelbar alle Ereignisse „fühlen“ könnte, würde natürlich sofort eins der Systeme U, U' , u.s.w. vor den anderen auszeichnen. Obgleich wir nun solche Weltgeister nicht sind so dürfen wir uns doch, wenn wir uns an der üblichen Auffassung von „Geist“ und „Körper“ halten, doch nicht so himmelsweit davon verschieden. Wir müssen nämlich

*Vergl. Ihre Überlegungen auf S.^[10]

†Eine unmittelbare Vorstellung von der Länge von Zeitintervallen dürften wir nur insofern haben, als bei drei aufeinander folgenden Zeitmomenten t_1, t_2, t_3 das Intervall $t_1 - t_3$ uns grösser erscheint als die Teilintervalle $t_1 - t_2$ und $t_2 - t_3$.

‡Diese Betrachtungen sind unabhängig davon ob wir selbst mit unseren Sinnen die Beobachtungen gemacht haben, ob ein anderer Beobachter uns seine Resultate mitgeteilt hat, oder endlich ob alles automatisch registriert und photographiert worden ist.

**Ich schliesse das Folgende in Klammern ein, weil ich damit die Grenzen der Physik überschreite.

nach dieser Auffassung materielle in dem Gehirn stattfindende Vorgänge fühlen, und da man schwerlich sagen kann, der Geist habe in einem bestimmten Punkte des Gehirns seinen Sitz, so sieht es aus, als ob er wirklich was an verschiedenen Stellen des Gehirns vor sich geht, empfinden und (bei genügendem Unterscheidungsvermögen) direkt auf die „Gleichzeitigkeit“ prüfen könnte.)

Hiermit bin ich am Ende. Es wird mir sehr wertvoll sein, einmal von Ihnen zu hören, was Ihre Meinung über die besprochenen Fragen ist.

^[1]Lorentz's remarks refer to *Einstein 1914*; §12 contains the “hole-argument” which served as a justification for the lack of general covariance of the theory but later turned out to be flawed (see, e.g., *Norton 1984*, for a historical discussion). The later sections contain Einstein's considerations concerning the class of coordinate transformations that are admitted by the theory (the ‘berechtigte Transformationen’). See Letter 279 for Einstein's reply to Lorentz's objections.

^[2]Newton saw in the dynamical effects of rotational motion a proof of the absolute character of accelerations and thus of the existence of absolute space; the Austrian physicist-philosopher Ernst Mach (1838–1916) rejected this argument and suggested that the dynamical effects were due to the presence of distant masses (see *Mach 1883*).

^[3]*Einstein 1915a*.

^[4]See *Poincaré 1900a, 1900b*, and *Poincaré 1901*, p. 536.

^[5]See *Lorentz 1904f*, sec. 64.

^[6]*Lorentz 1904c*.

^[7]*Einstein 1905; Poincaré 1905, 1906*.

^[8]See *Lorentz 1892c*.

^[9]Cf. *Lorentz 1915c*.

^[10]Page-number(s) not supplied by Lorentz; perhaps p. 1079 in *Einstein 1914*, where Einstein emphasizes the equivalence of the four space-time dimensions.

279. From Albert Einstein, 23 January 1915

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

23.I.15.

Hoch verehrter und lieber Herr Kollege!

Schon lange wartete ich mit Spannung auf den ausführlichen Brief von Ihnen,^[1] von dessen werdender Existenz mir De Has nach seiner Ankunft aus Holland erzählte. Ich danke Ihnen sehr, dass Sie soviel Zeit und Sorgfalt darauf verwendet haben. Bevor ich nun die einzelnen Punkte beantworte, muss ich Ihnen aber sagen, dass ich Ihren Schwiegersohn in der gemeinsamen Arbeit ausserordentlich lieben und schätzen gelernt habe.^[2] Zu unserer grossen Freude ist der Versuch über den Magnetismus positiv ausgefallen. De Has hat nun eine noch hübschere Untersuchungsweise ausgedacht, bei welcher man sogar auf die Anwendung der Resonanz verzichten kann. Damit ist nun auch der Grund dafür gefunden, warum die magnetische Achse und die Drehungsachse der Erde nahezu zusammenfallen.^[3]

Von niemandem als von Ihnen wünsche ich sehnlicher, dass er die in heissem Ringen gefundenen Überlegungen über die allgemeine Relativität genau nacherlebe. Aber ich sehe aus dem ersten Teile Ihres Briefes, dass dies noch nicht vollständig geschehen ist. Wenn ich den von Ihnen gerügten Fehler bezüglich des Verschwindens der Δx_ν wirklich begangen hätte, dann würde ich verdienen, dass mir Tinte, Feder und Papier ein für allemal weggenommen würden!

Im §12 beziehen sich die Δx_ν auf eine Koordinatentransformation mit *an den Grenzen verschwindenden* Δx_ν (& Ableitungen). Es sollte ja in diesem § gezeigt werden, dass die Zulassung solcher Transformationen eine vollständige mathematische Formulierung der Gesetze des Gravitationsfeldes ausschliesst. Von §13 an beziehen sich die Δx_ν auf *berechtigte* Transformationen, für welche die Δx_ν nebst Ableitungen an den Gebietsgrenzen *nicht* verschwinden.

Die Gleichungen 65–65b gelten für beliebige infinitesimale (stetige) Transformationen. Wenn ich nun von (65b) sage: „Es verschwindet, wenn an der Begrenzung die Δx_μ und $\frac{\partial \Delta x_\mu}{\partial x_\nu}$ verschwinden“, so war damit nicht gemeint, dass dies bei

„berechtigten“ Transformationen der Fall sein sollte; dies musste für letztere nach §12 vielmehr a priori als ausgeschlossen gelten. Wenn ich auf der zweiten Hälfte der Seite 1070 die Transformationen $K - K' - K''$ etc. mit festen Randkoordinaten betrachte, so sind diese Transformationen keineswegs *berechtigte*. Dies erhellt daraus, dass die Betrachtung ja dazu dient, unter diesen Systemen nur *eines* als *berechtigt* auszuwählen, nämlich dasjenige mit extremem J . Ist K dies System, so ist K *berechtigt*, K' , K'' etc. aber sind *nicht* *berechtigt*. Also ist auch die Transformation $K - K'$ *keine* *berechtigte*. In der den Hauptwitz des ganzen Problems bildenden Überlegung des §14 ist die Koordinatentransformation so zu denken, dass die Δx_μ und $\frac{\partial \Delta x_\mu}{\partial x_\nu}$ *nicht* an den Grenzen verschwinden; das Koordinatensystem ist vielmehr über die ganze Ausdehnung des vierdimensionalen Kontinuums (infinitesimal) geändert. Dagegen bezieht sich die *virtuelle* Aenderung des Feldes (durch „ δ “ bezeichnet) nur auf das Innere von Σ .

Ich bitte Sie inständig, die ganze Überlegung nach Berichtigung dieser Auffassung nochmals durchzumachen und mir dann mitzuteilen, ob jede Wolke vor Ihrem scharfen Auge verschwindet. Einstweilen bin ich nach wiederholter gewissenhaftester Prüfung des ganzen Gedankenganges der Überzeugung, dass alles logisch in Ordnung ist.

Aus dem Gesagten ist dann auch klar, dass die linearen Transformationen zu den „berechtigten“ gehören. Ebenso ist klar, dass der *Bewegungszustand* berechtigter Systeme willkürlich wählbar ist, da die Koordinatenwahl an den Gebietsgrenzen frei ist; man kann sich dies an Spezialfällen leicht vergegenwärtigen.

Nun zur Frage des „Bedürfnisses“ nach nicht linearen berechtigten Transformationen. Dies Bedürfnis hat eine physikalische und eine erkenntnistheoretische Wurzel (1. und 2.)

1) Die Theorie muss Rechenschaft geben von der Gleichheit der trägen und schweren Masse der Körper. Dies wird nur erzielt, wenn zwischen Trägheit und

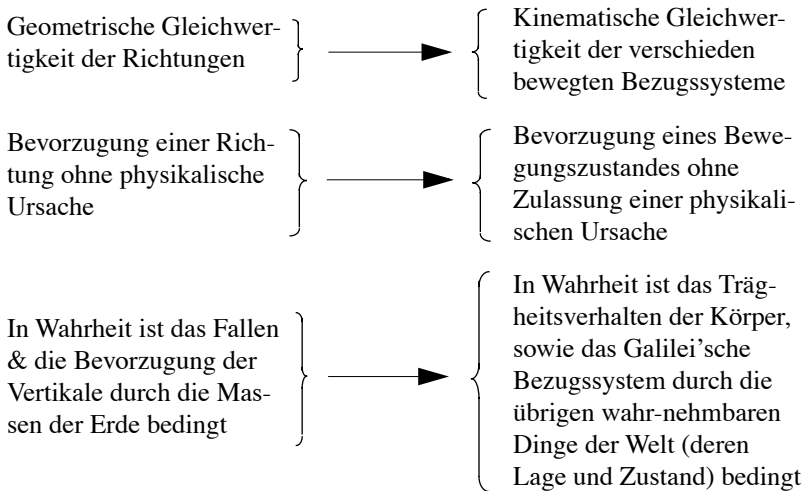
Schwerkraft eine ähnliche Beziehung hergestellt wird, wie durch die ursprüngl. Relativitätstheorie zwischen Lorentz'scher elektromotorischer Kraft und Wirkung elektrischer Feldstärke auf eine elektrische Masse. (Je nach der Wahl des Bezugssystems liegt das eine oder das andere vor).^[4] In unserem Falle wird dies durch das „Aequivalenz-Prinzip“ geleistet, und dieses bedeutet mathematisch, dass sich unter den berechtigten Transformationen nicht lineare befinden müssen.

2) Bei der Beschreibung der Relativbewegung (beliebiger Art) zweier Koordinatensysteme K_1 und K_2 ist es gleichgültig ob ich K_2 auf K_1 oder umgekehrt K_1 auf K_2 beziehe. Wenn K_1 trotzdem dadurch ausgezeichnet ist, dass, auf K_1 bezogen, die allgemeinen Naturgesetze einfacher sein sollen als in bezug auf K_2 , so ist dieser Vorzug ein Faktum ohne physikalische Ursache: Von zwei ihrer Definition nach gleichberechtigten Dingen K_1 und K_2 ist eines ohne physikalischen (der Beobachtung prinzipiell zugänglichen) Grund ausgezeichnet.— Dagegen sträubt sich mein Vertrauen auf die Folgerichtigkeit des Naturgeschehens aufs kräftigste. Ein Weltbild, welches ohne eine derartige Willkür auskommt ist nach meiner Meinung vorzuziehen. Ich behaupte, dass die Theorie der allg. Relativität, wie sie jetzt vorliegt, von diesem Vorwurf frei ist.

Dies zweite Argument ist schon von Mach aufs klarste betont worden.^[5] Am besten aber lässt es sich erläutern durch einen Vergleich, den mein Freund Besso letztes Jahr ersonnen hat.^[6]

Man denke sich in die Zeit zurück, in der man glaubte, die Grundgestalt der Erdoberfläche sei eine Ebene. Da konnte man auf folgende Auffassung verfallen.

Alle Richtungen im Raume sind zwar an sich gleichwertig; ich kann zwei Richtungen nur *relativ* (durch den von ihnen gebildeten Winkel) geometrisch beschreiben. *Physikalisch* aber gibt es in der Welt eine bevorzugte Richtung, nämlich die Vertikale. Für die Bevorzugung dieser Richtung gibt es keine physikalische Ursache; sie spielt die Rolle einer „prima causa“. In dieser Richtung fallen die Körper; hiedurch wird auch die horizontale Grundgestalt der Erdoberfläche verursacht. Vergleichbar sind dabei folgende Dinge:



Ich glaube dass dieser Vergleich den Kern der Sache trifft. Ich glaube auch, dass eine Zeit kommen wird, in der sich die Physiker sehr darüber wundern werden, dass sich ihre Vorgänger nicht gegen die a priori (ohne physikalische Ursache) bevorzugten (Galileischen) Bezugssysteme gesträubt haben.

Das Argument mit der Koriolis- und Zentrifugalkraft bestreite ich entschieden. Das vollständige Gravitationsfeld enthält stets Komponenten, welche so auf den Körper wirken wie Koriolis- und Zentrifugalkräfte. Ich denke mir, dass man jene Komponenten für beschränkte raum-zeitliche Gebiete in gewissen Fällen durch passende Koordinatenwahl zum Verschwinden bringen kann, z.B. wenn das Gravitationsfeld von einer einzigen, im „Endlichen“ befindlichen Masse herrührt; aber ich glaube nicht, dass die in diesem Falle gültigen Bewegungsgleichungen *allgemeine* Naturgesetze sind. Ich glaube, dass man mit Bewegungsgleichungen von der Art

$$m_v \frac{d^2 x_v}{dt^2} = \sum_{\mu} k \frac{m_v m_{\mu}}{r_{\mu v}^2} \frac{x_{\mu} - x_v}{r_{\mu v}}$$

eben im allgemeinen nicht auskommen kann (ganz abgesehen von der Modifikation, welche schon die ursprüngliche Relativitätstheorie mit sich bringt). Ich denke mir, dass man andere Komponenten (z.B. die „Korioliskräfte“) unmöglich durch passende Wahl des Koordinatensystems *überall* zum Verschwinden bringen kann.

Ich bevorzuge zwar auch gewisse Bezugssysteme,^[7] aber der fundamentale Unterschied gegenüber der Galileischen Bevorzugung besteht darin, dass meine Koordinatenwahl physikalisch nichts über die Welt voraussetzt; dies sei durch einen geometrischen Vergleich erläutert. Es liegt mir eine Fläche unbekannter Art vor, auf der ich geometrische Untersuchungen machen will. Verlange ich, es solle auf der Fläche ein Koordinatensystem (p, q) so gewählt werden, dass

$$ds^2 = dp^2 + dq^2,$$

so setze ich damit voraus, dass die Fläche auf eine Ebene abwickelbar sei. Verlange ich aber nur, dass die Koordinaten so gewählt seien, dass

$$ds^2 = A(p, q)dp^2 + B(p, q)dq^2$$

ist, d.h. dass die Koordinaten orthogonal seien, so setze ich damit über die Natur der Fläche nichts voraus; man kann dies auf jeder Fläche erzielen.

Sie sagen, es sei deswegen unbefriedigend, die Koriolis- und Zentrifugalkräfte als „wirkliche“ Feldkomponenten anzusehen, weil wir für ihr Auftreten keine physikalische Ursache anzugeben wüssten. Ich will darauf antworten unter der Supposition, dass wir nie die Sterne sehen könnten. Nach meiner Auffassung werden diese Kraftfelder ausschliesslich durch die Randbedingungen und die Feldgleichungen bestimmt.* Nun ist es allerdings peinlich, dass man sich die Randbedingungen passend herausuchen muss, anstatt annehmen zu können, alle Feldkomponenten verschwinden im Unendlichen. Aber wissen Sie denn so sicher, dass Sie

*wenn von der Wirkung der zu dem studierten System gehörenden Massen hier abgesehen werden kann.

bei Ihrer Auffassung der Welt mit so einfachen Grenzbedingungen auskommen? Ferner muss man bedenken, dass die Mannigfaltigkeit der zulässigen Koordinatensysteme nach meiner Auffassung eine ungeheure ist, also auch die Mannigfaltigkeit der zugehörigen Grenzbedingungen; erscheinen also diese Grenzbedingungen im einzelnen Fall künstlich, so liegt dies nicht im Wesen der Theorie, sondern darin, dass das Koordinatensystem zwar berechtigt, aber für die Beschreibung des zu behandelnden Falles nicht zweckmässig gewählt ist. Aehnlich liegen die Dinge ja schon in der gewöhnlichen Mechanik. Die zu beschreibende Welt sei z.B. das Sonnensystem; dann ist es doch gewiss zweckmässig, den Anfangspunkt der Koordinaten dauernd in dessen Schwerpunkt zu legen, aber die Gleichungen gelten doch auch für Koordinatensysteme, relativ zu denen dieser Schwerpunkt sich gradlinig und gleichförmig fortbewegt. Auch hier ist die Koordinatenwahl nicht durch die *Naturgesetze* sondern nur durch das Bedürfnis nach möglichst einfacher Beschreibung des vorliegenden Falles vorgeschrieben.

Nun noch einmal die Frage, ob eine nicht relativistische Physik gegen das Postulat vom zureichenden Grunde verstösst. Sie sagen, der zureichende Grund (dafür, K gegenüber K' etc. zu bevorzugen) sei darin zu finden, dass beide Systeme sich in bezug auf den Aether in verschiedener Weise bewegen. Ich verstehe in diesem Zusammenhang unter „Grund“ eine *beobachtbare Tatsache*, die K gegenüber K' auszeichnet, nicht ein *bloss begriffliches Merkmal*.

Mit meinen in der „Kultur der Gegenwart“ enthaltenen Ausführungen^[8] bitte ich Sie, nachsichtig zu sein. Ich hatte zwar 3 Jahre Zeit für die Abfassung. Aber ich hatte vollständig vergessen und wurde von Warburg eine Woche vor Ablieferungstermin an meine übernommene Pflicht erinnert.^[9] In dieser Zeit schusterte ich die beiden Artikel, so gut es ging, zusammen. Also bitte ich: nichts mit der Goldwage nachwägen! An der irrigen Auffassung, als sei die Lorentz-Verkürzung „bloss scheinbar“ bin ich nicht unschuldig, ohne selbst je dem Irrtum verfallen zu sein. Sie ist wirklich, d.h. mit Massstäben und Uhren messbar, und zugleich insofern scheinbar, als sie für einen mit bewegten Beobachter nicht vorhanden ist.

Was endlich die Frage über die *Zeit* anlangt, werden wir uns brieflich kaum wirksam auseinandersetzen können. Ich komme zur Besprechung dieser und anderer Dinge gern wieder nach Holland, wenn die traurige internationale Verwirrung endlich überstanden sein wird. Ich bin schon zufrieden, wenn Sie mir darin beistimmen, dass ich die ungeheuerliche Randbedingung des Verschwindens der Δx_y für berechnete Transformationen *nicht* gemacht habe (sonst wäre mein geliebtes Kartenhaus rettungslos verloren).

Es grüsst Sie herzlich

Ihr

Einstein

Beste Grüsse an Ihre Frau Gemahlin, Ehrenfest und Kamerlingh-Onnes.

^[1]Letter 278.

^[2]The collaboration of Einstein and De Haas on the “Einstein-de Haas effect”. See *Einstein 1915b*, *1916b*, and *Einstein and De Haas 1915a*, *1915b*, *1916*. See also Letter 288, note 2, for more on the effect.

^[3]Cf. a similar remark in *Einstein and De Haas 1915b*; it is omitted in *Einstein and De Haas 1915a*.

^[4]In the first section of *Einstein 1905b* it is pointed out that an unsatisfactory asymmetry exists in the treatment of induction phenomena in electrodynamics: If one looks at a wire moving in the field of a stationary magnet, the Lorentz force on the electrons in the wire causes a potential difference between the ends of the wire; on the other hand, if the wire is stationary while the magnet moves, an electric field is generated in the wire by induction. In both cases the outcome for the potential difference is the same and only contains the relative speed of the magnet and the wire. According to Einstein, this indicates that a relativity principle should hold in electromagnetic theory.

^[5]Ernst Mach; see Letter 278, note 2.

^[6]Michele Besso (1873–1955).

^[7]The theory is only covariant for a limited set of coordinate transformations.

^[8]See *Einstein 1915a*, which was criticized by Lorentz in Letter 278.

^[9]Emil Warburg was the editor of the volume in which *Einstein 1915a* appeared.

280. From Albert Einstein, 3 February 1915

Handwritten letter (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem. The year is inferred from the reference to the Einstein-De Haas experiment.

Mittwoch. 3.II

Hoch geehrter und lieber Herr Prof. Lorentz!

Das Telegramm, das ich Samstag von Ihnen erhielt, hat mich sehr gerührt.^[1] Es zeugt von Ihrer grossen Menschenfreundlichkeit und gleichzeitig von Ihrem liebevollen Verständnis für menschliche Schwäche (verletzter Autorstolz!) Hiezu das Zitat von Heine:^[2]

— — — — —
Doch wenn Du meine Verse nicht lobst,
Dann lass ich mich von Dir scheiden.
— — — — —

Zweierlei sind die Abwege des Theoretikers

1) Der Teufel führt ihn mit einer falschen Voraussetzung an der Nase herum. (Dafür verdient er Mitleid)

2) Er argumentiert fehlerhaft und liederlich (Dafür verdient er Prügel)

Ihrem ersten Briefe nach habe ich reichlich Prügel verdient (Fall 2). Nun darf ich aber nach dem Telegramm und Ihrer freundlichen Karte darauf hoffen, in die versöhnliche und anständige Rubrik 1) eingereiht zu werden.

Mit Ihren Kindern^[3] verbringe ich oft frohe Stunden, auch abgesehen von dem magnetischen Kreiseffekt, dessen Existenz nun bald genügend gesichert erscheint.

Herzliche Grüsse und nochmals besten Dank!

Ihr

A. Einstein.

^[1]This telegram is missing.

^[2]The last two lines of nr. 72 from "Die Heimkehr" in Heinrich Heine, *Buch der Lieder*.

^[3]The De Haas family.

281. From Woldemar Voigt, 19 February 1915

Handwritten letter.

Göttingen, den 19.2.15.

Lieber und verehrter Freund!

Mit tiefer Ergriffenheit habe ich die Zuschrift gelesen, die mir durch H. v. Suchtelen zugegangen ist.^[1] Gewiss, es sind gute und grosse Gedanken die sie ausspricht, und *wie glücklich* wäre ich, könnte ich an ihre Verwirklichung glauben. Das Wort „Frieden“ klingt so süss, und der Gedanke daran lässt Einem die Augen nass werden. Sie wissen auch, dass ich jederzeit versucht habe, den anderen Nationen gerecht zu werden. Vielleicht erinnern Sie sich dazu meiner letzten Rektorsrede oder meiner Ansprache vom 31. Oktober 1914,^[2] die ich Freund Zeeman geschickt habe und die wohl nur an einer *deutschen* Universität möglich gewesen ist, nimmermehr an einer französischen, englischen, russischen. So zieht mich *vielles*, meine Unterschrift zu geben.

Und doch ist dies mir unmöglich. Nicht allein weil ich glaube, dass wir *weit, weit* vom Frieden entfernt sind. Wir in Deutschland rechnen *noch mir der Dauer von einem Jahre* und sind bereit, für unsere Existenz diese verlängerten Leiden und Schmerzen auf uns zu nehmen. Dass sie nicht klein sind, diese Leiden, das werden Sie glauben. Ich meinesteils fühle mich seelisch krank von der Tag und Nacht quälenden Sorge um unsere nationale Zukunft und weiss nicht, wie ich dies Jahr überleben soll. Aber ich suche mich durchzuringen und hoffe, dass es meinen Landsleuten leichter werden wird, als mir. Die Entschlossenheit, auszuhalten, ist aber allgemein, und gerade die geringeren Leute benehmen sich wundervoll. Wenn aber der Krieg noch ein Jahr oder länger dauern wird, was kann in dieser Zeit alles passieren, was im Widerspruch steht zu der Unterzeichnung Ihres Schreibens!

Noch mehr fällt ins Gewicht, dass England gegen uns den *Vernichtungskrieg* führt. „Auf Gnade und Ungnade“ verlangt M. Churchill, „soll sich Deutschland ergeben.“ „Es soll so zugerichtet werden, dass es sich in 100 Jahren nicht wieder aufrichten kann.“ „Alle industriellen Anlagen sollen zerstört werden, damit Deutschland auf immer als Concurrent Englands ausscheidet.“ „Der Suez-Kanal und alle englischen, französischen, russischen Häfen sollen auf 50 Jahre für deut-

sche Schiffe gesperrt werden.”^[3] Das sind nicht allein *Worte* von Staatsmännern und Publizisten, die ganze englische Kriegführung ist auf den Raubkrieg eingerichtet, und Frankreich und Russland sind Englands gelehrige Schüler. Was erdulden unsere Landsleute in diesen Ländern!

Wenn wir nun wirklich trotz aller Opfer des Heeres und Volkes unterliegen sollten — *dann bin ich zu stolz*, um einen Schritt zu tun, der irgend eine Aehnlichkeit mit der Bitte um Gnade bei unsern Todfeinden hat. Dann mögen sie uns *ausplündern*, wie sie es mit ihrer Ehre und ihrem Gewissen vereinigen können. Und *sie werden es tun*, seien Sie dessen sicher! Alle die Verleumdungen, die England gegen uns durch seine Allmacht verbreitet, sind ja dazu da, um im Voraus jede Schändlichkeit zu rechtfertigen, die man uns antun wird. Und die neutralen Mächte werden *stille* sein, vielleicht auch die Vernichtung eines wirtschaftlichen Wettbewerbers begrüßen. Nein, lieber Freund, solchen Feinden gegenüber keine Bitte um Gnade, sondern *Stolz* auf das, was wir jetzt leisten und vorher geleistet haben, — still das Schlimmste leiden und auf die Zukunft hoffen: „arbeiten und nicht verzweifeln”.

Ich gedenke in liebevoller Verehrung Ihrer und aller der teuern Freunde in Holland.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

Vielleicht legen Sie meinen Brief den Herren Zeeman und v. Suchtelen vor.

^[1]The petition that Voigt refers to was drawn up by the Dutch committee “De Europeesche Statenbond” (“The European Union of Nations”), of which the well-known Dutch novelist and publicist Nicolaas Johannes van Suchtelen (1878–1949) was the secretary. The petition called on the European governments, heads of state and members of parliament to forgive pain inflicted and injustice done and strive for a just peace in a united Europe. Lorentz had played a role in drawing up the final version and was one of the signatories (see an undated draft by Lorentz and Van Suchtelen’s reply to Lorentz of 18 January 1915). The plan was to have the statement signed by prominent intellectuals from all countries but to defer publication until after the war had ended and peace negotiations had started (see Nico van Suchtelen to Lorentz, 15 April 1915).

^[2]On 31 October 1914 Voigt addressed a meeting of the faculty of the University of Göttingen. His speech, a typewritten copy of which is in the Zeeman Archive (Haarlem), was conciliatory in tone and brought up delicate topics, such as the possibility that Germany might lose the war.

^[3]See Letter 282 for Lorentz’s response to these statements.

282. To Woldemar Voigt, 11 March 1915

Handwritten letter (Deutsches Museum).

Haarlem, 11 März 1915.

Lieber und verehrter Freund,

In Beantwortung Ihres freundlichen Schreibens^[1] möchte ich Ihnen zunächst kurz erklären, wie die Petition des Herrn van Suchtelen zustande gekommen ist. Der Gedanke rührt von diesem Herren und einigen anderen (u.A. dem Professor der Philosophie Heymans und dem Dichter van Eeden) her.^[2] Als man Zeeman und mich um unsere Unterschrift bat, haben wir gemeint, diese geben zu müssen, da die allgemeine Tendenz unsere volle Sympathie hat. Auch habe ich, auf seine Bitte hin, Herrn van Suchtelen einige Fachgenossen genannt, auf deren Mitwirkung man vielleicht hoffen könnte.

Man hat nicht die Absicht, die Petition jetzt zu publizieren; dafür soll eine günstigere Zeit abgewartet werden. Und ich hatte mir auch vorgestellt, die Zusendung an Sie und an die anderen von mir genannten Personen würde erst später erfolgen. Ich war sehr überrascht, als ich von Herrn van Suchtelen hörte, dieselbe habe bereits stattgefunden.

Dass Sie in diesen Tagen uns Ihren Namen nicht geben können, verstehe ich vollkommen^[3]. Es hat mich indes sehr gefreut, dass die in der Petition ausgesprochenen Gedanken einigen Anklang bei Ihnen finden.

— — — —

Ich darf nicht unterlassen auch zu dem Teil Ihres Briefes, in dem von dem Kriege mit England die Rede ist, eine Bemerkung zu machen. Ich muss Ihnen nämlich sagen, dass, soviel ich weiss, kein englischer Staatsmann sich zu Äusserungen wie die von Ihnen angeführten hat verführen lassen. Unsere Zeitungen erhalten uns von dem, was in den verschiedenen Ländern gesagt und gedruckt wird, ziemlich gut auf dem Laufenden und manche Rede eines englischen Ministers ist mir unter die Augen gekommen. Von so weit gehenden, ich darf wohl sagen, von so teuflischen Plänen wie die von Ihnen erwähnten habe ich aber nichts gesehen. Ebenso wenig hat Koll. Zeeman davon gelesen oder gehört.

Um mir grössere Gewissheit zu verschaffen, habe ich mich an Herrn Dr. Colenbrander, Privatdozent der Geschichte an der Universität Leiden, gewandt, einen Mann, der speziell mit der politischen und diplomatischen Geschichte unserer Tage vertraut ist, und den ich als vollkommen zuverlässig kenne.^[4] Seine Antwort bestätigt meine Meinung. Obgleich ihm keine Äusserung englischer Regierungspersonen entgangen sein dürfte, hat er von den in Rede stehenden Drohungen nie Kenntnis bekommen. Ein Freund Herrn Colenbranders, der regelmässig die „Times“ liest, hat ihm dasselbe erklärt. Herrn Colenbrander kommt es unglaublich vor, dass eine verantwortliche Persönlichkeit seine Regierung mit so zügellosen Ausschreitungen blamiert haben könnte.

Ich habe gemeint, Ihnen dies sagen zu müssen, das es Sie vielleicht dazu veranlassen kann, die Quelle, aus der diese Gerüchte stammen, zu prüfen.

Was mich betrifft, so gebe ich mich noch immer der Hoffnung hin, dass dieser Krieg zu einem Frieden führen wird, die für keine einzige Nation verhängnisvoll ist, sondern für alle eine bessere und glücklichere Zukunft vorbereitet, eine Zukunft, in der alle Völker sich frei entwickeln können und keins unter der Gewalt eines anderen zu leiden hat.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Letter 281.

^[2]Both the philosopher and psychologist Gerard Heymans (1857–1930) and the writer and psychiatrist Frederik van Eeden were members of the committee “De Europeesche Statenbond”. See Letter 281, note 1.

^[3]In general there was much reluctance among the English, French, and Germans to sign the petition. Einstein was one of the few Germans who signed (see Nico van Suchtelen’s letters of 7 March 1915 to Lorentz and of 15 April 1915 to Pieter Zeeman, Zeeman Archive, Haarlem).

^[4]The historian Herman Theodoor Colenbrander (1871–1945) later became Professor of History in Leiden.

283. From Woldemar Voigt, 16 March 1915

Handwritten letter.

Göttingen, den 16.3.15.

Lieber und verehrter Freund!

Vielen Dank für Ihren Brief,^[1] der mir als Ausdruck Ihrer freundschaftlichen Gesinnung von grossem Wert ist; von um so grösserem als ich ganz gut verstehe, dass die Sympathien Ihres Volkes nicht auf unserer Seite sind, — leider! —

Was die von mir zitierten Äusserungen englischer Staatsmänner und Politiker angeht, so bin ich natürlich auf Zeitungsberichte angewiesen. Aber unsere grossen Zeitungen zitieren doch mit *so genauer Angabe der Quellen*, dass ich an grobe Entstellungen nicht glauben kann. Wenn Ihre Autoritäten solche Äusserungen *bestreiten*, so liegt der Widerspruch vielleicht in einer verschiedenen Anwendung der Worte „Staatsmänner und Politiker“. Ich verstehe darunter nicht nur regierende Minister; auch einen Schriftsteller, der „Leitartikel“ für eine führende Zeitung schreibt, nenne ich einen Politiker. Es ist mir nicht möglich, für die aus dem Gedächtnis zitierten Worte jetzt die Belege aus alten Zeitungen zusammenzusuchen. Doch ist mir eine Nummer *der letzten Tage* zur Hand, in der genau dasjenige Programm sich vertreten findet, das jene von mir zitierten Sätze enthalten.^[2] Ich weiss nicht, wie Ihre Autoritäten dergleichen dementieren wollen, zumal die ganze englische Kriegführung faktisch auf unsre wirtschaftliche Vernichtung gerichtet ist.

Wenn Sie solche Pläne *teuflisch* nennen, so stimme ich dem völlig zu; das ist aber kein Argument gegen ihre Wahrscheinlichkeit. Die englische Habgier ist unersättlich, und es ist nicht das erste mal, dass sie einer andern Macht die Frucht ehrlicher harter Arbeit zu rauben bestrebt ist.

Unter diesen Umständen sehe ich sehr trübe in die Zukunft. Wie unser Schicksal sich wenden möge, ein tödlicher Hass wird bleiben auf unabsehbare Zeit. Unser ganzes Volk ist überzeugt, dass England schon lange den Vorwand zum Kriege suchte. In der Marokko-Zeit hat Deutschland um des Friedens willen sich gedemütigt.^[3] Dies Mal war der Konflikt unabwendbar, wir müssen um unsere Existenz ringen; — obwohl Niemand in Deutschland einen Schilling oder einen Quadratmeter englischen Besitz begehrt hat (*das behauptete ich*), ist England unser Totfeind geworden. Das wird nachwirken auf Dezennien, wenn nicht länger.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

PS. Ich kann der Versuchung, die mir die Veranlassung vorstehenden Schreibens giebt, nicht widerstehen und möchte Ihnen an einem Beispiel zeigen, *auf wie schwachem Grunde* viele der gegen unser Volk erhobenen Beschuldigungen ruhen.

Durch die ausländischen Zeitungen ging s.Z. die Notiz: in *Löwen* haben unsere Soldaten ein wertvolles Bild von Dierk Bouts im Rathaus barbarisch beschädigt.^[4] Mein 2. Sohn, der Historiker, den Sie kennen, — ein Mann von peinlicher Gewissenhaftigkeit — hat mit einem Fachgenossen von Brüssel aus (wo beiden Krankenpfleger sind) neben andern benachbarten Städten auch Löwen besucht. Er erzählt mir, dass jenes Bild *in allen Figuren* völlig intakt ist, nur im obern Teil im *Hintergrund* einen ziemlich grossen Riss aufweist. Während die Figuren relativ leicht für Beschädigung zugänglich sind, befindet sich der Riss in so grosser Höhe, dass man ihn mit dem Bajonett nur erreichen kann, wenn man auf einen Tisch steigt. Eine mutwillige Beschädigung erscheint hiernach bereits sehr unwahrscheinlich.

Aber noch mehr: Das Bild hängt neben einem Fenster und in der Höhe des Risses ist eine Fensterscheibe durchschossen. Die Richtung Riss → Fenster weist auf das Dach der benachbarten Kirche. Es ist hiernach durchaus wahrscheinlich, dass *von belgischer Seite*, bei dem Überfall unserer Soldaten, von der Kirche das mit Soldaten belegte Rathaus beschossen worden ist und hierbei das Bild eine Kugel bekommen hat. Aber es macht ja natürlich bessere Wirkung, wenn „die deutschen Hunnen die wertvollsten Kunstwerke zerstören“! —

Ich möchte hinzufügen, dass nach meiner festen Überzeugung auch jene Argumente, auf welche die englische Regierung ihre völkerrechtswidrigen Massregeln zur See gründet, erlogen sind. Die Behauptungen gehen dahin, dass Deutschland *in neutralen Gewässern* und zwar *unter Missbrauch der neutralen Flagge* Minen gelegt hätte. Unsere Regierung *bestreitet dies*, und die englische Regierung *hat nie den Beweis erbracht* für ihre Behauptung. (Allerdings sind *englische Fischerböte* vor Emden *von uns* gefasst, als *sie* Minen legten.) *Wie* unsere Leute unbemerkt Mi-

nen legen, wird sich wohl in den nächsten Wochen zeigen. Die englischen Behauptungen halte ich für agitatorische Lügen.

Ob wohl in Holland der „offne Brief“ von Sir Roger Casement an Sir Grey abgedruckt und gelesen wird?^[5] Mir scheint, dass nach diesen Enthüllungen man der englischen Regierung nicht unrecht tut, wenn man ihr jede Gewissenlosigkeit zutraut.

Ihr V.

^[1]Letter 282.

^[2]Attached to this letter in the Lorentz archive is a newspaper clipping, dated 12 March, in which an English diplomat is quoted as having said: “Siegen genügt uns nicht, wir wollen Deutschland furchtbar strafen in seinen Nebenorganen. England wird, welche Opfer es auch kosten mag, Deutschland zwingen, seine nationale Existenz von Anfang an neu zu schaffen.” Source for this quotation is an article in the *Kölner Zeitung*, which in its turn quotes the Italian newspaper *Tribuna* (the statement of the diplomat was allegedly made in Torino).

^[3]Probably a reference to the “second Moroccan crisis” of 1911, when Germany had sent a warship to Morocco and had threatened to start a war, because France had intervened in an uprising in Morocco. Germany wanted France to cede its colony French Congo; eventually, also due to England’s support of France, Germany obtained only a small part of French Congo.

^[4]The burning and sacking by the Germans of the medieval Belgian city of Louvain in August 1914 had caused much indignation throughout the world. The Town Hall, with its paintings of the Flemish master Dirck (or Dierick) Bouts (ca. 1410–1475), was one of the few buildings that remained standing.

^[5]Sir Roger David Casement (1864–1916) was an Irish nationalist who took the side of the Germans in the First World War. He went to Germany at the end of 1914 and from there in January 1915 wrote an open letter to Sir Edward Grey (1862–1933; from 1905 to 1916 foreign secretary of England) in which he accused the British government of conspiring against his life. In April 1916 Casement returned to Ireland, where he was soon captured by the English; he was subsequently tried and executed for treason.

284. To Wilhelm Wien, 22 March 1915

Handwritten letter (private collection). A draft with no significant differences is in the Lorentz Archive.

Haarlem, 22 März 1915.

Lieber Herr Kollege,

Ich halte mich für verpflichtet, Ihnen Folgendes zu schreiben.^[1]

In diesen schrecklichen Zeiten haben wir alle schwere Sorge um die Zukunft, nicht nur unserer Wissenschaft, sondern auch der Kultur und der Menschheit überhaupt. Was die erstere betrifft, wie lange wird es vielleicht dauern, bis wir wieder des Gedankenaustausches mit Fachgenossen der verschiedensten Länder genie-

sen werden, dessen wir uns so oft gefreut haben, bis der wissenschaftliche Verkehr zwischen den Nationen wieder einigermaßen in die alten Bahnen zurückgekehrt ist. Das ist recht traurig, aber trauriger ist doch noch der Hass zwischen den Völkern, der immer heftiger emporsteigt. Und am allerschmerzlichsten berühren mich die Tatsachen, aus denen dieses Gefühl entspringt.

Im Sommer waren wir nahe Zeugen der Verheerung Belgiens. Was wir von vielen Seiten vernahmen, machte es uns leider unmöglich anzunehmen, dass, wie damals auch von Ihnen erklärt worden ist, keines einzigen belgischen Bürgers Leben und Eigentum angetastet worden sei, ohne dass die bitterste Notwehr es geböte.^[2]

Jetzt kommt aus Frankreich manche Stimme zu uns, die von immer wachsender Erbitterung gegen Deutschland zeugt. Nahe Verwandte, eine gute Freundin, mehrere Fachgenossen haben uns geschrieben, und bei allen besteht das gleiche Gefühl, so mächtig, dass gewiss kein Menschenalter dazu ausreichen wird, es verschwinden zu lassen. Und es ist nicht der Krieg an sich, nicht der Schmerz um das Vordringen des Feindes, nicht die Trauer in den Familien, die in erster Linie diese Erbitterung veranlasst haben; vor allem ist es die Art und Weise, wie in dem Gebiete, das zeitweilig vom deutschen Heere besetzt war, seinerseits der Krieg geführt worden ist. „Was haben wir den Deutschen denn doch getan“, so schreibt man mir, „dass man uns so behandelt“, und ich verstehe den schmerzlichen Ausruf, wenn ich in den Briefen lese, was man von Augenzeugen vernommen, und wie man Mütter über das Schicksal ihrer verlorenen Kinder jammern gehört hat.

Von deutscher Seite erhalte ich viele Schriften über den Krieg, in denen — und auch das verstehe ich — das, worüber Ihr Volk sich zu beklagen hat, auseinandergesetzt wird. Das Alles ist Ihnen natürlich auch unter die Augen gekommen. Aber ich möchte Sie nun fragen: Haben Sie auch gelesen, was von der aus angesehenen Juristen zusammengesetzten Untersuchungskommission in dem offiziellen Organ der Republik publiziert worden ist, und was Herr Bédier vom Collège de France auf Grund der bei Kriegsgefangenen gefundenen Notizen veröffentlicht hat?^[3]

Wenn Sie Kenntnis davon genommen haben, so habe ich weiter nichts zu sagen. Ist das aber nicht der Fall, so beschwöre ich Sie, im Namen der Wahrheit und der Menschlichkeit, diese Schriften zu lesen, um sich ein selbständiges Urteil zu bilden.* Wenn Sie es wünschen, so werde ich Ihnen die Drucksachen zukommen lassen. Dass schon die Titel peinlich für Sie sind, das wird Sie nicht davon zurückhalten, den Inhalt zu prüfen und dann zu tun, was Sie für gut und recht halten, mag es viel oder wenig sein. Das wird auch davon abhängen, wie viel Sie tun *können*.

Ich werde keine Details anführen. Lassen Sie mich nur sagen, dass die Tatsachen, über die in schrecklicher und erschütternder Einförmigkeit berichtet wird, mich Tag und Nacht verfolgen und mir die Ruhe nehmen. Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, dass in manchen Fällen etwas, das von grösserem Wert als

*Lesen Sie auch das Jauersche Tageblatt (Amtlicher Anzeiger für Stadt und Kreis Jauer), vom Sonntag, 18. Oktober 1914, No. 245, 106. Jahrgang; sowie die Münchener Neuesten Nachrichten vom Mittwoch, 7. Oktober 1914, Vorabendblatt (Artikel von Oberleutnant Eberlein).

der militärische Erfolg ist, nämlich die Ehre des Volkes, aus dem Auge verloren worden ist.

Sie werden mir nicht sagen, das Alles sei Verleumdung und Übertreibung; ich wage zu behaupten, dass kein Unbefangener es dafür erklären kann. Und wäre auch nur der zehnte Teil wahr, so wäre dieser zehnte Teil schon viel zu gross.

Auch werden Sie sich nicht auf die militärische Notwendigkeit berufen; bei dem, was sittlich unerlaubt ist, darf von Notwendigkeit die Rede nicht sein. Auch setzt Notwendigkeit einen Zweck voraus, den man hier nicht sieht.

Endlich werden Sie mir nicht sagen, es handle sich hier nur um Taten einer relativ kleinen Anzahl von Personen. Ich glaube es gern, obgleich was sie getan haben, nicht relativ klein ist. Aber jedenfalls ist das Ganze für den Teil verantwortlich.

Welchen Nutzen es hat, dass ich Ihnen dieses schreibe? Ich weiss es kaum. Ich habe nur das Gefühl, es wäre nicht gut von mir, von diesen Dingen zu hören und nichts zu sagen. Hat doch das deutsche Volk ein Recht darauf, zu wissen, was in seinem Namen geschieht, und wofür die Geschichte es verantwortlich halten wird. Und vor allem sollen diejenigen es wissen, die an hervorragender Stelle stehen und für ihr Volk sprechen können, wie Sie es schon einmal getan haben.

Wir dürfen uns nicht damit beruhigen, dass diese Dinge nun einmal stattgefunden haben und dass sich daran nichts mehr ändern lässt. Es ist wahr, die Toten kann man nicht erwecken und ein verwüstetes Lebensglück nicht neu erblühen lassen. Aber, wenn Unrecht begangen ist, giebt es vielleicht Mittel, es einigermassen zu sühnen. Und auch an das, was vielleicht die nächste Zukunft uns bringen kann, ist zu denken.

Sie wissen, wie aufrichtig ich Ihre Wissenschaft, Ihre Dichtkunst und Philosophie, den Fleiss und die Arbeitskraft Ihres Volkes bewundere, wie ich Ihre grossen Männer verehere und auf den Verkehr mit den deutschen Fachgenossen immer hohen Wert gelegt habe. Aber Sie werden verstehen, dass ich eben deshalb gemeint habe, Ihnen dieses schreiben zu müssen. Ich tat es schweren Herzens.

Mit herzlichem Gruss
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Ich schreibe einen gleichlautenden Brief an Koll. Planck.

Entschuldigen Sie, bitte, dass ich bei den vielen Sorgen, die das Jahr mir brachte, nicht dazu gekommen bin, Ihr letzten Schreiben^[4] zu beantworten. Den Auftrag bei Onnes habe ich sofort ausgerichtet. Was die Annalen betrifft, so möchte ich mich in dieser Zeit auf Publikationen in holländischen Zeitschriften, wenigstens in der Regel, beschränken.

^[1]An identical letter was sent to Max Planck (see Letter 285).

^[2]Cf. the "Aufruf an die Kulturwelt" of 4 October 1914, in which the following statement occurs: "Es ist nicht wahr, dass eines einzigen belgischen Bürgers Leben und Eigentum von unseren Soldaten angetastet worden ist, ohne dass die bitterste Notwehr es gebot." In this manifest, drawn up by the writer Hermann Sudermann (see Letter 337), and signed by 93

prominent German intellectuals and artists, the German conduct during the first months of the First World War — heavily criticized from many sides — was forcefully defended. Among the signers were Felix Klein, Max Planck, Wilhelm Röntgen, and Wilhelm Wien. See *Wehberg 1920* for the full text and a discussion. See also Letters 285, 294, and 308.

^[3]See *Bédier 1915*. Joseph Bédier (1864–1938) was Professor of Medieval Literature at the Collège de France and member of the Académie Française.

^[4]Letter 269.

285. From Max Planck, 28 March 1915

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 28. März 1915.

Lieber verehrter Herr College!

Ihr freundlicher Brief vom 22. d.M.^[1] hat in mir neben dem Gefühl des tiefen Schmerzes über das viele, das uns trennt, auch die lebhaft empfundene Dankbarkeit erweckt, dass Sie mir das Vertrauen einer offenen Aussprache geschenkt haben. So will ich denn mit derselben Aufrichtigkeit, die Sie mir entgegenbringen, versuchen, Ihnen meine Gesinnung zu schildern, wenn ich auch natürlich nicht hoffen kann, Ihr Urteil wesentlich zu beeinflussen.

Vor Allem bitte ich Sie zu glauben, dass ich mich in meinen Anschauungen über Welt und Menschen grundsätzlich in keiner Weise verändert habe, Sie sehen mich heute auch Ihnen selber mit derselben ehrlichen kindlich-dankbaren Verehrung gegenüberzutreten, die ich Ihnen aus mannigfachen Anlässen wissenschaftlicher und persönlicher Art stets treu bewahre. Was heute zwischen uns getreten ist, liegt auf einem Gebiet, der sich von der Möglichkeit einer rein wissenschaftlichen Behandlung so weit entfernt, dass eine wirklich objektive Bewertung wohl überhaupt ausgeschlossen ist. Denn der Tatsachen, aus denen allein sich ein Urteil ableiten liesse, gibt es gar zu verschiedenartige. Das einzige, was ich vermag, ist es, Ihnen, wie mir selber, nach besten Vermögen Rechenschaft zu geben von der Stellung, die ich persönlich zu den von Ihnen berührten Fragen einnehme.

Wen die Verantwortung für diesen Krieg trifft, dessen furchtbare Leiden in Deutschland nicht weniger tief gefühlt werden als anderswo, brauche ich hier nicht zu untersuchen, da Sie selber diese Frage nicht berührt haben. So wie nun aber einmal die Dinge wirklich gegangen sind, besteht für Niemand in Deutschland, auch für mich nicht, ein Zweifel, dass wir gegenwärtig um die Erhaltung unserer höchsten und heiligsten Güter, ja um unsere Existenz kämpfen. Diese Ueberzeugung allein ist es auch, die mich veranlasst hat, die von Ihnen erwähnte öffentliche Erklärung der deutschen Gelehrten zu unterzeichnen.^[2] Freilich bin ich nicht mit jedem Satze derselben einverstanden — gerade der eine von Ihnen erwähnte ist mir von jeher der allerpeinlichste^[3] — und wenn ich die Erklärung selber geschrieben oder auch nur einen Einfluss auf die Fassung gehabt hätte, so wären derartige Stellen sicher nicht hineingekommen. Aber es handelte sich für mich

wie für die meisten anderen nur darum, entweder sich der Erklärung anzuschließen oder nicht, und ich glaubte es tun zu müssen, weil die Erklärung nur den einen Sinn haben konnte und sollte, einmal für allemal öffentlich auszusprechen, was keineswegs unnötig schien, dass die deutschen Gelehrten ihre Sache von der der deutschen Regierung und des deutschen Heeres nicht trennen wollten. Nachdem dies geschehen ist, gibt es nach meiner Empfindung gerade für die Gelehrten keine dringendere und keine schönere Aufgabe, als an rechter Stelle ihr Bestes einzusetzen, um der fortschreitenden Vergiftung der Kämpfer und der Vertiefung des Völkerhasses nach Kräften entgegenzuwirken. Nicht alle Gelehrten fühlen leider diese Verpflichtung in sich, auch bei uns nicht. Aber ich bitte Sie: vergleichen Sie einmal daraufhin die Äußerungen französischer und deutscher Gelehrter, z. B. in den Sitzungsberichten der Pariser Akademien, oder in den Berichten der französischen physikalischen Gesellschaft, mit dem Verhalten der entsprechenden deutschen Gesellschaften, und entscheiden Sie, auf welcher Seite eine würdigere Sprache geführt wird. Wenn nicht jetzt schon eine Anzahl deutscher Physiker aus der Société de Physique ausgetreten sind, so darf ich das zum Teil auch meinen eigenen Bemühungen in dieser Sache zuschreiben.

Nun aber, was wichtiger ist, zu den schrecklichen Begleiterscheinungen des Krieges. Sie schreiben von den Verheerungen und den Grausamkeiten der deutschen Kriegführung und verweisen auf die amtlichen französischen Berichte darüber, sowie auf die Veröffentlichungen von Mr. Bédier.^[4] Ich habe von ihnen bisher keine Kenntnis genommen und würde Ihnen daher dankbar sein für die freundlichst in Aussicht gestellte Zusendung derselben, sowie für jede weitere Mitteilung, die Sie für zweckmässig halten. Natürlich würde ich Sie dann auch um die Erlaubnis bitten, Ihnen gelegentlich auch deutsche Berichte übersenden zu dürfen. Denn hier kommt alles auf die Gegenüberstellung an. Freilich ist, was die Westgrenze Deutschlands betrifft, eine solche nicht möglich, weil bisher eine Ueberschreitung derselben nach Deutschland hinüber nicht in beträchtlichem Maasse stattgefunden hat. Aber was uns in einem solchen Falle erwarten würde, lässt sich mit ziemlicher Sicherheit an dem ermessen, was im Osten wirklich passiert ist und von dem unsere ostpreussischen Flüchtlinge zu berichten wissen, sowie auch an dem, was unsere bürgerlichen Auslandsdeutschen, Männer, Frauen und Kinder, haben erfahren müssen. Ein Neffe von mir besass mit seiner Familie in Lyk (Ostpreussen) eine neu eingerichtete Wohnung, deren Inventar teils verschleppt teils bis zur Unkenntlichkeit demolirt worden ist. Einige Tage später fiel er selber auf dem Schlachtfeld. — Zwei meiner Brüder haben ihre jungen hoffnungsvollen Söhne im Felde verloren, der eine, einziger Sohn seiner Eltern, war Physiker, Assistent bei Coll. Voigt, der ihm kürzlich in der Physikalischen Zeitschrift einige warme Worte gewidmet hat.^[6] Meine eigenen Söhne leben noch, aber der eine ist verwundet und kriegsgefangen,^[5] meine Tochter arbeitet im Lazarett.^[7] Kaum eine deutsche Familie ist von Trauer verschont worden. Wo ist das Aequivalent für all dieses namenlose Herzeleid?

Und dennoch hat die übertausendjährige deutsche Geschichte noch zu keiner Zeit das deutsche Volk so einig gesehen. Sollte das wirklich eine schlechte Sache sein, die eine solche Opferwilligkeit, eine solche reine, heilige Begeisterung zei-

tigt? Ich kann es nicht glauben. Denn auch ich kenne kein reineres und schöneres Opfer, als das für das Wohl des Vaterlandes, dem wir alles verdanken, was wir sind und was wir besitzen, nicht zum mindesten auch die Möglichkeit, unserer Wissenschaft (auch jetzt!) zu leben. Und Niemandem auf der Welt, auch dem Feinde nicht, verdenke ich eine ähnliche Gesinnung. Ja, ich finde es ganz selbstverständlich, dass meine französischen und englischen Collegen darin genau ebenso fühlen wie ich, und ich würde es ihnen nicht zum Vorteil anrechnen, wenn es anders wäre. Nur möchte ich mich dann auch von ihnen in gleicher Weise beurteilt sehen.

Wenn es mir nicht ganz aussichtslos zu sein schiene, so würde ich Sie auf das dringendste bitten, Sich einmal hier, bei Ihrer Frau Tochter und Ihrem Herrn Schwiegersohn, die Verhältnisse anzusehen und auch meinem Hause wieder einmal die hohe Freude Ihres Besuches zu machen. Gewiss würde ich Ihnen dann manches noch viel besser sagen und näher bringen können, als es in einem solchen Schreiben möglich ist. Aber ich musste es doch versuchen.

Stets bleibe ich in treuer Verehrung

Ihr ergebenster

Max Planck.

^[1]See Letter 284, which is identical to Lorentz's lost letter to Planck of the same date.

^[2]The "Aufruf an die Kulturwelt" (see Letter 284, note 2).

^[3]The statement: "Es ist nicht wahr, dass eines einzigen belgischen Bürgers Leben und Eigentum von unseren Soldaten angetastet worden ist, ohne dass die bitterste Notwehr es gebot."

^[4]See, e.g., *Bédier 1915*.

^[5]Erwin Planck (1893–1945).

^[6]See Letter 277, note 3.

^[7]Emma Planck.

286. From Wilhelm Wien, 4 April 1915

Handwritten letter. The year is corrected because of the reference to Letter 284 and the reference to this letter in Letter 287.

Würzburg 4 April 1914

Lieber Herr College!

Sie werden verstehen, dass ich Ihren Brief^[1] mit schmerzlichen Empfindungen gelesen habe. Gestatten Sie dass ich meiner Antwort einige allgemeine Betrachtungen voranschicke.

Es muss besonders für die Neutralen schwer sein sich ein objektives Urtheil über die thatsächlichen Vorkommnisse zu bilden, da in diesem Kriege die Lügen alles bisher Vorstellbare übertroffen haben. Ich will keineswegs behaupten dass wir die Wahrheit gepachtet hätten, aber eine solche systematische Lügenorganisation, wie sie von der gelben Presse Englands und Frankreichs eingerichtet ist, hätte

mir früher unmöglich geschienen. Ich kann nicht umhin den von Ihnen erwähnten, im höchsten Grade bedauerlichen Hass der Franzosen gegen uns zum grössten Theil auf die systematische Hetzarbeit der französischen Presse zu schieben. Aber auch die verantwortlichen französischen Staatsmänner äussern sich in einer Weise, die bei uns vollkommen unerhört ist. Es ist dasselbe Schauspiel wie 1870/71, als die offiziellen französischen Männer wie Gambetta von uns nie anders als in Ausdrücken wie Horden und Barbaren redeten.^[2] Von solchen wird dann gewissermassen als selbstverständlich angenommen dass sie alles in der schlimmsten Weise verwüsten. Noch jetzt ist die alte Verleumdung, dass die deutschen Soldaten voleurs des pendules waren nicht verschwunden. In Frankreich wird alles Schlimme, was man von uns behauptet, leicht geglaubt und der Hass ist dann nur eine natürliche Folge. Wir hassen die Franzosen nicht und es giebt zahlreiche Deutsche, die hoffen, dass es nach dem Kriege zu einer Verständigung zwischen Frankreich und Deutschland kommen werde. Ich gehöre nicht zu diesen, ich glaube, dass die geschichtliche Erfahrung den Beweis liefert, dass der französische Hass gegen Deutschland noch Generationen überdauern wird, weil die Franzosen davon überzeugt sind, dass die Deutschen ihre politische Vormachtstellung in Europa gebrochen haben. Was hat es geholfen, dass unser Kaiser immer wieder versucht hat zu einer Verständigung mit Frankreich zu gelangen? Die Antwort der Pariser Zeitungen war: il a peur, seulement peur. Sie müssen verzeihen, wenn ich Ihre Meinung dass es die Art der deutschen Kriegführung ist, welche den Hass der Franzosen hervorruft, nicht theilen kann. Der Hass war immer vorhanden und ist jetzt nur zu hellen Flammen angefacht.

Gewiss muss es den Franzosen schmerzlich sein, dass ihr Land theilweise besetzt ist, dass viele Städte zerstört und viele Dörfer verbrannt sind. Wie weit das aber die Deutschen, wie weit die Franzosen selbst oder die Engländer gethan haben, ist nicht leicht zu entscheiden. Auch der von Ihnen erwähnten juristischen Commission wird es kaum gelungen sein bei dem vorhandenen Deutschenhass die nothwendige Unbefangenheit zu erlangen. Ich erinnere nur an die vielen Verurtheilungen deutscher Soldaten, die in vielen Fällen bei der Wiederaufnahme des Verfahrens aufgehoben werden mussten.

Ich lege auch einen Zeitungsausschnitt bei, in dem vom *Matin* die Art der französischen Justiz geschildert wird. So weit ich Ihre Andeutungen verstehe, beziehen Sie sich noch besonders auf sittliche Vergehen. Aber Sie werden zugeben, dass es ausserordentlich schwer ist gerade hier zur Feststellung des objektiv richtigen Thatbestandes zu gelangen noch dazu im Kriege, wo man geradezu von einer Kriegspsychose sprechen kann. Sie selbst haben mir im vorigen Herbst ein Protokoll zugeschiedt, in welchem festgestellt war, dass die Behauptung, dass die Belgier vielen deutschen Verwundeten die Augen ausgestochen hätten, nicht richtig war.^[3] Ich habe Erkundigungen in Aachen eingezogen und mich davon überzeugt dass diese Gerüchte thatsächlich sehr übertrieben waren. Sollte etwas ähnliches nicht auch in den Fällen vorliegen können, die Sie im Auge haben? Ich habe — vielleicht irrthümlicherweise — aus Ihrem Brief die Meinung gewonnen, dass Sie unter dem Eindruck der englischen und französischen Nachrichten geneigt sind

die Deutschen einen grösseren Schuld zu zeihen, insbesondere auch ihnen vorzuwerfen dass sie mehr Veranlassung zur Erbitterung gegeben haben als ihre Gegner.

Ich lege einen andern Zeitungsausschnitt (II) bei, der zeigt wie gehässig die französische Presse ist. Sie werden kaum im Stande sein mir ähnliche Auslassungen deutscher Zeitungen nachzuweisen. Aber von den Behauptungen französischer Zeitungen, mögen sie noch so absurd sein, bleibt immer etwas hängen.

Noch ein weiteres Symptom. Die Pariser Akademie hat die Namen ihrer deutschen Mitglieder gestrichen. Jetzt lese ich in der Frankfurter Zeitung dass die französischen Gelehrten Pottier und Senart den Wunsch ausgesprochen haben aus der Mitgliederliste der Berliner Akademie gestrichen zu werden.^[4] Das ist ja sehr unwichtig, aber immer sind es die Franzosen, die alle Brücken zerstören. Sollen wir allein immer geduldig und nachgiebig bleiben?

Ich will mich nun zu den von Ihnen behaupteten Greueln wenden, die von deutschen Soldaten begangen sein sollen.

Es ist namentlich in Belgien ein grosser Irrthum dadurch entstanden, dass das Volk über die Regeln der Kriegführung nicht aufgeklärt war. Auch vielen Engländern waren diese Regeln unbekannt und so musste sich Lloyd George durch einen englischen Offizier belehren lassen, dass die Betheiligung von Nichtsoldaten am Kampfe mit ihrer Hinrichtung und dem Verbrennen der Häuser bestraft wird.^[5] Die Verheerung Belgiens, von der Sie sprechen, ist grossentheils auf die Nichtbeachtung der Kriegsgesetze zurückzuführen.

Ich habe mich nach Empfang Ihres Schreibens bemüht, mir Material zu verschaffen, das geeignet ist Ihrer Meinung von allgemeinen deutschen Greueln entgegenzutreten. Ich habe dabei von deutschen Behauptungen ganz abgesehen. Es hat keinen Zweck, wenn ich Ihren französischen und belgischen Aussagen, die „schwarz“ behaupten, deutsche entgegenhalte, die „weiss“ verkündigen. Ich will nur auf Veröffentlichungen von Neutralen und Gegnern hinweisen.

Der Ausschnitt III zitiert die Basler Nachrichten und bezieht sich, soweit ich sehe, gerade auf die Behauptungen der französischen juristischen Kommission, die Ihnen einen so grossen Eindruck gemacht haben. Sie werden sich davon überzeugen, dass das schweizer Urtheil von dem Ihrigen erheblich abweicht.

Von den amerikanischen Berichten scheint mir der wichtigste zu sein die Erklärung des englischen auswärtigen Amtes, dass die Behauptungen über deutsche Greuel in Belgien ganz unbegründet sind. Ferner die Berichte der Amerikaner O'Donnell Bennett und Robert Thompson.^[6] Sie werden verstehen, dass ich diesen Berichten mehr Glauben schenke als den französischen und den belgischen, die ich nicht als unpartheiisch anerkennen kann.

Ich glaube daher nicht an systematische, durch unsere Soldaten ausgeübte Greuelthaten.

Nun liegt mir natürlich fern behaupten zu wollen, dass unter unsern Soldaten nicht auch schlechte Elemente vorkommen. Bei einem Heer von vielen Millionen ist ein gewisser Prozentsatz von solchen, die trotz der gewaltigen Disziplin sich Vergehen zu Schulden kommen lassen, kaum zu vermeiden. Ich gebe Ihnen ohne weiteres zu dass das deutsche Volk und das deutsche Heer die Verantwortung für Missethaten seiner Soldaten trägt. Ich bitte Sie daher mir nicht nur die von Ihnen

erwähnten Druckschriften zukommen zu lassen sondern sich nicht auf allgemeine Anklagen zu beschränken und mir alle einzelnen Fälle mit genauer Nennung der Namen der Beteiligten, des Orts und der Zeit des Ereignisses mitzutheilen. Ich beabsichtige diese Mittheilung dem preussischen Kriegsministerium einzureichen und genaue Untersuchung zu beantragen. Ferner bitte Ich Sie dringend Ihre französischen Freunde zu veranlassen jeden zu ihrer Kenntnis kommenden Fall solcher Vergehen den deutschen militärischen Behörden sogleich anzuzeigen oder, wenn ihnen das Schwierigkeiten macht, mir mitzutheilen damit ich sogleich Untersuchung beantragen kann.

Ich möchte aber auch Ihnen die Bitte ans Herz legen nicht den unter dem Einfluss der Kriegspsychose stehenden Behauptungen ohne weiteres Glauben zu schenken. Wer nur etwas von der Psychologie der Zeugenaussagen unter normalen Umständen weiss, kann sich denken, was er von solchen Aussagen im Kriege unter dem Einfluss kriegerischer Eindrücke zu halten hat.

Jedenfalls möchte ich Sie bitten mit dem Urtheil zurückzuhalten bis die behaupteten Vergehen von allen Seiten einen wirklich objektive Prüfung erfahren haben.

Ich verstehe sehr gut Ihre Sympathie für die Franzosen und die Ihnen so nachverwandten Belgier. Ich will hier gar nicht die politische Seite der Frage berühren ob die Belgier mit ihrer bedenklichen Politik kein Tadel trifft. Aber gerade im Hinblick auf die Zukunft, deren Gestaltung Ihnen mit Recht so schwierig scheint können die Neutralen sich grosse Verdienste erwerben indem sie den Verleumdungen und Uebertreibungen entgegenreten und dadurch die Gemüther wieder beruhigen, damit auch die Vernunft wieder anfangen kann zu sprechen.

In alter Freundschaft

Ihr

W. Wien

^[1]Letter 300.

^[2]The French statesman Léon Gambetta (1838–1882) was Minister of War during the Franco-German war of 1870–1871.

^[3]Wien refers to a statement by Dr. D.H. van der Goot, which was sent by Lorentz and Ehrenfest to several colleagues (see Letter 270, note 1; see also Letter 274 for another reaction).

^[4]The archeologist Edmond Pottier (1855–1834) and the orientalist Émile Senart (1847–1928) both resigned their membership on 1 March 1915.

^[5]The Liberal David Lloyd George (1863–1945), Chancellor of the Exchequer in the British government, was a proponent of the war. He became Minister of Munitions in May 1915, War Secretary in July 1915, and Prime Minister in December 1916. As a leader of the British war effort, he received much credit for the victory of the Allied powers.

^[6]James O'Donnell Bennett (1870–1940) was a journalist for the *Chicago Tribune*, who was in Germany when the war broke out and reported about the Germans in a positive way; Robert John Thompson (1865–1931) was American consul in Aachen when the war broke out and subsequently resigned to be free from official restrictions in reporting the facts about the war as he saw them, i.e., in a pro-German way (see *Thompson 1915* for his letters to the American Department of State, first published in the *Chicago Tribune*).

287. From Wilhelm Wien, 23 April 1915

Handwritten letter.

Würzburg 23/4/15

Lieber Herr College!

Ich hoffe dass Sie den ausführlichen Brief,^[1] mit dem ich den Ihrigen beantwortet habe, richtig erhalten haben und ich sehe nun der Mitteilung einzelner Fälle entgegen, über die ich eine genaue Untersuchung veranlassen kann. Inzwischen sind weitere Urtheile aus neutralem Munde über die Veröffentlichungen Bédiers erfolgt und ich sende Ihnen heute wieder ein solcher aus einer Schweizer Feder das auch wesentlich anders ausfällt als das Ihrige. Sie werden nicht von mir verlangen dass ich nach einer solchen Beurtheilung durch Neutrale den Behauptungen Bédiers grossen Werth beilegen kann. Die Franzosen haben einen bewundernswürdigen Patriotismus aber dieser bildet zusammen mit dem französischen Temperament keine gute Grundlage zu einer objektiven und ruhigen Beurtheilung des Feindes. So habe ich auch die jedenfalls auch an Sie gelangte Anfrage des Svenska Dagbladet, was die Franzosen anlangt, dahin beantwortet dass einer Wiederanknüpfung der abgerissenen Fäden persönlicher Beziehungen von deutscher Seite nach dem Kriege nichts im Wege stände, dass aber nach meiner Ueberzeugung die Franzosen die notwendige Vorbedingung desselben guten Willens nicht erfüllen würden.

Die französische Eigenthümlichkeit wird auch nach meiner Meinung der Beendigung des Krieges hindernd im Wege stehen. Ebenso wie sie während des Krieges 1870/71 nie zugegeben haben dass sie besiegt seien, halten sie sich auch jetzt für die Sieger, ganz unabhängig von dem wirklichen Stand der Dinge. Wir dürfen das Wort „Frieden“ gar nicht in den Mund nehmen, weil das sofort von französischer Seite als Kampfesmüdigkeit und Sehnsucht nach Beendigung des Krieges, wenn nicht als Eingeständnis der Niederlage aufgefasst wird.

Wir müssen uns in diese Thatsachen finden und ihnen Rechnung tragen, auch manches ungerechte Urtheil über uns ergehen lassen in der Zuversicht dass Zeiten kommen werden, die wieder eines objektiven Urtheils fähig sind.

Treulich

Ihr

W. Wien

^[1]Letter 286.

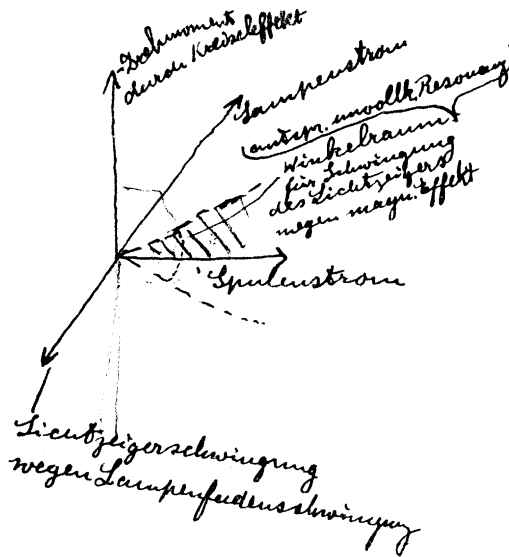
288. From Albert Einstein, 28 April 1915

Handwritten postcard (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem. Dated from the postmark.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Ich begreife Ihr Telegramm.^[1] Bei Revision unserer Vorzeichenbestimmung sehe ich, dass sich in meiner Überlegung ein Fehler befindet.^[2] Wir hatten den Fall möglichst vollkommener Resonanz realisiert. Dabei eilt das Drehmoment dem Ausschlag in der Phase um $\pi/2$ voran, was wir nicht berücksichtigt haben. Richtig wäre es gewesen Solenoid und Glühlampe in Serie zu schalten. Dann würden beide Stromvektoren zusammenfallen, und der durch das Zittern des Lampenfadens erzeugte Ausschlag wäre bei vollkommener Resonanz in der Phase um π verschieden von dem nach der Theorie durch den Kreiseffekt verursachten Ausschlag.^[3]

Trotz dieses Versehens bleibt aber der Nachweis im Wesentlichen bestehen.* Das berichtigte Diagramm sieht so aus:



Eine angenäherte Kompensierung beider Lichtzeigerschwingungen ist nur möglich bei dem richtigen Vorzeichen des Effektes.

Mit herzlichen Grüßen

Ihr

A. Einstein

^[1]The telegram is missing.

*Mehr Glück als Verstand!!

^[2]Einstein refers to a mistake in *Einstein 1915b* (see the “Berichtigung” to this paper and *Einstein and De Haas 1915a*). It concerns the experiment on the Einstein-de Haas effect (see Letter 255, note 5, for the collaboration between Einstein and De Haas). In the experiment an iron cylinder was suspended in a magnetic field, parallel to its axis. Reversing the direction of the field caused a torsional recoil in the cylinder, which could be explained on the hypothesis that the magnetization of the cylinder was caused by microscopic electronic circular currents (“Ampère’s currents”). In the experiment as it was carried out, the field was reversed periodically, so that the cylinder oscillated periodically as well. The sign mentioned by Einstein determined whether the microscopic currents were caused by positive or negative charges.

^[3]To make the oscillations of the cylinder visible, a mirror was attached to the torsion wire, on which a beam of light fell, which was reflected on a scale. The vibrations of the filament of the lamp, mentioned here, were caused by a magnet, placed next to the light source, which produced an additional motion of the light spot on the scale, due to the alternating current in the filament. The two motions canceled each other almost completely, from which it was concluded that a phase difference of approximately π existed between the two oscillations.

289. To Wilhelm Wien, 3 May 1915

Handwritten letter (private collection).

Haarlem, 3 Mai 1915.

Lieber Herr Kollege,

Ich danke Ihnen bestens für Ihr ausführliches und freundliches Schreiben^[1] und lasse Ihnen jetzt die Drucksachen zukommen, um die Sie mich gebeten haben und die Sie dem preussischen Kriegsministerium einzureichen wünschen. Selbstverständlich habe ich nichts dagegen, dass Sie dies tun; nur möchte ich Sie bitten, falls mein Name dabei erwähnt wird, eine Abschrift meines vorigen Briefes an Sie beizufügen, denn ich möchte gern, was meine Gesinnung betrifft, jedes Missverständnis vermeiden.

Gestatten Sie mir jetzt, in offener Beantwortung Ihres Schreibens noch einiges zu sagen.

Zunächst kann ich Ihnen versichern, dass meine Auffassungen wirklich nicht von der französischen und englischen *Presse* beeinflusst worden sind. Ich bekomme wenig von deren Äusserungen zu lesen und kommen mir einmal heftige Ausschreitungen, wie Sie mir jetzt einige geschickt haben, unter die Augen, so weiss ich schon, wie wenig Wert darauf zu legen ist. Wenn ich versuche, einigermaßen zu einem Urteil zu gelangen, so sind es vielmehr persönliche Unterredungen (mit Deutschen und Belgiern), Briefe (aus Deutschland und Frankreich) und gründlichere Broschüren und Zeitschriftartikel (die mir aus den drei Ländern zugehen), auf die ich mich stütze. Was unsere holländischen Zeitungen betrifft, wenn Sie die, welche ich lese, kannten, so würden Sie gewiss zugeben, dass sie in wür-

digem, gemässigtem Ton geschrieben werden und sich ernstlich bemühen, unparteiisch und objektiv zu urteilen.

Wir Neutrale sind insofern vielleicht in günstigerer Lage als die Kriegführenden, als wir von verschiedenen Seiten etwas zu hören bekommen und wenigstens das eine mit dem anderen vergleichen können. Aber die vielen Widersprüche sind wohl geeignet, Einen irre zu führen und man fühlt immer mehr, wie vorsichtig man sein muss.

Über die meisten *politischen* Fragen darf ich mir denn auch kein Urteil anmassen. Nur *ein* Gefühl, das muss ich Ihnen sagen, drängt sich mir immer wieder unwiderstehlich auf, ein tiefer Schmerz nämlich über den gegen Belgien gerichteten Angriff. Das „Not kennt kein Gebot“ ist mir ebenso unverständlich wie die Versuche, eine Tat nachträglich zu rechtfertigen mit Gründen, die, als sie begangen wurde, unbekannt waren.^[2] Meinen Sie nicht auch, dass eine Nation nie etwas tun sollte, das ihre Vertreter selbst als Unrecht bezeichnen müssen, auch dann nicht, wenn das Befolgen dieser Regel ihren Interessen schaden würde?

Indes, wir wollen nicht weiter davon sprechen. Lassen Sie mich vielmehr sagen, dass ich von ganzem Herzen hoffe, dass am Ende dieser schreckliche Krieg für keines der sich bekämpfenden Völker verhängnisvoll sein möge, und es noch einmal wieder zu einem Zusammenwirken für das Wohl der Menschheit kommen wird. Ich bin Optimist genug, um zu glauben, dass es möglich sein wird, auf allen Seiten Freude und gerechten Stolz über die eigenen Leistungen mit der Würdigung von dem, was man anderen zu verdanken hat, zu vereinen.

Was nun die Tatsachen betrifft, um die es sich in den beigefügten Veröffentlichungen handelt, so muss ich betonen, dass von *Behauptungen* meinerseits gar nicht die Rede ist; ich habe nur von dem *Eindruck* gesprochen, den die Lektüre auf mich gemacht hat. Was mich dazu trieb, Ihnen zu schreiben, war das Gefühl, es sei, wenn man über einen guten Freund Dinge zu hören bekommt, bei denen seine Ehre im Spiel ist, besser, ihn davon in Kenntnis zu setzen als zu schweigen.

Nur *eine* Behauptung habe ich ausgesprochen, nämlich die, dass die in Frankreich bestehende Erbitterung in erster Linie auf die in Frage stehenden Tatsachen zurückzuführen ist, oder, vorsichtiger ausgedrückt, dass die Franzosen selbst es so empfinden. In wiefern man es hier mit dem Auflodern eines bereits vorhandenen Gefühls zu tun hat, darüber brauchen wir nicht zu streiten. Jedenfalls besteht jetzt ein Mass der Erbitterung, von dem vor dem Kriege keine Rede war.

Um Ihnen etwas genauer zu zeigen um was es sich hier handelt, zitiere ich in getreuer Übersetzung Folgendes aus einem Briefe eines französischen Kollegen:^[3]

„Sie müssen — gestatten Sie mir es zu sagen — ein ausserordentlicher Idealist sein, um nicht in so kleiner Entfernung das Erschiessen von Greisen und Kindern in Belgien und das Notgeschrei der geschändeten Frauen und jungen Mädchen zu hören.“

„Es giebt in Frankreich keine mit Einwohnern des besetzten Gebietes bekannte Familie, die nicht von derartigen Tatsachen Kenntnis bekommen hätte. Unter meinen früheren Schülern, die im August eingezogen wurden um ihre Wehrpflicht zu erfüllen, ohne dass sie Zeit hätten, ihre Familie in Sicherheit zu bringen, giebt es wenigstens zwei, von denen ich weiss, von dem Einen, dass seine Frau und Toch-

ter verschwunden sind — er hat keine Spur von ihnen finden können —, von dem anderen, dass beide, seine Frau und Tochter schwanger sind. Was ist das Schlimmste? Können Sie sich den Zustand dieses Gatten und Vaters und dieser unglücklichen Frauen vorstellen?”

„Verwandte oder Kinder im Gefecht zu verlieren, ist nichts im Vergleich mit *diesen* Schmerzen.”

Selbstverständlich entzieht sich dieser Fall, in dem keine Namen genannt werden können, der Untersuchung seitens Ihrer Behörden. *Uns* kann er aber lehren, wie teuer auch das deutsche Volk, trotz aller Disziplin und Organisation, die Erfolge erkaufen muss.

Von Ihrer Bereitwilligkeit, eventuelle weitere Klagen entgegenzunehmen, und eine Untersuchung derselben zu veranlassen, werde ich gern einem oder zwei französischen Kollegen Mitteilung machen. Welchen Erfolg das haben wird, kann man schwerlich sagen und es scheint mir, dass Ihre Regierung doch wohl wirksamere Mittel um die Wahrheit zu entdecken wird finden können.

Ich möchte schliesslich noch etwas über die uns so am Herzen liegende Wiederherstellung der internationalen Beziehungen sagen. Ich würde mich glücklich preisen, wenn ich nach Beendigung des Krieges etwas, wie wenig es auch sein mag, dazu beitragen dürfte, und hoffentlich wird das Institut de Physique in dieser Richtung wirksam sein können. Aber gewiss werden wir auf grosse Schwierigkeiten stossen. Sie sprechen von der Stimmung der französischen Fachgenossen und auch ich fürchte, dass uns diese im Wege stehen wird. Leider muss ich hiezu bemerken, wiederum auf Grund von dem, was ich aus Frankreich gehört und in französischen Publikationen gelesen habe, dass diese Stimmung zum Teil durch die Äusserungen deutscher Gelehrter zu Anfang des Krieges, namentlich durch das Manifest „an die zivilisierte Welt” hervorgerufen worden ist.^[4]

Sie müssen mich recht verstehen. Ich begreife ganz gut, dass man im August das Bedürfnis fühlte, deutlich auszusprechen, dass die Regierung auch die Gelehrten hinter sich hatte, aber ich kann es nur bedauern, dass man keine glücklichere Form gewählt hat. Hätte man einen begeisterten patriotischen Aufruf an die Studierenden gerichtet, oder hätte man gesagt: „Wir können nicht glauben” statt „Es ist nicht wahr”, so hätte Keiner Ihnen etwas vorzuwerfen. Jetzt aber hat man sich in der feierlichsten Weise und sehr positiv über Dinge ausgesprochen die man doch wirklich nicht wissen konnte.

Ich denke hierbei an den Satz, den ich bereits in meinem vorigen Schreiben anführte. Nach allem, was wir über die Ereignisse in Belgien vernommen haben, und wir haben wirklich sehr viel davon gehört, kann ich nur zu dem Schluss kommen, dass Manches der Untersuchung und Aufklärung bedarf und dass man unmöglich in kurzen Worten ein abschliessendes Urteil aussprechen kann.

Wie dem auch sein möge, jedenfalls hat das Manifest einen tiefgehenden und dem gegenseitigen Verständnis nicht förderlichen Eindruck gemacht.

Als ich neulich in Berlin war (um meine Tochter und ihre Kinder abzuholen),^[5] habe ich diesen Punkt mit Koll. Planck besprochen. Ich habe ihm gesagt, wie sehr es mich freuen würde, wenn die deutschen Gelehrten ein Mittel fänden, um den genannten Eindruck, sofern man ihn nicht hat hervorrufen wollen, zu beseitigen.

Eine ritterliche, würdige, nicht polemisch gehaltene Erklärung, aus der man ersehen könnte, dass die Deutschen, indem sie die eigene Kultur hoch halten, andere Kulturen als gleichwertig und ebenbürtig betrachten, und in Zukunft auf ein Zusammenwirken Wert legen werden, würde gewiss sehr wohltuend wirken.

Ich schliesse, lieber Herr Kollege, mit den besten Wünschen für Sie und die Ihrigen. Möge es Ihnen in diesen traurigen Zeiten gut gehen.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Sie sind wohl so freundlich, mir den Empfang dieses Schreibens und der beiden Druckschriften anzuzeigen.

^[1]Letter 286. See also Letter 287.

^[2]See Letter 276, note 4.

^[3]Marcel Brillouin to Lorentz, 28 March 1919.

^[4]A reference to the "Aufruf an die Kulturwelt" (see Letter 284, note 2).

^[5]Lorentz had traveled to Berlin to accompany his daughter Geertruida Luberta and her children on their trip back from Berlin to the Netherlands. The husband Wander de Haas stayed behind and joined his family later in the year.

290. From Wilhelm Wien, after 3 May 1915

Handwritten letter. The date is inferred from the reference to Letter 289, to which this is a reply.

Würzburg

Lieber Herr College!

Ich bestätige Ihnen mit bestem Dank den Empfang Ihres Briefes vom 3. Mai und der französischen Druckschriften. Ich freue mich, dass Ihr Urteil sich bemüht unparteiisch zu bleiben. Ich bin damit vollständig zufrieden, ich erwarte weder noch verlange ich, dass ein Angehöriger eines neutralen Staates sich auf unsere Seite stellt.

Ich möchte nun aber doch sowohl auf den Inhalt der französischen Druckschriften wie auf Ihren Brief etwas näher eingehen und Sie müssen entschuldigen wenn mein Schreiben wieder etwas lang wird.

Was zunächst die französischen Anklagen betrifft so habe ich selbst den Eindruck gewonnen, dass Fälle von Roheit und Unmenschlichkeit vorgekommen sind. Ich sagte schon in meinem vorigen Brief dass dergleichen bei so vielen Soldaten kaum auszuschliessen ist und ich kann nur wünschen dass die Schuldigen in verdienter Weise bestraft werden. So sind die Vergehen an Frauen, so weit sie wirklich stattgefunden haben, selbstverständlich nicht zu entschuldigen. Indessen sagt der französische Bericht selbst „on peut toutefois, à la rigueur, ne les consi-

dérer que comme les actes individuels et spontanés de brutes dechaînées; mais il n'en est pas de même de l'incendie, du vol, et de l'assassinat". Die letzteren Anklagen sind nun diejenigen, welche beide Berichte fast ganz füllen und die doch, wie ja auch zugegeben wird, als Vergeltungsmaassregeln für die Beteiligung der Nichtsoldaten am Kampfe anzusehen sind. So schrecklich ich das alles finde, so muss ich doch die grössere Hälfte der Schuld auf die französische und belgische Regierung schieben, die nicht darauf hingewirkt haben dass die Nichtsoldaten dem Kampfe fern bleiben. Im Gegenteil haben die Regierungen die Volksbewaffnung begünstigt, wie ja auch Bédier S. 9 sagt, dass jeder, der „offen“ Waffen trägt, als Soldat anzusehen sei.^[1] Das ist nun auch nach dem Völkerrecht nicht richtig, sondern es verlangt ein äusseres allgemeines Abzeichen, das den einzelnen als Soldaten erkennen lassen muss. Es geht natürlich nicht an, dass jeder nach Belieben bald als Soldat bald als Nichtsoldat auftritt. Dass das strenge Verfahren sein Gutes gehabt hat, geht daraus hervor, dass schon seit Mitte September die Beteiligung der Nichtsoldaten praktisch aufgehört hat und dass seitdem kaum mehr Exekutionen stattfanden. Das ist auch der beste Beweis dafür dass das deutsche Heer keine unnützen Grausamkeiten begeht sondern nur Strafgerichte abhält.

Ich finde es sehr bedauerlich dass die französischen Berichte so abgefasst sind, dass sie gewissermassen kein gutes Haar an uns lassen. Sie müssen notwendigerweise aufreizend wirken und auf uns Deutsche den Eindruck machen, dass wir von den Franzosen so falsch beurteilt werden, dass es zwecklos ist, jemals wieder den Versuch gegenseitigen Verständnisses zu machen. Wenn Bédier sich die Bemühung nicht erspart genaue Reproduktionen der aufgefundenen deutschen Soldatenbriefe zu veröffentlichen, so sollte man meinen, dass er wenigstens in diesen Fällen, wo man ihn kontrolliren kann, sich einer objektiven Beurteilung befleissigen würde. Statt dessen giebt er häufig eine unrichtige oder unvollständige französische Uebersetzung, die natürlich immer den Briefschreiber in möglichst ungünstige Beleuchtung setzen soll.^[2]

Gleich in No. 1 ist ein solches Beispiel. Im Brief steht: Das Blut glebt (klebt) an allen Bärten. Die Uebersetzung lautet „du sang est collé contre toutes les moustaches“.^[3] Das soll den Eindruck eines besonders schrecklichen Blutbades machen.

No. 6 ist falsch übersetzt. Es heisst in dem Brief: „denn sind es keine Menschen sondern Thiere“. Das bezieht sich natürlich auf die Einwohner, während in der Uebersetzung „on n'est plus des hommes on est des bêtes“ auf die deutschen Soldaten bezogen ist.

In No. 10 ist am Schluss der wichtige Zusatz „der sieht der gerechten Strafe entgegen“ sowohl in der Wiedergabe des deutschen Textes wie in der französischen Uebersetzung ausgelassen.

In No. 13 ist doch nichts darüber gesagt, wodurch die französischen Leichen verstümmelt wurden. Es kann auch durch Artilleriefeuer geschehen sein. Die Uebersetzung affreusement = abscheulich klingt als ob die Verstümmelung durch deutsche Soldaten absichtlich stattgefunden hätte, während im Brief „schrecklich“ steht.

In No. 17 beziehen sich die Verstümmelungen der Verwundeten nicht auf die verwundeten Bürger sondern auf die verwundeten deutschen Soldaten. Das Wort „wüst“ gerächt ist zweifelhaft, auch in diesem Zusammenhang nicht gebräuchlich.

S. 22 ist folgendes gesagt: „Da nun aber erfahrungsmässig viel mehr Geld vom Kriegsschauplatz nach der Heimat gesandt wird“. Dies wird so gedeutet als ob die Soldaten sich das Geld durch gewohnheitsmässige Plünderung verschafften, während doch die Soldaten viel von ihrer Löhnung ersparen und nach Hause schicken.

S. 29 wird ein Befehl des Brigadegenerals Stenger erwähnt, in welchem stehen soll „von Heute ab werden keine Gefangenen mehr gemacht u.s.w.“ Ich halte dies für eine Mystification. Dass ein deutscher General einen solchen Befehl soll erlassen haben, halte ich für ausgeschlossen. Hierüber wird sich Bestimmtes feststellen lassen.

Sie werden verstehen, dass diese bedenkliche Art mit solchen Dokumenten umzugehen mein Vertrauen zu der Unparteilichkeit der Verfasser der Broschüren nicht vergrössert hat. Dass sie tendenziös sind, lässt sich nach dem was ich angeführt habe, nicht bestreiten und ich muss den Franzosen die Verantwortung dafür zuschieben dass sie die Herstellung besserer Beziehungen mit uns durch beständige und planmässige Agitation verhindern.

Ich werde beide Broschüren und unsern ganzen Briefwechsel dem preussischen Kriegsministerium zur Prüfung einreichen.

Nun möchte ich noch auf einige Punkte Ihres Briefes eingehen.

In Bezug auf die belgische Neutralität weicht mein Urteil einigermassen von dem Ihrigen ab, namentlich auch in Bezug auf die Beurteilung von Recht und Unrecht in politischen Fragen.

Ich habe mich während meines ganzen Lebens viel mit Geschichte beschäftigt und bin dabei zu dem Urteil gelangt, dass die meisten grossen politischen Fragen so verwickelt sind, dass es fast unmöglich ist die Frage nach gut und böse, Recht und Unrecht überhaupt allgemein zu stellen. Selbst solche geschichtliche Persönlichkeiten wie Wilhelm von Oranien^[4] oder Washington, die wir doch gewohnt sind, als Höhepunkte der Menschheit zu bezeichnen, werden, der erste von den Spaniern der zweite von den Engländern, als Rebellen bezeichnet, die der gerechten Strafe verfallen waren. Wir sind meiner Meinung nach noch nicht so weit, dass wir einen allgemeingiltigen moralischen Masstab hätten, mit dem wir die Handlungen der grossen Politik messen könnten. Wenn wir an die jetzige politische Lage denken, so könnte man versucht sein die Haltung Italiens gegenüber seinem Verbündeten Österreich, indem es die Situation benutzt um Landansprüche zu stellen,^[5] vom moralischen Standpunkt aus zu verurteilen. Aber selbst wenn, was ich nicht hoffe, Italien an Österreich den Krieg erklären würde, so würde es selbstverständlich von unsern Gegnern, die sich über die Verletzung der belgischen Neutralität entrüstet haben, nicht des Treubruchs geziehen werden, sondern man würde wahrscheinlich Italien preisen, weil es für „Freiheit und Zivilisation“ die Waffen ergriffen hätte.

Nach meiner Meinung kann es für einen leitenden Staatsmann nur ein Leitmotiv geben, das der römische Senat in die Formel gebracht hat *videant consules ne quid detrimenti capiat res publica*.^[6] Selbstverständlich muss er auch dafür sorgen,

dass die Ehre seines Volkes nicht Schaden nimmt. Was nun speziell Belgien anlangt, so hat der deutsche Reichskanzler sehr wohl gewusst, dass die belgische Regierung sich auf gefährliche Verhandlungen mit England und Frankreich eingelassen hatte. Ich glaube, dass Sie mir zugeben werden, dass eine Macht, die prinzipiell neutral sein will, eine gefährliche Bahn beschreitet, wenn sie militärische Vereinbarungen mit einer Mächtegruppe abschliesst.^[7]

Dass die deutsche Heeresleitung sich gegen solche Möglichkeiten sichern musste, werden Sie, wenn nicht entschuldigen, so doch verstehen. Deutschland verlangte nur freien Durchzug durch Belgien um sich gegen Ueberraschungen, die aus den belgisch-englisch-französischen Verabredungen hervorgehen konnten, zu sichern. Ob es mit Belgiens Ehre nicht verträglich gewesen wäre, dem deutschen Verlangen nachzugeben, nachdem es von England und Frankreich unzureichend geschützt war, um den Krieg im Lande zu vermeiden, darüber kommt mir kein Urteil zu. Aber der Reichskanzler hat meiner Ansicht nach einen Fehler gemacht indem er behauptete ein Unrecht zu begehen, wo ein solches nicht vorlag.

Wir werden über diesen Punkt uns kaum einigen. Sie urteilen als Holländer anders und ich verstehe das. Die kleineren neutralen Staaten fürchten dass das Prinzip der Neutralität überhaupt gefährdet ist. Ich bin aber überzeugt dass das nicht der Fall ist.

Was nun die internationalen Beziehungen und die ungünstige Wirkung anlangt, die unser Aufruf an die Kulturwelt gehabt hat, so will ich zunächst gern zugeben, dass er nicht sehr gut abgefasst war. Indessen ist er doch im wesentlichen rein defensiver Natur und wollte nur den unglaublichen Lügen entgegentreten, die von unsern Feinden verbreitet wurden. Ich kann daher nicht recht verstehen, wieso sich die französischen Gelehrten durch ihn verletzt fühlen konnten. Es ist doch von deutscher Seite nichts gegen die Kultur unserer Gegner gesagt. Ich sehe daher auch nicht ein, weshalb wir eine Erklärung abgeben sollten, dass wir andere Kulturen als gleichwertig und ebenbürtig betrachten. Wir haben immer nur gesagt, dass wir uns verteidigen wollen und die Entwicklung unserer Kultur schützen müssen. Dagegen hat Grey im englischen Parlement gesagt, Deutschland müsse so zu Grunde gerichtet werden, dass es nie wieder daran denken könne, einen Krieg zu führen, d.h. wir sollen materiell vollständig vernichtet werden, womit die Vernichtung unserer Kultur untrennbar verbunden wäre.^[8] Wir wollen unsere Gegner nicht vernichten noch ihre Kultur schädigen.

Ihren Optimismus, dass sich die internationalen Beziehungen bald wieder anknüpfen werden, vermag ich nicht zu teilen. Ich habe meine Meinung darüber in einem Artikel auf die Anfrage von Svenska Dagbladet ausgesprochen und lege eine Abschrift bei. Inzwischen hat sich auch W. Ramsay^[9] darüber geäußert und ich führe diese Äusserung für den Fall, dass sie Ihnen unbekannt sein sollte, ebenfalls an.

„Ich fürchte dass das Entsetzen der ganzen zivilisirten Welt über den moralischen Verfall der Deutschen, wie er in Belgien und den besetzten Teilen Frankreichs und Russlands zu Tage tritt, es äusserst unwahrscheinlich macht, dass die internationalen Verbindungen mit Individuen dieses Volksstamms erneuert werden können, bevor nicht mehrere Generationen geboren und dahin gegangen sind.

Der Bannstrahl, der den deutschen Stamm zweifellos trifft, wird sich auch auf manche Personen erstrecken, deren bisher offenbarte Eigenschaften es als unwahrscheinlich erscheinen lassen, dass sie die Handlungen ihrer Führer entschuldigen. Aber leider, fürchte ich, wird es unmöglich sein, eine Grenze zwischen Schuldigen und Unschuldigen zu ziehen. Internationale Zusammenkünfte wird man sicher auch im Zukunft abhalten, aber nur unter der Voraussetzung; deutsche und österreichische Vertreter müssen ausgeschlossen bleiben. Wissenschaftliche Verdienste sollten zwar immer von Wissenschaftlern ohne Ansehen der Nation anerkannt werden, aber wenn wirklich ein Versuch gemacht werden sollte, die früheren freundschaftlichen Beziehungen mit Deutschen und Österreichern wieder in der Weise anzubahnen, dass man sie zu wissenschaftlichen Congressen zulässt, so ist es absolut sicher, dass kein anderer dorthin gehen und mit ihnen zusammensitzen wird.”

Ich habe dem nichts weiter hinzuzufügen als dass wir Deutschen, wenn internationale Beziehungen wieder angeknüpft werden sollen, erst davon überzeugt werden müssen, dass die Angehörigen anderer Völker den gleichen guten Willen mitbringen.

Wenn ich daher einen Rat erteilen darf so ist es der, dass die Versuche solcher Zusammenkünfte nicht zu schnell nach Beendigung des Krieges beginnen mögen. Erst müssen die Wunden wenigstens etwas geheilt sein. Aber die Hoffnung möchte ich doch auch aussprechen dass ich Sie noch einmal, wenn auch erst nach einer Reihe von Jahren, als Präsident eines Solvay Congresses begrüßen kann und ich schliesse mit dem Wunsche dass Sie die schwere Zeit mit den Ihrigen gut überstehen.

Treulich Ihr

W. Wien

^[1]See *Bédier 1915*.

^[2]All following quotations are from *Bédier 1915*.

^[3]Bédier had read “Bauten” (buildings) where Wien reads “Bärten” (beards); in *Kuttner 1915*, a rebuttal of *Bédier 1915* (see also Letter 296), the alternative reading “Backen” (cheeks) is presented.

^[4]William of Orange (1533–1584) was the leader of the insurrection against Spanish rule in the Netherlands in the 16th century.

^[5]After having declared its neutrality at the beginning of the war (in spite of its obligations as a member of Triple Alliance between Italy, Germany, and Austria-Hungary), the Italian government had started making territorial claims as a compensation for staying out of the war. Italy would enter the war on the side of the Allies on 23 May 1915, after a secret treaty with the Allied powers had been signed on 26 April 1916, in which Italy was promised major territorial expansions, once the war would be won.

^[6]The consuls watch out that the state does not suffer any harm.

^[7]See *Fuehr 1915* for more on the alleged neutrality-violating pre-war contacts between Belgium and France and England.

^[8]Edward Grey (see Letter 283, note 5).

^[9]William Ramsay.

291. From Woldemar Voigt, 17 May 1915

Handwritten postcard.

Göttingen 17.5.15.

Verehrter Freund!

Zu dem Nachtrag, den ich mir erlaubte Ihnen zu senden,^[1] bemerke ich, dass ein System aus 6 negativen Elektronen, die im Kreise um 2×3 positiven Elektronen so rotieren, dass für jedes^[2] $\mu a^i \omega = h / (2\pi)$ ist, auf jedes negative Elektron ein Feld von ziemlich genau 10^7 Gauss giebt. (Dabei ist Gleichgewicht wie bei Debye angenommen.) Mir scheint das recht bemerkenswert.

Treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]The “Nachtrag”, a copy of which is in the Lorentz Archive, was meant as an addendum to *Voigt 1915a*, but was never published. (In a letter to Pieter Zeeman of 21 May 1915, Zeeman Archive, Haarlem, Voigt retracted the “Nachtrag”, calling it “unwesentlich und unfertig”. He wrote to Zeeman, because he assumed that Lorentz would have forwarded the manuscript to Zeeman, who at the time was secretary of the Section of Sciences of the Royal Dutch Academy of Sciences.) The “Nachtrag” contains an attempt to use Bohr’s atomic model (*Bohr 1913*) and Debye’s theory of the hydrogen molecule (*Debye 1915*) to explain the extremely high values of the intra-atomic magnetic fields that were calculated in *Voigt 1915a* from observations of the Kerr effect. See *Voigt 1915b*, p. 205, for a summary of Voigt’s reasoning in the “Nachtrag”.

^[2]Here $\mu a^i \omega$ is the orbital angular momentum of the electron.

292. From Albert Einstein, 21 July 1915

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Sellin (Rügen) 21.VII 15.

Lieber und hoch verehrter Herr Kollege!

Neulich sprach ich mit Planck und wir gedachten beide wehmütig der herben Trennung, die zwischen uns und den hoch geschätzten Fachgenossen des Auslands infolge des unglücklichen Krieges eingetreten ist.^[1] Was auch hüben und drüben gefehlt worden sein mag in betrüblicher politischer Erregung, es ist niemals zur spät zur Umkehr. Sicher ist, dass wir Wissenschaftler am Kriege alle unschuldig sind, und dass die jetzigen traurigen Umstände uns erst recht zum Zusammenhalten veranlassen sollten; was bisher vorgefallen ist soll einfach als ungeschehen betrachtet werden.

Was thun? Wenn ich nicht in Berlin wohnte, würde ich selbst an unsere nächsten Kollegen in Frankreich und England schreiben, mit der Bitte, sie sollten sich

soweit aus der allgemeinen Misere retten, dass in unserem Kreise die alte Freundschaft wiederhergestellt werden kann. Ich würde sie alle bitten, an einem passenden Orte (Holland oder Schweiz) noch in diesen Ferien zusammenzukommen, ganz zwanglos und inoffiziell, in erster Linie zur Pflege der persönlichen Beziehungen.

Aber ich wohne in Berlin, habe wenig Beziehungen und auch wenig Geschick im Verkehr mit den Menschen. Deshalb wende ich mich vertrauensvoll an Sie, in der Hoffnung, dass Sie all das, was ich nur träumen kann, in die Wirklichkeit werden umsetzen können. Hätten Sie keine Freude daran, dieser schönen Aufgabe etwas Zeit zu widmen?^[2] Planck ermutigte mich sehr, alles zu thun, was in meinen Kräften stehe; er würde auch alles thun, um die guten Beziehungen wieder herzustellen. Dies ist umso wichtiger, als Anzeichen dafür vorhanden sind, dass die offiziellen Beziehungen zwischen den Gesellschaften wie Akademien in die Brüche gehen könnten; denn die Wogen nationalistischer Verblendung gehen sehr hoch. Aber ich konstatiere hier, dass gerade die Besten mit aller Macht dagegen ankämpfen, und so wird es auch in andern Ländern sicherlich sein. —

In den ersten Tagen August werde ich in Berlin sein und sofort den Umzug für Ihre Kinder besorgen.^[3] Es thut mir sehr leid, dass diese Sache nun einige Wochen verzögert wird. Wenn ich ein günstiges Angebot erhalte, werde ich die Sache sofort besorgen, ohne erst wegen des Preises um Ihrer Kinder Zustimmung zu fragen.

Beste Grüsse an Sie, Ihre Frau und Kinder sowie an Ehrenfest von Ihrem
A. Einstein

bis 1. August Sellin (Rügen).

^[1]For more details on Einstein's involvement in the problems connected with the First World War, see *Nathan and Norden 1960, 1975*.

^[2]See also Letter 294.

^[3]In the spring of 1915 the De Haas family had returned to the Netherlands (see Letter 289) but many of their belongings were still in Berlin.

293. From Johannes Stark, 28 July 1915

Handwritten letter.

Aachen, 28. Juli 15.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Ich habe kürzlich neue experimentelle Resultate gewonnen.^[1] Vielleicht finden sie Ihr Interesse.

Wie bekannt ist, besitzt Lithium eine Hauptserie und drei Nebenserien. Die Hauptserie und die erste und zweite Nebenserie wurden von mir bereits vor einem Jahr vorläufig im elektrischen Feld untersucht.^[2] An der dritten Nebenserie habe ich folgende von mir seit längerer Zeit gesuchte neue Erscheinung aufgefunden.

Die Linien dieser Serie werden durch das elektrische Feld nicht zerlegt, sondern nur nach längeren Wellen um so weiter verschoben, je höher ihre Nummer ist; ihre einzige p-Komponente (parallel zum Feld schwingend) hat also dieselbe Wellenlänge wie die einzige s-Komponente; die Verschiebung nach längeren Wellen ist wenigstens angenähert proportional der ersten Potenz der Feldstärke. Neu ist nun folgendes. Die p-Komponente dieser Linien ist im elektrischen Feld beträchtlich intensiver als die s-Komponente, z.B. bei $10000 \text{ Volt} \times \text{cm}^{-1}$ mehr als drei Mal so intensiv; die Linien werden also ohne Zerlegung zum Teil geradlinig polarisiert; der Betrag der Polarisation nimmt zu mit wachsender Feldstärke. Die erste Linie der Hauptserie und der erste Nebenserie und die Linien der zweiten Nebenserie werden durch das elektrische Feld nicht merklich polarisiert.

Die Polarisation der Linien der zweiten Nebenserie durch das elektrische Feld scheint mir folgende Schlüsse zuzulassen. Erstens werden die Li-Atome (oder Li-Atomjonen) durch das elektrische Feld gezwungen, mit einer elektrischen Hauptaxe um die Axe des äusseren Feldes als elektrische Dipole zu schwingen. Zweitens kommen in ihnen Elektronen vor, die überwiegend oder nur für Schwingungen parallel der elektrischen Hauptaxe der Atome Licht emittieren. Es wäre mir wertvoll hierüber Ihre Meinung zu erfahren.

Die Linien der dritten Nebenserie des Lithiums zeigen weiter folgende neue Erscheinung. In schwachen elektrischen Feldern, so im Lichtbogen, sind sie im Verhältnis zu den Linien der zweiten Nebenserie sehr wenig intensiv; dies ist selbst noch für $10000 \text{ Volt} \times \text{cm}^{-1}$ der Fall. Indes nimmt ihre Intensität sehr rasch mit wachsender Feldstärke zu und bei $70000 \text{ Volt} \times \text{cm}^{-1}$ sind sie bereits erheblich intensiver als die Linien der zweiten Nebenserie. Das Verhältnis der Intensitäten der Hauptserie, ersten und zweiten Nebenserie zu einander ist, wenn überhaupt, nur wenig veränderlich mit der Feldstärke.

Die Deutung dieses Einflusses der Feldstärke auf die Intensität macht mir Schwierigkeit. Gewiss muss die Intensität der Strahlung der parallel der elektrischen Hauptaxe schwingenden Elektronen durch die Parallelstellung ihrer Träger in der Äquatorialebene zur Axe des elektrischen Feldes zunehmen, aber doch wohl höchstens im Verhältnis 1 : 3 — oder irre ich mich? — ; in Wirklichkeit jedoch werden die Linien der dritten Nebenserie mehr denn 100 Mal stärker als bei kleiner Feldstärke, immer verglichen mit denjenigen der zweiten Nebenserie.

Ich hoffe, dass es Ihnen und Ihrer verehrten Frau Gemahlin recht gut geht.

Mit herzlichem Gruss von Haus zu Haus

Ihr

J. Stark.

^[1]The results were published as *Stark 1915a*.

^[2]See *Stark and Kirschbaum 1914b*.

294. From Albert Einstein, 2 August 1915

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Sellin. 2.VIII.15

Hoch geehrter und lieber Herr Kollege!

Ihre Absage kam nicht unerwartet, denn ich hatte schon Anzeichen über die Stimmung der Fachgenossen im Ausland.^[1] In Berlin ist es sonderbar. Die Naturwissenschaftler und Mathematiker sind als Wissenschaftler streng international gesinnt und wachen sorglich, dass ja kein unfreundlicher Schritt gegen Kollegen, die im feindlichen Ausland leben, erfolge. Die Historiker und Philologen aber sind grösstenteils chauvinistische Hitzköpfe. Der berühmte und berüchtigte „Aufruf an die Kulturwelt“ wird von allen ruhig denkenden Menschen hier bedauert.^[2] Die Unterschriften wurden fahrlässig, z.T. ohne vorheriges Lesen des Textes, gegeben. So war es z.B. bei Planck und Fischer,^[3] die sich in sehr mannhafter Weise für die Erhaltung der internationalen Bande eingesetzt haben.*

Ich muss gestehen, dass das eng nationale Fühlen auch hochstehender Menschen für mich eine arge Enttäuschung ist. Ferner muss ich sagen, dass meine Hochachtung für die politisch vorgeschritteneren Staaten sehr abgenommen hat durch die Wahrnehmung, dass sie alle in den Händen von Oligarchien sind, die die Presse und Macht besitzen und thun können, was sie wollen. Ein boshafter Mensch hat ein schönes Sprichwort so umgeändert

„Vox populi, Vox Rindvieh“.

Nimmt man dazu, dass die Sehenden und Mächtigen ohne Herz für die Vielen sind; so hat man das traurige Bild von dem, was man als „Vaterland“ verehrt, wenn man dazu gehört. Das ändert sich nicht mit den Grenzpfählen, sondern ist überall ziemlich gleich. Und hinter diesem fadenscheinigen Ideal sollen nun die Beziehungen zwischen Menschen verblassen, die sich im persönlichen und fachlichen Verkehr hochachten gelernt haben? Es ist zu unglaublich und will mir nicht in das Hirn. Es scheint, dass die Menschen stets ein Hirngespinnst brauchen, demzuliebe sie einander hassen können; früher wars der Glaube, jetzt ist es der Staat.

Nun zu Ihrem zweiten Briefe. Man erschrickt, dass man sich durch die Vergesellschaftung dazu hinreissen lässt, Dinge zu sagen, die man nur fadenscheinig zu begründen weiss. Die zweite Bemerkung kann mit Ihrem Zusatz wohl gedruckt werden; nur wäre die Korektur am Platz:^[5]

Wenn wir eine Nullpunktsenergie beim Planck'schen Resonator (statt „im Planck'schen Sinne“) einführen ...

Die erste Bemerkung ist unglücklich redigiert. Wenn Sie es für erlaubt ansehen, könnte vielleicht folgende dem Sinne nach übereinstimmende Fassung gewählt werden:

*Über Ihre Anregung werde ich mit Planck sprechen. Aber ich glaube, dass man die Leute nicht zum Revozieren veranlassen kann.^[4]

Der Annahme einer in elastischen Schwingungen bestehenden Nullpunktsenergie stehen ernste Bedenken entgegen. Wenn nämlich die (thermische) elastische Schwingungsenergie bei sinkender Temperatur nicht zu null sondern nur *zu einem endlichen positiven Werte herabsinkt*, so hat man bei allen temperaturabhängigen Eigenschaften fester Körper ein analoges Verhalten zu erwarten, d.h. eine *Annäherung an konstante endliche Werte* bei tiefer Temperatur. Damit ist aber die wichtige Entdeckung Kamerlingh Onnes' im Widerspruch, nach welcher die reinen Metalle bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt zu „Suprakonduktoren“ werden.

Es ist sehr schön von Ihnen, dass Sie sich die grosse Arbeit machen mit den Kongressverhandlungen. Wenn ich Ihnen etwas davon abnehmen kann, will ich es gerne thun (z.B. die Diskussionsbeiträge der deutsch sprechenden korrigieren).

Mit herzlichem Gruss Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 292 for Einstein's request.

^[2]Einstein refers to the "Aufruf an die Kulturwelt" (see Letter 284, note 2).

^[3]Emil Fischer (1852–1919), Professor of Chemistry at the University of Berlin.

^[4]See also Letter 308.

^[5]Einstein's comments refer to his discussion remarks in connection with Von Laue's paper at the second Solvay Conference (*Laue 1921*; Einstein's remarks are on pp. 105 and 108; they conform to the version of this letter).

295. From Johannes Stark, 4 August 1915

Handwritten letter. Letterhead of the Physikalisches Institut der Königlichen Technischen Hochschule, Aachen.

Aachen, den 4. Aug. 1915.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Meinen Brief von der letzten Woche werden Sie erhalten haben. Ich möchte folgendes nachtragen.^[1]

Ich glaube den Grund für die Abhängigkeit der Intensität der polarisierbaren Serienlinien von der Feldstärke erkannt zu haben. Wenn wirklich gewisse Elektronen nur für Schwingungen parallel der elektrischen Hauptachse des Atomes Licht emittieren können, dann giebt es zwei Gründe, warum in einem Aggregat ungeordnet rotierender Atome die Serienlinien jener Elektronen so gut wie unsichtbar bleiben. Erstens nämlich muss allein infolge der ungeordneten Lage der Rotationsachsen und infolge der grossen Zahl der Winkelgeschwindigkeiten eine Serienlinie ausserordentlich verbreitert werden; so scheint mir. Infolge dieser Verteilung der Strahlung der betrachteten Elektronen auf eine grosse Zahl von Frequenzen bleiben ihre Serienlinien selbst in ihrem intensivsten Teile ausserordentlich lichtschwach im Vergleich mit den Linien der isotrop strahlenden Elek-

tronen. Diese Wirkung ist wohl unter allen Umständen zu erwarten. Zweitens erscheint mit folgende Wirkung möglich zu sein. Fällt die Rotationsachse eines Atoms nicht mit der Schwingungsachse eines einachsig strahlenden Elektrons zusammen, dann mag ein Teil von dessen Energie von dem Elektron infolge von Kräften senkrecht zur Schwingungsachse weg an andere Elektronen infolge einer Koppelung übergehen und in deren Frequenzen ausgestrahlt werden. Hat dieser Vorgang statt, dann wird in einem Aggregat ungeordnet rotierender Atome der grösste Teil der Schwingungsenergie einachsig strahlender Elektronen infolge der vorstehenden Dämpfung auf eine grosse Zahl anderer, von der Eigenfrequenz der Elektronen abweichender Frequenzen verteilt.

Werden die Atome, welche einachsig strahlende Elektronen tragen, durch ein elektrisches Feld genötigt, sich angenähert parallel dessen Achse zu stellen, so dass die Schwingungsachsen jener Elektronen angenähert parallel der Feldachse bleiben, so wird die Schwingungsenergie der einachsig strahlenden Elektronen mehr und mehr, je grösser die Feldstärke ist, auf die Eigenfrequenzen der Elektronen konzentriert, die Intensität ihrer Serienlinien (ungestört durch die Rotation der Atome) wird somit rasch mit wachsender Feldstärke zunehmen.

Gemäss der vorstehenden Überlegung ist die Erscheinung der elektrischen Polarisierung von Serienlinien notwendig mit der Erscheinung der Erhöhung ihrer Intensität mit wachsender Feldstärke verknüpft.^[2]

Was mir noch einen Zweifel an der Richtigkeit des obigen Deutungsversuches übrig lässt, ist die Beobachtung, dass die polarisierten Serienlinien, die im elektrischen Feld sichtbar werden, nicht merklich breiter und auch nicht unschärfer sind als die nicht polarisierbaren Serienlinien. Freilich ist die von mir angewandte Dispersion klein (1,5 Å auf 0,1 mm); auch mag die zweite der oben angegebenen Wirkungen überwiegen, sie würde ja keine so grosse Linienverbreiterung (allein durch Dämpfung) liefern wie die erste Wirkung.

Es wäre mir nun sehr wertvoll, Ihre Ansicht in dieser Angelegenheit zu hören. Besonders würde ich mich freuen, wenn Sie die neuen Erscheinungen zum Gegenstand einer theoretischen Studie machen und mir die eine oder andere Anregung in experimenteller Hinsicht geben würden. Ich lasse meine Versuchsanordnung noch einige Wochen für etwaige Nachtragsbeobachtungen stehen; ich werde sie indes im Herbst für andere Zwecke umbauen.

Mit freundlichem Gruss

Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 293.

^[2]The interpretations sketched here are further worked out in the last section of *Stark 1915a*.

296. From Max Planck, 8 August 1915

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 8. August 1915.

Hochverehrter Herr College!

Seitdem Sie mir die Broschüre von J. Bédier, *Les crimes allemands*, zugeschickt haben,^[1] ist es mir, als lastete die Verpflichtung auf mir, etwas entsprechendes darauf zu antworten; denn auch bei der mündlichen Aussprache, die ich Ihrem lebenswürdigen Besuch verdanke,^[2] vermochte ich nichts ins Feld zu führen, was einer Widerlegung jener schweren Anklagen gleichwertig gewesen wäre. Nicht als ob ich dieselben sammt und sonders für verleumderisch und erlogen hinstellen wollte oder könnte — gewiss sind viele Dinge passirt, die den Deutschen nicht zur Ehre gereichen — aber für maasslos übertrieben halte ich sie doch, und muss sie halten, schon aus Liebe zu meinem Vaterlande.

Nun ist mir eine Widerlegungsschrift gegen J. Bédier, von M. Kuttner,^[3] zu Gesichte gekommen, und ich halte mich für verpflichtet, sie Ihnen zu übermitteln, mit der Bitte, sie mit demselben objektiven Urteil zu behandeln als die Bédiersche.

Es versteht sich, dass ich nicht für alles einstehen kann, was der Verfasser ausführt, ja ich will gestehen, dass ich liebe gesehen hätte, wenn er, statt gleich von Anfang an einen ganz persönlichen Ton anzuschlagen, nur rein sachlich, und ohne jede Rücksichtnahme auf die Persönlichkeit des Anklägers, die vorgebrachten Anschuldigungen geprüft hätte. Aber dies ist doch mehr eine Formfrage. Der Hauptsache nach kann ich doch sagen, dass mir die Darlegungen von Kuttner einen glaubwürdigeren Eindruck machen als die von Bédier. Natürlich wage ich nicht zu hoffen, dass dies auch bei Ihnen der Fall sein wird, aber es würde mich schon aufs höchste erfreuen, wenn Sie dem Gedanken Raum gewähren wollten, dass von den schweren, die Ehre der Deutschen aufs tiefste verletzenden Anklagen ein grosser Teil haltlos ist.^[4]

Ich sende Ihnen die genannte Drucksache mit gleicher Post zu und verbinde damit abermals den Ausdruck meiner unwandelbaren Anhänglichkeit und Verehrung, sowie herzlichste Grüsse an Sie und die Ihrigen.

Ihr stets treu ergebener

M. Planck.

^[1]*Bédier 1915*. Planck had requested that Lorentz send it to him in Letter 285.

^[2]Planck and Lorentz had met when Lorentz was in Berlin to fetch his daughter Berta and her children (see Letter 289, note 4).

^[3]*Kuttner 1915*.

^[4]See also Wilhelm Wien's reaction to Bédier's publication in Letter 290.

297. To Johannes Stark, 25 August 1915

Handwritten letter (Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz).

Haarlem, 25 August 1915.

Inhalt: Betrachtungen über eine von Herrn Prof. Stark entdeckte physikalische Erscheinung.^[1]

Sehr geehrter Herr Kollege,

Haben Sie vielen Dank für Ihre freundlichen Mitteilungen über Ihre letzten Beobachtungen, die, ebenso wie die daran angeknüpften theoretischen Betrachtungen in hohem Maasse mein Interesse erregt haben.^[2] Wie mir scheint haben Ihre Auffassungen viel für sich, obgleich noch wohl Schwierigkeiten bestehen bleiben.

1. Können die Elektronen nur längs den Hauptachsen schwingen, und haben in einem el. Felde diese Achsen feste Richtungen, derart dass sie sich mehr oder weniger der Feldrichtung genähert haben; schwingen dabei ferner alle Elektronen mit der gleichen Frequenz, so wird man genau die von Ihnen beobachtete Erscheinung haben (Wenn nämlich die Frequenz in geeigneter Weise von der Feldstärke abhängt). Wären nun in diesem Zustande die Amplituden der Elektronenschwingungen ebenso gross wie ausserhalb des Feldes, so hätte letzteres keinen Einfluss auf die gesamte nach allen Richtungen hin ausgestrahlte Intensität. Nur die Verteilung der Energie über die verschiedenen Strahl- und Polarisationsrichtungen ist eine andere geworden.

Spezieller Fall: Atome vollkommen mit den Hauptachsen in der Feldrichtung orientiert. Beobachtung senkrecht zur Feldrichtung. Haben bei Abwesenheit des Feldes die Intensitäten^[3] I_p und I_s den gemeinsamen Wert i , so hat man nach Erregung des Feldes $I_s = 0$, $I_p = 3i$ (Dies stimmt mit einer Bemerkung in Ihrem 2. Brief überein).

2. Schwierigkeit: Nach Ihren Beobachtungen ist I_s ungefähr ein Drittel von I_p . Daraus folgt, dass die Hauptachsen vieler Atome noch beträchtlich von der Feldrichtung abweichen. Trotzdem muss der Einfluss des Feldes auf die Frequenz für alle Atome derselbe sein; für die zur Feldrichtung geneigten ebenso gross wie für die dem Felde parallel gestellten. Man kann nicht sagen, dies sei unmöglich, aber man hätte es wohl nicht erwartet. Wir wollen aber von dieser Schwierigkeit absehen.

3. Von den beiden Erklärungen, die Sie für das starke Anwachsen von I_p unter dem Einfluss des Feldes geben, scheint mir die zweite (Abgabe der Energie — bei Abwesenheit des Feldes — an Elektronenschwingungen anderer Frequenz) einer strengen Diskussion wenig zugänglich zu sein. Die erste Erklärung dagegen scheint mir dem Zweck wohl zu entsprechen.

Ist n die Frequenz der Elektronenschwingungen in Richtung der Hauptachsen und ν die Frequenz irgend einer periodischen Richtungsänderung der Atome, so treten in der Ausstrahlung die Frequenzen $n + \nu$ und $n - \nu$ auf (analog den Kom-

binationstönen). Sind nun allerhand verschiedene v vorhanden, so führt das zu einer Verbreiterung der Linie. Bei Abwesenheit des Feldes entspricht nun v der Geschwindigkeit, mit der die Atome sich frei herumdrehen; *in* dem Felde dagegen ist v die Frequenz der drehenden Schwingungen um die Feldrichtung. Um die Werte von v in den beiden Fällen zu vergleichen, möge folgendes Beispiel dienen.

Wir vergleichen (Fall 1) die Schwingungen einer Torsionswaage mit (Fall 2) der Rotation des Wagebalkens bei gänzlich fehlender Richtkraft, und zwar in der Voraussetzung, dass die mittlere kin. Energie im ersten Fall denselben Wert hat wie die kin. Energie im zweiten Fall. Es sei (Fall 1) ω_1 die maximale Winkelgeschwindigkeit und in Fall 2 ω_2 die Konstante Winkelgeschwindigkeit. Dann ist

$$\frac{1}{2}\omega_1^2 = \omega_2^2. \text{ Die Perioden sind } T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} \text{ und } T_1 = \frac{2\pi a}{\omega_1} \text{ (} a \text{ Winkelamplitude).}$$

Zwischen den Frequenzen besteht die Beziehung

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2 a} = \frac{\sqrt{2}}{a},$$

aus der hervorgeht, dass bei kleiner Amplitude a , die man erhält, wenn bei vorgeschriebenem ω_1 die Richtkraft gross wird, v_1 grösser als v_2 wird.

Anwendung auf die Bewegungen der Atome. Fall 1 entspricht den Schwingungen im Felde, Fall 2 den feldfreien Bewegungen. Ist das Feld so stark, dass die Atome fast vollständig orientiert werden, (a sehr klein); so ist, wenn wir (in Ermangelung eines Besseren) die mittlere kinetische Energie in beiden Fällen gleich gross setzen, v_1 erheblich grösser als v_2 . Also: Verbreiterung der Linie im Felde.

Andererseits ist klar, dass bei fast vollständiger Orientierung, sodass die Hauptachsen nur noch äusserst rasch über kleine Winkel um die Feldrichtung herumschwingen, in grosser Annäherung gesagt werden kann, die Elektronen schwingen mit der Frequenz n auf ruhenden Linien, was eine scharfe Spektrallinie, der Frequenz n entsprechend, zur Folge haben muss. (Das ist es eben, was Sie brauchen um die grosse Intensität I_p zu erklären.)

Die Lösung des scheinbaren Paradoxons ist wohl diese: Zwar treten im Felde immer wieder von n entfernte Frequenzen auf, aber zugleichzeit werden die denselben zukommenden Intensitäten immer kleiner. M.a.W. während sich die Linie verbreitert konzentriert sich ihre Intensität immer mehr in der Mitte.

4. Wenn die Schwäche der feldfreien Linie nur daher rührt, dass dieselbe Intensität, die in dem el. Felde in der Mitte konzentriert ist, sich über eine grössere Breite verteilt hat, so müsste sich der Unterschied der Lichtstärke in den beiden Fällen *nicht* zeigen, wenn man nur eine sehr geringe Dispersion anwendet. Mit einer solchen kann man nun nicht arbeiten, da die verschiedenen Linien von einander getrennt werden müssen. Man könnte aber in folgender Weise verfahren. Nachdem mit hinreichender Dispersion das Spektrum entworfen ist, werden die anderen Linien abgeblendet; sodann wird für die eine zur Beobachtung kommende Linie die Dispersion durch ein in entgegengesetzter Richtung wirkendes Prismensystem aufgehoben. Unter diesen Umständen müsste, wenn die von Ihnen gegebene Er-

klärung die richtige ist, die Linie bei Abwesenheit des Feldes und unter seinem Einfluss dieselbe Intensität zeigen.

Aber das Alles ist leichter gesagt als getan.

Zum Schluss eine auf der Hand liegende Bemerkung. Wenn wirklich das grosse I_p daher rührt, dass die Elektronen fast nur in der Feldrichtung schwingen, so muss sich die Erscheinung bei Beobachtung in schiefer Richtung merklich ändern. Fänden die Schwingungen *genau* in der Feldrichtung statt, so wäre bei longitudinaler Beobachtung die Intensität sogar Null.

Mit freundlichem Gruss von Haus zu Haus und in der Hoffnung, dass es Ihnen und den Ihrigen gut gehe,

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]This statement is added for the benefit of the German censor.

^[2]See Letters 293 and 295.

^[3]The subscripts p and s refer to polarization parallel and perpendicular to the electric field, respectively.

298. From Johannes Stark, 3 September 1915

Handwritten letter. Letterhead of the Physikalisches Institut der Königlichen Technischen Hochschule, Aachen.

Aachen, den 3. September 1915.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Haben Sie verbindlichen Dank für Ihren freundlichen Brief vom 25. Aug.^[1] Er ist mir wertvoll, da er mich erkennen lässt, dass ich mit meiner Deutung der neuen von mir aufgefundenen Erscheinung nicht ganz auf einem Irrweg befinde.

Die Schwierigkeit, die Sie in Ihrem Brief unter 2. erwähnen, möchte ich selbst dann nicht für sehr ernst halten, wenn die fraglichen nur wenig nach Rot verschobenen Linien bei einer grösseren Dispersion, als ich sie anwandte, scharf bleiben. Es ist ja mit der Möglichkeit zu rechnen, dass die Lichtschwingungen jener Linien senkrecht zur elektrischen Atomachse nicht die Intensität Null haben, sondern lediglich erheblich schwächer sind als die Schwingungen parallel zu dieser.

Was Ihre Darlegungen unter 3. betrifft, so sind sie mir noch nicht in allen Teilen verständlich. Soweit der Einfluss der Rotation mit konstanter Winkelgeschwindigkeit (ω) in Frage kommt, stimme ich mit Ihnen überein. Ist nämlich I_p die maximale Amplitude parallel der Hauptachse, so gilt für den Lichtvektor parallel dieser $I_p \sin 2\pi nt \cdot \cos 2\pi vt$ oder $\frac{1}{2}I_p \sin 2\pi(n + v)t + \frac{1}{2}I_p \sin 2\pi(n - v)t$, wo n die beeinflusste Schwingungszahl, $v = \frac{\omega}{2\pi}$ ist. Eine Rotation der Hauptachse des

Atoms oder der Schwingungsachse der Zentren unserer Linien nimmt also die ganze Intensität von n fort und legt sie auf $n + \nu$ und $n - \nu$.

Nun übertragen Sie diese Folgerung ohne weiteres auf den Fall der Schwingungen der elektrischen Atom-Momente \mathfrak{M} im elektrischen Felde (\mathfrak{E}). Dies verstehe ich nicht. Ich denke vielmehr so. Ist die maximale Abweichung der Atomachse von der Feldachse kleiner als $\frac{\pi}{2}$ und nähert sie sich schliesslich Null, so scheint mir folgende genäherte Betrachtung zulässig. Für den Lichtvektor parallel der Feldachse gilt $I_p \sin 2\pi n t \cdot \cos \alpha$, wo $\alpha = k \sin 2\pi \nu t$ die Abweichung von der Feldachse, $k = \sqrt{\frac{2e}{\mathfrak{M}\mathfrak{E}}}$ dessen Amplitude für die Drehenergie e , $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{e}{\mathfrak{M}\mathfrak{E}}}$ deren Schwingungszahl ist. Für kleine Werte von α kann man setzen $I_p \sin 2\pi n t \left[1 - \frac{k^2}{2} \sin^2 2\pi \nu t \right]$. Es führt somit die Schwingung der Atomachse neben der Schwingungszahl n noch eine Reihe anderer Schwingungszahlen von n bis $n \pm \nu$ ein, lässt aber auf n einen Teil der Intensität liegen. Dieser wird für sehr kleine α angenähert gleich $\frac{1}{2} I_p^2 \left[1 - \frac{e}{2\mathfrak{M}\mathfrak{E}} \right]$. Mit steigender Feldstärke nimmt

demnach in der That, wie Sie es angeben, die Verbreiterung der Linie zu; indes nimmt gleichzeitig der auf die ungeänderte Schwingungszahl (n) für $e = 0$ entfallende Teil der Intensität zu. Ist diese Überlegung richtig, so bestätigt sie meine Vermutung, dass die verstärkende Wirkung des Feldes darin besteht, dass es der durch die Rotation bedingten Verbreiterung einer Linie Intensität entzieht und sie mehr und mehr auf die Schwingungszahl für fehlende Rotation konzentriert. Und wie mir scheint, muss der Abfall der Intensität von n weg in die Verbreiterung hinein ausserordentlich gross sein. Photographisch bleibt die Verbreiterung, da sie gross ist, neben der Intensität auf n in einem starken Felde überhaupt unsichtbar.

Es wäre mir nun sehr wertvoll, Ihr Urteil über die vorstehenden Erwägungen zu erfahren. Sind sie irrtümlich? Stimmen sie mit Ihren eigenen Ausführungen unter 3. in Ihrem Brief überein? Vielleicht finden Sie die Zeit, mir einen kurzen Hinweis in dieser Hinsicht zukommen zu lassen. In der Mitteilung über meine neuen Versuche mache ich nur kurze Andeutungen über ihre theoretische Deutung.^[2] Diese möchte ich einer berufeneren Seite überlassen.^[3] Trotzdem bin ich natürlich sehr dafür interessiert und möchte recht bald erfahren, ob sie möglich ist und wie sie ausfällt. Den Probeabzug meiner Mitteilung werde ich Ihnen wohl bald zusenden können.

Die von Ihnen angeregten neuen Versuche habe ich mir eingehend überlegt. Ich muss Ihnen indes beistimmen, sie lassen sich kaum ausführen. Die Intensität der fraglichen Linien ist zu klein, als dass ich von meinen Apparaten einen Erfolg erwarten könnte.

Mit herzlichem Gruss
Ihr sehr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 297.

^[2]In the last section of *Stark 1915a*.

^[3]As it turned out, quantum theory was needed for a satisfactory explanation of the Stark effect (see *Schwarzschild 1916* and *Epstein 1916*).

299. From Wilhelm Wien, 22 September 1915

Handwritten letter.

Wiesbaden 22/9/15

Lieber Herr Kollege!

Ich schreibe Ihnen diesmal von Wiesbaden, wohin ich mich begeben habe um einen hartnäckigen Katarrh, der nicht weichen wollte, loszuwerden.

Es ist wieder eine längere Zeit seit unserm letzten Briefwechsel verstrichen.^[1] Leider dauert der furchtbare Krieg immer noch an und sein Ende ist immer noch nicht abzusehen, aber mir scheint doch dass die anfängliche furchtbare Leidenschaft ziemlich allgemein einer ruhigeren Beurteilung gewichen ist, wenn auch immer noch, besonders aus England und Frankreich, der Schall böser Schmähungen an unser Ohr dringt. Die Sache liegt ja aber so dass in den ganz demokratischen Ländern sogar die Minister der demagogischen Hilfsmittel nicht entbehren können und so bin ich auch der Ansicht dass z.B. Lloyd George selbst nicht glaubt was er sagt.

Auch wir beide, die wir ja unserer Gewohnheit nach schon immer bemüht waren uns von der blinden Leidenschaft bei der Beurteilung der Lage frei zu machen, sind jedenfalls auf diesem Wege noch weiter vorgeschritten.

In unsern letzten Briefen waren wir in zwei Punkten wesentlich verschiedener Meinung.

Sie meinten, dass etwas geschehen solle um zu verhindern dass der französische Hass gegen uns nicht wieder gut zu machende Dimensionen annehme. Ich bin auch jetzt noch der Meinung dass hier alles vergebens sein würde. Die neuerlichen Veröffentlichungen französischer Intellektuellen, dass Deutschland 100 Milliarden und ich weiss nicht was alles auferlegt werden solle, beweist wieder dass man in Frankreich der objektiven Beurteilung der allgemeinen Lage entweder unfähig oder abgeneigt ist. Ich persönlich habe für die französische Vorliebe für hochtrabende Redensarten gar kein Verständnis und kann mich daher allem französischen gegenüber nur abwartend verhalten.

Viel verwickelter liegt die zweite Frage nach der belgischen Neutralität. Ich habe Ihnen zuletzt geschrieben, dass man meiner Ansicht nach in politischen Fra-

gen mit Moral und Rechtsgrundsätzen nicht weit kommt.^[2] Man kann nicht von einer Partei die Beobachtung moralischer Prinzipien verlangen, wenn diese von den andern fortwährend mit Füßen getreten werden. Ich glaube dass seither vieles geschehen ist, was meinen Standpunkt rechtfertigt.

Italien ist von England und Frankreich zum Vertragsbruch angestiftet worden, für den auch der ärgste Sophismus keine Rechtfertigung finden wird,^[3] wenn man auch hierauf besonders gut das Wort Talleyrands anwenden kann: *c'est plus qu'une crime, c'est une bêtise*.^[4] Griechenland, die Schweiz, Skandinavien wurden und werden von England vergewaltigt und ihre Souveränität in Frage gestellt.^[5] Wenn irgend ein Volk ausschliesslich die Macht anerkannt hat so ist es das englische gewesen und Deutschland kann nicht zu seinem Nachtheil angehalten werden Verträge zu achten, von denen es mindestens zweifelhaft ist, ob sie nicht längst von anderer Seite verletzt wurden. Ich sende Ihnen mit gleicher Post eine Schrift eines Schweizers, dessen Beurtheilung der belgischen Frage mir sehr beachtenswerth zu sein scheint.

Inzwischen ist, wie mir scheint auch in Belgien, die Leidenschaft etwas ruhiger geworden. Die Belgier werden gesehen haben, dass wir keine Wilden sind und uns bemühen das Land gut zu verwalten. Auch ist ja die belgische Frage niemals einfach gewesen. Der Gegensatz zwischen Vlamen und Wallonen war immer gross und man wird zweifelhaft sein, ob die Schöpfung des belgischen Staats eine glückliche war.^[6] Was auch die Zukunft bringen mag, wir alle wünschen den Belgiern, besonders den Vlamen eine glückliche und freie Entwicklung ihrer eignen Kultur.^[7]

Mit besten Grüssen

Ihr

W. Wien

^[1]See Letters 284, 286, 287, 289, and 290, all from spring 1915.

^[2]See Letter 290.

^[3]See Letter 290, note 5, for more on Italy's position during the war.

^[4]This quotation is usually given in the form: "*C'est pire qu'un crime, c'est une faute*", and is attributed to the French statesman Boulay de la Meurthe (1761–1840).

^[5]Greece, although still neutral, was under much pressure from the British to join the side of the Allies (it would do so in 1917); Scandinavia and Switzerland remained neutral. They suffered serious economic consequences, though: Scandinavia because of the British economic blockade and Switzerland because it was completely surrounded by warring nations.

^[6]In 1830 its southern provinces rebelled against the Netherlands; in 1831 they became the independent state of Belgium.

^[7]Some Flemish groups in Belgium collaborated with the Germans, because they hoped that the Germans would support them in their emancipation from what they considered cultural and political Wallon suppression.

300. From Albert Einstein, 23 September 1915

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

23. September 1915

Lieber Herr Kollege!

Ihr Brief kam erst gestern Abend in meine Hände, da ich einige Wochen in der Schweiz war, um meine Kinder zu besuchen.^[1] Mit der von Ihnen vorgeschlagenen Streichung bin ich ganz einverstanden und erkenne die Richtigkeit Ihrer diesbezüglichen Darlegungen vollkommen an. Ich darf wohl auch das Einverständnis Grüneisens mit der Streichung voraussetzen und übernehme hiefür gerne die Verantwortung.^[2]

Es freut mich, dass Sie mit de Haas zusammen mit Erfolg den magnetischen Effekt untersucht haben.^[3] Jene Methode, die Spule auf den Eisenkern zu bringen, um die verschleiernden Wechselwirkungen zwischen Spule und Kern unschädlich zu machen, ist übrigens von de Haas allein erdacht worden, was er Ihnen in seiner bescheidenen Art nicht gesagt zu haben scheint. Ich habe nun auch noch eine einfache Methode erdacht, um jene Fehlerquelle unschädlich zu machen;^[4] aber solange ichs nicht versucht habe, will ich nicht zu vertrauensvoll sein. Es handelt sich um die Ummagnetisierung des Kerns durch einmaligen *kurzen* Stromstoss in der (festen) Spule. Ich will sehen, ob ichs fertig bringe. Wenn es geht, handelt es sich um ein ganz einfaches Experiment; ich schreibe Ihnen und de Haas dann darüber.

Es freut mich sehr, dass de Haas nun den Umzug glücklich hinter sich hat und in einer gesunden und erfreulichen Thätigkeit und Umgebung lebt.^[5] Herzliche Grüsse an die beiden und an ihre Kleinen. Ich danke einstweilen bestens für Frau de Haas' freundlichen Brief; ich schreibe ihnen dann, wenn ich etwas über die geplanten Versuche berichten kann. Heute erlebte ich die grosse Freude, dass viele hoch geschätzte hiesige Gelehrte sich in einer Eingabe an den Kanzler energisch gegen Annexionen ausgesprochen haben.^[6] Sie haben doch Recht mit Ihrem schönen Optimismus und Ihrem Glauben an eine Entwicklung. Hoffentlich gewinnen die Guten und Besonnenen die Oberhand.

Ihren Schluss betreffend die Dämpfung des Natrium-Lichtes in der Atmosphäre habe ich nicht begriffen.^[7] Ich sehe nicht, warum g_2 nicht beliebig grösser als g_1 sollte sein können, wegen der Gültigkeit von Raleigh's Formel; denn die g_2 entsprechende Lichtschwächung würde ja zur *Zerstreuung* nichts beitragen, sondern einer wirklichen Lichtabsorption (Verwandlung in Wärme) entsprechen. Sie sagen aber nichts darüber, inwiefern wir wissen, dass eine derartige wirkliche Absorption nicht stattfindet. — Wahrscheinlich habe ich Sie missverstanden.

Über Ihre Abhandlung^[8] habe ich mich sehr gefreut. Ich habe auch einen Beweis für die Gültigkeit des Impuls Energiesatzes des elektromagnet. Feldes mit Berücksichtigung der Gravitation gefunden sowie eine kovariantentheoretisch vereinfachte Darstellung der Vakuumgleichungen, indem sich der Begriff des „dualen“ Sechservektors als entbehrlich erweist.^[9] Ich bin gerade mit dem Stu-

dium Ihrer Arbeit beschäftigt. Ferner lese ich mit Bewunderung die geistreiche Broschüre No 3 Nico Van Suchtelens.^[10] Eine förmliche Revokation des berichtigten Manifestes werde ich wohl kaum herbeiführen können,^[11] trotzdem die Erkenntnis sich Bahn gebrochen hat, dass es sich hier um einen recht unglücklichen und schlecht erwogenen Schritt gehandelt hat. Ich halte es für noch wichtiger, dass die Gutgesinnten in *den* Dingen zusammengehen, die für die Zukunft von *realer* Bedeutung sind. Man erkennt den Reuigen nicht in erster Linie am Revozieren. —

Es grüsst Sie herzlich

Ihr

A. Einstein

Ich bitte Sie, den Gruss Ihrer Frau freundlich zu erwidern.

^[1]Einstein's two sons, Hans Albert (1904–1973) and Eduard (1910–1965), lived with their mother Mileva Marić (1875–1948) in Switzerland.

^[2]This passage probably refers to Einstein's discussion of Nernst's heat theorem following Eduard Grüneisen's paper at the second Solvay Conference (*Grüneisen 1921*; Einstein's discussion remarks are on pp. 293–298).

^[3]See *De Haas 1915*. The experiment was performed in the Physics Laboratory of Teyler's Foundation at Haarlem, of which Lorentz was *Curator*. See also Letter 288, note 2, for more on the Einstein-De Haas experiments.

^[4]See *Einstein 1916b*.

^[5]The De Haas family was living in Deventer (in the Eastern part of the Netherlands), where De Haas was teaching at a secondary school.

^[6]On July 27, 1915, 91 prominent Germans, including Einstein, issued a petition to the German chancellor, Theobald von Bethmann Hollweg, in which they declared themselves against territorial annexations. The letter is reprinted in *Lehmann-Russbüldt 1927*, pp. 64–66.

^[7]See *Lorentz 1914c*, in which absorption and dispersion (and the shape of spectral lines) is treated on the basis the assumption of the existence of damped harmonic oscillators within the radiating atoms; g_1 and g_2 are the coefficients of radiation damping and frictional damping due to atomic collisions, respectively. For sodium the theory predicted that friction would cause an absorption 172 times as strong as that caused by radiation. The problem was that radiation damping implies the experimentally well-confirmed Rayleigh scattering formula; therefore Lorentz concluded that the effect of collisions must be much smaller than his model predicted.

^[8]*Lorentz 1915a*.

^[9]See *Einstein 1914, 1915c*.

^[10]Nico van Suchtelen, *Europa eendrachtig: Een lezing over den Europeeschen Statenbond* (Amsterdam: Maatschappij voor Goede en Goedkoope Lectuur, 1915).

^[11]The "Aufwurf an die Kulturwelt" (see Letter 284, note 2).

301. From Albert Einstein, 12 October 1915

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

12.X.15.

Hoch verehrter, lieber Herr Kollege!

Nachträgliche Überlegungen zu dem letzten Briefe, den ich an Sie richtete, haben gezeigt, dass ich in diesem Briefe Unrichtiges behauptete. Thatsächlich liefert die invariantentheoretische Methode nicht mehr als das Hamilton'sche Prinzip wenn es sich um die Bestimmung der Ihrer Funktion Q ($=H\sqrt{-g}$) handelt.^[1] Dass ich dies letztes Jahr nicht merkte liegt daran, dass ich auf Seite 1069 meiner Abhandlung^[2] leichtsinnig die Voraussetzung einführte, H sei eine Invariante bezüglich *linearer* Transformationen. Unterlässt man diese Voraussetzung, so erhält man folgendes Resultat.

Wie auch Q gewählt werden möge, wenn man das Koordinatensystem so wählt, das J durch Koordinatenwahl bei gegebenem Gravitationsfelde zu einem Extremum wird,^[3] oder dass

$$C_{\mu} = B_{\mu} - \sum_{\lambda} \frac{\partial S_{\mu}^{\lambda}}{\partial x_{\lambda}} = 0$$

wobei
$$S_{\mu}^{\lambda} = \sum_{\sigma\nu} \left(g^{\nu\lambda} \frac{\partial Q}{\partial g^{\mu\nu}} + g_{\sigma}^{\nu\lambda} \frac{\partial Q}{\partial g_{\mu}^{\sigma\nu}} - \frac{1}{2} g_{\mu}^{\sigma\nu} \frac{\partial Q}{\partial g_{\lambda}^{\sigma\nu}} + \frac{1}{2} Q \delta_{\mu}^{\lambda} \right),$$

so ist
$$\frac{\partial Q}{\partial g^{\mu\nu}} - \sum_{\sigma} \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} \left(\frac{\partial Q}{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}} \right)$$

stets ein Tensor bezüglich solcher Koordinatensysteme. Das Postulat der Kovarianz bzw. Relativität kann also nicht zur Bestimmung der Funktion Q dienen.

Diese Bestimmung gründet man am besten auf folgendes physikalische Postulat.

Die Feldgleichungen lauten in gemischter Form

$$-\sum_{\sigma} \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} \left(g^{\nu\lambda} \frac{\partial Q}{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}} \right) = \kappa \mathfrak{S}_{\mu}^{\lambda} + \left(-\sum_{\nu} g^{\nu\lambda} \frac{\partial Q}{\partial g^{\mu\nu}} - \sum_{\nu\sigma} g_{\sigma}^{\nu\lambda} \frac{\partial Q}{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}} \right),$$

die Erhaltungsgleichungen^[4]

wobei
$$\left. \begin{aligned} \sum_{\lambda} \frac{\partial}{\partial x_{\lambda}} (\mathfrak{S}_{\mu}^{\lambda} + t_{\mu}^{\lambda}) &= 0, \\ t_{\mu}^{\lambda} &= \frac{1}{2\kappa} \sum_{\sigma\nu} \left(-g_{\mu}^{\nu\sigma} \frac{\partial Q}{\partial g_{\lambda}^{\nu\sigma}} + Q \delta_{\mu}^{\lambda} \right) \end{aligned} \right\}$$

Die Divergenz des Gravitationsfeldes muss vermöge der Feldgleichungen durch die Summe der gravitierenden Massen (Energien) *der Materie und des Gravitationsfeldes zusammen* bestimmt sein. Dies trifft bei unserer Feldgleichung nur dann zu, wenn das zweite Glied der rechten Seite dem mit κ multiplizierten Energietensor t_{μ}^{λ} des Gravitationsfeldes gleichgesetzt wird.

Man kommt so auf die Bedingung^[5]

$$S_{\mu}^{\lambda} \equiv 0.$$

Dies ist gleichzeitig die Bedingung dafür, dass QdV eine Invariante bezüglich *linearer* Substitutionen ist. Letzterer Umstand wäre an sich gleichgültig. Aber er erleichtert das Aufsuchen von Q . Es ergibt sich nämlich aus dieser Invarianz unmittelbar, dass $\frac{Q}{\sqrt{-g}}$ eine lineare homog. Funktion der fünf auf Seite 1075 unten in

meiner Abhandlung angegebenen Ausdrücke sein muss. Dass $\frac{Q}{\sqrt{-g}}$ von mir gleich dem vierten der dort angegebenen Ausdrücke gesetzt wurde, lässt sich dadurch rechtfertigen, dass die Theorie nur bei dieser Wahl die Newton'sche als Näherung enthält. Dass ich glaubte, diese Auswahl auf die Gleichung S_{μ}^{λ} stützen zu können, beruhte auf Irrtum.^[6]

Es grüsst Sie herzlich
Ihr

A. Einstein.

^[1] Q is Lorentz's Lagrangian for the gravitational field (see *Lorentz 1915a*).

^[2]*Einstein 1914*.

^[3] J denotes $\int H \sqrt{-g} dV$ with H an undetermined action.

^[4]In the equations below, $\mathfrak{S}_{\mu}^{\lambda}$ is the energy-momentum tensor of matter and t_{μ}^{λ} the energy-momentum 'complex' of the gravitational field.

^[5]The condition below replaces the condition $B_{\mu} = 0$ on p. 1070 of *Einstein 1914*; B_{μ} is a complicated function of the metric tensor.

^[6]See also *Norton 1984* for a historical discussion of Einstein's new approach as sketched here.

302. From Max Planck, 7 November 1915

Handwritten letter. On the first page Lorentz has noted "ontv. 12 Nov." ("received 12 November").

Berlin-Grunewald, 7. Novbr. 1915.

Lieber Herr College!

Die herzliche Freude, welche ich empfand, als mir wieder einmal ein Schreiben von Ihrer Hand überbracht wurde, erlitt leider eine jähe Unterbrechung durch die schmerzliche Nachricht, die es enthielt, — schmerzlich nicht allein wegen des traurigen Schicksals, das den bedauernswerten Herrn Dr. Hostelet getroffen,^[1] sondern auch wegen des schweren Conflicts, in den ich bei dem Gedanken an ihn geriet, zwischen den Gefühlen des Mitleids und der Sympathie, die ich stets beim dankbaren zurückdenken an die Brüsseler Tage von 1911^[2] empfinde, auf der ei-

nen Seite, und dem gegenüber den Forderungen meines Gerechtigkeitsgefühl, welches mir sagt, dass die Entweichung der belgischen Soldaten im Grunde gleichbedeutend ist mit neuen Opfern von Menschenleben, die zu meinem und meines Volkes Schutz eingesetzt sind.

Verzeihen Sie mir, aber ich *muss* Ihnen das sagen, da es ein Mangel an Aufrichtigkeit wäre, wenn ich es nicht täte. Und ich vertraue auch, dass Sie es mir nicht verargen; haben Sie doch selber in Ihrem Briefe die Gerechtigkeit der Strafe nicht in Zweifel gestellt.

Ich verspreche Ihnen also ebenso aufrichtig, dass ich bei der Beurteilung und Behandlung des vorliegenden traurigen Falles Ihnen zu Liebe bis zur äusseren Grenze dessen gehen werde, was mir mein Gewissen gegen mein deutsches Vaterland erlaubt. Ich werde mit Herrn Kollegen Warburg gemeinsam (der im Grunde ziemlich wie ich denken dürfte) die Angelegenheit überlegen und hoffe, dass wir wenigstens den Versuch machen können, nicht das Urteil, wohl aber die Form der Behandlung des so beklagenswerten Gefangenen innerhalb der zulässigen Grenzen zu mildern. Vielleicht kann ich Ihnen darüber ein andermal mehr berichten.^[3]

In der Hoffnung, dass es Ihnen und den werten Ihrigen gut gehe, bin ich in unverminderter Treue in Anhänglichkeit

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]Georges Hostelet (1875–1960), a collaborator of Ernest Solvay, was a prisoner of the Germans.

^[2]The first Solvay Conference.

^[3]Planck and Emil Warburg succeeded in obtaining permission for Hostelet to do scientific work while in prison (see Max Planck to Lorentz, 28 November and 31 December 1915).

303. From Johannes Stark, 16 November 1915

Handwritten postcard.

Aachen, 16.XI.15.

Sehr geehrter Herr Professor Lorentz!

Auf ihre gütige Auskunft über das Ihnen unterbreitete Problem der dritten Li-Nebenserie habe ich in einem Briefe an Sie^[1] neue Fragen aufgeworfen. Falls Sie diesen erhalten, ihn aber nicht beantwortet haben, finde ich dies ganz recht. Ich bin Ihnen sicher mit meinen Fragen lästig gefallen. Ich bitte, dies entschuldigen zu wollen: „der Gegenstand riss so mich hin.“ Vielleicht aber darf ich Sie um Übersendung eines Sonderdruckes Ihrer Arbeit „The width of spectral lines“ bitten,^[2] deren Erscheinen ich soeben aus einem Literaturverzeichnis entnehme. Ich stehe nämlich vor dem Abschluss eines eingehenden Berichtes über die Verbreiterung von Spektrallinien^[3] und würde Ihre neue Arbeit darin berücksichtigen, wenn sie

mir zugänglich würde. Die hiesige Bibliothek der Hochschule führt die Proc. Amsterdam leider nicht.

Mit bestem Gruss
Ihr ergebener

J. Stark.

^[1]Letter 298.

^[2]*Lorentz 1915e*.

^[3]See *Stark 1915b*.

304. From Albert Einstein, 1 January 1916

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

1.I.16

Hoch verehrter Herr Kollege!

Eure lockenden Einladungen machen es mir schwierig, hier hocken zu bleiben.^[1] Ich kann mich hineinfühlen in einem Aufenthalt in Eurer Mitte, male mir die sehr interessanten Gespräche aus, stelle mir vor, dass ich einige Tage sozusagen ohne Maulkorb herumlaufen dürfe, sehe mich in Ehrenfest's behaglichem Häuschen sitzen. Aber all dies muss ich mir jetzt versagen, weil ich aus mehreren Gründen nicht gut abkommen kann. Mit Eurer Erlaubnis aber verlängere ich den mir gestellten Termin bis zu einer Zeit, in der ich wirklich reisen kann; ich werde es sicherlich nicht länger als nötig hinausschieben.

Die allmählich aufdämmernde Erkenntnis von der Unrichtigkeit der alten Gravitations-Feldgleichungen hat mir letzten Herbst böse Zeiten bereitet. Ich hatte schon früher gefunden, dass die Perihelbewegung des Merkur sich zu klein ergab.^[2] Dazu fand ich, dass die Gleichungen nicht kovariant waren für Substitutionen, die einer gleichförmigen Rotation des (neuen) Bezugssystems entsprachen.^[3] Endlich fand ich, dass meine letztes Jahr angestellte Betrachtung zur Bestimmung der Lagrange'schen Funktion H des Gravitationsfeldes durchaus illusorisch war, indem sie leicht so modifiziert werden konnte, dass man H überhaupt keiner einschränkenden Bedingung zu unterwerfen brauchte, sodass es ganz frei gewählt werden konnte.^[4] So kam ich zu der Überzeugung, dass die Einführung angepasster Systeme ein Irrweg war, und dass eine weitergehende Kovarianz, womöglich *allgemeine* Kovarianz gefordert werden müsse. Nun ist die allgemeine Kovarianz erzielt,^[5] woran die nachträgliche Spezialisierung des Bezugssystems nichts ändert.^[6] Die jetzigen Gleichungen hatte ich im Wesentlichen schon vor 3 Jahren zusammen mit Grossmann, der mich Riemann's Tensor aufmerksam machte, in Betracht gezogen. Da ich aber die formale Bedeutung der $\{ \}$ nicht erkannt hatte,^[7] konnte ich keine Übersichtlichkeit erzielen und die Erhaltungssätze nicht beweisen. Ebensowenig konnte ich erkennen, dass die Newton'sche Theorie als erste

Näherung darin enthalten war; ich glaubte sogar, das Gegenteil eingesehen zu haben. So geriet ich in den Urwald! Umsomehr freue ich mich jetzt der mühsam gewonnenen Klarheit und der Übereinstimmung bei der Perihelbewegung des Merkur.^[8] Mit Ehrenfest stehe ich in einer Diskussion im Wesentlichen darüber, ob die Theorie die Forderung der allgemeinen Kovarianz wirklich erfülle. Er deutete mir auch an, dass Sie Schwierigkeiten bezw. Einwendungen gefunden hätten; Sie würden mir grosse Freude machen, wenn Sie mir dieselben kurz mitteilten.^[9] Mein Steckenpferd habe ich so gründlich eingeritten, dass ich gewiss auch nach kurzer Andeutung merke, wo das Wesen der Schwierigkeit liegt.

Ich wünsche Ihnen und den Ihren ein glückliches Jahr und Europa einen ehrlichen und endgültigen Frieden. Mit herzlichen Grüssen

Ihr

A. Einstein.

^[1]Lorentz and Ehrenfest had invited Einstein to spend Christmas in Leiden with Ehrenfest. See also Paul Ehrenfest to Lorentz, 23 December 1915.

^[2]The calculated value was 18" per century, instead of the observed value of 45" per century (see *Droste 1915a*; see also Einstein to Arnold Sommerfeld, 28 November 1915, *CPAE*, Vol. 8, Doc 153).

^[3]See Einstein's letter to Sommerfeld, cited in note 2.

^[4]Cf. Letter 301.

^[5]See *Einstein 1915c, 1915e*.

^[6]For convenience's sake Einstein had imposed the coordinate condition $\sqrt{-g} = 1$.

^[7]{ } are the Christoffel symbols, i.e., the components of the gravitational field.

^[8]See *Einstein 1915d*.

^[9]See also the correspondence between Lorentz and Ehrenfest from the period December 1915–January 1916, as analyzed in *Kox 1988*.

305. From Albert Einstein, 17 January 1916

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

17.I.16.

Lieber und hoch verehrter Herr Kollege!

Ich bin im Besitze Ihrer drei Briefe^[1] und sehr glücklich über Ihre Zustimmung, zumal ich sehe, dass Sie das Prinzipielle an der Theorie ohne Rest durchdacht haben und sich mit dem Gedanken befreundet haben, dass alle unsere Erfahrungen in der Physik sich auf Koinzidenzen beziehen.^[2] Dieser Standpunkt verlangt dann eben die Aufstellung allgemein kovarianter Gleichungen. Schon vor drei Jahren war ich zusammen mit Grossmann auf diesem Standpunkte gestanden, aber dann auf die irrige Meinung gekommen, dass dies mit der Forderung der eindeutigen kausalen Bedingtheit im Widerspruch sei.^[3] Ich war auf diese Meinung verfallen, die dem von Ihnen im ersten Ihrer Briefe eingenommenen Standpunkte entspricht,

nachdem alle meine damaligen Bemühungen gescheitert waren, mit kovarianten Gravitationsgleichungen einen Anschluss an Newtons Theorie zu erzielen. Die Serie meiner Gravitationsarbeiten ist eine Kette von Irrwegen, die aber doch allmählich dem Ziele näher führten. Daher sind nun endlich die Grundformeln gut, aber die Ableitungen abscheulich; dieser Mangel muss noch beseitigt werden.

Sie haben in Ihren beiden Briefen den Sinn der Forderung der allgemeinen Kovarianz in vorbildlich klarer Weise dargelegt. Es wäre sicherlich der Sache ungewein förderlich, wenn Sie Ihre Überlegungen auch anderen Physikern zugänglich machten, indem Sie eine Abhandlung über die Grundlagen der Theorie schrieben, wie Sie in Ihrem dritten Briefe freundlich in Aussicht gestellt haben. Ich könnte dies ja selbst thun, insofern mir alles klar ist. Aber leider hat mir die Natur die Gabe der schriftlichen Mitteilungsfähigkeit verweigert, sodass das, was ich schreibe, zwar richtig aber reichlich unverdaulich ist.

Ihrem zweiten Briefe nach zu urteilen ist Ihnen entgangen, dass ich die allgemein kovariante Form der Feldgleichungen bereits angegeben habe. Diese ist in den Gleichungen (2a) und (1) der Arbeit „Die Feldgleichungen der Gravitation“ gegeben.^[4]

Ich bin der Überzeugung, dass die Darstellung der Theorie sehr an Übersichtlichkeit gewinnen würde, wenn man von der Hamilton'schen Formulierung ausginge, wie Sie es in Ihrer schönen Arbeit gethan haben, die Sie in der Amsterd. Akad. publiziert haben.^[5] Der Weg hierzu scheint der zu sein. Es ist der V-Skalar^[6]

$$G = \sqrt{-g} \sum_{iklm} (ik, lm) g^{kl} g^{im}$$

eine Funktion der Grössen $g^{\mu\nu}$, $\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$, $\frac{\partial^2 g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma \partial x_\tau}$. Das Integral

$$\int G d\tau$$

ist also invariant. Dasselbe kann durch partielle Integration (nur auf *eine* Weise) in die Form

$$\int L d\tau + \text{Oberflächenintegral}$$

gebracht werden, wobei L nur mehr von den $g^{\mu\nu}$ und $\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$ abhängt. Ich finde so

(nur *einmal* gerechnet!)

$$L = \sqrt{-g} \left[\sum g^{\sigma\tau} \Gamma_{\sigma\alpha}^\beta \Gamma_{\tau\beta}^\alpha + \sum \frac{\partial \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\sigma} \left(-\frac{\partial g^{\sigma\alpha}}{\partial x_\alpha} - g^{\sigma\beta} \frac{\partial \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\beta} \right) \right]$$

Wenn also die allgemein kovarianten Feldgleichungen in die Form des Hamilton'schen Prinzips gebracht werden können, woran ich kaum zweifle, so muss dies die zu benutzende Hamilton'sche Funktion sein. Das zweite Glied in der Klammer kann auch in der Form

$$-\sum g^{\alpha\beta} \Gamma_{\alpha\beta}^\sigma \Gamma_{\sigma\rho}^\rho$$

geschrieben werden. Die Berechnung von $\frac{\partial L}{\partial g^{\mu\nu}}$ und $\frac{\partial L}{\partial g_{\mu\nu}^{\mu\nu}}$ ist aber ziemlich beschwerlich, wenigstens bei meiner geringen Sicherheit im Rechnen.

Dass man den Gleichungen zunächst allgemein kovariante Form gibt, ist wichtig, weil man nur so in der Aufstellung der Gleichungen jede Willkür vermeidet. Beschränkt man sich nämlich von Anfang an auf den Fall^[7] $\sqrt{-g} = 1$, so kann man dem Skalar G einen Faktor $(\sqrt{-g})^n$ beifügen, ohne die so beschränkte Kovarianz zu stören. Analoges gilt bezüglich der die Materie betreffenden Gleichungen.

Es wäre ohne Zweifel ein Fortschritt, wenn man in natürlicher Weise nachträglich das Bezugssystem noch weiter spezialisieren könnte. Meine hierauf gerichteten Bemühungen waren aber bisher ohne Erfolg. Jedenfalls ist es naheliegend, die Sache stets so einzurichten, dass dx_1, dx_2, dx_3 überall raumartig, dx_4 überall zeitartig ist. Dies ist aber eine Spezialisierung lediglich durch Ungleichungen, nicht durch Gleichungen.

Ihre Bemerkung über die Extinktion ist ganz überzeugend. Wenn nur endlich einmal auf den Vorgang der Absorption ein Licht fiel! Aber der Beweis der Existenz der Nullpunktenergie zeigt uns, wie weit wir hier von wirklichem Verstehen entfernt sind.

Indem ich Ihnen nochmals für Ihr glühendes Interesse und noch mehr für die Absicht danke, Ihre Arbeit in den Dienst dieser Sache zu stellen verbleibe ich mit den herzlichsten Grüßen an Sie und die Ihrigen

Ihr freundschaftlich ergebener

A. Einstein.

Herzlichen Dank für die Zusendung Ihrer Vorträge über statistische Mechanik.^[8] Ich bewundere sehr Tetrodes prächtige Untersuchungen über die Entropiekonstante.^[9] Neulich trug ich darüber vor.

^[1]All three letters are missing; their contents may, however, be partially reconstructed from the Lorentz–Ehrenfest correspondence (see Lorentz to Paul Ehrenfest, 9 January 1916 and 10/11 January 1916, Ehrenfest Archive, Museum Boerhaave, Leiden); see also *Kox 1988* for a discussion).

^[2]This point was emphasized by Einstein in a letter to Paul Ehrenfest of 5 January 1916 (*CPAE*, Vol. 8, Doc. 180); Ehrenfest sent the letter on to Lorentz (see Paul Ehrenfest to Lorentz, 9 January 1916). Cf. *Einstein 1916a* and *Lorentz 1916b*.

^[3]Here Einstein refers to the ‘hole-argument’ (see Letter 278, note 1).

^[4]*Einstein 1915e*.

^[5]*Lorentz 1915a*.

^[6]A scalar density; (ik,lm) in the following equation denotes the Riemann tensor.

^[7]Cf. Letter 304, note 6.

^[8]*Lorentz 1916e*. The book was reviewed by Einstein in *Die Naturwissenschaften*, 4 (1916): 480–481.

^[9]See *Tetrode 1912*. Hugo Martin Tetrode (1895–1931) was a private scholar in Amsterdam.

306. From Albert Einstein, 19 January 1916

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

19.I.16.

Lieber und hoch verehrter Herr Kollege!

Ihr Bestreben, auch den Feldgleichungen ⟨der⟩ die Gravitation nach Art des Hamilton'schen Prinzips abzuleiten, verstehe ich sehr wohl. Ich bin ja selbst genötigt, die Hamilton'sche Funktion nachträglich abzuleiten, um bequem den Ausdruck für die Erhaltungssätze abzuleiten. Allerdings muss ich gestehen, dass ich in dem Hamilt. Prinzip. eigentlich weiter nichts sehe, als ein Mittel, um ein System von Tensorgleichungen auf eine skalare Gleichung zurückzuführen, wobei allerdings die Erhaltungssätze stets erfüllt und bequem abzuleiten sind. Ich glaube bestimmt, dass man auch für die *allgemein* kovariante Form der Gleichungen eine Hamilton'sche Form wird finden können, wie ich bereits in meinem gestrigen Briefe angedeutet habe.^[1]

Ich muss nochmals hervorheben, dass meine in der Mitteilung „die Feldgleichungen der Gravitation“^[2] gegebenen Feldgleichungen (2a)

$$G_{im} = -\kappa \left(T_{im} - \frac{1}{2} g_{im} T \right)$$

allgemein kovariant sind. Ich behaupte auch, dass dies die einzigen Gleichungen sind, welche folgende Bedingungen erfüllen

1) allgemeine Kovarianz.

2) In den $\frac{\partial^2 g^{im}}{\partial x_\alpha \partial x_\beta}$ und in dem Energietensor Kompon. T_μ^ν der Materie vom ersten

Grade und höhere Abl. der g^{im} als zweite nicht auftreten.

3) Vereinbar mit dem „Erhaltungssatz“ für die Materie ohne sonstige Einschränkung für die $T_{\mu\nu}$.

Diese Behauptung stützt sich vor allem auf die Erkenntnis, dass es ausser den Tensoren

$$G_{im} \quad \text{und} \quad g_{im} \sum_{\alpha\beta} g^{\alpha\beta} G_{\alpha\beta}$$

keine (beliebigen Substitutionen gegenüber kovariante) Tensoren gibt (der die Bedingung 2) erfüllt). *Ihre Funktion Q verschwindet identisch*, weil — wie Sie leicht nachrechnen — bereits die Erweiterung, also erst recht die Divergenz des Fundamentaltensors $g_{\mu\nu}$ ($g^{\mu\nu}$) verschwindet.^[3]

Es ist also klar, dass eine Betrachtung nach Hamiltons Prinzip an den V -Skalar

$$Q = \sqrt{-g} \sum_{\alpha\beta} g^{\alpha\beta} G_{\alpha\beta}$$

anknüpfen müsste, wie ich bereits im gestrigen Briefe andeutete. Die etwas umständliche Ausrechnung der $\frac{\partial Q}{\partial g^{\mu\nu}}$ und $\frac{\partial Q}{\partial g^{\mu\nu}_g}$ mied ich, indem ich die Tensorgleichungen direkt aufstellte. Gewiss ist aber auch der andere Weg gangbar und sogar mathematisch eleganter.

Mit herzlichen Grüßen
Ihr

A. Einstein.

^[1]Letter 305.

^[2]*Einstein 1915e*.

^[3]Lorentz had tried to derive Einstein's field equations from a hamiltonian (G) that contained the covariant divergence of the metric tensor, which, as Lorentz did not realize, vanishes identically. See also Lorentz to Paul Ehrenfest, 18 January 1916 and 22 January 1916 (Ehrenfest Archive, Museum Boerhaave, Leiden) for a discussion.

307. From Woldemar Voigt, 28 January 1916

Handwritten postcard.

Göttingen 28.1.16.

Lieber und verehrter Freund!

Zu der Abhandlung, die ich Ihnen sende,^[1] möchte ich als Entschuldigung der vielen blossen Rechnerei anführen, dass diese Art von Arbeit mir jetzt im Kriege am leichtesten wird. Tiefere Fragen will das in politischen Gedanken und Sorgen dauernd beschäftigte und ermüdete Gehirn nicht leisten. Indessen entbehren die Resultate doch nicht ganz des Interesses.

Ich hoffe von Herzen, dass es Ihnen und den lieben Ihrigen Allen gut gehen möchte und wünsche Ihnen ein segensreiches Jahr 1916. Es fehlt mir sehr, dass ich mir von Ihrem Heim und Ihrer Wirksamkeit in Haarlem sogar keine Vorstellung machen kann. In Leiden wusste ich so gut damit Bescheid! — Mit herzlicher Teilnahme lasen wir von dem grossen Überschwemmungsglück in Ihrem Lande und hoffen auf baldige Heilung.^[2]

Treulich
Ihr

W. Voigt.

^[1]Possibly *Voigt 1915e*.

^[2]In January 1916 part of the region north of Amsterdam was severely flooded.

308. From Max Planck, 27 February 1916

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 27. Febr. 1916.

Lieber verehrter Herr College!

Seit dem Gespräch, welches ich vor einem Jahr hier mit Ihnen über den Inhalt und die Wirkung jenes bekannten, auch von mir unterzeichneten, Aufrufs deutscher Gelehrter und Künstler „an die Kulturwelt“ hatte,^[1] bin ich den Gedanken nicht los geworden, auf ein Mittel zu sinnen, das geeignet erschiene, die durch die ungeschickte Fassung des Aufrufs verschuldeten beklagenswerten Missverständnisse zu beseitigen und damit auch mein Gewissen zu entlasten. Ich dachte zuerst an das nächstliegende, nämlich an eine gemeinsame Erklärung aller 93 Unterzeichner. Allein ich musste diesen Plan deshalb wieder aufgeben, weil es, ganz abgesehen von formalen Schwierigkeiten, sicherlich nicht möglich gewesen wäre, *alle* diese Herren zum zweiten Male zu einer gemeinsamen Aktion zusammenzubringen, und eine Spaltung unter den deutschen Intellektuellen würde nach aussen jedenfalls einen schlechten und unrichtigen Eindruck hervorrufen. So habe ich mich denn, nach reiflicher Ueberlegung und Beratung mit nahestehenden Kollegen, zu dem Schritt entschlossen, den ich heute Ihrer Beurteilung zu unterbreiten mir erlaube, da sein Erfolg ganz wesentlich von der Stellung abhängt, die Sie selber dazu einnehmen.

Diesem Schreiben, welches ich als vertraulich zu behandeln bitte, liegt ein ebenfalls von mir unterzeichnetes, an Sie gerichtetes Schriftstück bei, welches ich Ihnen zur beliebigen Veröffentlichung, etwa in einer holländischen Zeitung, zur Verfügung stelle, in der Hoffnung, dass es dann vielleicht auch den Weg in weitere Kreise finden wird.

Falls Sie nicht geneigt sind, auf diesen Plan einzugehen, aus Gründen, über die ich mir in keinem Falle ein Urteil anmassen werde, so bitte werfen Sie alles in den Papierkorb. Sollten Sie aber einig Interesse dafür besitzen, so würden Sie mich, und ebenso die Herren Kollegen, die ich darin genannt habe, zu aufrichtigem Dank verpflichten, wenn Sie meine Bitte erfüllen würden.

Was den Inhalt betrifft, so musste ich vor allem dafür sorgen, dass abermalige Missverständnisse ausgeschlossen werden. Deshalb durfte die Erklärung kein Widerruf sein, — ein solcher wäre auch sachlich garnicht am Platze — sondern vielmehr eine Interpretation und nähere Erläuterung, und dazu gehörte, dass gleich zu Anfang der Anlass und der eigentliche Sinn jenes Aufrufs noch einmal kräftig betont wurde. Daran schliessen sich dann die erläuternden bez. verbessernden Sätze, welche unsere Gesinnung in wahrem Lichte darstellt.

Ich empfehle Ihnen also mein Elaborat zu der wohlwollenden Aufnahme, die meine Briefe stets bei Ihnen gefunden haben, und wäre Ihnen besonders dankbar, wenn Sie mir Ihre Meinung oder Ihren Rat nicht vorenthalten wollten. Der Ernst

der ganzen Angelegenheit wird, wie ich sicher vertraue, meine Bitte in Ihren Augen nicht als Belästigung erscheinen lassen.^[2]

Stets Ihr treu ergebener

M. Planck

(März 1916)^[3]

Hochverehrter Herr College!

Der bekannte Aufruf „an die Kulturwelt“, welcher, versehen mit den Unterschriften von 93 deutschen Gelehrten und Künstlern, im August 1914 veröffentlicht wurde, hat durch seine Fassung leider zu mancherlei Missdeutungen Anlass gegeben und zu ganz verkehrten Vorstellungen von der Gesinnung seiner Unterzeichner geführt. Nach meiner persönlichen Auffassung, die, wie ich weiss, auch von manchen meiner Collegen, wie den Herren Adolf von Harnack, Walter Nernst, Wilhelm Waldeyer, Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff^[4] im wesentlichen geteilt wird, sollte und konnte der Aufruf nichts anderes bedeuten als einen Akt der Abwehr gegen den beispiellosen Feldzug der Verleumdung, von dem sich das deutsche Volk beim Ausbruch des Krieges überrascht sah (einzelne Beispiele anzuführen werden Sie mir erlassen), vor Allem aber der Verteidigung des deutschen Heeres, gegen die wider dasselbe erhobenen bitteren Anklagen. Dazu kam die Notwendigkeit des ausdrücklichen Bekenntnisses, dass die deutschen Gelehrten und Künstlern ihre Sache nicht trennen wollen von der Sache des deutschen Heeres. Denn das deutsche Heer ist nichts anderes als das deutsche Volk in Waffen, und wie alle Berufsstände, so sind auch die Gelehrten und Künstler unzertrennlich mit ihm verbunden.

Dass wir freilich nicht für jede einzelne Handlung eines jeden Deutschen, sei es im Krieg, sei es im Frieden, eintreten können, halten wir für ebenso selbstverständlich, wie dass wir über schwierige Fragen geschichtlicher Forschung nicht schon jetzt ein vorzeitiges Urteil bereit haben.

So lange dieser Krieg währt, ist uns Deutschen nur die eine Aufgabe gestellt, dem Vaterlande mit allen Kräften zu dienen. Was ich aber weiter mit besonderem Nachdruck gerade Ihnen gegenüber zu betonen wünsche, ist die feste, auch durch die Ereignisse des gegenwärtigen Krieges nie zu erschütternde Ueberzeugung, dass es Gebiete der geistigen und der sittlichen Welt gibt, welche jenseits der Völkerkämpfe liegen, und dass eine ehrliche Mitwirkung bei der Pflege dieser internationalen Kulturgüter, wie auch nicht minder die persönliche Achtung vor Angehörigen eines feindlichen Staates, wohl vereinbar ist mit glühender Liebe und tatkräftiger Arbeit für das eigene Vaterland.

Ihr stets ergebener

Dr. Max Planck.

^[1]See Letter 296 for Lorentz's visit and Letter 284, note 2 for the "Aufruf an die Kulturwelt".

^[2]See Letter 309. See also *Heilbron 1986*, pp. 74–79 for more details on Planck's statement.

^[3]The following declaration is written in a different hand.

^[4]Adolf von Harnack (1851–1930) was Professor of Church History and the History of Dogmatic Theology at the University of Berlin; Walther Nernst was Professor of Physical Chemistry at the University of Berlin; Wilhelm Waldeyer (1836–1921) was Professor of Anatomy at the University of Berlin; Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff (1848–1931) was Professor of Classical Philology at the University of Berlin.

309. To Max Planck, 20 March 1916

Handwritten draft. The sent letter was dated 21 March 1916 (see Planck's response in Letter 310).

Haarlem, 20 März 1916.

Lieber und verehrter Herr Kollege,

Ich habe Ihren letzten Brief richtig erhalten und den Inhalt, sowie auch den des Schreibens, das Sie zu publizieren wünschen, reiflich überdacht.^[1] Dass ich die Gesinnung, die Sie zu diesem Schritt geführt hat, zu schätzen weiss, und dass Sie mir mit dieser Äusserung eine Freude bereitet haben, brauche ich wohl nicht zu sagen. Selbstverständlich werde ich mich gern bemühen, Ihnen in dieser Angelegenheit behilflich zu sein. Zunächst möchte ich aber einige Bemerkungen Ihrem Urteile unterwerfen.

Als ich Ihren Brief gelesen hatte, habe ich den Aufruf, um den es sich handelt,^[2] wieder einmal zur Hand genommen und habe aufs Neue, ebenso wie damals bei der ersten Lektüre, den Eindruck bekommen, dass man mit den vielen in den kräftigsten Worten gekleideten Behauptungen viel weiter gegangen ist, als man verantworten konnte. Dies bezeichnet den Standpunkt, auf den ich mich bei der Beurteilung Ihres jetzigen Schreibens stellen muss; ich bin überzeugt, dass in dem Aufruf manches für nicht wahr erklärt wird, das leider nur zu wahr ist, und dass vieles gesagt wird, über welches die Unterzeichner unmöglich genügend unterrichtet sein konnten.

Dies gilt schon von dem Anfangssatze über die Frage, wer die Schuld trägt an diesem schrecklichen Kriege, der Tausende von Unschuldigen, ja ganze Völker ins Elend gestürzt hat: Sie geben mir wohl zu, dass es für uns, die Zeitgenossen, sehr schwierig ist, diese Frage zu beantworten (obgleich es einem Jeden frei steht, was man auch kaum unterlassen kann, *für sich* die verschiedenen Auffassungen gegeneinander abzuwägen), und dass hier eine Aufgabe für den späteren Geschichtsforscher vorliegt. Wie aber auch am Ende das Urteil lauten möge, so viel scheint mir klar zu sein, dass die deutschen Gelehrten unmöglich in den ersten Wochen zu einem objektiven besonnenen Urteil im Stande sein konnten.

Wenn Sie nun sagen, dass „... halten wir für ebenso selbstverständlich, wie dass wir über schwierige Fragen geschichtlicher Forschung nicht schon jetzt ein vorzeitiges Urteil bereit haben“, so wird man Ihnen, fürchte ich, antworten: „aber

eben ein solches Urteil, und zwar über die Hauptfrage, haben Sie in dem Aufruf ausgesprochen”.

In dem Anfange des soeben zitierten Satzes sagen Sie, dass Sie und Ihre Kollegen nicht für jede einzelne Handlung eines jeden Deutschen, sei es im Krieg, sei es im Frieden, einstehen können. Sie wissen, wie schmerzlich mich das, was Sie einmal die Begleiterscheinungen des Krieges nannten, berührt hat; eben diese sind in meinen Augen das Abscheulichste vom Allem. Sie sind es, die die Völker mit bitterem Hass erfüllen, die Versöhnung auf viele Jahre hin unmöglich machen und für uns Alle, auch für die nicht am Krieg beteiligten, das Lebensglück verschleiern, weil sie uns an dem Fortschritt zweifeln lassen könnten. Über den Umfang dieses Übels, bei dessen Besprechung man unwillkürlich an den Schlusssatz des Aufrufs denken muss, wollen wir nicht streiten; wir brauchen das nicht zu tun, da Sie über seine Bedeutung wohl genau so denken wie ich. Aber, verzeihen Sie mir die Frage, besteht nicht ein gewisses Misverhältnis zwischen dem Bekanntgewordenen und den „einzelnen Handlungen“, von denen jetzt bei Ihnen die Rede ist?

Von den in dem Aufruf enthaltenen Behauptungen hat wohl die Äusserung, die sich auf die Ereignisse in Belgien bezieht, den stärksten Widerspruch hervorgerufen.^[3] Was davon gesagt wird, muss den Einwohnern dieses unglücklichen Landes wie bitterer Spott klingen, und ist vielen besonnenen und wirklich nicht zu Heftigkeit geneigten Personen unerklärlich. Während wir auch hier das endgültige Urteil der Zukunft überlassen müssen, müssen wir jedenfalls die Möglichkeit anerkennen, dass die deutschen Gelehrten und Künstler (was diesen Punkt betrifft, viel zu weit gegangen sind.) die Tatsachen ungenügend kannten und unrichtig beurteilt haben. Viele sind der Meinung dass von den Belgiern Dinge behauptet worden sind, die absolut nicht feststehen. Wer so denkt, sei es mit Recht, oder mit Unrecht, wird sagen: „Wenn man sich über Verleumdungen beklagt, so muss man nicht mit unbewiesenen Beschuldigungen antworten“. Es wäre daher, wie mir scheint, besser, jetzt in Ihrem Schreiben nicht von jener „beispiellosen“ Verleumdung zu sprechen. Sie werden es mir nicht verübeln, dass ich Ihnen dies Alles offen sage; aus dem Eindruck, den Ihre Erklärung auf mich macht, können Sie einigermassen ableiten, wie Andere darauf reagieren werden.

Die zweite Hälfte des Schriftstückes scheint mir vorzüglich gelungen zu sein, und ich möchte Sie nun ernstlich fragen: können Sie nicht auch den Anfang in demselben Ton halten? Statt aufs Neue von der „Verleumdung“ zu sprechen und von den „Misverständnissen“ (was sofort die Gegenbemerkung hervorrufen wird, dass die Wirkung unrichtiger Behauptungen nicht auf Misverständnisse zurückgeführt werden kann) könnten Sie der patriotischen Begeisterung gedenken, die in jenen Tagen über alle Deutsche gekommen ist. Jedermann würde es verstehen, wenn Sie sagten, dass damals, als das Vaterland in Gefahr war, der erste Gedanke, auch der deutschen Gelehrten gewesen ist, sich fest an die Regierung und das Volk anzuschliessen und ihre Stimme zu erheben gegen Behauptungen, die es ihnen unmöglich war, für wahr zu halten. Wenn Sie dann folgen lassen könnten, dass Sie jetzt, nach langer und reifer Überlegung das Bedürfnis haben, die Erklärung zu geben, die den Schluss Ihres Schreibens bildet, so würde das gewiss einen vortreff-

lichen Eindruck machen, gerade weil die Erklärung von Ihnen kommt, den auch die Gegner als einen wahrheitliebenden und gewissenhaften Mann ehren.

Ich bitte Sie, zu entschuldigen, dass ich hierbei so weit ins Einzelne gegangen bin; es geschah nur um mich ganz deutlich auszudrücken. Wenn Sie sich dazu entschliessen könnten, Ihr Schreiben in dem angedeuteten Sinne zu ändern, so würde ich mich herzlich darüber freuen.^[4]

Indes, auch wenn Sie nicht dazu bereit sein sollten, so bin ich bereit, die Veröffentlichung zu besorgen, obgleich ich mich dann, aus den angeführten Gründen, wenig davon versprechen würde. (Es ist dies übrigens eine Sache, die ich Ihren Urteil überlassen muss; selbstverständlich haben Sie ein Recht darauf dass was Sie zu sagen wünschen, was es auch sein mag, so viel wie möglich bekannt wird.)

Was nun die Art und Weise der Publikation betrifft, so könnte ich mich an eine der grösseren holländischen Zeitungen (das „Handelsblad“) wenden und Exemplare der betreffenden Nummer an einige Personen, nach Ihrer und eventuell meiner Auswahl, schicken. Es wäre aber wohl besser Ihre Erklärung in weniger flüchtiger Form erscheinen zu lassen, sodass man sie später wieder ohne Mühe [---] kann. Das würde man erreichen, wenn sie in die *International review*, die in deutscher und englischer Sprache im Verlage Füssli in Zürich erscheint, aufgenommen würde; diese Zeitschrift sammelt fleissig alle Äusserungen die zeigen können, dass auch in diesen Zeiten Würdigung der Gegner und das Gefühl für die gemeinsamen Interessen der Menschheit nicht ganz verloren gegangen sind. Auch von dem Niederländischen *Anti-oorlogsraad*,^[5] der viele Beziehungen zu dem Auslande hat, gehen ähnliche Veröffentlichungen aus, die sich durch würdigen und gemässigten Ton auszeichnen. Natürlich hat sowohl dieser *Anti-oorlogsraad* wie auch die genannte schweizer Zeitschrift einen pazifistischen Charakter.

Ich bitte sehr, mir auch über diese Fragen Ihre Meinung zu sagen. Die Form wäre jedenfalls die, dass ich der betreffenden Redaktion erkläre, das an mich gerichtete Schreiben, welches ich aufzunehmen bitte, sei mir von Ihnen zur Veröffentlichung überlassen worden.

^[1]See Letter 308.

^[2]See Letter 284, note 2.

^[3]The “Aufruf an die Kulturwelt” contains three statements about Belgium; Lorentz is presumably referring to the third one, which reads: “Es ist nicht wahr, dass eines einzigen belgischen Bürgers Leben und Eigentum von unseren Soldaten angetastet worden ist, ohne dass die bitterste Notwehr es gebot. Denn wieder und immer wieder, allen Mahnungen zum Trotz, hat die Bevölkerung sie aus dem Hilterhalt beschossen, Verwundete verstümmelt, Ärzte bei der Ausübung ihres Samariterwerkes ermordet. Man kann nicht niederträchtiger fälschen, als wenn man die Verbrechen dieser Meuchelmörder verschweigt, um die gerechte Strafe, die sie erlitten haben, den Deutschen zum Verbrechen zu machen.” See also Letter 310, notes 2 and 3, for the first and second statements about Belgium.

^[4]The changes proposed by Lorentz were taken over by Planck. His statement first appeared on 11 April 1916 in the Dutch newspaper *Algemeen Handelsblad*, with some introductory words by Lorentz. It was taken over by other newspapers and journals, such as the Berlin *Vossische Zeitung* and the British *The Observatory*; there also appeared a French translation (see also *Heilbron 1986*, pp. 76–79, for more details).

^{15]}The Nederlandsche Anti-Oorlog Raad (Dutch Anti-War Council) coordinated the activities of a number of Dutch peace organizations.

310. From Max Planck, 28 March 1916

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 28. März 1916.

Lieber verehrter Herr College!

Wenige Stunden nach Ankunft Ihres Telegrammes vom 23., das mir eine sehr willkommene Nachricht brachte, traf Ihr freundlicher Brief vom 21. ein,^[1] für den ich Ihnen nun meinen wärmsten Dank sagen möchte, nicht nur, weil Sie mir die Gewährung meiner Bitte in Aussicht stellen, sondern besonders auch deshalb, weil Sie darin Ihrer eigenen Meinung über den mutmasslichen Eindruck, den das Schriftstück in der Oeffentlichkeit machen wird, einige Ausführungen gewidmet haben. Ich brauche Ihnen nicht zu versichern, dass ich über jedes Wort Ihres Briefes reiflich nachgedacht habe und mir dabei überlegte, was ich etwa tun könnte, um Ihren Bedenken Rechnung zu tragen. Denn es muss mir doch vor allem daran liegen, in dem von mir beabsichtigten Sinne auch verstanden zu werden.

Leicht ist diese Aufgabe nicht. Ja, wenn es sich um Fragen unserer Wissenschaft handeln würde, könnte ich einfach sagen: in diesen Punkten habe ich mich geirrt, die nehme ich zurück, jene Punkte halte ich aufrecht. Aber in der Politik ist eine solche reinliche Scheidung unmöglich, und man läuft nur zu leicht Gefahr, wenn man irgend etwas widerruft, nach der entgegengesetzten Seite missverstanden zu werden. Immerhin gebe ich mich der Hoffnung hin, dass Sie in der beiliegenden veränderten Fassung meines Schreibens (mit der natürlich auch die darin genannten Collegen einverstanden sind) eine Verbesserung finden werden. Vor Allem habe ich sowohl die „Missdeutungen“ als auch die „Verleumdung“ fortgelassen, obwohl ich Ihnen gegenüber doch noch einmal betonen möchte, dass die eigentliche Erklärung für den Stil des „Aufrufs an die Kulturwelt“ gerade nur in dem Uebermaass jener Verleumdungen zu finden ist. Hat man doch sogar sich nicht gescheut, Briefe und Photogramme zu fälschen! Doch das will ich nun bei Seite lassen, und nenne also als einzigen Erklärungsgrund für die übertriebenen Behauptungen des Aufrufs die patriotische Erregung seiner Verfasser in den ersten Kriegswochen. Was ich später über die einzelnen Handlungen von Deutschen und über die Zuschreibung der Verantwortung an dem Ausbruch des Krieges sage, steht allerdings, wie Sie hervorheben, in einem gewissen Widerspruch zu den entsprechenden Stellen des „Aufrufs“. Aber mein Schreiben will ja auch als eine Art Widerruf aufgefasst werden, allerdings nur bezüglich der Fassung, nicht bezüglich des Sinnes. Ja, mit einiger Interpretationskunst liesse sich, wie mir scheint, sogar die Fassung des Aufrufs noch retten. Man könnte z.B. sagen, dass die erste Behauptung (Verschuldung des Krieges)^[2] deshalb nicht als ein wissenschaftliches

Urteil verstanden werden darf, weil sie sich garnicht auf eine vorliegende wissenschaftliche Prüfung beruft, dass in der zweiten Behauptung (Neutralität Belgiens)^[3] das Wort „freventlich“ zu betonen ist, dass in dem dritten Satz (Leben und Eigentum eines einzigen belgischen Bürgers)^[4] gemeint ist: „auf Anordnung der Heeresleitung“, u.s.w. Doch derartige Versuche würden sicherlich nur den Eindruck von Haarspaltereien machen, deshalb habe ich sie überhaupt aufgegeben.

Die Hauptsache ist, dass man in meinem Schreiben den guten Willen durchschimmern sieht, übertriebene Behauptungen, die leider in die Welt nun einmal hinausgeflogen sind, auf ihr richtiges Maass zurückzuführen. Aber wie nun auch die Wirkung ausfallen möge, ob gut oder schlecht, in jedem Falle werde ich mich von einem Gewissenskrupel befreit fühlen, der seit $1\frac{1}{2}$ Jahren auf mir lastete, und ich werde nie vergessen, was ich dabei Ihnen und Ihrem gütigen Beistand zu verdanken habe.

Was nun die Art der Publication betrifft, so liegt mir eigentlich mehr an einer weiteren Verbreitung als an einer besseren Conservirung. Deshalb würde ich sehr gerne die Aufnahme in das „Handelsblad“ sehen, und zwar gerade in der von Ihnen bezeichneten Form, dass Sie der Redaction schreiben, das Schriftstück sei Ihnen von mir zur Veröffentlichung überlassen worden. Die Punkte in der ersten Zeile des Schreibens sollen sich darauf beziehen, dass eine Einleitung des Briefes fehlt.

Ganz besonders dankbar bin ich Ihnen auch für die angekündigte Absicht, an einige Collegen Exemplare zu schicken, da ich mit dem feindlichen Ausland nicht direkt verkehren kann, und bitte ergebenst um die Angabe der damit verbundenen Kosten. Ich denke dabei in erster Linie an die von mir ohne Ausnahme hochgeschätzten Teilnehmer am ersten Solvay-Congress (1911), ausserdem etwa an die beiden Bragg, Chwolson, Duhem, Galitzine, Larmor, Lodge, Rayleigh, Schuster, J.J. Thomson, Volterra.^[5]

Doch ich werde unbescheiden! Bitte streichen Sie also davon ganz nach eigenem Ermessen.

Stets in Dankbarkeit und Verehrung

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Letter 309 for a draft.

^[2]The first statement of the Aufruf and die Kulturwelt reads: “Es ist nicht wahr, dass Deutschland diesen Krieg verschuldet hat. Weder das Volk hat ihn gewollt noch die Regierung noch der Kaiser. Von deutscher Seite ist das Äusserste geschehen, ihn abzuwenden. Dafür liegen der Welt die urkundlichen Beweise vor. Oft genug hat Wilhelm II. in den 26 Jahren seiner Regierung sich als Schirmherr des Weltfriedens erwiesen; oft genug haben selbst unsere Gegner dies anerkannt. Ja, dieser nämliche Kaiser, den sie jetzt einen Attila zu nennen wagen, ist jahrzehntelang wegen seiner unerschütterlichen Friedensliebe von ihnen verspottet worden. Erst als eine schon lange an den Grenzen lauernde Übermacht von drei Seiten über unser Volk herfiel, hat es sich erhoben wie ein Mann.”

^[3]The second statement reads: “Es ist nicht wahr, dass wir freventlich die Neutralität Belgiens verletzt haben. Nachweislich waren Frankreich und England zu ihrer Verletzung

entschlossen. Nachweislich war Belgien damit einverstanden. Selbstvernichtung wäre es gewesen, ihnen nicht zuvorzukommen.”

^[4]See Letter 309, note 3, for the text of the third statement.

^[5]William Henry Bragg; William Lawrence Bragg (1890–1971), Lecturer at the University of Oxford; Orest Chwolson (1852–1934), Professor of Physics at the University of St. Petersburg; Pierre Duhem (1861–1916), Professor of Theoretical Physics at the University of Bordeaux; Boris Galizin (1863–1916), Director of the Physical Observatory in St. Petersburg; Oliver Lodge (1851–1940), Principal of the University of Birmingham; Arthur Schuster (1851–1934), Professor of Physics at the University of Manchester; Vito Volterra (1860–1940), Professor of Mathematics at the University of Rome.

311. From Max Planck, 28 April 1916

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 28. April 1916.

Lieber verehrter Herr College!

Wie soll ich Ihnen danken für alle Mühe, die Sie so gütig waren auf sich zu nehmen, um Ihre freundliche Zusage zu erfüllen, und dies in einer Weise, die ich mir nicht zweckmässiger und vollkommener denken kann.^[1] Ganz besonders freut es mich, dass Sie den Abzügen noch einige eigene Worte als Einleitung vorausgesetzt haben.^[2] Denn bei aller durch die Sache gebotenen Zurückhaltung glaube ich doch daraus schliessen zu dürfen, dass Sie Sich von der Publication eher eine günstige als eine unerfreuliche Wirkung versprechen, und derselbe Gedanke wird sicherlich auch dem Leser kommen und seinen Eindruck nicht verfehlen. Auch für Ihren zweiten Brief vom 22. mit den nachgesandten Exemplaren herzlichen Dank. Ich kann sie natürlich alle sehr gut verwenden. Im Uebrigen ist die Erklärung auch in einige der gelesenen deutschen Zeitungen übergegangen, so in die hiesige Vossische Zeitung und in die sehr verbreitete Frankfurter Zeitung. Im Grunde freilich muss ich wiederholen, was ich Ihnen glaube ich schon andeutete, dass der Haupterfolg dieser ganzen Action für mich selbst unabhängig ist davon, ob die Publication in einige Hände mehr oder weniger gelangt. Denn das wichtigste war mir die Entlastung des eigenen Gewissens, das mich Monate lang drückte, ehe sich dieser Ausweg öffnete. Und dass Sie mir dazu so kräftig geholfen haben, dafür werde ich Ihnen mein Leben lang Dank wissen.

Ein einziger Punkt, wenn auch mehr untergeordneter Natur, ist noch zurückgeblieben, der mich noch etwas drückt, und da bei Ihnen Aufrichtigkeit stets am besten aufgenommen wird, so spreche ich ihn offen aus. Es sind Ihnen aus diesen Angelegenheiten nicht nur an Zeit und Mühe, sondern auch an Auslagen Kosten erwachsen. Die ersteren sind unersetzlich, das weiss und fühle ich wohl, aber bezüglich der letzteren, wäre ich natürlich mit Freuden bereit, die Deckung zu leisten, wenn mir dazu die Möglichkeit gegeben würde durch Bezeichnung des Betrages. Ich wage Sie nicht direkt darum zu bitten, wegen des Missverhältnisses

zwischen Leistung und Gegenleistung, aber Sie würden mir doch damit eine Freude machen. Wie lange wird es dauern, bis ich Gelegenheit haben werde, Ihnen meinen Dank mündlich auszusprechen? Ich vermag es nicht einmal zu mutmaßen, aber ich denke gerne an Ihre damaligen Worte, dass uns der Friede vielleicht einmal ebenso unvermutet überraschen wird als seinerzeit der Krieg, und daran will ich festhalten.

Mit der Bitte, mich den werten Ihrigen, vor Allem Ihrer verehrten Frau Gemahlin, angelegentlich zu empfehlen, bin ich in alter Anhänglichkeit

Ihr herzlich ergebener

M. Planck.

^[1]See Letters 308–310.

^[2]Planck presumably refers to the accompanying letter in which Lorentz requests publication of the statement by Planck.

312. From Woldemar Voigt, 29 May 1916

Handwritten postcard.

Göttingen 29.5.16.

Verehrter Freund!

Durch Teubner erhielt ich die neue Auflage Ihres schönen Buches^[1] und danke Ihnen recht herzlich für das Zeichen Ihres Gedankens. Ich kann leider nicht mit gar Wertvollem antworten, um so weniger, als mir das Arbeiten recht schwer wird, so sehr ich mich bemühe, tätig zu sein. Es ist gut, dass wir Debye hier haben,^[2] der den politischen und nationalen Fragen ferne steht und der sich prachtvoll bewährt. — Den kleinen Arbeiten von mir, die ich an Sie gesandt habe, ist ein sehr bemerkenswerter Aufsatz eines klugen und besonderen Franzosen vom Jahr 1911 beigelegt, den ich Ihrer Aufmerksamkeit empfehle. — Mein älterer Sohn war zuletzt an der russischen Grenze tätig; er ist jetzt wegen Überanstrengung in Goslar in einem Sanatorium. Mein jüngerer Sohn ist wieder in Münster. Erika's Gatte ist in den höheren Schuldienst übergetreten; das Paar ist seit Ostern in Hannover. Mit besten Wünschen

treulich

Ihr

W. Voigt.

^[1]The second edition of *Lorentz, 1909i*.

^[2]See Letter 268, note 2.

313. To Albert Einstein, 6 June 1916

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 6 Juni 1916.

Lieber Herr Kollege,

Ich habe mich in den letzten Monaten viel mit Ihrer Gravitationstheorie und allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigt, und habe auch, was mir sehr nützlich war, darüber vorgetragen.^[1] Ich glaube jetzt die Theorie in ihrer vollen Schönheit zu verstehen; jede Schwierigkeit, auf die ich stieß, habe ich bei näherer Betrachtung überwinden können. Auch ist es mir gelungen, Ihre Feldgleichungen

$$G_{im} = -\kappa \left(T_{im} - \frac{1}{2} g_{im} T \right)$$

aus dem Variationsprinzip abzuleiten;^[2] wenigstens fehlt an dieser Ableitung, die für mich lange Rechnungen erforderte, nur noch eine Kleinigkeit.

Ich bin nun aber auf eine Überlegung gekommen, die ich Ihnen vorlegen möchte, und die auf der Betrachtung eines fiktiven Experiments beruht. Wir können uns denken, dass man den Lecher'schen Versuch macht mit zwei vollkommen leitenden Drähten, die am Äquator um die Erde herum amgespannt sind, und deren jeder in sich selbst geschlossen ist.^[3] Um die Gefahr des „Entgleisens“ der elektromagnetischen Wellen (wegen der Erdkrümmung) zu entgehen, können wir statt der beiden Drähten auch einen einzigen Draht mit derselben konzentrisch umgebenden vollkommen leitenden Hülle anwenden. An einer bestimmten Stelle *A* dieses in sich geschlossenen „Kabels“* möge sich eine Vorrichtung befinden, die es ermöglicht Wellen zu erregen, und ein Detektor, mit dem wir die nach Durchlaufung des Kreises in *A* zurückkehrenden Wellen beobachten können. Das Kabel sowie der Punkt *A* seien fest mit der Erde verbunden.

Nach Allem, was wir wissen, können wir wohl mit Bestimmtheit sagen, was wir mit genügend verfeinerten Mitteln beobachten würden. Wellen, die in demselben Augenblick in *A* erzeugt werden, und den Kreis in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen, werden *nicht* in demselben Augenblick in *A* zurückkehren.

Unter den verschiedenen Weisen, auf die wir dieses Ergebnis beschreiben können, giebt es nur zwei, die besonders einfach sind.

a. Wir können ein Koordinatensystem I *OX*, *OY* (*OZ* falle mit der Erdachse zusammen) so wählen, dass in diesem System die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen für die beiden Umlaufsrichtungen die gleiche ist. Wir finden dann, dass die Erde sich in dem Koordinatensystem dreht.

b. Wir führen ein fest mit der Erde verbundenes Koordinatensystem II ein. In diesem bestehen für die beiden Umlaufsrichtungen ungleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeiten c_1 und c_2 .

*Raum zwischen den Leitern luftleer.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass sich eben die nötige Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten aus Ihren allgemeinen Formeln ergibt, wenn man von I zu II übergeht, und insofern eine Gleichung von der Gestalt

$$c_1 - c_2 = a$$

sowohl im System I, wie in II und ebenso noch in vielen anderen Systemen (jedemal mit einem anderen a) gilt, kann man sagen, sie drücke das Ergebnis des Versuchs in *kovarianter* Form aus. Das braucht uns aber nicht davon abzuhalten, die Gleichung $c_1 - c_2 = 0$ als *verschieden* von $c_1 - c_2 \neq 0$ zu betrachten. In diesem Sinne werden wir schliessen: die Erscheinungen in dem Kabel spielen sich in Bezug auf die Koordinatensysteme I und II nicht in derselben Weise ab.

Wenn man nun versucht, sich dies irgendwie verständlich zu machen oder bildlich vorzustellen, so wird man sich kaum darauf beschränken können, *nur* von der Erde, dem Kabel und dem in diesem letzteren enthaltenen „Raum“ oder „Vakuum“ zu sprechen; man wird ja geneigt sein, sich vorzustellen, dass es in dem Raum oder dem Vakuum an und für sich nichts giebt, das sich den Systemen I und II gegenüber verschieden verhält.

Die Vorstellung liegt gewiss nahe* und hätte früher wohl allen Physikern sehr natürlich geschienen, dass es in dem Kabel irgend ein Medium (Äther) giebt, *in dem* sich die Wellen fortpflanzen, derart dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit relativ zum Medium immer dieselbe ist, dass aber dieses Medium in Bezug auf das eine Achsensystem ruhen, in Bezug auf das andere sich bewegen kann. Stellen wir uns auf diesen Standpunkt, so können wir sagen, der Versuch habe uns die relative Bewegung der Erde gegen den Äther gezeigt. Haben wir dann in dieser Weise die Möglichkeit anerkannt, eine relative *Rotation* zu konstatieren, so dürfen wir nicht von vornherein die Möglichkeit leugnen, auch Andeutungen einer relativen *Translation* zu erhalten, d.h. wir dürfen den Grundsatz der Relativitätstheorie nicht als *Postulat* hinstellen. Wir müssen vielmehr (und das war auch der wirkliche Entwicklungsgang) die Beantwortung der Frage in den Beobachtungen suchen. Nachdem diese uns gelehrt haben, dass ein Einfluss der Translation nicht gefunden werden kann, dürfen wir, indem wir (und zwar ziemlich weitgehend) generalisieren, jenen Satz als *Grundhypothese* aussprechen, wobei wir aber noch immer die Möglichkeit zulassen, (für wie wenig wahrscheinlich wir es auch halten mögen), dass künftige Beobachtungen uns zwingen werden, die Hypothese aufzugeben.

Man kann diese Betrachtungen noch in anderer Weise einkleiden. Wir können nämlich in dem geschlossenen Kabel *stehende* Wellen erzeugen, und in jedem Augenblick die Lage der Knoten beobachten. Es wird sich dann ergeben, dass diese relativ zur Erde im Kreise herumlaufen. Man könnte sich nun allerdings darauf beschränken, die relative Bewegung der Knoten gegen die Erde (oder umgekehrt) zu konstatieren. Wenn man aber erwägt, dass dieselbe Rotation bei stehenden Wellen verschiedener Länge und verschiedener Intensität auftritt, so liegt es auf der Hand (sagen wir als bildliche Zusammenfassung des allen diesen Erscheinungen Ge-

*Von einer anderen spreche ich weiter unten.

meinsamen) an einen Äther zu denken, in welchem die stehenden Wellen ihren Sitz haben.

Auch Mach, an dessen Auffassung Sie sich angeschlossen haben, hat bei der Besprechung ähnlicher Versuche, das Bedürfnis empfunden, etwas ausserhalb der Erde liegendes, das für die Erscheinungen bestimmend wäre, anzunehmen.^[4] In seinem Gedankengange würde man in einem Einfluss der „entfernten Körper des Weltalls“, sagen wir der Fixsterne, ein bestimmendes Moment suchen. Man würde also sagen, es sind die Fixsterne, welche das im Kreis Herumlaufen (oder das Ruhen) der Knoten in dem ringförmigen Kabel bestimmen. Obgleich mir nun diese Auffassung viel weniger naheliegend scheint als die Hypothese eines Äthers, so könnte ich sie doch gelten lassen, wenn sie, im Vergleich mit dieser Hypothese, irgend einen Vorteil böte. Aber einen solchen vermag ich nicht zu sehen. Wenn wir nämlich annehmen müssen, die *Rotation* der Erde in Bezug auf die Fixsterne, habe einen beobachtbaren Einfluss auf elektromagnetische Erscheinungen, so dürfen wir nicht von vornherein die Möglichkeit eines ähnlichen Einflusses einer *Translation* der Erde oder des Sonnensystems relativ zu den Fixsternen leugnen. Wir sind dann genau eben so weit wie mit der Ätherhypothese und wir haben experimentell zu untersuchen, ob vielleicht irgend eine Wirkung einer Translation besteht. Von einem Relativitäts*postulat* dürfte auch jetzt die Rede nicht sein.

Übrigens sind die beiden Auffassungen, Einfluss der Fixsterne und Ätherhypothese im Grunde, wie mir scheint, nicht einmal weit voneinander verschieden. Gesetzt, ich nehme an, die Bewegung oder Ruhe der Knoten in unserem ringförmigen Kabel werde durch den Einfluss der Fixsterne bestimmt. Dann kann ich, um die Natur dieses Einflusses einigermaassen festzulegen, in dem Kabel ein System starr mit einander verbundenen Punkte, gleichsam als Verbindungsglied zwischen Fixsternen und elektromagnetischen Wellen, annehmen. Ich werde sagen, der besagte Einfluss äussere sich darin, dass die Knoten in Bezug auf dieses Punktsystem, das seinerseits mit den Fixsternen verbunden ist, feste Lagen haben. Von diesem Punktsystem zu einem Äther ist der Schritt nicht weit.

Selbstverständlich geben auch andere Versuche, z.B. die von Ihnen und Mach besprochene,^[5] zu ganz ähnlichen Betrachtungen Anlass, und werden die vorstehenden Überlegungen Ihnen keineswegs neu sein. Der Hauptpunkt in denselben ist eigentlich, dass Abweichungen von der Relativitätstheorie auch nach der „Fixsternhypothese“ sehr gut denkbar wären. Dass übrigens sowohl die Relativitätstheorie, wie auch Ihre Gravitationstheorie auch bei der von mir vertretenen Auffassung in vollem Umfang bestehen bleiben können, brauche ich nicht zu sagen. Nur werden sie sich uns weniger als die einzig möglichen aufdrängen.

— — — —

Ich hoffe sehr, dass es Ihnen immer gut gehen möge. Was uns betrifft, so hat leider meine Frau oft, wie schon seit vielen Jahren, von Änderungen des Wetters zu leiden, was mit Insufficienz der Schilddrüse zusammenhängt, aber sonst sind wir gut gesund. Auch de Haas, sowie seine Frau und Kinder (im nächsten Monat wird das dritte erwartet). Er ist jetzt zum Konservator am hiesigen Teyler-Laboratorium ernannt worden, was mich sehr für ihn und für mich selbst freut.^[6] Er wird sich jetzt ausschliesslich wissenschaftlicher Arbeit widmen können. Dass ich, und

zwar im Einverständnis mit den Fachgenossen, vorschlagen konnte, ihm die offen gewordene Stelle anzuvertrauen, ist in erster Linie der Arbeit zu verdanken, die Sie mit ihm gemacht haben,^[7] und also dem Interesse und dem Wohlwollen, das Sie ihm gezeigt haben, und wofür ich Ihnen sehr dankbar bin.

Ich schicke Ihnen mit der gleichen Post die zwei ersten Teile einer Betrachtung über Ihre Gravitationstheorie;^{*[8]} ich habe mich bemüht, die Grundlagen geometrisch einzukleiden, sodass der Gebrauch von Koordinaten so weit es geht, vermieden wird.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz lectured before an audience that included Willem de Sitter (1872–1934; Professor of Astronomy at the University of Leiden), Paul Ehrenfest and Adriaan Fokker, as part of his Monday morning lecture course.

^[2]See Lorentz 1916b–d, 1917d.

^[3]In the original experiment by Lecher alternating currents of opposite directions in two parallel wires produced standing electromagnetic waves along the wires (see Lecher 1890). The modification of the experiment Lorentz proposes in the following resembles the Sagnac experiment (in which light is used in a rotating ring interferometer; see Sagnac 1914). The argument is also presented in Lorentz 1923b and Lorentz 1927f, sec. 63.

^[4]The experiment discussed by Ernst Mach was the well-known bucket experiment, devised by Newton to prove the existence of absolute space (see Mach 1883).

^[5]See, e.g., Einstein 1916a, sec. 2, for Einstein's thought-experiment.

^[6]In June 1916 Wander de Haas succeeded Gerhard J. Elias as *Conservator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation in Haarlem. He kept this position until October 1917, when he was appointed Professor of Physics at the Delft Technical University; his successor in Haarlem was Johannes Martinus Burgers (1895–1981). As *Curator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation, Lorentz was De Haas's superior.

^[7]See Letter 255, note 5, for the collaboration between Einstein and De Haas.

^[8]Lorentz 1916b, 1916c.

^[9]Lorentz 1917g, 1917h are the translations.

314. From Albert Einstein, 17 June 1916

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin. 17.VI.16.

Lieber und hoch verehrter Herr Kollege!

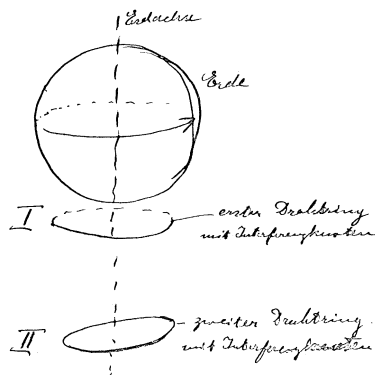
Ihr ausführlicher Brief^[1] hat mich sehr gefreut, am meisten wegen der höchst erfreulichen Neuigkeit, dass de Haas Konservator des Teyler-Laboratoriums geworden ist. Sie sollten mir deshalb, weil ich die Ampère-Untersuchung mit ihm

*Leider ist die Übersetzung noch nicht fertig.^[9]

machte, nicht immer wieder danken. Denn ich wählte ihn aus Egoismus, weil er mir eben am besten gefiel, und mein Eindruck erwies sich als der richtige. Die hiesigen Kollegen haben ihm ein Andenken von zweifelhafter Sympatie bewahrt wegen seiner Gesinnungen in unpersönlichen Dingen. Aber bezeichnend ist es, dass zwei Leute von den De Haas begeistert waren: Der Instituts-Mechaniker und die Hausmeisterin ihrer Privatwohnung. Grüßen Sie beide herzlich von mir. Hoffentlich gelingt das neue Enkelchen recht gut. Im Sommer will ich den Versuch machen, nach Holland zu kommen; man bekommt aber schwer die Erlaubnis.

Es freut mich sehr, dass Sie sich so fruchtbar mit der Gravitationstheorie beschäftigen. Besonders gut hat mir die direkte Interpretation des Tensors K_{ab} gefallen, die mir neu war.^[2] Ich selbst habe mich mit der Integration der Feldgleichungen in erster Näherung beschäftigt und die Gravitationswellen untersucht. Die Resultate sind zum Teil überraschend. Es gibt dreierlei Wellen, von denen aber nur *ein* Typus Energie transportiert.^[3] Mit der Theorie der Ausstrahlung materieller Systeme bin ich noch nicht ganz fertig. Aber soviel ist mir klar, dass die Quanten-Schwierigkeiten auch die neue Gravitationstheorie treffen, ebenso gut wie die Maxwell'sche Theorie. Es hat mich sehr gefreut, dass Sie in Ihren Pariser Vorträgen die Schwankungs-Eigenschaften der Strahlung einer eingehenden Behandlung gewürdigt haben;^[4] hier treten die Unrichtigkeiten der Theorien am reinsten zutage.

Nun zu Ihrer Interferenzbetrachtung! Es hat mich amüsiert, dass Sie genau auf dasselbe Beispiel verfallen sind, das auch ich mir in den letzten Jahren habe oft durch den Kopf gehen lassen. Ich gebe Ihnen zu, dass die allgemeine Relativitätstheorie der Aetherhypothese näher liegt als die spezielle Relativitätstheorie. Aber diese neue Aethertheorie würde das Relativitätsprinzip nicht mehr verletzen. Denn der Zustand dieses $g_{\mu\nu}$ -Aethers wäre nicht der eines starren Körpers von selbständigem Bewegungszustande. Sondern ein Bewegungszustand wäre eine Funktion des Ortes, bestimmt durch die materiellen Vorgänge. Beispiel:



Wäre die Erde nicht da oder würde sie sich nicht drehen, so würden die Interferenzknoten der Ringe I und II relativ zu den „Fixsternen“, also auch relativ zu einander in Ruhe bleiben. Dreht sich die Erde aber, so drehen sich beide Knoten-

systeme aber in winzigem Prozentsatz mit, und zwar die von I wegen der geringeren Distanzen mehr als die von II. Die Knotensysteme I und II rotieren also mit winziger Geschwindigkeit gegen einander nach Massgabe der Erddrehung und der Entfernungen. Die Foukaultsche Pendelebene dreht sich auch ein wenig mit der Erde, etwa $0,01''$ pro Jahr. Schade, dass es nicht *mehr* ausmacht! Ich muss aber gestehen, dass mir das $g_{\mu\nu}$ System lieber ist als ein unvollkommener Vergleich mit einem stofflichen Etwas. Denn die Bevorzugung der gleichförmigen Bewegung findet in dieser modifizierten Aetherhypothese keinen Ausdruck, wohl aber in dem abstrakten System. Geht man nämlich von einem Weltstück von konstanten $g_{\mu\nu}$ aus, so ändert eine *lineare* Substitution der x_ν nichts an der Konstanz der $g_{\mu\nu}$, wohl aber eine *nicht lineare* Substitution der x_ν . Hieraus folgt, dass gleichförmige Relativbewegung kein Gravitationsfeld „erzeugt“ d.h. unmerklich ist im Gegensatz zur ungleichförmigen Bewegung. Jener fundamentale Unterschied von gleichförmig und ungleichförmig kommt aber in der Aethervorstellung nicht unmittelbar zum Ausdruck; man möchte vielmehr stets eine *gleichförmige* Bewegung *nachweisen* können.

Mit herzlichen Grüßen und den besten Wünschen für die Gesundheit Ihrer Frau

Ihr

A. Einstein.

^[1]Letter 313.

^[2] K_{ab} is the local Gaussian curvature. Lorentz showed that the Riemann curvature scalar, the Lagrangian for the metric field, can be interpreted in terms of the Gaussian curvature (see Lorentz 1916b, secs. 7–9; see also Janssen 1992 for a detailed analysis).

^[3]See Einstein 1916c.

^[4]See Lorentz 1916e.

315. From Max Planck, 23 October 1916

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 23. October 1916.

Lieber verehrter Herr College!

Schon zu lange habe ich mit meinem Danke für Ihren so freundlichen Brief vom 12. September gezögert. Er erreichte mich ziemlich verspätet auf der Ferienreise, und jetzt, da ich nach Hause zurückgekehrt bin, gab es so mancherlei zu ordnen, dass ich erst jetzt die Musse finde, Ihnen zu antworten. Wiederum haben Sie mich durch eine Reihe von Mitteilungen, die mich sehr interessiren, zu aufrichtigem Danke verpflichtet. Dass die Aufnahme, die meine Veröffentlichung im Ausland gefunden hat, keine wohlwollende war, wenigstens nicht von Seiten der politischen Zeitungen, hat mich keineswegs überrascht.^[1] Aber darauf kam es mir ja auch weniger an als vielmehr darauf mein Gewissen zu erleichtern und allen de-

nen, die mich persönlich kennen, von meiner wirklichen Gesinnung Kunde zu geben. Und dass mein Schreiben in dieser Beziehung nicht erfolglos war, auch wenn davon nichts in die Oeffentlichkeit dringt, glaube ich sicherlich.

Was nun Herrn Professor Massart anbelangt, so muss ich zunächst hervorheben, dass ich die Zusendung des Herrn Chodat mit dem Massart'schen Schreiben niemals erhalten habe.^[2] Vielleicht ist es andern Herren ebenso gegangen. Daher kam ich auch nicht in die Lage, mich auf eine Antwort zu besinnen. Die würde ungefähr folgendermassen gelautet haben. Eine unparteiische Untersuchung und endgültige Klarstellung der mit den „belgischen Greueln“ zusammenhängenden Tatsachen kann Niemand lebhafter herbeiwünschen als ich. Aber ebenso lebhaft ist meine Ueberzeugung, dass die Ausführung dieser Aufgabe vor dem Ende des Krieges unmöglich, später zum mindesten äusserst schwierig ist. Ich will gar nicht einmal das Hauptgewicht legen auf den Umstand, dass das Material zu einer solchen Untersuchung nur von den Regierungen zu erhalten sein würde, und dass, wie die Dinge jetzt liegen, daran nicht zu denken ist. Viel wichtiger ist mir der ernste Zweifel, ob es, trotz alles ehrlichen Willens sammtlicher Mitglieder der betreffenden Commission, möglich sein wird, wirklich wahrheitsgetreue Aussagen von denjenigen Personen zu erlangen, auf deren Zeugnis man in letzter Linie zurückgehen muss. Ist nicht die Ansicht (die entsetzliche!) vielfach verbreitet, dass es unter Umständen ein Gebot des Patriotismus ist, einen Meineid zu leisten? Denken Sie an den Fall Dreyfus, wo hochstehende Offiziere dieser Ansicht huldigten;^[3] und hier handelt es sich vielfach um einfache, leicht zu beeinflussende Leute. Ich will mit meinem Beispiel nicht sagen, dass so etwas nur in Frankreich vorkommen kann. Ganz gewiss nicht! Peccatur intra muros et extra. Aber es ist einmal leider so. Und dies ist der Hauptgrund, weshalb ich mir von einer derartigen Untersuchung keinen Erfolg versprechen kann. Wenn Sie von meiner Meinung Herrn Massart in irgend einer Form Kenntnis zu geben wünschen, so ist mir das natürlich sehr recht.

Ich freute mich sehr, durch Collegen Einstein, der sehr befriedigt von seiner Reise nach Holland zurückkam,^[4] einiges über Sie und die werten Ihrigen zu hören, und den Gruss von Ihnen zu empfangen, für den ich Ihnen herzlich danke. Er brachte dabei auch die oben erörterte Angelegenheit zur Sprache und liess mich hoffen, dass Sie meinem Standpunkt wohlmeinende Würdigung entgegenbringen möchten.

Meinem Sohn in Südfrankreich geht es Gottlob gut,^[5] ich bekomme jede Woche Nachricht von ihm, und er erhält auch alles, was man ihm schickt. Wenn er gesund wieder dereinst zu mir zurückkehrt, will ich dem Schicksal danken. Freilich habe ich schon ein schweres Opfer bringen müssen, das ich Ihnen mitteile, da Sie Sich so gütig und teilnehmend nach den Meinigen erkundigen. Mein ältester Sohn, Karl,^[6] Leutnant in der bayrischen Armee, ist im Mai d.J. bei Verdun gefallen. Auch ohne ein ausdrückliches Wort weiss ich, dass Sie meinen Schmerz verstehen.

In wärmster Verehrung verbleibe ich
Ihr treu ergebener

M. Planck

^[1]In general, Planck's statement (see Letters 308–310) was received unfavorably (see *Heilbron 1986*, pp. 78–79).

^[2]Jean Massart (1865–1925), Professor of Biology at the Université Libre in Brussels and under-director of the Section of Sciences of the Académie Royale Belgique, had drafted a letter to all 93 signatories of the “Aufruf an die Kulturwelt”. It was sent to them by Robert-Hippolyte Chodat (1865–1934), Professor of Botany at the Université de Genève, on 29 March 1916. The letter reports on a number of failed attempts to establish a mixed German-Belgian committee to investigate the events that had occurred in Belgium during the first weeks of the war, in particular the cruelties allegedly committed by the Germans. Massart appeals to the recipients of his letter to collaborate in the formation of an committee of investigation (see *Massart 1918*).

^[3]The French Army Captain Alfred Dreyfus was sentenced in 1894 by a military court in a secret trial to life imprisonment on Devil's Island on false charges of espionage. After the journalist Émile Zola had taken up his case, the fate of Dreyfus became a nation-wide affair. Dreyfus was eventually pardoned by the French president in 1899, but it took until 1906 before he was officially exonerated and restored in his military rank.

^[4]See Letter 316, note 1, for Einstein's visit to Holland.

^[5]Erwin Planck was a prisoner of war in France (see Letters 285 and 321).

^[6]Karl Planck (1888–1916).

316. From Albert Einstein, 13 November 1916

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

13.XI.16.

Hoch geehrter und lieber Herr Kollege!

Ich lebe noch ganz unter dem Eindruck der erquickenden Reise nach Holland.^[1] Nicht nur durch das Zusammentreffen mit hochgeschätzten Männern mit gleich gerichteten Bestrebungen machte dies Erlebnis so erlösend sondern insbesondere die Übereinstimmung in den Auffassungen über ausserwissenschaftliche Dinge. Ich habe nun mit Planck, Rubens, Waldeyer^[2] und Nernst über die Ihnen an Herzen liegende Angelegenheit gesprochen und kann Ihnen zu meiner Freude sagen, dass ich dabei bessere Erfahrungen gemacht habe, als ich erwartet hatte.^[3] Bei Planck und Rubens fand ich allerdings eine Art scheuer Ablehnung, die aber nicht einem schlechten Willen sondern einer Art Scheu gegenüber Handlungen von irgendwie politischem Beigeschmack zuzuschreiben ist. Denn Sie wissen ja selbst, dass ersterer ein Mensch von aussergewöhnlicher Gewissenhaftigkeit und Wahrhaftigkeit ist. Planck glaubt, dass er den Brief damals erhalten hat, war aber nicht ganz sicher.^[4] Rubens erinnerte sich nicht. Mit Waldeyer sprach ich neulich nach der Akademiesitzung. Er versicherte mir, dass der Brief nicht in seine Hände gelangt sei und versprach spontan, Ihnen selbst über die Angelegenheit zu schreiben.^[5] Er hält eine Ausführung erst nach dem Kriege für möglich, will sich aber mit voller Überzeugung dafür einsetzen. Er hält den Vorschlag für billig und gerecht und erhofft sich aus der Tilgung jeder Unklarheit eine Verbesserung der Be-

ziehungen zwischen den Gelehrten der gegnerischen Seiten. Seine ehrliche und durch keinerlei utilitaristischen Erwägungen verunreinigte Haltung that mir ungemein wohl. Auch Nernst begrüsst den Vorschlag. Er weiss nicht, ob er den Brief erhalten hat, und rügte die unpraktische Art der Inszenierung der Angelegenheit. Man werde überschwemmt von gedruckten Papieren, die von unbekanntem Männern stammen. Der Brief könne daher mit vielen andern ungelesen in den Papierkorb gewandert sein, worüber man weder ihm noch einem andern Menschen einen berechtigten Vorwurf machen dürfe. Er hielte es für richtig, wenn ein derartiger Vorschlag von hier bekannten Männern oder Körperschaften des neutralen Auslands ausginge. Dann würde niemand die Angelegenheit übersehen. Ihn führt die Klugheit zur Zustimmung anstatt der unmittelbare Wunsch, gerecht zu sein. Aber auch dies ist besser als das Fehlen von Klugheit *und* Gerechtigkeitsinn, wie es gewöhnlich angetroffen wird. Wie nötig übrigens eine objektive Untersuchung der Thatbestände wäre, erkenne ich am besten daraus, dass Nernst mir bona fide eine Darlegung der Thatsachen gibt, die sich in wesentlichen Punkten von Ihrem Bilde unterscheidet. — Ich glaube nun mit niemand mehr sprechen zu sollen, da mir Nernsts Meinung, die Anregung sei in wirksamerer Weise zu erneuern, richtig erscheint. —

Ich sende Ihnen gleichzeitig mit diesem Briefe eine kleine Arbeit, in der ich dargestellt habe, wie nach meiner Ansicht die Beziehung der Erhaltungssätze zum Relativitätspostulat aufgefasst werden soll.^[6] Ich habe mich bemüht, die Sache so kurz als nur möglich darzustellen, frei von allem unnötigem Beiwerk. Insbesondere wollte ich zeigen, dass der allgemeine Relativitätsgedanke bezüglich der Materie die Mannigfaltigkeit der möglichen Wahl der Hamilton'schen Funktion *nicht* in höherem Grade einschränkt als das spezielle Relativitätspostulat, da die Erhaltungssätze bei jeder Wahl von \mathfrak{M} erfüllt sind. Die von Hilbert getroffene Wahl erscheint daher durch nichts gerechtfertigt.^[7]

Seien Sie mit Ihrer Frau und Ihren Kindern herzlich gegrüsst von Ihrem
A. Einstein.

^[1]On 27 September 1916, Einstein left Berlin for Leiden where he stayed with Paul Ehrenfest until 12 October. He also visited Lorentz in Haarlem. It had taken him much trouble to obtain permission to travel to the Netherlands. For details on the trip, see *Klein 1970* and Einstein's correspondence with Michele Besso and Paul Ehrenfest in the late summer and fall of 1916 in *CPAE*, Vol. 8.

^[2]Wilhelm von Waldeyer-Hartz (1836–1921) was one of the two Permanent Secretaries of the Physikalisch-mathematische Klasse of the Prussian Academy of Sciences (Max Planck was the other one). He was also one of the signatories of the “Aufruf an die Kulturwelt”.

^[3]Einstein probably refers to the plan to form a mixed German-Belgian-neutral commission to investigate the occurrences in Belgium during the first months of the First World War (see Letter 315, note 2).

^[4]In Letter 315 Planck denied ever having received a letter from Chodat.

^[5]In a letter to Lorentz, dated 2 November 1916, Waldeyer expressed his sympathy with the plan to establish a mixed commission, but showed himself doubtful on the possibilities to carry it out under the given circumstances.

^[6]*Einstein 1916d*.

^[7] \mathfrak{M} is the material part of the lagrangian of Einstein's field equations. Hilbert had used Gustav Mie's choice for this quantity, in which the energy-momentum tensor of matter is taken to be a function of the electromagnetic four-potential and its first derivative only (see *Mie 1912–13* and *Hilbert 1915–17*).

317. To Arnold Sommerfeld, 14 February 1917

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, den 14 Februar 1917.

Lieber Herr Kollege,

Ich lese in der *Physikalischen Zeitschrift*, dass die Berliner Akademie Ihnen die Helmholtz-Prämie verliehen hat und möchte Ihnen nun zu dieser hohen Auszeichnung meine herzlichen Glückwünsche aussprechen.^[1] Ich benutze die Gelegenheit um Ihnen zu sagen, wie sehr ich Ihre Arbeiten über die Theorie der Spektrallinien und der Röntgenstrahlen bewundere.^[2] Ihre Resultate gehören zu dem Schönsten, das je in der theoretischen Physik erreicht worden ist. Wer hätte noch vor wenigen Jahren daran denken können, dass die Relativitätsmechanik uns den Schlüssel zur Enträtselung so mancher Geheimnisse liefern würde.^[3]

Ich hoffe sehr, dass es Ihnen und den Ihrigen in diesen traurigen Zeiten gut gehen möge.

Mit freundlichem Gruss,

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]For his paper *Sommerfeld 1916a* on the quantum theory of spectral lines, Sommerfeld had been awarded the Helmholtz prize of the Prussian Academy of Sciences (see *Physikalische Zeitschrift* 18 (1917): 44).

^[2]See, e.g., *Sommerfeld 1915a* on X-rays.

^[3]A reference to Sommerfeld's explanation of the fine-structure of spectral lines by including relativistic corrections in the calculation of the orbit of an electron around the nucleus (see *Sommerfeld 1915b*).

318. From Arnold Sommerfeld, 5 March 1917

Handwritten letter

München, 5.III.17.

Lieber und verehrter Herr College!

Nehmen Sie meinen allerherzlichsten Dank für Ihren gütigen und ehrenvollen

Brief!^[1] Nachdem mir Planck und Einstein durch die Berliner Akademie ihre Anerkennung ausgedrückt hatten, konnte mir nichts Erfreulicherer geschehen, als dass auch Sie Ihr Interesse an meinen Resultaten so warm und spontan bekundeten.

Als wir uns das letzte Mal in Brüssel sahen,^[2] war ich recht deprimiert und nervös herunter. Vielleicht besinnen Sie sich noch darauf, dass ich mich ziemlich mutlos von Ihnen verabschiedete. Ich hatte es damals nicht für möglich gehalten, dass mir wenige Jahre später ein so erfreulicher wissenschaftlicher Erfolg beschieden sein würde. Um so dankbarer bin ich für diese Wendung.

Die Deutung der gewöhnlichen Spektren liegt noch recht im Argen. Wenn auch die Ritz'sche Formel, wie Sie vielleicht aus meiner letzten Publikation gesehen haben, überraschend glatt herauskommt,^[3] fehlt es doch im Einzelnen an der numerischen Übereinstimmung. Dies zeigte mir inzwischen die Berechnung der Serien der Alkalien. Der Grund liegt wohl in der Vernachlässigung der Rückwirkung der äusseren auf die inneren Elektronen.

Sehr schön ist es, dass die Inconstanz der Schwingungsdifferenzen in der I. N.S.,^[4] die ich bei Li bemerkt habe, inzwischen von Paschen auch für He nachgewiesen ist.^[5]

Gestern habe ich in der Akademie eine Note über die Intensität der wasserstoffähnlichen Spektrallinien vorgelegt.^[6] Resultat: Nur bei Funkenanregung lässt sich die Intensität statistisch, d.h. aus der Wahrscheinlichkeit von Anfangs- und Endbahn berechnen; bei Gleichstromanregung dagegen kommen dynamische Umstände nach Art meiner Quantenungleichungen in's Spiel. Ich hätte die letzteren gerne ausgeschaltet, aber es ist unmöglich.

Meine engere Familie ist von den Kriegsereignissen im Wesentlichen verschont geblieben. Für Ihre Nachfrage auch hierüber bin ich Ihnen dankbar.

Es grüsst Sie herzlich

Ihr stets ergebener

A. Sommerfeld.

^[1]Letter 317.

^[2]At the second Solvay Conference in late October 1913.

^[3]See *Sommerfeld 1916b*. Walther Ritz had formulated a generalization of the well-known Rydberg formula for spectral lines of simple spectra (see *Ritz, 1903*).

^[4]Erste Neben-Serie.

^[5]See *Paschen 1916*.

^[6]*Sommerfeld 1917*.

319. To Albert Einstein, 22 March 1917

Handwritten copy (ETH, Zürich). All scientific content was omitted in the copy; the equation reproduced here and the paragraph preceding it are taken from Stargardt auction catalog 583 (1967). The original letter is in private hands and not available.

Haarlem, 22 März 1917.

Lieber Herr Kollege,

Es hat uns sehr Leid getan, von Ehrenfest zu hören, dass Ihre Gesundheit in der letzten Zeit zu wünschen übrig lässt,^[1] und dass Sie aus diesem Grunde den in den Osterferien abzuhaltenden Kongress der holländischen Naturforscher und Ärzte nicht werden besuchen können.^[2] Ich verstehe ganz gut, dass Sie die Ermüdung, die mit derartigen Versammlungen verbunden ist, zu vermeiden wünschen, und wie sehr wir uns auch über Ihre Mitwirkung freuen würden, so ist es doch viel wichtiger, dass Sie möglichst bald gründlich genesen. Sollte es Ihnen mitunter schwer fallen, sich so zu schonen, wie die Vorsicht es erfordert, so bitte ich Sie an die vielen Freunde und Fachgenossen zu denken, die sehnlichst wünschen, Sie gesund und kräftig zu sehen.

Nach der anstrengenden Arbeit der letzten Jahre haben Sie einige Ruhe wohl verdient. Könnten Sie nun nicht Berlin auf einige Zeit verlassen um in der Schweiz, oder hier irgendwo auf dem Lande Erholung zu suchen? In unseren östlichen Provinzen, sowie am Meere, giebt es manchen Ort, wo man sich einige Wochen behaglich aufhalten kann und Sie könnten die Wahl so treffen, dass Sie, ohne täglich diskutieren zu müssen, doch nicht ganz vom wissenschaftlichen Verkehr ausgeschlossen wären. Können wir Ihnen in dieser Beziehung irgendwie behilflich sein, so bitte ich sehr, es mir zu sagen. Aber vielleicht wäre die Schweizer Luft doch besser für Sie, und natürlich wird es Sie verlocken, Ihre Kinder in der Nähe zu haben.

Indes habe ich [...] eine nur von den gegenwärtigen Entfernungen r und von den Geschwindigkeiten v abhängige „Langrange’sche Funktion“ für eine beliebige Anzahl von Himmelskörpern aufgestellt. Genau in den Gliedern zweiter Ordnung (wie sie bei der Erklärung der Perihelbewegung Merkurs berücksichtigt werden müssen) hat diese Funktion folgende Gestalt:^[3]

$$\begin{aligned}
 L = & \frac{\pi}{\kappa c} \sum (i) \left\{ 2\alpha_i v_i^2 + \frac{1}{2c^2} \alpha_i v_i^4 - \frac{\alpha_i^2 v_i^2}{R_i} \right\} + \\
 & + \frac{\pi}{\kappa c} \sum (\bar{ij}) \left\{ 3(v_i^2 + v_j^2) - 7(v_i \cdot v_j) + v_{ij} v_{ji} \right\} \frac{\alpha_i \alpha_j}{r_{ij}} + \\
 & + \frac{\pi c}{\kappa} \sum (\bar{ij}) \left\{ 2 \frac{\alpha_i \alpha_j}{r_{ij}} - \frac{3}{5} \left(\frac{\alpha_i \alpha_j^2}{R_j} + \frac{\alpha_j \alpha_i^2}{R_i} \right) \frac{1}{r_{ij}} - \frac{\alpha_i \alpha_j^2 + \alpha_j \alpha_i^2}{2r_{ij}^2} \right\} \\
 & - \frac{\pi c}{\kappa} \sum (\bar{ijl}) \alpha_i \alpha_j \alpha_l \left(\frac{1}{r_{ij} r_{jl}} + \frac{1}{r_{jl} r_{li}} + \frac{1}{r_{li} r_{ij}} \right)
 \end{aligned}$$

[...]

Nach den Besprechungen, die Sie im Herbst mit den Berliner Kollegen hatten, habe ich von Planck und Waldeyer sehr freundliche Briefe erhalten.^[4] Ich fand noch keinen Anlass, auf die Angelegenheit zurückzukommen. Ich möchte nicht unbescheiden sein, zumal da die Frage, um die es sich handelt, in erster Linie für die Deutschen von Wichtigkeit ist: Indes giebt mir die Gesinnung der genannten Herren gute Hoffnung, dass nach dem Kriege etwas in der von mir gewünschten Richtung geschehen wird.

Mit herzlichen Grüßen von uns beiden, sowie von de Haas und meiner Tochter, und mit den besten Wünschen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein was suffering from serious stomach-trouble. See, for instance, *Pais 1982*, p. 300; see also Letter 326.

^[2]The 16th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres took place in The Hague from 12 to 14 April 1917.

^[3]In the Lagrangian below, $\alpha_i = (\kappa/4\pi)m_i$; m_i is the mass of body i , v_i its speed, and R_i a constant characterizing its size; r_{ij} is the relative distance and v_{ij} the relative speed of bodies i and j . The bar in the summations indicates that each pair of indices only occurs once. See *Lorentz and Droste 1917k, 1917l*, for more details and calculations.

^[4]See Letter 315 and Letter 316, note 5.

320. From Albert Einstein, 3 April 1917

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin. 3. April 1917.

Lieber Herr Kollege!

Ihre herzlichen Worte haben mir äusserst wohl gethan.^[1] Bei Ihnen hat die Natur die seltene Anwandlung gehabt, mit scharfem Geiste warmes Gefühl zu vereinigen. Wenn dies nur öfters so wäre; es würde wesentlich besser um die Allgemeinheit bestellt sein! Mit der Arbeit hängt mein Zustand wohl nicht wesentlich zusammen; derselbe ist wohl auf einen konstitutionellen Mangel zurückzuführen. Ich habe gar nicht viel gearbeitet, und das wenige unter idealen äusseren Bedingungen.

Dafür, dass ich bald wieder nach Holland komme, sorgt schon mein brennender Wunsch, Sie und die übrigen Fach- und Gesinnungsgenossen öfter zu sehen. Diesen Sommer muss ich allerdings zunächst nach der Schweiz, um mit meinen Kindern zusammen zu sein, vielleicht auch, um dabei in Tarasp eine Kur zu gebrauchen. Aber meine nächste Reise führt mich dann sicher zu Euch.

Es freut mich, dass Planck und Waldeyer Ihnen geschrieben haben. Letzterer ist noch von der guten Zeit, vor-Treitschke.^[2] Planck hat mir gar nicht gesagt, dass

er Ihnen schrieb; ich fürchtete deshalb, er habe es unterlassen. Die Jüngeren sind aber erheblich schlimmer, als diese. Ich bin überzeugt, dass es sich um eine Art geistiger Epidemie handelt. Denn anders kann ich es nicht fassen, dass in ihrem persönlichen Verhalten grund-anständige Menschen inbezug auf die allgemeinen Angelegenheiten einen so ganz andern Standpunkt einnehme. Ich kann nur die Zeit der Märtyrer, Kreuzzüge, Hexenprozesse zum Vergleich heranziehen. Nur ganz selten selbständige Charaktere können sich dem Drucke der herrschenden Meinungen entziehen. In der Akademie scheint kein solcher zu sein.

Ihre mit Droste zusammen verfasste Arbeit ist sehr interessant.^[3] Es ist schön, dass in *L* nur erste Ableitungen nach der Zeit vorkommen. Es ist dies ein Analogon zur Hamilton'schen Funktion des Gravitationsfeldes. Es ist schade, dass die Abweichungen von Newton so klein sind; aber schliesslich muss man froh sein, dass wenigstens der Fall des Merkur sich geboten hat.

Meine letzte Arbeit wird Ihnen nicht gefallen.^[4] Sie ist nur überzeugend, wenn man die Relativität der Trägheit fordert, d. h. wenn man überzeugt ist, dass sich die Trägheit restlos auf eine Wechselwirkung der betrachteten Masse gegen alle übrigen zurückführen lasse.

Gesundheitlich geht es mir wieder erheblich besser, insbesondere dank der sorgfältigen Ernährung, für welche meine hiesigen Verwandten^[5] durch die Hilfe ihrer süddeutschen Verbindungen haben sorgen können. Ohne diese Hilfe würde ich kaum hier bleiben können; ich weiss auch nicht, ob es so weitergehen wird.

Seien Sie mit Ihrer Frau und beiden de Haas herzlich gegrüsst von Ihrem

A. Einstein.

^[1]See Letter 319.

^[2]Heinrich von Treitschke (1834–1896) was a German historian with strongly nationalistic views. He was a proponent of a united Germany, led by Prussia.

^[3]*Lorentz and Droste 1917k*. See also Letter 319 for some more details.

^[4]*Einstein 1917*, in which Einstein develops his model of a closed static universe.

^[5]In particular his cousin and future second wife Elsa Einstein.

321. From Max Planck, 24 July 1917

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 24.7.17

Lieber verehrter Herr College!

Nehmen Sie meinen aufrichtigen herzlichen Dank für den freundlichen Ausdruck der Teilnahme an dem neuen Kummer, der meine Familie betroffen hat.^[1] Es wird mir noch schwer, mich in das unvermeidliche zu fassen, aber das Leben muss eben doch seinen Gang weitergehen, und Arbeit und Pflichterfüllung werden das beste Mittel abgeben, um allmählig wieder in das nötige Gleichgewicht zu kommen. Auch eine Freude ist mir in jüngster Zeit zu Teil geworden, dadurch dass

mein jüngster Sohn Erwin, der drei Jahre lang in französischer Gefangenschaft lag, nun nach der Schweiz ausgetauscht ist, und dass ich mit meiner Frau^[2] in wenigen Wochen die Aussicht habe ihn zu sehen.

Was nun den Hauptzweck Ihres werthen Schreibens vom 16. d.M. betrifft, so versteht es sich von selbst, dass ich alles aufbieten werde, was in meinen Kräften steht, um Ihnen und Herrn Solvay zu dienen. Ich habe soeben, zugleich im Namen der Herren Collegen Warburg, Nernst und Rubens, deren Einverständnis ich mich versicherte, ein Gesuch an den Generalgouverneur von Belgien, Herrn General von Falkenhausen, gerichtet, und um Gewährung der Pässe für Herrn Solvay gebeten.^[3] Diesem Gesuch habe ich das Ihrige als Anlage beigefügt, um die Veranlassung darzulegen und die Begründung zu verstärken. Wir haben es nämlich für zweckmässig gefunden, Ihr Gesuch nicht nur mit einigen empfehlenden Worten weiterzugeben, sondern es auch zu dem unsrigen zu machen, damit die Beantwortung einfacher wird. Ob nun der gewünschte Erfolg sich einstellen wird, ist mir natürlich verborgen; aber ich will doch die besten Hoffnungen hegen, und würde mich ganz besonders freuen, wenn Herrn Solvay dadurch eine Erleichterung in seinem schweren Schicksal verschafft werden könnte.

Sobald ich eine Antwort erhalte, schreibe ich Ihnen wieder.

Mit dem Ausdruck wärmster Verehrung und mit herzlichen Grüßen, auch an Ihre werthe Frau Gemahlin

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]On 15 May 1917 Planck's daughter Grete (*1889) had died, nine days after the birth of her first child. Two years later her twin sister Emma would suffer the same fate (see Letter 346).

^[2]Planck's second wife Margarethe (Marga) von Höblin (1882–1948).

^[3]Ernest Solvay had applied for a visa to travel to Switzerland. See also Letter 322.

322. From Max Planck, 3 September 1917

Handwritten letter.

z.Z. Hirtenstein im Allgäu 3. September 1917.

Lieber verehrter Herr College!

Es gereicht mir zur ganz besonderen Freude Ihnen mitzuteilen, was Sie wahrscheinlich inzwischen schon früher auf direkterem Wege gehört haben, dass nach einem mir soeben nachgesandten, vom 11. August datirten Schreiben der Herr General-Gouverneur von Belgien sich auf meine Fürbitte hin entschlossen hat, Herrn Solvay und seinem Sekretär die erbetene Ausreise nach der Schweiz zu genehmigen.^[1] Ich darf wohl annehmen und hoffen, dass Herr Solvay von dieser Erlaubnis sogleich Gebrauch gemacht hat, und wünsche von ganzem Herzen, dass er auf dieser Reise die gesuchte Erholung in vollem Maasse finden möge.

Ich verlebe hier in Bayern mit meiner Frau in voller Zurückgezogenheit einige Tage der Ruhe und Sammlung, nachdem ich kürzlich das Glück genossen habe, meinen seit September 1914 in Kriegsgefangenschaft befindlichen jüngsten Sohn Erwin zwei Wochen lang in Gersau am Vierwaldstätter See, wo er seit Juni interniert ist und sich wie im Himmel fühlt, wiederzusehen.

In alter Verehrung und Treue
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Letter 321.

323. To Woldemar Voigt, 23 September 1917

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich). The date is corrected because of the reference to the appointment of De Haas, which took place in 1917.

Haarlem, 23 September 1914.

Lieber und verehrter Freund,

Es hat uns sehr gefreut, Ihre Karte zu erhalten und daraus zu vernehmen, dass Sie beide gut gesund sind und wie es den Ihrigen geht. Was mich betrifft, so ist es nicht gut von mir gewesen, in so langer Zeit nichts von mir hören zu lassen. Ich bin nicht dazu gekommen hauptsächlich weil das fortdauernde Elend dieser Zeiten mich stets sehr drückt. Dazu kommt, dass es keinen Zweck hat, über das zu schreiben, was uns jetzt in erster Linie interessiert. Ich bin überzeugt, dass wir uns, wie sehr über Vieles auch unsere Meinungen auseinandergehen mögen, doch über manche wichtigen Punkte würden verständigen können, wenn wir sie ruhig besprechen könnten. Aber in Briefen geht das nicht.

Unseren Kindern geht es gut und wir freuen uns gerade in diesen Tagen die Ernennung unseres Schwiegersohnes de Haas zum Professor an der Technischen Hochschule in Delft. Der andere Schwiegersohn, Leemhorst, wohnt in Amsterdam, er ist Sekretär der Direktion der Holländischen Lloyd und hat also in diesen für unsere Schifffahrt so schwierigen Jahren immer angestrengte Arbeit. In jeder der beiden Familien gibt es 3 Enkelkinder. Meine Frau sorgt viel für sie (was Sie beide werden verstehen können), und sie kann das tun, obgleich ihre Gesundheit leider seit vielen Jahren nicht so ist, wie ich es wünschen würde. Sie leidet viel an den Folgen einer Insufficienz der Schilddrüse.

Unser Freund Zeeman ist, ebenso wie seine Frau, gut gesund, aber von Onnes kann ich das leider nicht sagen. Ein hartnäckiger Katarrh hat ihn fast ein halbes Jahr viel zu Hause gehalten und an der Arbeit gehindert. Indes, als ich ihn vor einigen Tagen besuchte, fand ich ihn frisch und munter; er hofft bald seine Vorlesungen wieder aufzunehmen.

Ich schicke Ihnen nächstens Separata aus den letzten Jahren;^[1] nicht über den Laue-Effekt, über den ich weiter nicht gearbeitet habe. Sie werden sehen, dass die Einstein'sche Gravitationstheorie mich ganz besonders interessiert hat; je mehr ich in dieselbe eingedrungen bin, um so mehr bewundere ich sie. Wer hätte früher denken können, dass es gelingen würde die Erscheinungen in allgemein kovarianten Gleichungen zu beschreiben! Auch Sommerfeld's Theorie der Spektrallinien ist wunderschön.^[2]

Wird es bei unseren Lebenszeiten möglich sein, das alles und so manches andere Ergebnis wissenschaftlicher Forschung in freundschaftlicher Diskussion unter Fachgenossen aus allen Ländern zu besprechen? Ich wage kaum es zu hoffen, jetzt da mir nicht nur die schönen Tage, die ich vor 7 Jahren in Göttingen zubrachte, sondern auch unsere letzte Zusammenkunft in Brüssel als ein lange Verschwundenes erscheinen.^[3]—

Es wird Sie gewiss interessieren, dass Herr Solvay uns zweimal in 1915 und 16 in diesem Lande besucht hat. Er hatte damals über seine Gesundheit nicht zu klagen, obgleich die Ereignisse in Belgien ihn natürlich sehr angegriffen haben. Spätere Nachrichten bestätigen mir das. Indes ist er im Stande, für Vieles zu sorgen.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Cf. Lorentz 1915a, 1916b, 1916c, 1916d, 1917d.

^[2]See, e.g., Sommerfeld 1915b, 1916a, 1916b.

^[3]See, e.g., Letters 212 and 259.

324. From Max Planck, 11 November 1917

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 11.11.17.

Lieber verehrter Herr College!

Es versteht sich, dass es mir eine Freude ist, Ihnen einen Dienst zu erweisen. Ich habe also das mir von Ihnen übersandte Schreiben weitergeleitet, und zwar an das General-Gouvernement in Belgien, und habe auch weiterhin einige eigene Worte hinzugefügt, worin ich meinem lebhaften Interesse Ausdruck gab, dass das General-Gouvernement sich in der Lage sehen möchte, dem von Ihnen überreichten Gesuch in irgend einer Weise entgegenzukommen.^[1]

Mehr konnte ich natürlich nicht tun, da mir die Persönlichkeit des Herrn B. sowie die einschlägigen Verhältnisse nicht bekannt sind.

Dass Herr Solvay von den ihm bewilligten Pässen^[2] nun doch keinen Gebrauch mehr machen konnte, tut mir recht herzlich leid und ist mir eine rechte Enttäuschung. Aber vielleicht nützt ihm der schliessliche Erfolg Ihrer Bemühungen um

ihn doch noch bei einer anderen Gelegenheit. Denn die erteilte Erlaubnis wird doch auch künftig noch wirksam sein. Mit diesem Gedanken will ich mich vorläufig trösten.

Für Ihre freundliche Teilnahme an dem Ergehen meines Sohnes Erwin danke ich Ihnen von Herzen. Mir ist jetzt das grosse Glück zu Teil geworden, dass mein Sohn im vorigen Monat aus der Schweiz nach Deutschland entlassen worden ist, obwohl seine Krankheit durchaus nicht ernster Natur ist und er sie eigentlich schon jetzt völlig wieder überwunden hat. Aber die Leiden, die er während der dreijährigen Gefangenschaft in Frankreich ausstehen musste, haben doch tiefe Spuren in ihm zurückgelassen.

Hoffentlich ergeht es Ihnen und den werten Ihrigen zufriedenstellend und erweist sich der Winter in seinem weiteren Verlauf günstiger als Sie befürchten zu müssen glauben. Jedenfalls wird er uns dem Frieden wieder etwas näher bringen. Das ist wenigstens eine Behauptung, die gewiss keinen Widerspruch zu befürchten hat.

In alter Treue und Verehrung verbleibe ich
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]Perhaps a reference to an intervention by Lorentz on behalf of a Mr. Bogaerts who was in prison in Aachen (see Letter 328).

^[2]See Letter 322.

325. From Albert Einstein, 18 December 1917

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

18.XII.17.

Lieber und verehrter Herr Kollege!

So lange habe ich nicht mehr die Freude gehabt, es mit Ihnen persönlich zu thun zu haben. Und nun ist eine etwas langweilige Sache die Ursache meines Briefes. Am 26. Mai d.J. haben Sie eine kurze Mitteilung von Herrn De Donder in Ihrer Akademie vorgelegt,^[1] welche auf einem Irrtum beruht. Wenn dieselbe nichts enthielte als einen Prioritätsanspruch, so würde ich auf dieselbe nicht zurückkommen müssen; da aber eine irreführende Behauptung darin ist, so muss im wissenschaftlichen Interesse irgendwie eine Berichtigung erfolgen. Die Form, in welcher diese Berichtigung am besten vorgenommen wird, überlasse ich ganz Ihnen; vielleicht stellt Herr De Donder den Sachverhalt am besten selbst in einer zweiten Note klar.^[2]

Es handelt sich um folgendes:

Die von mir in meiner Arbeit „Kosmologische Betrachtungen“^[3] aufgestellten Feldgleichungen (Gleichungen (9) in der De Donder'schen Note) sollen mit den

Gleichungen (1) der De Donder'schen Note gleichwertig sein, welche letztere Herr De Donder bereits früher angegeben hat.^[4]

Die Behauptung dieser Gleichwertigkeit beruht auf Irrtum. Um Sie nicht überflüssig lange mit der Angelegenheit zu behelligen, will ich gleich den Fehlschluss angeben. De Donder schliesst zu Unrecht, dass aus seiner Gleichung (15) das Verschwinden des Krümmungs-Skalars C (Gleichung 16) folge. Der Fehlschluss beruht darauf, dass zu Unrecht so geschlossen wird, wie wenn (15) eine *Identität* wäre, während es in Wahrheit eine *Bedingungsgleichung* für die Raumfunktionen λ , ρ und die $g_{\mu\nu}$ ist.^[5]

Zufolge dieser Schlussweise könnte man ebensogut so schliessen: Es gibt keine Kurve gemäss der Gleichung

$$x^2 + y^2 = R^2;$$

denn da die rechte Seite der Gleichung von x unabhängig ist, müsste es auch die linke Seite sein!

De Donder hat leider schon in einer früheren Arbeit^[6] irrtümlicherweise das Verschwinden von C behauptet, welche Behauptung nur bei verschwindendem Energie-Skalar T zutreffen könnte. Für die eigentliche Materie aber verschwindet der Energieskalar nicht. —

Ich bin unausgesetzt sehr deprimiert über das endlose Traurige, das wir erleben müssen. Selbst die gewohnte Flucht in die Physik hilft nicht immer. Gewiss geht es auch Ihnen so. Auch gesundheitlich geht es nicht besonders.

Seien Sie mit Ihrer Frau und mit Herrn und Frau De Haas herzlich gegrüsst von Ihrem

A. Einstein.

^[1]*De Donder 1917*. Théophile de Donder (1872–1957) was Professor of Mathematical Physics at the University of Brussels.

^[2]No rectification was ever published.

^[3]*Einstein 1917*.

^[4]See *De Donder 1916*.

^[5]Eq. (15) is a relation between the cosmological constant λ , the matter-density ρ and the curvature scalar C , which De Donder derived from Einstein's field equations. His conclusion $C = 0$ then led to his own field equations, derived earlier in *De Donder 1916*.

^[6]*De Donder 1916*.

326. From Max Planck, 5 January 1918

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 5. Jan. 1918.

Lieber verehrter Herr College!

Es freut mich sehr, Ihren werten Briefe vom 28. December v.J. entnehmen zu dürfen, dass Ihre Eingabe, die ich an das General-Gouvernement von Belgien wei-

tergeleitet habe, einigermaßen Erfolg gehabt hat.^[1] Ich wollte nur, ich könnte Ihnen noch wirkungsvoller an die Seite treten als es tatsächlich mir möglich ist.

Was nun die Angelegenheit du Bois betrifft, speziell die Ausfuhrbewilligung für seine magnetischen Instrumente, so bin ich selbstverständlich sehr gerne bereit, nach meinen besten Kräften zu einer gedeihlichen Förderung dieser Angelegenheit beizutragen, obwohl ich selbstverständlich aufrichtig bedaure, dass du Bois uns verlassen wird.^[2] Bisher hat er sich in dieser Sache noch nicht mit mir in Verbindung gesetzt. Ich hoffe daraus schliessen zu dürfen, dass keine erheblichen Schwierigkeiten zu überwinden sind. Freilich kann ich mir auch die Möglichkeit nicht verhehlen, dass eine etwaige Hilfeleistung von meiner Seite die Sache vielleicht garnicht vorwärts bringen würde, da es sehr auf die Behörde ankommt, mit der verhandelt werden muss.

Ihre freundlichen Wünsche zum neuen Jahre erwidere ich aufs wärmste, für Sie selber und alle Ihrigen, vor Allem Ihre verehrte Frau Gemahlin. Hat mir auch das vergangene Jahr viel Kummer gebracht, so erlebe ich doch jetzt das grosse Glück, meinen drei Jahre lang in Frankreich gefangen gewesenen Sohn an Leib und Seele unverletzt wieder hier zu haben.^[3] Und als ein weiteres Glück darf ich es betrachten, dass allem Anschein nach der Friede, den wir uns herbeiwünschen, nun nicht mehr in unabsehbarer Ferne zu liegen scheint, wie es noch im vorigen Jahr der Fall war.

Sie fragen nach Einsteins Befinden. Das ist eine recht ärgerliche Sache. Er leidet an einem Magengeschwür, welches sich deshalb nicht bessern kann, weil es durch die normale Verdauungstätigkeit, speziell durch die dabei entwickelte Magensäure, immer wieder gereizt und verschlimmt wird. Daher muss er sich möglichst ruhig halten (zunächst einmal 4 Wochen im Bett bleiben) und seine Nahrung nur in ganz kleinen Dosen von möglichst hohem Nährgehalt zu sich nehmen. Als ich vor ein paar Tagen ihn besuchte, bestand sein ganzes Mittagessen in einer winzigen Schale von Reis mit Milch und Zucker gekocht. Zum Glück geniesst er eine sehr gute und sorgsame Verpflegung, von einer Verwandten, bei der er wohnt,^[4] und auch seine Stimmung ist in der Regel gut, seine Arbeitsfreudigkeit ungemindert. Für gefährlich halte ich die Krankheit nicht, nach allem, was ich höre; aber es ist doch jammerschade um diese Beeinträchtigung seiner kostbaren Gesundheit. Sobald in dieser Beziehung etwas Neues zu berichten sein wird, schreibe ich Ihnen.

Zum Schluss die herzlichsten Grüsse von Ihrem treu ergebenen

M. Planck.

^[1]See Letter 324.

^[2]Henri du Bois, Professor of Applied Physics at the University of Berlin, had been appointed to a professorship in Utrecht.

^[3]See Letter 322.

^[4]His cousin and future wife Elsa Einstein. For Einstein's health, see, e.g., *Pais 1982*, p. 300.

327. To Max Planck, 31 January 1918

Handwritten draft. Dated from the reference in Planck's reply (Letter 328) to the letter sent.

Lieber verehrter Herr Kollege,

Es tut mir Leid, Sie wieder einmal belästigen zu müssen, nämlich mit der freundlichen Bitte, begehendes Gesuch, wie Sie es in einem früheren ähnlichen Fall getan haben, an die richtige Adresse zu befördern; Sie werden mich damit zu herzlichem Dank verpflichten.^[1]

Aus dem Inhalt werden Sie ersehen, um was es sich handelt. Ich brauche nur noch hinzuzufügen, dass der Generalgouverneur Herrn Solvay von dem in Rede stehenden Vorhaben in Kenntnis gesetzt hat; es würde sich handeln um Militäre (ich weiss nicht Offiziere oder Soldaten) die sich an grossen in der Nähe zu haltenden Vorträgen oder Übungen beteiligen müssen. Offenbar wären diese Massnahmen für Herrn Solvay und seine Mitwirker sehr peinlich, zumal das Institut de Sociologie insofern keinen öffentlichen Character hat, als es weder vom Staat noch von der Gemeinschaft abhängt.

Wenn Sie mit den Herren Warburg, Rubens und Einstein sich dazu entschliessen könnten, meine Bitte in irgend einer Weise zu unterstützen, so würde das die Aussicht auf Erfolg wesentlich erhöhen, und wäre ich Ihnen doppelt dankbar.

Ich habe ferner noch eine zweite Bitte an Sie zu richten. Von Herrn Philippe A. Guye in Genève habe ich neulich vernommen, dass Herr de la Vallée Poussin, der bekannte Mathematiker aus Löwen, seit Anfang des Wintersemesters an der Universität liest (als Stellvertreter eines kranken Kollegen).^[2] Seine Frau mit fünf Kindern, von 6 bis 13 Jahren, befindet sich in Löwen (149, Rue de la Station) und möchte sich jetzt gern auch nach der Schweiz begeben. Dabei scheint sie aber auf Schwierigkeit zu stossen, obgleich das jüngste Kind im vorigen Jahre ernstlich krank gewesen ist, und sie selbst seit langer Zeit leidet. Sowohl deutsche wie auch belgische Ärzte haben erklärt, die Übersiedelung nach der Schweiz sei für sie und die Kinder erwünscht. Herr Guye schreibt: À la fin d'octobre 1917, et en raison du fait que M. de la Vallée Poussin remplit des fonctions officielles dans notre Université, c'est-à-dire dans un pays neutre, le Département politique suisse doit avoir fait une démarche à Berlin en vue d'obtenir l'autorisation pour Madame de la V. P. et ses enfants de rejoindre son mari en Suisse. Pour des motifs ignorés, cette démarche est restée jusqu'à présent sans résultat.

Herr Guye hat wegen dieser Angelegenheit an unseren Kollegen Herrn E. Fischer geschrieben,^[3] und meine Bitte geht nun dahin ob Sie die Güte haben wollen, sie einmal mit diesem zu besprechen. Ich hoffe sehr, dass es den Berliner Physikern und Chemikern gelingen möge, für Frau de la V. P. die für sie so erwünschte Bewegungsfreiheit zu erwirken. Mit vielem Dank für Ihre Be[---] [---] herzl. Gr. von Haus zu Haus

treulich Ihr

H. A. L.

Vielen Dank auch für Ihre Nachricht über Einstein;^[4] ich bedauere es lebhaft, dass sie nicht besser sein konnte. Bitte, grüssen Sie ihn herzlich von mir wenn Sie ihn sehen.

^[1]As becomes clear from the denial of the request, a copy of which was enclosed in Letter 329, it concerns the planned use of the reading room of the Solvay-funded Institut de Sociologie in Brussels in a series of scientific lectures by and for members of the German military. Apparently, Solvay had called on Lorentz to petition the German Governor-General in Belgium to forbid this.

^[2]See Philippe A. Guye to Lorentz, 27 December 1917. Guye (1862–1922) was Professor of Chemistry at the University of Geneva; Charles Jean Gustave Nicolas de la Vallée Poussin (after 1928 Baron de la Vallée Poussin) (1866–1962) had been Professor of Mathematics at the University of Louvain since 1892. His manuscript for an important book was destroyed by the Germans during their invasion of Louvain in August 1914.

^[3]Emil Fischer (1852–1919) was Professor of Chemistry at the University of Berlin.

^[4]See Letter 326.

328. From Max Planck, 14 February 1918

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 14. Febr. 1918.

Hochverehrter lieber Herr Kollege!

Meine Antwort auf Ihren werten Brief vom 31. Januar^[1] hat sich leider etwas verzögert, weil ich gerne auch gleich berichten wollte über meine Rücksprache mit Herrn Kollegen Fischer in der Angelegenheit des Herrn de la Vallée Poussin. Nun war Herr Fischer in den letzten Wochen durch eine Erkrankung, eine hartnäckige Bronchitis, ans Bett gefesselt, so dass ich ihm erst gestern sprechen konnte. Er teilte mir mit, dass er sich auf das Schreiben von Herrn Guye hin mit unserem Kultusministerium in Verbindung gesetzt und um wohlwollende Förderung der Wünsche des Herrn de la Vallée Poussin gebeten habe. Auf seinem Rat habe ich auch selber noch an den Referenten im Ministerium, Herrn Professor Krüss^[2] geschrieben und ihm alles das ausführlich mitgeteilt, was Sie mir über Herrn de la Vallée Poussin und seine Familie geschrieben haben.* So darf ich hoffen, dass, wenn nicht ganz besondere mir unbekanntere Umstände vorliegen, es ihm in nicht zu ferner Zeit vergönnt sein wird, Frau und Kinder in Genf bei sich zu sehen.

Was nun den Hauptinhalt Ihres Briefes betrifft, so habe ich selbstverständlich sogleich Ihr Gesuch an den Herrn Generalgouverneur von Belgien, Generaloberst Freiherrn von Falkenhausen, weitergereicht, mit einem empfehlenden Schreiben, in welchem ich nicht nur in meinen eigenen, sondern auch nach Einholung der Er-

*Soeben teilt mir Herr Professor Krüss brieflich mit, dass er sich der Angelegenheit nach Kräften annehmen werde.

mächtigung dazu, in der Collegen Warburg und Rubens Namen, um eine wohlwollende Aufnahme Ihres Gesuches bat. Ich will Ihnen allerdings nicht verhehlen, dass ein Erfolg desselben mir nicht sehr sicher zu erwarten scheint, einmal wegen der Kürze der Zeit — denn bis zum 1. März sind es nur noch einige Wochen — und dann aus der Erwägung, dass unter den gegenwärtigen Umständen die militärischen Gesichtspunkte allen andern übergeordnet werden. Indess ich will gerne an der Hoffnung festhalten und würde mich ganz ausserordentlich freuen, wenn Ihr Schritt doch zum gewünschten Ziel führen und Herrn Solvay die drohende Unbequemlichkeit erspart bleiben würde.

Inzwischen ist mir auch in der Angelegenheit des Herrn Bogaerts^[3] von dem Gericht des Militar-Gouvernements der Provinz Limburg der Bescheid auf Ihre Gesuch zugegangen mit der Bitte, Sie davon zu verständigen. Danach ist jetzt gestattet worden, dass Herr Bogaerts in dem Aachener Gefängnis, wo er sich befindet, mit wissenschaftlichen Arbeiten sich beschäftigen darf. Dagegen befindet der Präsident des Reichsmilitärgerichts nach Prüfung der Sache sich nicht in der Lage, ein Begnadigungsgesuch Allerhöchsten Ortes befürwortend vorzulegen.

Ihren Gruss an Einstein habe ich gestern bestellt und soll ihn herzlich erwidern. Es geht ihm jetzt Gottlob entschieden besser. Er steht täglich schon für einige Stunden auf und wird nächstens auch etwas ausgehen dürfen. Nur muss er sich im Ganzen sehr ruhig halten und möglichst wenig Quantitäten Nahrung zu sich nehmen. Zum Glück ist er bei seinen Verwandten ausgezeichnet versorgt, ich habe den Eindruck, dass wirklich alles geschieht, um für sein leibliches Wohl zu sorgen. Mit Beginn der besseren Jahreszeit wird er voraussichtlich eine Luftveränderung vornehmen.

Nun wünsche ich Ihnen und den werten Ihrigen noch alles Gute für den kommenden Frühling und uns allen die Wiederkehr des ersehnten Friedens.

In unveränderlicher Gesinnung

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]See Letter 327 for a draft.

^[2]Hugo Andres Krüss (1879–1945) was ministerial director for Academy Matters in the Prussian Ministry of Education.

^[3]See Letter 324.

329. From Max Planck, 4 March 1918

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 4. März 1918.

Hochverehrter lieber Herr College!

Beiliegend übersende ich Ihnen ergebenst in Abschrift ein mir soeben vom General-Gouvernement in Belgien zugegangenes Schreiben in der Angelegenheit des

Solvayschen Institut de Sociologie, welches zugleich eine Beantwortung Ihres Gesuches darstellt.^[1]

Ein im General-Gouvernement arbeitender Offizier suchte mich persönlich auf und gab mir mündlich noch einige nähere Erläuterungen über den Verlauf der mit Herrn Solvay und den Directoren des Instituts geführten Verhandlungen, die ja leider ergebnislos verliefen. Es war mir aber doch sehr interessant, auf diese Weise näheres über die Sache zu erfahren. So wurde z.B. betont, dass der Lesesaal der einzige Raum des Instituts sei, der für die Hochschulkurse beansprucht wurde, und ferner, dass dieser Saal gegenwärtig so gut wie garnicht anderweitig benutzt wird, es also durchaus nicht in der Absicht der deutschen Behörde liegt, irgend Jemanden in seiner wissenschaftlichen Arbeit zu beeinträchtigen.

Natürlich bedaure ich sehr, Ihnen keinen wirksameren Beistand haben leisten zu können. Aber ich kann mich doch auf der anderen Seite auch den Gründen nicht verschliessen, die zur Ablehnung der Forderung auf gänzlichen Verzicht hinsichtlich des Lesesaals geführt haben.

Die Angelegenheit der Pässebewilligung für die Familie des Herrn de la Vallée Poussin ist in gutem Zuge.^[2] Wenigstens wurde mir im Kultusministerium versichert, dass von dort aus alles geschehen würde, um eine günstige Erledigung zu erzielen.

In der Hoffnung, dass es Ihnen und den werten Ihrigen wohl ergeht, verbleibe ich mit herzlichem Gruss

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]See Letters 327 and 328. The letter, dated 26 Februari 1918, denied Lorentz's request (see Letter 327, note 1, for more details).

^[2]See Letters 327 and 328.

330. From Max Planck, 31 March 1918

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 31. Marz 1918.

Hochverehrter lieber Herr College!

Es ist mir recht schmerzlich, aber ich darf es doch nicht unterlassen, Ihnen mitzuteilen, dass ich soeben aus unserem Kultusministerium eine Nachricht erhielt, welche die Hoffnung auf eine Bewilligung der Reisepässe für die Familien-Angehörigen des Herrn Professor de la Vallée Poussin auf ein Minimum reducirt, da der zuständige Stellvertretende Generalstab sich gegen das Gesuch um Ausreise nach der Schweiz ablehnend ausgesprochen hat.^[1] Ueber die Gründe dieser Entscheidung hat der Kultusreferent einstweilen nichts Näheres erfahren; es muss wohl irgend etwas vorliegen, was als Grund für eine besondere Behandlung dieses Falles

erachtet wird. Denn sonst wäre der betrübliche Ausgang nicht recht verständlich. Wenn ich etwas weiteres darüber hören sollte, schreibe ich Ihnen natürlich darüber.

Nehmen Sie auch noch meinen besten Dank für die freundliche Zusendung der verschiedenen Separata aus den Sitzungsberichten der Akademie von Amsterdam. Ihre Kritik der verschiedenen Gasttheorien, die anlässlich der Wolfskehl-Veranstaltung i.J. 1913 in Göttingen vorgetragen wurden,^[2] habe ich mit besonderem Interesse studiert und, wie selbstverständlich, vielfach berechtigt gefunden. Auch in Ihre wunderschönen Vorträge über die statistische Theorieen in der Thermodynamique (Paris, Collège de France)^[3] habe ich mich in der letzten Zeit gründlich vertieft und viel Anregung davon empfangen. Doch glaube auch ich in der Zwischenzeit ein Stück weiter gekommen zu sein, wie ich in der diesjährigen Wolfskehl-Woche (13. bis 18. Mai) darzulegen versuchen werde.^[4] Es wird mir immer deutlicher, dass für die weitere Entwicklung der Quantentheorie vor Allem von Bedeutung sein wird die Entscheidung der Frage, ob man für die Fortpflanzung der Wärme-Strahlung im reinen Vacuum mit der Undulationstheorie auskommen wird oder ob man gezwungen ist, eine Art Lichtquantentheorie einzuführen. Denn von dieser Entscheidung hängt unendlich viel anderes ab. Einstweilen versuche ich immer noch mit der Undulationstheorie auszukommen, und zwar hauptsächlich deshalb, weil diese Theorie jedenfalls den Vorzug hat, auf viele Fragen eine ganz *bestimmte* Antwort zu geben. Man kann also auf diesem Wege am ersten hoffen, zu einem Widerspruch mit den Tatsachen zu kommen, falls ein solcher vorhanden ist. Einstweilen habe ich aber noch keinen gefunden.

Mit herzlichem Grusse und den besten Wünschen für Sie und die werten Ihrigen

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]See Letters 327–329 for the request.

^[2]*Lorentz 1917a*. The paper discusses the contributions of Planck and Sommerfeld contained in *Planck et al. 1914*.

^[3]*Lorentz 1916e*.

^[4]Max Planck was the only lecturer at the 1918 Wolfskehl week.

331. From Woldemar Voigt, 30 May 1918

Handwritten letter.

Göttingen 30.V.18.

Verehrter Freund!

Ich möchte Ihre Ansicht in einer wissenschaftlichen Frage erbitten. Beobachtungen von Dr. Scherrer hier haben festgestellt, dass Kriställchen von Au und Ag von nur etwa 5 Atomabständen längsdimension merklich *dieselbe* Atom-Struktur

zeigen, wie *grosse* Individuen!^[1] Dies deutet *bestimmt* darauf hin, dass, wie schon wiederholt vermutet, die Wechselwirkungen zwischen den Atomen, welche die Kohäsionserscheinungen bedingen (ähnlich wie die chemischen*) nur zwischen *direkt benachbarten* Atomen stattfinden. Ich habe nun zugesehen, ob man nicht, von bekannten Strukturen ausgehend, zunächst bei *regulären* Kristallen *auf der angegebenen Grundlage* zu einer Deutung einer Reihe von hier beobachteten elastischen Singularitäten (zum Beispiel *Querdehnung* eines Zylinders bei *Längsdehnung*, festgestellt bei Pyrit und Natriumchlorat) gelangen kann.^[3]

Um ein mechanisch zulässiges System von solchen Nah-Wirkungen zwischen Atomen zu erhalten, bin ich von dem sehr allgemeinen *Bild* ausgegangen, die Nachbaratome durch dünne *elliptische* Zylinder verbunden zu denken, die in den Atomen „befestigt“ sind und auf Dehnung, Biegung, Drillung beansprucht werden. Schliesslich gelange ich durch Fallenlassen der Ausgangsvorstellung zu recht allgemeinen Gesetzen der Nahwirkungen, und die Resultate bez. der Elastizitätstheorie sind mir recht interessant.

Natürlich kommen unter den angenommenen Umständen *Drehungen* der Atome zustande, und sie sind *unenbehrlich* um die Beobachtungen zu deuten. Ich halte solche Drehungen auch für selbstverständlich; nachdem Symmetrien an Atomen nachgewiesen (s. Diamant), kann man sie nicht mehr als Punkte behandeln.

Hierdurch entsteht natürlich eine Schwierigkeit bez. der spezifischen Wärme. Meine Frage geht nun dahin: sind in dem angegebenen Falle, wo die Drehungen zwangsweise mit den Verschiebungen gekoppelt sind, sich nämlich aus letzteren bestimmen, diese Drehungen wirklich als *selbständige Freiheitsgrade* zu zählen? Und wenn *ja*, kann man die Schwierigkeit bezüglich der spezifischen Wärme nicht dadurch erledigen, dass man wegen der kleinen Trägheitsmomente der Atome die Eigenfrequenzen der Rotationen *sehr hoch* annehmen kann.

Ich wäre Ihnen herzlich dankbar, wenn Sie sich die Mühe nehmen wollten, mir Ihre Ansicht zu schreiben;^[4] ich fühle mich in dem Gebiet nicht ganz sicher und bin durch die Jahre der Aufregung noch besonders reduziert! —

Mit inniger Teilnahme lesen wir, dass Ihr uns so nahestehendes Volk trotz musterhafter Neutralität an den Leiden des Krieges Teil nehmen muss. Bei uns scheint es in der Ernährung beinahe besser zu stehen, als bei Ihnen!^[5] Wir haben viel Gewohntes aufgegeben und Ungewohntes angenommen, leiden aber keinen direkten Mangel. Dass wir wiederholt Verhandlungen zur Verständigung angeboten haben, und am Fortdauern des Krieges keine Schuld tragen, wird hoffentlich dazu beitragen, uns für Ihre Leiden nicht verantwortlich zu machen! Im Übrigen hoffen wir, dass unsere neuen Erfolge uns dem Frieden näher bringen möchten.^[6]

Ihrer und der *lieben* Ihrigen denke ich in Treue.

Ihr

W. Voigt

^[1]See Scherrer 1917.

^[2]See Bragg and Bragg 1913.

*Ideen zum Beispiel von Bragg bei Diamant.^[2]

^[3]See Voigt 1918a, 1918b.

^[4]See Letter 333.

^[5]Rationing of food and other necessities in the Netherlands had started in January 1917.

^[6]Voigt refers to the initial German successes in the Aisne offensive, which started on 27 May. After rapid progress during the first days, with troops coming to within 90 kilometers of Paris, the offensive slowed down and on 4 June it had stopped altogether. The Germans suffered around 130,000 casualties.

332. From Max Planck, 1 June 1918

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 1. Juni 1918.

Lieber verehrter Herr College!

Ihre werten Briefe vom 20. und 21. Mai empfangen mich beide bei meiner Rückkehr von der Pfingstreise, am 25. Mai, und da mir die Angelegenheit Solvay dringlich schien, habe ich Ihr Gesuch sogleich an das Generalgouvernement in Belgien weitergeleitet, zugleich mit einem Schreiben, in welchem ich eine Bewilligung der Reise-erlaubnis für Herrn Solvay mit Hinweis auf sein ehewürdiges Alter und seine vielseitig anerkannten Verdienste um die deutsche Wissenschaft aufs wärmste befürwortete.^[1] Hoffen wir nun, dass die Bewilligung diesmal rechtzeitig eintrifft und dass nicht neue Complicationen die Angelegenheit wieder verschleppen.

Für die so freundliche Glückwünsche zu meinem Geburtstag danke ich Ihnen und Ihrer hochverehrten Frau Gemahlin aufs wärmste.^[2] Es sind mir bei diesem Anlass mannigfache Beweise freundlicher Gesinnung zu Teil geworden. Aber Niemand kann lebhafter als ich selber durchdrungen sein von der Würdigung des Umstandes, dass meine Arbeiten nur den ersten leisen Anstoss gegeben haben zu dem Grossen, was dann erfolgte, und dass dieser Anstoss um die betreffende Zeit kommen musste; von welcher Seite, ist im Grunde gleichgültig. Ich möchte nur noch erleben, nach welcher Seite sich die Quantentheorie schliesslich auswachsen wird, besonders wie sich ihr Verhältnis zur klassischen Undulationstheorie des Lichtes stellen wird. Dieses Verhältnis möglichst weit zu verfolgen und die bestehenden Gegensätze möglichst auf die Spitze zu treiben, um eine Entscheidung zu erzwingen, ist jetzt mein Hauptinteresse.^[3] Deshalb sind mir auch gerade Ihre Bemerkungen über die neue Arbeit von Ihrem Herrn Schwiegersohn von hohem Werte.^[4] Sie unterstützen die Ansicht, die ich zur Zeit immer noch hege, dass für die Fortpflanzung des Lichtes im leeren Raum die klassische Optik vollkommen ausreicht. Soweit befinde ich mich, wie ich glaube, mit Ihnen in Uebereinstimmung. Doch kann ich Ihnen in die Auffassung (Les théories statistiques en Thermodynamique, p. 77)^[5] nicht folgen, dass man den Aether und die Resonatoren zusammen als *ein* System zu betrachten hat, *innerhalb* dessen sich die Vorgänge

ganz nach der klassischen Theorie abspielen. Denn wenn dies vorausgesetzt wird, nehmen die Resonatoren einer bestimmten Schwingungszahl notwendig die Ener-

gieverteilung $Ce^{-\frac{\epsilon}{kT}}$ an (denn die stationäre Energieverteilung ist durch die klassischen Gesetze der Emission und Absorption in einem bestimmten Strahlungsfelde vollkommen bestimmt), während dagegen der Energie-Austausch mit den

Atomen die Energieverteilung $Ce^{-\frac{nh\nu}{kT}}$ (n ganze Zahl) fordert. Daher glaube ich, dass man ohne eine Modification der klassischen Gesetze der Emission und Absorption nicht durchkommt.

Einstein hat sich sehr über Ihren Gruss gefreut. Es geht ihm wieder ganz leidlich, doch wird er zur Erholung diesmal nicht, wie sonst immer, in die Schweiz gehen, sondern wahrscheinlich irgendwohin an die Ostsee, zum Teil wohl mit aus dem Grunde, um dem etwas angreifenden Verkehr mit den zahlreichen Bekannten aus dem Wege zu gehen.

Mit herzlichem Grusse und den allerbesten Wünschen für Ihr und der Ihrigen ferneres Wohlergehen verbleibe ich in alter Treue und Verehrung

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Letter 322 for an earlier visa application of Ernest Solvay.

^[2]Planck's 60th birthday fell on 23 April 1918; it was celebrated three days later. See *Warburg et al. 1918* and the special issues of *Die Naturwissenschaften* and of the *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*.

^[3]See, e.g., *Planck 1919*.

^[4]See *De Haas 1918a* (or its translations *De Haas 1918b, 1918c*) and *Lorentz 1918b*. It concerns experiments and theoretical considerations on the diffraction pattern produced when light passes through a large number of irregularly arranged circular holes of equal size. It was unclear whether classical optics was able to explain the observed pattern.

^[5]*Lorentz 1916e*.

333. To Woldemar Voigt, 17 September 1918

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Haarlem, 17 September 1918.

Verehrter Freund,

Ich bitte Sie sehr, es zu entschuldigen, dass ich erst jetzt dazu komme, Ihr letztes Schreiben zu beantworten;^[1] ich hätte es schon eher getan, wenn ich Ihnen etwas sagen könnte, das Ihnen nicht vollkommen bekannt ist.

Bei der Frage nach der Anzahl der Freiheitsgrade und der dieser Anzahl entsprechenden spezifischen Wärme (Äquipartition vorausgesetzt), kommt es wie mir scheint, nur darauf an, wie viele von einander unabhängige Glieder in dem

Ausdruck für die kinetische Energie vorkommen. Bestehen die Koppelungen zwischen den Verschiebungen und den Drehungen der Atome in gewöhnlichen Kräften, die in irgend einer Weise von der gegenseitigen Lage der Atome und ihrer Bestandteile abhängen, so werden auch den Drehungen selbständige Freiheitsgrade entsprechen. Man hätte eben als Koordinaten auch alle diejenigen Winkel einzuführen, die die Orientierung der einzelnen Atome bestimmen.

Nur im Falle absolut starrer kinematischer Verbindungen könnte man zu einer kleineren Anzahl von Freiheitsgraden gelangen; auch die Anzahl der Koordinaten wird in diesem Falle geringer, da eine für ein Atom eingeführte Koordinate uns sofort etwas über die Lage der benachbarten Teilchen lehrt.

Dass übrigens nach der Quantentheorie der Anteil der spezifischen Wärme, welcher der Rotation der Atome entsprechen würde, sehr klein werden kann, wenn infolge der kleinen Trägheitsmomente die Eigenfrequenzen der Rotationen sehr hoch werden scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen.

Selbstverständlich können wir gegenwärtig wohl sagen, dass eine befriedigende Einsicht in die in Rede stehenden Erscheinungen auf dem Wege zu suchen sein wird, den Bohr, Debye u.A. mit so schönem Erfolg durch ihre Betrachtungen über die Struktur von Atomen und Molekülen angebahnt haben. Es wird sich dabei darum handeln, diese Betrachtungen auch auf die gegenseitige Bindung der Teilchen auszudehnen und scharf festzusetzen, in wiefern die im System vorkommenden Bewegungen durch Quantenbedingungen festzulegen sind, und in wiefern ihre Energie Änderungen erleiden kann, sodass man sie zu der „Wärmebewegung“ rechnen kann.

Wir sind indes noch wohl weit davon entfernt, in dieser Weise das Endziel zu erreichen, und daher scheinen mir Ihre Untersuchungen, von denen Sie so freundlich waren mir etwas mitzuteilen, von grosser Wichtigkeit.

In der Hoffnung, dass es Ihnen und den Ihrigen gut gehen möge und mit herzlichsten Grüssen von Haus zu Haus

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Letter 331.

334. From Albert Einstein, 26 April 1919

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

26.IV.19.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Sie erinnern sich sicher noch der traurigen Gespräche über die Kriegsgreuel, die wir vor 3 Jahren in Holland zusammen führten.^[1] Die Erinnerung daran, dass

Sie an diesen schrecklichen Dingen den lebhaftesten Anteil nahmen, ermutigt mich, Ihnen folgendes zu unterbreiten.

Es hat sich hier aus wenigen Privatleuten eine Kommission gebildet,^[2] die es sich zur Aufgabe gesetzt hat, die im Ausland bekannt gewordenen und als erwiesenen geltenden Anklagen gegenüber der deutschen Kriegführung an Hand hiesiger und womöglich auch ausländischer offizieller Dokumente einer gewissenhaften Prüfung zu unterziehen und das Resultat hier zu veröffentlichen. Der Kommission gehöre ich selber an und ausserdem noch fünf Leute hier, für deren absolut lautere und ernste Gesinnung und Gerechtigkeitswillen ich einstehe.

Um uns in den Besitz eines als Basis (Anhaltungspunkt) dienenden Anklagematerials und womöglich von Beweis-Dokumenten zu setzen, müssen wir unsere Kommission durch im neutralen Ausland wohnende Mitglieder erweitern. Wir wären glücklich, wenn Sie, verehrter Kollege, selbst der Kommission beitreten würden. Denn Ihre grosse Erfahrung in menschlichen Dingen und Ihr Name würden der Bestrebung ungemein nützen. Wenn Sie dies aber aus irgend welchen Gründen nicht wünschen, so bitte ich Sie, mir eine Person in Holland zu nennen, die nach Ihrer Ansicht willens und fähig wäre, an unserer Aufgabe im angegebenen Sinne mitzuwirken.^[3]

Ich glaube, dass ein langsamer Abbau des furchtbaren Hasses nur dann möglich sein wird, wenn die Wahrheit rückhaltlos aufgedeckt ist. Es gibt hier viele durchaus ehrenhafte Menschen die alle jene schweren Anklagen, soweit ein gedämpfter Ton über dieselben zu ihnen gedrungen ist für tendenziöse Lügen halten; solchen Menschen Aufklärung zu bringen ist unser Ziel.

Es grüsst Sie von Herzen

Ihr ganz ergebener

A. Einstein

^[1]During Einstein's visit in September/October 1916 (see Letter 316).

^[2]It is not known who these were; it is likely, however, that at least part of this group coincided with the group that published *Arco at al. 1919*, a brochure dealing with the happenings during the war in the French town of Lille (see Letter 338).

^[3]See Letter 335 for Lorentz's response.

335. To Albert Einstein, 4 May 1919

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 4 Mai 1919

Lieber Herr Kollege!

Mit lebhaftem Interesse habe ich gelesen was Sie über den Plan schrieben, den Sie mit einigen gleichgesinnten Männern gefasst haben,^[1] und herzlich hoffe ich, dass Sie Ihr Vorhaben werden verwirklichen können und in dieser Weise dazu bei-

tragen werden, die jetzt bestehende heftige Erbitterung allmählich zu lindern. Dass Ihr Unternehmen keineswegs leicht sein wird, werden Sie sich nicht verhehlen. Eine Hauptschwierigkeit liegt natürlich darin, dass der Schritt erst jetzt getan wird; zu einer Zeit, da Deutschland noch siegreich war, hätte er erfolgreicher sein können. Indes, es ist jedenfalls von hohem Wert, zu tun was jetzt möglich ist.

Was die praktische Ausführung betrifft, so ist wohl klar, dass es für eine aus Privatpersonen zusammengesetzte Kommission manchmal schwer halten wird, sich eine für Alle überzeugende Gewissheit zu verschaffen. Viele Tatsachen wurden sich nur dann einwandfrei feststellen lassen, wenn eine mit der nötigen Autorität bekleidete Kommission an Ort und Stelle eine gerichtliche Untersuchung anstellen könnte.

Das wird Ihrer Kommission unmöglich sein und wird sie sich darauf beschränken müssen, das bereits publizierte Material, sowie die Aussagen glaubwürdiger Personen zu sammeln und nach sorgfältiger Prüfung nach bestem Wissen ein Urteil abzugeben. Freilich kann auch schon das sehr nützlich und zweckdienlich sein.

Vorläufig scheint es mir nicht angemessen, dass ich zu den Beurteilern gehöre; ich weiss nicht, ob das im Interesse der Sache wäre und es würde wohl auch meine Zeit und Arbeitskraft zu viel in Anspruch nehmen. Sehr gern werde ich aber versuchen, Ihnen bei der Herbeischaffung der erforderlichen Daten behilflich zu sein; sofern diese aus den Ländern erhalten werden müssen, die von dem Krieg zu leiden hatten, wird, wie Sie mit Recht bemerken, die Mitwirkung von Zwischenpersonen unentbehrlich sein.

Es scheint mir übrigens unumgänglich nötig, dass Sie auf eine gewisse Unterstützung seitens der deutschen Regierung rechnen dürfen. Sie müssen davon versichert sein, dass diese dazu mitwirken will, volles Licht zu verbreiten, und dass man der Veröffentlichung des Urteils der Kommission und der freien Diskussion darüber nichts in den Weg stellen wird. Diese Gewissheit müssen Sie, wie mir scheint, haben, bevor Sie sich in irgend einer Weise mit Belgiern und Französen in Verbindung setzen, denn wenn diese von Ihrem Vorhaben hören, und nachher erfahren sollten, dass Sie nicht völlig frei sind, sich zu äussern, so wäre offenbar mehr verloren als gewonnen.

Ich werde in den nächsten Tagen mit meiner Frau nach Paris reisen, um ihre Schwester^[2] zu besuchen und wir gedenken uns auf der Rückreise einige Zeit in Brüssel aufzuhalten. Ich werde also Gelegenheit haben, mit verschiedenen Personen zu sprechen, in Frankreich mit Fachgenossen, in Belgien mit den Herren Solvay, Heger, Tassel^[3] und einigen anderen. Speziell denke ich an Prof. Massart, der vor einigen Jahren an die 93 deutschen Gelehrten und Künstler die, leider so gut wie unbeantwortet gebliebene Forderung* gestellt hat, die Initiative zu einer Untersuchung wie die von Ihnen ins Auge gefasste zu nehmen.^[5] Ich hoffe ihn jetzt dazu bereit zu finden, die Ausführung des Planes zu fördern. Vielleicht — aber das muss ich von den Umständen abhängen lassen — werde ich auch versuchen kön-

*Sie kennen den Brief, den, unabhängig von dieser Forderung, Planck, im Einverständnis mit einigen Berliner Kollegen, mir damals hat zukommen lassen.^[4]

nen, mich mit Vertretern der Geistlichkeit und der Freimaurerei in Verbindung zu setzen; Sie wissen, dass auch von diesen Kreisen Aufforderungen an die Deutschen, ähnlich wie die des Herrn Massart, ausgegangen sind. Ferner denke ich an Prof. Noyons in Löwen;^[6] er ist Holländer und hat vieles mit erlebt, da er die ganze Kriegszeit über in Löwen war.

Jedenfalls, wer es auch sein möge, mit dem ich die Sache bespreche, es wird nötig sein, Ihren Namen zu nennen; dabei werde ich selbstverständlich für Ihre absolute Wahrheitsliebe und für die Rechtschaffenheit Ihrer Gesinnung einstehen.

Mit Holländern würde ich konfidentiell sprechen können, aber es würde nicht angehen, Andere um Geheimhaltung zu bitten.

Es wäre mir nun sehr lieb, von Ihnen zu hören, ob es Ihren Wünschen entspricht, dass ich in dem angegebenen Sinne wirke, eine Frage, bei deren Beantwortung ich Sie bitte, das oben von der deutschen Regierung gesagte zu berücksichtigen. Da ein Brief mich hier nicht mehr erreichen kann und Sie mir wohl nicht nach Paris schreiben können, so bitte ich, an de Haas in Delft zu telegraphieren; er wird mir dann mitteilen was er von Ihnen hört.^[7] Sie werden wohl nichts dagegen haben, dass ich *ihm* in Vertrauen sage um was es sich handelt. Sie könnten ihm auch schreiben, aber mit Rücksicht auf die langen Verzögerungen würde ich, wenn Sie Ihre Meinung in kurzen Worten aussprechen können, eine Depesche vorziehen. Wie Sie wissen, gibt es in Delft noch einen zweiten de Haas.^[8] Die Adresse meines Schwiegersohnes ist: „Rotterdamse Weg“.

— — — —

Ich hoffe sehr, dass es Ihnen persönlich gut gehen möge, und dass Sie aus der Schweiz gute Nachrichten bekommen. Die traurigen Verhältnisse, in denen Sie jetzt leben müssen, sind, wie ich fürchte, Ihrer Gesundheit schädlich; möge es Ihnen möglich sein, im Sommer einige Erholung zu geniessen, und sagen Sie mir, bitte, in Ihrem nächsten Briefe etwas von Ihrem Befinden.

Dass es mit Deutschland so weit kommen musste wie jetzt, ist wohl sehr traurig.

Uns geht es gut; auch den Kindern und Enkelkindern. Die Zahl der letzteren ist vor Kurzem vermehrt worden durch die Geburt eines kleinen „de Haas“, und zwar eines Paten von mir.^[9]

Bei Kamerlingh Onnes und Ehrenfest sind Alle gesund.

Mit herzlichsten Grüßen, auch von meiner Frau, verbleibe ich
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 334.

^[2]Elisabeth Louise Kaiser.

^[3]Both Paul Heger (1846–1925) and Émile Tassel were members of the Commission Administrative of the Institut International de Physique (see Letter 230, note 4).

^[4]See Letter 308.

^[5]See Letter 315, note 2.

^[6]Adriaan Karel Marie Noyons (1878–1941), Professor of Physiology at the University of Louvain (1878–1928).

^[7]See Letter 336, note 1. Wander de Haas was professor at the Polytechnic in Delft.

^[8]Marc de Haas (1866–1951), Professor of Applied Physics at the Polytechnic in Delft.

^[9]Hendrik Antoon de Haas.

336. To Albert Einstein, 26 July 1919

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Loenen op de Veluwe, * 26 Juli 1919.

Lieber Herr Kollege,

Nachdem ich aus Paris und Brüssel zurückgekehrt war und Ihren Brief an de Haas gelesen hatte,^[1] dessen Hauptinhalt er mir telegraphisch mitgeteilt hatte, habe ich Ihnen nicht sofort geschrieben, da ich abwarten wollte ob man mir vielleicht schon in den ersten Wochen einiges, das für Sie von Bedeutung wäre, schicken würde. Jetzt, da das nicht der Fall gewesen ist, möchte ich Ihnen sagen, dass ich die Angelegenheit, um die es sich handelt, konfidentiell mit den Herren Brillouin,^[2] Heger und Noyons besprochen habe; sie alle wissen die Gesinnung, die Sie und Ihre Freunde zu dem von Ihnen geplanten Unternehmen führt, sehr gut zu verstehen und zu würdigen. Sie haben mir denn auch ihre Mitwirkung bei der Herbeischaffung des gewünschten Dokumentenmaterials zugesagt, eine Zusage, deren Erfüllung wir, wie mir scheint, am leichtesten erreichen werden, wenn ich über das Verlangte bestimmtere Angaben werde machen können. Ihr weiteres Schreiben, das Sie in Ihrem Brief an de Haas ankündigen, wird mich dazu wohl in den Stand setzen.

Herr Noyons hat uns viel von der Zerstörung Löwens gezeigt und erzählt;^[3] er verfügt über ein sehr reichhaltiges und wie mir scheint beweiskräftiges Material. Natürlich kann er das nicht aus Händen geben und leider war es nicht möglich in der kurzen Zeit unseres Besuches eine Auswahl zu treffen und einige Abschriften zu machen. Herr Noyons ist aber bereit mit seinen Dokumenten nach Holland zu kommen und wir könnten es, wenn Sie das wünschen, so einrichten, dass Sie sei es allein, oder mit einem oder mehr Anderen zusammen, bei mir mit ihm zusammenträfen.

Was die Stimmung betrifft, die ich bei den Fachgenossen in Frankreich und Belgien gefunden habe, so besteht allgemein, wie das auch natürlich ist, in größerem oder kleinerem Maasse, ein Gefühl der Erbitterung gegen Deutschland; wenn das zum Ausdruck kommt, tritt immer wieder das unglückliche Manifest der 93 in den Vordergrund.^[4] Indes weiss man zu unterscheiden; man weiss, dass es in Deutschland Leute wie Sie giebt, denen man nichts vorzuwerfen hat, und wenn ich Gelegenheit fand, etwas zu sagen über das Gute, das in den letzten Jahren von Deutschen getan worden ist, und z.B. in Erinnerung brachte, wie ich namentlich

*Wir bleiben bis Ende August hier, wie auch de Haas und seine Familie.

Planck immer bereit gefunden habe, für Belgier, die von der Unterdrückung zu leiden hatten, einzutreten, so hörte man mich ohne Widerrede an.

In Brüssel sah ich Herrn Solvay, dem es ziemlich gut geht, obgleich man ihm die schweren von ihm durchlebten Jahre wohl ansehen kann. Mit der Commission administrative habe ich das wieder in Wirkung treten des Institut international de physique besprochen. Nachdem das alte Comité scientifique ein Gesuch um Entlassung eingereicht hatte, ist ein neues Comité gebildet worden, in welches freilich alle früheren Mitglieder aufgenommen worden sind, mit Ausnahme von Warburg, Nernst und Goldschmidt, an deren Stelle W.H. Bragg, Righi und van Aubel treten werden.^[5] Die Ersetzung von Goldschmidt durch van Aubel findet ihren Grund darin, dass wir uns strenger als vorher auf die Physik beschränken wollen.^[6]

Das Institut wird also seine Arbeit wieder aufnehmen. Es ist klar, dass man vorläufig keinen Deutschen einladen wird (sie können schwerlich in *Brüssel* kommen), aber von einer formellen Ausschliessung ist keine Rede; die Tür wird für sie offengehalten, sodass es in Zukunft wieder zu einer allgemeinen Zusammenwirkung kommen kann. Leider wird das noch viele Jahre dauern müssen.

Ich hoffe sehr, dass es Deutschland gelingen möge Ruhe und Gelegenheit zur ungestörten Arbeit zu finden; dann wird es sich, Dank sei den vielen Kräften des Volkes, von dem tiefen Fall erholen können und wieder die Rolle aufnehmen können, die ihm in der friedlichen Entwicklung der Welt zukommt. Möge es Ihnen persönlich gut gehen. Ich hoffe, dass Sie Ihre Kinder in guter Gesundheit gefunden haben.^[7] Mit herzlichen Grüssen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

Da ich nicht weiss, ob Sie noch in der Schweiz sind, so schreibe ich diesen Brief doppelt und schicke ihn auch nach Berlin.

^[1]In reply to Letter 335, Einstein had sent a letter to Wander de Haas, dated 9 May 1919, in which he expressed his appreciation for Lorentz's offer to talk to his French colleagues and explained his ideas once again (see *CPAE*, Vol. 8, Doc. 36).

^[2]Marcel Brillouin.

^[3]In late August 1914, the Belgian city of Louvain was burnt and looted by German troops, as an act of reprisal against the civilian population.

^[4]The "Aufruf an die Kulturwelt" (see Letter 284, note 2).

^[5]Augusto Righi (1850–1920), Professor of Physics at the University of Bologna; Edmond van Aubel (1864–1941), Professor of Physics at the University of Ghent. The other members were Marcel Brillouin, Marie Curie, Heike Kamerlingh Onnes, Martin Knudsen, and Ernest Rutherford.

^[6]Goldschmidt was a chemist.

^[7]Einstein had written to De Haas (see note 1) that he planned to be in Zürich during the month of July to give lectures at the ETH.

337. From Albert Einstein, 1 August 1919

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem. The year is inferred from the fact that this letter is a reply to Letter 336.

Luzern. 1. August.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Es ist für unsere Sache von ausserordentlichem Werte, dass Sie uns in so weitgehendem Masse Ihre Unterstützung angedeihen lassen.^[1] Auch haben wir es dankbar zu begrüssen und anzuerkennen, dass die genannten französischen und belgischen Gelehrten uns helfen wollen. Bis zu meiner am 28. Juni erfolgten Abreise haben wir noch nicht zu den dort aufgestapelten Dokumenten vordringen können; es gibt offene und besonders verdeckte Widerstände. Natürlich erfahre ich hier nichts davon, was sich seit meiner Abreise zugetragen hat, sodass ich Ihren freundlichen Brief erst dann werde richtig beantworten können, wenn ich wieder heim komme (Mitte August).

Ich begreife die Erbitterung wegen des berühmten Manifestes der 93, welches übrigens von dem Schriftsteller Sudermann verfasst ist.^[2] Als ich nämlich einmal neben ihm sass und über jenes Manifest nicht eben in zarten Tönen mich ausgesprochen hatte, bekannte er sich freimütig und ohne allzuviel Scham als seinen Autor. Dieser ist übrigens ein braver und selten wohlwollender Mensch, solange man ihm nicht das rote Tuch „Politik“ vor die Augen hält. — Ich begreife, wie gesagt, jene Erbitterung, aber sie hat für mich doch einen leisen Stich ins Komische, wenn auch lange nicht so arg als wie das Manifest selbst mit seinen mannhaften Verteidigern. Wenn ein Haufe Menschen an einem Kollektivwahn erkrankt ist, so soll man ihn unschädlich machen; aber Hass und Erbitterung können grosse und sehende Menschen für die Dauer nicht beherrschen, sie seien denn selbst erkrankt. Man muss sich doch vor Augen halten, dass die moralischen Qualitäten der Menschen sich in ihren Mittelwerten von Land zu Land nicht gar zu sehr voneinander unterscheiden. Für das Handeln ist aber ausserdem die Zeitströmung und die Situation wesentlich; daher wohl die scheinbar grossen Unterschiede. Mag man immerhin die deutschen Gelehrten eine Anzahl Jahre vom internationalen geselligen Verkehr der Gelehrten ausschliessen;^[3] dies ist vielleicht für sie eine Schule der Bescheidenheit, die nicht gar viel Schaden stiften wird — hoffentlich sogar Nutzen. Viel Bedeutung hat die Sache keineswegs.

Wichtig aber scheint mir, dass man in Deutschland das Verhalten der „Feinde“ verstehen lernt, damit nicht der abscheuliche Revanche-Gedanke Platz greife, aus dem später neuer Jammer erwachsen könnte. In diesem Sinne zu wirken ist unser bescheidenes Ziel.

An Herrn Solvay habe ich oft gedacht und freue mich, dass es Ihm gut geht, und er den Sieg der Gerechtigkeit hat erleben dürfen. Es ist aber doch schade, dass nun Nernst nicht mehr in Brüssel erscheinen kann, denn sein Französisch ist von unwiderstehlicher Anmut — gewiss erinnern Sie sich noch daran (sic transit gloria mundi).

Dies Briefchen soll nur dazu dienen, Ihnen von Herzen dafür zu danken, dass Sie sich so viel Mühe gegeben haben. Sobald ich in Berlin ankomme, will ich nach Besprechung mit den andern Mitgliedern unserer Kommission sachlich berichten. Mit herzlichen Grüßen an Sie, Ihre Frau und die Kinder und Enkel bin ich

Ihr freundschaftlich ergebener

A. Einstein.

Glückliche Ferien!

^[1]See Letter 336.

^[2]Hermann Sudermann (1857–1928).

^[3]The Germans would in fact for a long time be expelled from the international scientific organizations (see, e.g., *Schröder-Gudehus 1966*).

338. From Albert Einstein, 21 September 1919

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

21.IX.19.

Verehrter Herr Kollege!

Ich wollte mit meinem Briefe warten, bis ich Ihnen unsere erste Publikation (über die Vorgänge in Lille) senden könnte.^[1] Diese wurde während meines Aufenthaltes in der Schweiz fertig gestellt. Als ich sie vor einigen Tagen gedruckt vorgesetzt erhielt, hatte ich einen richtigen Schrecken. Das Geleitwort war ohne Takt geschrieben; die hiesigen Akten bezogen sich kaum auf die in Frage stehenden Thatbestände, sodass die Broschüre mehr hätte schaden als nützen können. So blieb nichts übrig, als die ganze (zum Glück kleine) Auflage zurückzuziehen, um sie nach Ergänzung und Verbesserung neu zu drucken.^[2] Es ist noch so viel Material hier zu verarbeiten, dass es einstweilen noch nicht angezeigt erscheint, zur Einsicht der mir freundlich zur Verfügung gestellten Akten nach Holland zu fahren.

Ich habe allerdings grosse Sehnsucht, nach fast dreijähriger Pause zu Ehrenfest zu fahren, zumal ein Brief, den ich neulich von ihm erhielt, besonderen Anlass dafür bietet.^[3] Aber das Reisen bis zur Grenze soll so beschwerlich sein, dass mir der Arzt mit Rücksicht auf meinen immer labilen Gesundheitszustand dringend abrät. So fehlt mir trotz starker Sehnsucht, Sie alle wiederzusehen, ein wenig der Mut zum Reisen. Jedenfalls muss ich mich vorher genau über die Möglichkeiten informieren.

Was nun die Beurteilung der hiesigen Gelehrten durch die ausländischen Kollegen anlangt, so scheint sie mir trotz der grässlichen Dinge die geschehen sind, doch zu hart zu sein. Die meisten haben infolge der mehrjährigen gewaltsamen Beeinflussung der öffentlichen Meinung noch durchaus kein klares Urteil über das

Geschehene. Man macht sich von aussen keinen Begriff davon, wie schwer es ist, sich der Massen-Suggestion zu entziehen. Auch sind die nackten Thatsachen hier nicht richtig oder gar nicht bekannt geworden. Deshalb ist die Aufklärung hier so bitter nötig.

Schon a priori ist es unglaublich, dass die Bewohner eines ganzen grossen Landes moralisch minderwertig seien! Die Erklärung der 93,^[4] so thöricht sie war, wurde nicht im Bewusstsein des Unrechts verfasst und unterschrieben. Menschen, deren Leidenschaften durch geschickte Ausnutzung aller Mittel bis zur höchsten Erbitterung aufgepeitscht sind, sind keiner objektiven Prüfung des Thatbestandes fähig. Wenn wir nun auch nachträglich die Erkenntnis zum Leben erwecken können, dass schwerstes Unrecht geschehen ist — was sollen diese Menschen nun thun, um sich zu reinigen? Nachdem sie nun in die grösste Ohnmacht gesunken sind, muss jede Erklärung das Misstrauen erwecken, von charakterlosem Opportunismus diktiert zu sein. Davor fürchten sich gerade die Anständigen, die bisher im Glauben waren, das Recht auf ihrer Seite zu haben. Das sollen wenigstens die Leidenschaftslosen bedenken. Übrigens schadet es nichts, wenn diesen Menschen durch Boykott von Seiten der Ausländer ihre Abhängigkeit fühlbar gemacht wird. Dadurch wird der letzte Rest des Grössenwahnens und Machthungers beseitigt, den früher die wirtschaftliche Hochkonjunktur mit sich gebracht hatte.

Nach meiner Überzeugung sind es eben die *Verhältnisse*, die „Preussen“ wachsen lassen; und meine Angst ist, solche möchten nun unter den ganz veränderten Verhältnissen anderwärts nachwachsen. Hoffentlich ist diese Furcht nicht berechtigt!

Es grüsst Sie herzlich

Ihr

A. Einstein

Hoffentlich kann ich Ihnen bald unsere erste Publikation senden.

^[1]The first publication of the commission of investigation of which Einstein was a member. See Letter 334.

^[2]*Arco et al. 1919* is the first edition. The title page of the pamphlet lists ten editors: Georg Graf von Arco, Albert Einstein, Walburga Geiger, Helmut von Gerlach, Maximilian Harden, Max Hodann, Luise Kautsky, Elisabeth Rotten, Erich Schlesinger, and Helene Stücker. See also Letter 347.

^[3]In two recent letters, Ehrenfest had urged Einstein to accept a call to Leiden (see Ehrenfest to Einstein, 2 and 8 September 1919, *CPAE*, Vol. 9, Docs. 98 and 101), but Einstein had declined, because he felt he could not desert his friends and colleagues in Berlin (see Einstein to Ehrenfest, 12 September 1919, *CPAE*, Vol. 9, Doc. 103). Ehrenfest conveyed the news to Lorentz in a letter of 21 September, in which he quoted extensively from Einstein's letter.

^[4]The “Aufruf an die Kulturwelt” (see Letter 284, note 2).

339. To Albert Einstein, 22 September 1919

Telegram dated 's Gravenhage, 22 September 1919, 10:40 a.m.

prof einstein huberlandstrasje 5 berlin

eddington fand sternverscheidung^[1] am sonnenrand vorlaeufig grusse^[2] zwischen neun zehntel sekunde und doppelt^[3]

lorentz

^[1]Sternverschiebung.

^[2]Grösse.

^[3]It concerns the phenomenon of deflection of (stellar) light in a gravitational field, predicted in Einstein's general theory of relativity and best observed during a solar eclipse, when the observed positions of stars near the sun should be shifted outward from their real positions. At the meeting of the British Association for the Advancement of Science held at Bournemouth from 9 to 13 September 1919 the British astronomer Arthur Stanley Eddington (1882–1944; Director of the Observatory of Cambridge University) reported on the preliminary results of solar eclipse expeditions to Sobral (Brazil) and Principe Island (off the coast of Spanish Guinea; the latter expedition was led by Eddington himself) to observe the eclipse of 29 May. Lorentz heard the results from Balthasar van der Pol (1889–1959; *Conservator* of the Physics Laboratory of Teyler's Foundation and successor of Wander de Haas), who was present at the meeting (see Letter 341). Einstein first learned the news through the present telegram. The final results were announced in London on 6 November 1919, at a joint meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Union. They were: Sobral: $1''.98 \pm 0''.30$; Principe: $1''.61 \pm 0''.30$ (see *Report 1919*; Einstein's prediction was $1''.74$).

340. From Albert Einstein, 22 September 1919

Handwritten draft. © The Hebrew University of Jerusalem. The date is inferred from the fact that it is a reply to Letter 339.

Professor Lorentz, Haarlem

Herzlichen Dank Ihnen und Eddington. Grüsse

Einstein.

341. To Albert Einstein, 7 October 1919

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 7 Oktober 1919

Lieber Herr Kollege,

Ich habe Ihnen noch nicht wegen der Beobachtung der Strahlenablenkung am Sonnenrande geschrieben, da ich meinte, irgend eine englische Zeitschrift, die „Nature“ z.B. würde uns wohl bald Näheres darüber bringen.^[1] Das ist bis jetzt nicht geschehen, und so will ich nicht länger warten.

Ich hörte von dem von Eddington erreichten Resultat durch Vermittlung des Herrn van der Pol, Konservator des hiesigen Laboratoriums. Er hat die Versammlung der British Association in Bournemouth besucht und erzählte mir nach seiner Rückkehr von dem, was Eddington vorgetragen hatte. Da die Platten nur noch vorläufig ausgemessen worden sind, so liess sich ein definitiver Wert noch nicht angeben, aber nach Herrn Eddington's Meinung stehe die Realität der Erscheinung fest und könne man mit Bestimmtheit sagen, dass die Ablenkung (am Sonnenrande) zwischen 0,87 und 1,74 liege. Der gefundene Wert ist also etwas zu klein, da Ihre Theorie 1,7 erfordert. Van der Pol sagte mir weiter, es habe eine Diskussion stattgefunden (ich wäre gern dabei gewesen), in welcher Sir Oliver Lodge^[2] Ihnen und Eddington seine Glückwünsche zu dem erhaltenen Resultat ausgesprochen hat.

Ich habe eine kleine Rechnung gemacht, die wohl für Sie nichts Neues enthält und sich auf die Strahlenbrechung in einem die Sonne umgebenden Gase bezieht. In Ermangelung etwas Besseres nehme ich dabei an, das Gas sei ein einheitliches und habe an allen Stellen die gleiche Temperatur. Je nach der Natur und der Temperatur des Gases wird dann die Geschwindigkeit, mit der nach oben hin die Dichte abnimmt, also z.B. der Dichtegradient an der Sonnenoberfläche verschieden ausfallen. Kennt man diesen Gradienten, so hängt die Ablenkung eines Strahls beim Durchgang durch die Gasmasse von dem Brechungsexponenten n des Gases in dem Punkte P ab, wo der Strahl sich in der kleinsten Entfernung vom Sonnenmittelpunkte O befindet. Man kann berechnen wie gross n sein muss, damit die Ablenkung $1''$ betrage. Nehme ich nun für den genannten Dichtegradienten den Wert, der für Wasserstoff von 0°C . gelten würde, so finde ich $n = 1 + 47 \cdot 10^{-10}$; mit einem 20 mal kleineren Gradienten (Wasserstoff von 5000°C ; Helium von 10000°C) ergibt sich $n = 1 + 210 \cdot 10^{-10}$. Es zeigt sich also, dass eine äusserst geringe Gasdichte eine Ablenkung von $1''$ hervorbringen könnte. Glücklicherweise würde nun diese Ablenkung sehr rasch abnehmen, wenn der Strahl und also der Punkt P weiter von der Sonne entfernt bleiben. Die Vergrösserung der Entfernung OP brauchte nur den 6 Millionten Teil, resp. den Zehntausendsten Teil von OP zu betragen um die Ablenkung auf den e^{ten} Teil sinken zu lassen. Man wird also, wenn mehrere Sterne auf den Platten vorkommen, leicht Ihren Effekt von dieser Refraktion in einer Sonnenatmosphäre unterscheiden können.^[3] Wir dürfen wohl glauben (angesichts der Grösse der gefundenen Ablenkung), dass in Wirk-

lichkeit die Refraktion gar nicht mitgespielt hat, und nur Ihr Effekt beobachtet worden ist. Das ist gewiss eines der schönsten Ergebnisse, die die Naturwissenschaft je erreicht hat, und wir dürfen uns herzlich darüber freuen.

— — — —

Ich hörte von Ehrenfest, dass Sie jetzt in Kurzem die Reise nach Holland anzutreten gedenken und brauche Ihnen wohl kaum zu sagen, dass es mir ganz besonders lieb sein wird, Sie wieder einmal hier zu sehen.^[4] Indes darf ich nicht verschweigen, dass mir, nach dem, was Sie mir leider über Ihren Gesundheitszustand mitteilen mussten, Ihr Vorhaben mit Besorgnis erfüllt. Können Sie es wirklich wagen, sich jetzt den Beschwerden und der Ermüdung, die die Reise mit sich bringt, auszusetzen? Es ist ja von dem grössten Wert, dass Sie sich in möglichst guter Gesundheit erhalten. Ich darf übrigens nicht unbescheiden sein; Sie werden ja Alles gründlich mit Ihrem Arzte besprechen. Und das steht fest, dass Sie wenn Sie hier kommen, uns Allen herzlich willkommen sein werden.

Dass Sie in den jetzigen Umständen Deutschland nicht zu verlassen wünschen, und Ihren Freunden und Fachgenossen in Berlin treu bleiben wollen (so lange ein längeres Verbleiben daselbst nicht geradezu unmöglich für Sie wird) verstehe ich sehr gut;^[5] ich hatte das von Ihnen erwartet. Indes bedauere ich es von ganzem Herzen, dass Sie neben dem allgemeinen Elend, von dem Sie Ihren Teil werden tragen müssen, noch so schwere Sorgen haben. Da ist die Krankheit Ihrer Mutter^[6] und da sind die Schwierigkeiten, auf die Sie bei Ihren Aufklärungsbestrebungen stossen. Ich hoffe sehr, dass Ihre Arbeitskraft nicht zu sehr von diesen letzteren Bemühungen in Anspruch genommen werden möge.

Mit herzlichen Grüssen, auch von meiner Frau,
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 339, in particular note 3.

^[2]Oliver Lodge (1851–1940) had retired from Birmingham University.

^[3]General relativity predicts that the magnitude of the deflection is inversely proportional to the distance from the sun's center.

^[4]Einstein visited Leiden from 18 October to 2 November 1919 (see *CPAE*, Vol. 9, Calendar).

^[5]Einstein had declined an invitation to a professorate in Leiden (see Letter 338 note 3).

^[6]Einstein's mother, Pauline Einstein, née Koch, was suffering from stomach cancer in Lucerne. In December 1919 she joined Einstein and his wife Elsa (who had been married on 2 June 1919) in Berlin, where she died on 20 February 1920.

342. To Albert Einstein, 30 October 1919

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 30 Oktober 1919.

Lieber Kollege,

Ich vergass noch Sie zu bitten, wenn Sie ihn sehen, Planck herzlich von mir zu grüssen.

Auch versäumte ich Ihnen zu sagen, dass Coster^[1] mit seiner Bemerkung in meiner Vorlesung wirklich Recht hatte. Bei der Frage des Zurückbleibens einer kleinen Kugel die in einer durch Reibung in Bewegung gesetzten Flüssigkeit schwebt, kommt man am Ende zu einem Ausdruck der $m - \frac{7}{4}m'$ enthält (m Masse der Kugel, m' die der verdrängten Flüssigkeit. Ich habe hier das Zurückbleiben in Bezug auf die Flüssigkeitsschicht, in der der Mittelpunkt liegt, im Auge; dass von m mehr als m' subtrahiert wird, ist daraus erklärlich, dass die Kugel wegen ihrer Grösse zum Teil in etwas höher und niedriger liegenden Schichten liegt, die weniger als die mittlere gegen die Wände zurückbleiben. Haben Sie noch einmal vielen Dank für Ihren Besuch und unsere herzlichen Grüsse. Mit den besten Wünschen für Ihre Heimreise^[2] und Ihre Gesundheit

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Dirk Coster (1889–1950) was preparing his doctoral dissertation under Paul Ehrenfest.

^[2]See Letter 341, note 4.

343. To Albert Einstein, 14 November 1919

Telegram dated Leiden, 14 November 1919, 11:10 a.m.

prof einstein haberlandstr 5 berlin

IN ROYAL UND ASTRONOMICAL SOCIETY BESTAETIGUNG AUCH VON ABSTANDSGESETZ^[1]

LORENTZ

^[1]It concerns the confirmation of gravitational stellar light deflection by the sun (see Letter 339, note 3; see also Letter 341, note 3, for the distance law).

344. From Albert Einstein, 15 November 1919

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

15.XI.19.

Hoch verehrter Herr Lorentz!

Ihr Telegramm^[1] hat mich wieder tief gefreut, trotzdem ich über den Inhalt bereits unterrichtet war. Denn es ist ein Beweis Ihrer Zuneigung, die mir mehr ist als alle experimentellen Bestätigungen der Welt. Der Tag, den ich in Haarlem mit Ihnen verbringen durfte, ist einer der schönsten meines Lebens.^[2] Sie werden es selbst fühlen, dass meine Liebe und Verehrung für Sie eine tiefe ist.

Herrn van Beek en Donc habe ich geschrieben.^[3] Hoffentlich wird die Ungeschicklichkeit meiner Genossen kein weiteres Unheil stiften. Ihre Mitteilung über das Ergebnis der Rechnung über die suspendierten Kugeln hat mich sehr überrascht;^[4] es ist eine paradoxe Angelegenheit. Meine Stellung zur Aetherfrage werde ich ausführlich darlegen, sobald sich mir dazu Gelegenheit bietet.^[5] Es wäre richtiger gewesen, wenn ich in meinen früheren Publikationen mich darauf beschränkt hätte, die Nichtrealität der *Aethergeschwindigkeit* zu betonen, statt die Nicht-Existenz des Aethers überhaupt zu vertreten. Denn ich sehe ein, dass man mit dem Worte Aether nichts anderes sagt, als dass der Raum als Träger physikalischer Qualitäten aufgefasst werden muss.

Noch ein Zweites sehe ich ein. Meine Ansicht, dass der Zustand des Aethers (d.h. die $g_{\mu\nu}$) durch die Materie allein vollkommen bestimmt sein müsse, hat nichts Zwingendes. Deshalb kann man auch die Geschlossenheit der Welt nicht so bestimmt vertreten, wie ich das gethan habe.^[6] Ich gebe aber die Hoffnung nicht auf, dass diese Frage aus der astronomischen Erfahrung sich wird beantworten lassen, wenn wir es auch vielleicht nicht erleben werden. Vielleicht wird sie sich aus dem Studium der Milchstrasse erschliessen lassen: ich bemühe mich gegenwärtig darum. Man kann die Frage in Newton'scher Sprechweise so stellen: Endigen im leeren Raum Kraftlinien der Gravitation oder gilt der Gauss'sche Satz streng auch für die grössten Räume, die unserer Erfahrung zugänglich sind? Allerdings muss ich gestehen, dass für mich die Alternative der räumlich geschlossenen Welt viel mehr Wahrscheinlichkeit hat, da ich es für unwahrscheinlich halte, dass der Dichte-Limes für die ponderable Materie verschwinde.

Ihre Vorlesungen habe ich mit grösstem Genuss in der Hauptsache durchstudiert.^[7] Die Darstellung der Strahlungstheorie (bes. des Wien'schen Verschiebungsgesetzes, der Kirchhoff'schen Gesetze) und die der neuesten Fortschritte der Quantentheorie hat mir ganz besonders gefallen.

Mit herzlichen Grüssen an Sie und Ihre Frau und bestem Dank für die Gastfreundschaft an Sie beide bin ich

Ihr treu ergebener

A. Einstein.

Ich habe vergessen, Ihnen meinen besonderen Dank zu sagen für die Aufnahme in die batavische Genossenschaft, die mir vor einigen Monaten so viel Freude gemacht hat, und die ich Ihnen zu verdanken habe.^[8]

Zu meiner grossen Freude habe ich gehört, dass es De Haas wieder gut geht. Ich bitte Sie, den beiden meine herzlichen Grüsse zu bringen.

^[1]Letter 343.

^[2]See Letter 341, note 4, for Einstein's stay in the Netherlands.

^[3]Benjamin de Jong van Beek en Donk (1881–1948) was secretary-general of the Centrale Organisatie voor een Duurzame Vrede (Central Organization for a Durable Peace), created in Scheveningen (the Hague) in April 1915 by citizens of neutral as well as warring countries as an international organ of peace organizations to coordinate and direct international pacifism under the supervision and direction of the Nederlandsche Anti-Oorlog Raad (Dutch Anti-War Council; see Letter 309, note 5), of which Van Beek en Donk was the secretary-general. Van Beek en Donk was also one of the founders of the committee "De Europeesche statenbond" (see Letter 281, note 1).

^[4]See Letter 342.

^[5]Cf. *Einstein 1917, 1918*.

^[6]As he had done in *Einstein 1917*, in which he developed his cosmological model of a closed static universe.

^[7]*Lorentz 1919f, 1919g*.

^[8]Einstein had been appointed corresponding member of the Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte (Batavian Society for Experimental Philosophy) in Rotterdam, one of the oldest Dutch learned societies (founded in 1769).

345. To Albert Einstein, 21 December 1919

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 21 Dezember 1919

Lieber Herr Kollege,

Bei Ihrem letzten Besuch^[1] haben wir wieder lebhaft gefühlt, von wie hohem Wert für die holländischen Physiker und die Studierenden der Gedankenaustausch mit Ihnen und die von Ihnen ausgehende Anregung ist. Es ist daher der Wunsch aufgekommen, Sie mit einiger Regelmässigkeit von Zeit zu Zeit wieder hier zu sehen. In diesem Wunsche hat sich die Fakultät (in der gegenwärtig Kuenen den Vorsitz hat) sofort geeinigt und er hat warmen Anklang gefunden bei dem Vorstande des „Universitätsrates“, einer Körperschaft, deren Aufgabe es ist, unabhängig von der Regierung in verschiedener Weise die Interessen der Leidener Universität zu fördern.^[2] Sie hat die Befugnis, „bijzondere hoogleeraren“, sagen wir „spezielle Professoren“ zu ernennen, und möchte nun gern für die Zeit von drei Jahren eine derartige Professur „für Physik“ (ohne jede nähere Bestimmung, damit Sie ganz frei bleiben) für Sie gründen, und zwar mit einem jährlichen Gehalt von zwei tausend Gulden.^[3] Der Vorstand hat mich nun beauftragt, mich mit diesem Gesuch an

Sie zu richten; wenn Sie, wie man sehr hofft, erklären, sich eine Ernennung gefallen lassen zu wollen, so wird in der am 8. Februar stattfindenden Sitzung des Universitätsrates der betreffende Vorschlag gemacht werden. Ich muss Sie bitten, bis dahin dieses Schreiben als konfidentiell zu betrachten.

Lassen Sie mich hinzufügen, dass man keineswegs erwartet, dass Sie uns einen grossen Teil Ihrer Zeit und Ihrer Arbeitskraft schenken werden. Man wird sehr zufrieden sein, wenn Sie jährlich ein oder zwei Mal für einige Wochen nach Leiden kommen, und wie Sie Ihre Wirksamkeit einrichten wollen, das würden wir Ihnen völlig überlassen. Dies gilt speziell auch von der Frage, inwiefern Sie „Vorlesungen“ oder „Vorträge“ würden halten wollen.*

Ich muss besonders betonen, dass nicht im entferntesten daran gedacht wird, dass Sie sich von Berlin einigermassen los zu sagen hätten. Die Berliner Kollegen werden es ohne Zweifel verstehen, dass wir Sie von Zeit zu Zeit gern hier haben und dass z.B. Kamerlingh Onnes grossen Wert darauf legen würde, die in seinem kryo-genen Laboratorium behandelten Fragen mit Ihnen zu besprechen. Von Ehrenfest brauche ich nichts zu sagen; er hat Ihnen ja schon geschrieben. Was ferner mich betrifft, so würden Sie mir mit einer zustimmenden Antwort eine sehr grosse Freude bereiten; es wäre das Schönste, was ich mir für die Physik in diesem Lande denken kann. Mit herzlichen Grüssen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 341, note 4, for Einstein's visit to Leiden.

^[2]The Universiteitsraad (University Council) was the governing board of the Leidsch Universiteitsfonds (Leiden University Fund), which collected its funds from donors (students and alumni) and in general supported events and special appointments at the University of Leiden.

^[3]At the time the maximum yearly salary for a Dutch university professor was 7500 guilders (see Ehrenfest to Einstein, 2 September 1919 (*CPAE*, Vol. 8, Doc. 98), also cited in *Klein 1970*, pp. 310–311.)

346. From Max Planck, 21 December 1919

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 21. Decbr. 1919.

Lieber verehrter Herr College!

Nach längerer Zeit einmal wieder von Ihnen direkt zu hören ist mir eine grosse Freude. Nehmen Sie mit Ihrer werten Frau Gemahlin meinen wärmsten Dank für Ihren freundlichen Glückwunsch zu der mir gewordenen hohen Auszeichnung.^[1]

*Nur wäre das erste Mal eine Antrittsrede, wenn auch nicht absolut notwendig, so doch erwünscht. Den dazu nötigen Talar würden wir Ihnen schon herbeischaffen.

Ich brauche Ihnen nicht zu versichern, welches Gewicht Ihre anerkennenden Worte für mich haben. Aber andererseits kann auch Niemand mehr als ich davon durchdrungen sein, dass der Erfolg, welcher mir jetzt zu Gute kommt, zum grossen Teil das Verdienst der zahlreichen Forscher ist, die es verstanden haben, aus den neuen Ideen etwas Reales zu machen, und sie aus luftiger Höhe in eine sichere, wenn auch noch nicht nach allen Richtungen geklärte und gefestigte Position zu bringen. Nicht als ob das nicht offenkundig vor Aller Augen läge, sondern nur um diese Tatsache auch meinerseits voll und dankbar anzuerkennen.

Leider ist meine Freude über den Nobelpreis schon sehr bald arg gestört worden durch einen Schicksalsschlag, der wie ein Blitzstrahl aus heiterem Himmel alle meine Gedanken auf ein ganz anderes Ziel richtete. Meine zweite Zwillingstochter hat das Loos der ersten geteilt und ist Ende November in ihrem ersten Wochenbett, nach der Geburt eines kräftigen Mädchens, einer Infection zum Opfer gefallen, in Heidelberg, wo ihr Gatte Professor an der Universität ist.^[2] Nun traure ich um beide heissgeliebten Kinder in bitterem Schmerz und fühle mich beraubt und verarmt. Es hat nicht an Stunden gefehlt, in denen ich über den Wert des Lebens selber zweifelhaft geworden bin. Aber es wäre dennoch unverständlich und unrecht, zu verzagen, so lange man noch Aufgaben vor sich sieht und die Kraft in sich fühlt, für sie zu arbeiten. Und deren gibt es auch für mich noch die Fülle, so wohl in der Wissenschaft als auch in der Familie. So heisst es den Kopf oben halten. Es kommen auch wieder hellere Zeiten.

Mit den besten Wünschen für Ihr und der Ihrigen Wohlergehen verbleibe ich in alter Anhänglichkeit

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]Planck had been awarded the Nobel Prize for physics for 1919 "in recognition of the services he rendered to the advancement of physics by the discovery of energy quanta."

^[2]Emma Planck. Emma's husband Ferdinand Fehling, Professor of History in Heidelberg, was the widower of Emma's twin sister Grete (see Letter 321).

347. From Albert Einstein, 12 January 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

12.I.20.

Hoch verehrter und lieber Herr Prof. Lorentz!

Zu meinem Schrecken sehe ich heute, dass Sie auf Ihr freundliches Angebot 21. Dezember^[1] eine Antwort haben müssen, die ich Ihnen noch nicht geschickt habe. Ich nehme dasselbe mit dem Gefühl aufrichtiger Dankbarkeit an und preise mich glücklich, auf diese Weise Sie und die lieben dortigen Kollegen regelmässig wiederzusehen. Die einzige Sorge bereitet mir die Erwägung, dass es mir gar nicht

leicht sein wird, den Leidener Studenten etwas zu bieten, was sie nicht durch Sie, Ehrenfest etc. in weit vollkommenerer Form vorgetragen erhalten. Vielleicht kann es aber so gehen, dass Sie mir sagen, was ich vortragen soll. Ich will mich mit Vergnügen jeweilen dem Bedürfnis unterordnen. Die von Ihnen erwähnte Antrittsvorlesung will ich über den Aether halten.^[2] Es ist eine schöne Gelegenheit, die von Ihnen angeregte Klarstellung vorzunehmen. —

Die neue Publikation über Lille ist im Druck und hat schon starke Anfeindungen erfahren.^[3] Sie werden baldigst ein Exemplar erhalten. Es ist traurig, dass selbst hoch gebildete Menschen sich gar nicht losmachen können von dem engherzig nationalistischen Standpunkt, nicht einmal, wenn es sich um Recht und Unrecht handelt. Das Böse aus der Vergangenheit wirkt immer weiter, ohne dass ein Ende abzusehen wäre.

Wir haben traurige Zeiten durch die hoffnungslose Krankheit meiner armen Mutter. Hoffentlich wird sie in absehbarer Zeit von ihren Qualen erlöst werden.^[4]

Nun ist die Rotverschiebung der Spektrallinien bei der Sonne mit ziemlicher Sicherheit nachgewiesen von Grebe und Bachem in Bonn. Das bisherige negative Ergebnis erklärt sich einfach dadurch, dass man bei der *Identifizierung* der Sonnenlinien mit irdischen Linien ohne Rücksicht auf den ungeheuren Linienreichtum des Sonnenspektrums so vorging wie wenn keine Verschiebung in Betracht zu ziehen wäre; dadurch entstanden systematische Irrtümer. Die Arbeit wird bald erscheinen.^[5] Endgültig ist aber auch diese Entscheidung nach meiner Ansicht noch nicht. Immerhin gründen Grebe und Bachem ihre Schlüsse nicht nur auf eigene Beobachtungen sondern auch auf die von Schwarzschild und von Evershed und von S. John,^[6] wobei letztere von den übrigen aus noch ungeklärter Ursache etwas abweichen.

Indem ich Ihnen und den übrigen Kollegen dort von Herzen für Ihr schönes Anerbieten danke, bin ich mit den besten Grüßen an Sie und Ihre Frau in herzlicher Verehrung

Ihr

A. Einstein.

^[1]Letter 345.

^[2]The inaugural lecture had the title *Äther und Relativitätstheorie*. It was delivered on 27 October 1920 and published as *Einstein 1920b*.

^[3]See Letter 338, notes 1 and 2. In 1920 a second, revised edition of *Arco et al. 1919* was published (*Geiger et al. 1920*).

^[4]See Letter 341, note 6.

^[5]*Grebe and Bachem 1920a*; see also *Grebe and Bachem 1919, 1920b*. For a historical discussion of the solar redshift problem and Grebe and Bachem's less than conclusive results, see *Forbes 1961* and *Hentschel 1992*.

^[6]See, for instance, *Schwarzschild 1914, St. John 1917, and Evershed and Royds 1914*.

348. To Albert Einstein, 16 January 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 16 Januar 1920.

Lieber Herr Kollege,

Ich schrieb Ihnen vor einiger Zeit über eine „besondere“ (oder „spezielle“) Professur in Leiden, und erlaube mir jetzt, das kurz zu wiederholen, da ich bei dem Ausbleiben Ihrer Antwort fürchte, dass mein Brief Sie nicht erreicht hat.^[1]

Es besteht bei den Leidener Physikern der lebhafteste Wunsch, Sie mit einiger Regelmässigkeit von Zeit zu Zeit in Leiden zu sehen, ein Wunsch, der auch in der Fakultät sofort Anklang gefunden hat. Die Möglichkeit, ihn zu erfüllen, bietet der Leidener „Universitätsrat“, eine Körperschaft, die die Befugnis hat „besondere“ Professoren (d.h. Professoren, die nicht vom Staat abhängen) zu ernennen. Der Vorstand des Rates war sofort bereit, eine Ernennung für die Zeit von drei Jahren, mit einem jährlichen Gehalt von 2000 Gulden herbeizuführen, und hat mich nun beauftragt, Sie zu fragen, ob Sie sich eine solche würden gefallen lassen wollen. Ist das der Fall, so kann die Ernennung am 8^{ten} Februar, in der Jahressitzung des Rates stattfinden.^[2] Bis dahin muss ich Sie bitten, dieses Schreiben als konfidentiell zu betrachten.

Ich brauche nur wenig hinzuzufügen, da Ehrenfest Ihnen schon einiges geschrieben hat.^[3] Lassen Sie mich nur betonen, erstens, dass es keineswegs in unserer Absicht liegt, dass Sie sich von Berlin einigermaßen lossagen würden; wir werden sehr zufrieden sein, wenn Sie jährlich ein oder zweimal auf einige Wochen nach Leiden kommen.

Zweitens, dass es Ihnen ganz überlassen wird, Ihre Arbeit in Leiden so einzurichten, wie Sie wollen. Können Sie einige Vorlesungen halten, so wird uns das sehr freuen, aber wenn Sie andere Formen des Unterrichtes (Kolloquium, Besprechungen) vorziehen, so ist es uns auch Recht.† Der Universitätsrat würde wohl auf eine Antrittsrede Wert legen, aber Bedingung ist das nicht.

Drittens, dass Sie, wenn Sie „ja“ sagen, mir, und ebenso Onnes und Kuenen (von Ehrenfest brauche ich nichts zu sagen) eine sehr grosse Freude bereiten werden. Wir hoffen von ganzem Herzen, dass Sie keine Bedenken haben werden. Für Onnes wäre es von hohem Wert, die Untersuchungen im kryogenen Laboratorium mit Ihnen zu besprechen.

— — — —

Ogleich wir noch einige Wochen vom 8 Februar entfernt sind, wäre es dem Sekretär des Universitätsrates doch lieb, jetzt Ihren Bescheid zu wissen.^[4] Als er mir das am 10^{ten} d.M. schrieb, habe ich Ihnen sofort telegraphiert, und zwar dringend, mit Antwort bezahlt, ebenfalls dringend. Da ich noch nichts von Ihnen hörte

*oder, wegen des Sonntags, 9.

†Es ist uns darum zu tun, die Anregung, die Sie uns bei Ihren früheren Besuchen gegeben haben, wieder zu geniessen.

(wohl in Folge der starken in diesen Tagen bestehenden Verkehrsstörungen) versuche ich es noch einmal auf diesem Wege, Sie zu erreichen.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 345. Einstein's reply (Letter 347) had apparently not yet reached Lorentz.

^[2]Traditionally the University Council met on 8 February, the *dies natalis* of the University of Leiden in 1575.

^[3]See Paul Ehrenfest to Einstein, 24 November 1919 (*CPAE*, Vol. 9, Doc. 175).

^[4]The secretary was Cornelis van Vollenhoven, (1874–1933), Professor of Law.

349. From Albert Einstein, 19 January 1920

Handwritten letter (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem.

19.I.20.

Hoch verehrter und lieber Kollege!

Ihr neuer Brief^[1] ist für mich eine schreckliche Beschämung. Meine Schuld ist es, dass ich Ihren ersten Brief nicht gleich beantwortete. Ich hatte einige Tage vor Ihrem Telegramm geschrieben und die Telegrammantwort ohne auch nur eine Stunde Aufschub beantwortet. Nun versuche ich es wieder mit einem Briefe.

Ihr Angebot nehme ich mit dem Gefühl tiefer Dankbarkeit an, um die Freude zu haben, durch regelmässigen Aufenthalt in Holland das wohlthuende Band der Freundschaft frisch zu erhalten, das mich mit den dortigen Fachgenossen und hauptsächlich mit Ihnen verbindet. Die *Begründung* Ihres schönes Anerbietens empfinde ich allerdings mit Beschämung. Ich weiss zwar, dass mir ein gütiges Geschick vergönnt hat, nach heissem Bemühen vieler Jahre ein paar schöne Gedanken zu finden. Aber es ist mir nicht wie Ihnen von der Natur gegeben, dass ich anregende Vorlesungen und originelle Gedanken quasi mühelos austreuen kann, wie es Ihrem feinen und beweglichen Geist verliehen ist. Auch die Gabe vollendeter Mitteilung, die ich an Ihnen freudig bewundere, ist mir versagt geblieben. So komme ich mit leeren Händen zu Ihnen, und eine gewisse Enttäuschung kann nicht ausbleiben. Dies Gefühl der Selbsterkenntnis erfüllt mich in letzter Zeit umso stärker, weil ich sehe, dass mein Können nun ganz besonders überschätzt wird, nachdem einige Konsequenzen der allgemeinen Relativität sich bewährt haben.^[2] Aber ich werde mich ernsthaft bemühen, wenigstens das zu thun, was in meiner Kraft steht, und ich weiss, dass Ihr damit zufrieden sein und mich mit wohlwollender Nachsicht beurteilen werdet. So sehe ich dem Amt mit ruhiger Freude entgegen, indem ich es als ein gütiges Geschenk ansehe. Die Antrittsvorlesung will ich — Ihrer freundlichen Anregung folgend — über den Aether halten.

Nun schliesse ich, in dem Gedanken, dass ein kurzer Brief Sie eher erreichen wird als ein langer. Mit herzlichen Grüssen

Ihr

A. Einstein.

^[1]Letter 348. See also Einstein's earlier reply (Letter 347).

^[2]For instance, the explanation of the anomalous perihelion shift of Mercury, given in *Einstein 1915d*, and the more recent confirmation of the phenomenon of gravitational light deflection (see Letters 339 and 343). The confirmation of the solar gravitational redshift of spectral lines was still uncertain (see Letter 347, note 5).

350. To Albert Einstein, 11 February 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 11 Februar 1920

Lieber Herr Kollege,

Zu meiner Freude kann ich Ihnen jetzt mitteilen, dass der Vorschlag, Sie zum „bijzonder hoogleeraar“ zu ernennen,^[1] in der Sitzung des Universitätsrates mit warmem Beifall begrüsst worden ist. Die Ernennung wird stattfinden, sobald die dazu erforderliche Autorisation von der Regierung erhalten worden ist, was, wie ich hoffe, in wenigen Wochen geschehen wird. Bis dahin lässt man noch keine Mitteilung an die Presse ergehen. Übrigens können wir auf die genannte Autorisation fest rechnen. Sie haben mir mit Ihrer zusagenden Antwort eine grosse Freude bereitet. Eigentlich hätte *ein* Brief genügt (er kam bald nach der Depesche) und es tut mir jetzt Leid, Sie so sehr belästigt zu haben während Sie wegen des Zustandes Ihrer Mutter in so schweren Sorgen sind.^[2] Seien Sie versichert, dass wir an Ihrem Kummer aufrichtigen Anteil nehmen und viel an Sie denken.

Eins möchte ich Ihnen jetzt noch sagen. Nämlich, geben Sie sich nicht zuviel Mühe um sich auf Ihren ersten Aufenthalt in Leiden vorzubereiten. Wirklich, wenn Sie ganz unvorbereitet zu uns kommen, so werden wir schon viel geniessen, mehr als Sie denken können. Dass ich auf Ihre Antrittsrede gespannt bin, brauche ich nicht zu sagen.

Vielen Dank für die Publikation über Lille.^[3] Ich habe die mit grossem Interesse gelesen und habe den Eindruck bekommen, dass Sie mit dieser objektiven Auseinandersetzung, die es dem Leser überlässt, sich ein Urteil zu bilden, nur Gutes erwirken können. (Ich sage „Sie“, obgleich ich in dem Büchlein weder Ihren Namen, noch einen von denen, die Sie mir früher nannten finde.)

— — — —

Ich habe (anlässlich einer früheren Bemerkung Schoutens)^[4] die Bewegung eines um eine Achse rotierenden Planeten nach Ihrer Theorie genau durchgerechnet, und finde wirklich eine eigentümliche Präzessionsbewegung der Achse, allerdings zu langsam um sich in den Beobachtungen zu zeigen.^[5] D.h. wenn ich

nicht irgend einen Fehler in einem Koeffizienten oder einem Vorzeichen gemacht habe, und wenn nicht in Wirklichkeit im Endresultate sich alle Glieder gegen einander heben müssen. — Mit herzlichen Grüßen von uns beiden
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letters 345 and 348 for Einstein's planned appointment as special professor.

^[2]See Letter 341, note 6.

^[3]See Letter 347, note 3. Lorentz is referring to the second edition (*Geiger et al. 1920*).

^[4]Jan A. Schouten (1883–1971) was Professor of Mathematics at the Technical University of Delft. In *Schouten 1918* he had pointed out that a gyroscope in orbit around the Earth would slightly change its orientation during each orbit, due to the gravitational curvature of space-time.

^[5]For the Earth this "geodetic precession" has a value of $0''.019$ per year. Cf. *Schouten 1918* and *Fokker 1920*.

351. To Albert Einstein, 17 March 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 17 März 1920.

Lieber Herr Kollege,

Ich vernahm von Ehrenfest, dass der Verlust, den Sie so lange fürchteten Sie jetzt betroffen hat,^[1] und wir, meine Frau und ich, versichern Sie beide von unserer herzlichen Teilnahme in Ihrem Leide. Wir können uns vorstellen, wie traurig es Ihnen zu Mute sein muss; wissen wir doch aus Erfahrung wie schmerzlich es ist, diejenigen zu verlieren, die in unserer Kindheit für uns gesorgt haben und mit denen uns unser ganzes Leben hindurch eine innige Liebe verbunden hat.

Ich muss einige Worte wegen der Professur in Leiden hinzufügen.^[2] Ihre Ernennung hat noch nicht stattgefunden, aber wir erwarten sie mit Sicherheit; es handelt sich nur um einige Formalitäten. Da Sie nur, wenn unser Wunsch einmal erfüllt sein wird, jährlich einige Wochen zu uns kommen werden, so meinen wir, dass Sie vielleicht mit Ihrem ersten Besuche nicht langer werden warten wollen. Es ist sogar möglich, dass Sie schon in der nächsten Zeit ohne die Ernennung abzuwarten, die Reise machen wollen um einige einleitende Besprechungen mit uns zu haben. Selbstverständlich überlassen wir das alles Ihrem Urteil und ich möchte Sie nur bitten, mir mitzuteilen, ob Sie Ihren Pass schon angefragt haben. Wenn Sie das getan haben, oder wenn Ihr früherer Pass noch gültig ist, so wird Koll. Kamerlingh Onnes sich an die Behörden im Haag wenden um die Erlaubnis für die Reise nach Holland für Sie zu erhalten.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Kamerlingh Onnes bittet mich, Ihnen zu sagen, dass er Ihnen noch nicht geschrieben hat weil er die Ernennung abwarten wollte, die er früher erwartete.

Ich freue mich ganz besonders über die letzte Arbeit von Grebe und Bachem.^[3]

^[1]Einstein's mother had died on 20 February 1920 (see also Letter 341, note 6).

^[2]See Letter 350.

^[3]See *Grebe and Bachem 1920a*.

352. From Albert Einstein, 18 March 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

18.III.20.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Ich bitte Sie sehr, mir das lange Stillschweigen nicht zu verübeln. Das schwere Leiden und der Tod meiner Mutter^[1] in Verbindung mit den Pflichten des Tages hatten mich vollkommen gelähmt. Erst allmählich erlange ich wieder die Ruhe zum Denken und Arbeiten.

Ihre Nachricht, dass es nun mit meiner Anstellung Ernst wird,^[2] hat mich ausserordentlich gefreut. Ich schreibe nun rüstig an der Antrittsvorlesung über den Aether, die natürlich nichts anderes sein kann als ein mehr oder weniger persönlich gefärbter Rückblick auf die Entwicklung unserer Meinungen von den physikalischen Eigenschaften des Raumes. Ich hoffe aber, dass wir in diesen fundamentalen Dingen nicht wesentlich verschiedener Meinung sind.^[3]

Es freut mich, dass Sie das Büchlein über Lille nun haben billigen können.^[4] Es haben nur diejenigen unterschrieben, welche das Aktenmaterial untersucht haben. Hier beginnt doch allmählich die Überzeugung durchzudringen, dass schwer gesündigt worden ist, und dass man an dem furchtbaren Hass nicht unschuldig ist. Es ist allerdings schade, dass man inbezug auf die Bestrafung der Kriegsverbrechen nicht international vorgeht; dass nur die fehlbaren *Deutschen* zur Verantwortung gezogen werden sollen, obwohl auch auf französischer Seite den Gefangenen gegenüber Schlimmes vorgekommen ist, lässt die Genugthuung an diesem Akt der Gerechtigkeit nicht vollkommen werden. Die Engländer sollen sehr korrekt verfahren sein. Dass der jüngste reaktionäre Putsch bei uns so kläglich gescheitert ist, ist ein grosses Glück.^[5] Unter diesen Leuten wäre es hier nicht auszuhalten gewesen. Die Not der Menschen hier ist aber grauenhaft. Sehr viele sterben an den Folgen ungenügender Ernährung.

Es freut mich, dass Sie nun doch ein positives Ergebnis für die Schouten'sche Präzession gefunden haben.^[6] Schade, dass diese Dinge unter der Grenze der Beobachtbarkeit bleiben.

Mit den besten Grüßen an Sie und Ihre Frau bin ich in herzlicher Verehrung
Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 351, note 1.

^[2]See Letter 351.

^[3]See, e.g., *Kox 1988* for the fundamental differences between Einstein's and Lorentz's ideas about the ether.

^[4]See Letter 350.

^[5]In March 1920 the right-wing politician Wolfgang Kapp (1858–1922) had led an attempt to overthrow the Weimar Republic government in Berlin. A general strike, called by the government, was instrumental in the failure of this *Putsch*.

^[6]See Letter 350, note 4.

353. To Albert Einstein, 18 May 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 18 Mai 1920.

Lieber Kollege,

Leider kann ich morgen abend nicht nach Leiden kommen, was mir sehr leid tut, denn ich hätte gerne Ihrer Besprechung von „Raum und Zeit“ beigewohnt.^[1] Glücklicherweise wird es Zuhörer genug geben.

Mit herzlichem Gruss treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein spent almost the whole month of May 1920 in Leiden (see *CPAE*, Vol. 10, Calendar). The original plan was that during this visit he would deliver his inaugural lecture as special professor (see Letter 352; it had been planned for 5 May, which is the date on the title page of the printed version), but because the appointment suffered serious delay at the Ministry of Education, the lecture had to be postponed (it eventually took place on 27 October; see *CPAE*, Vol. 10, Introduction, for more details on Einstein's appointment and its delay). On 19 May Einstein gave a widely attended popular lecture with the title “Raum und Zeit in der neueren Physik” in the large auditorium of the University of Leyden under the auspices of the Leidsche Vereeniging voor Wetenschappelijke Voordrachten (Leiden Society for Scientific Lectures; see *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 20 May 1920, Evening Edition, for a report of the proceedings and a summary of the lecture).

354. From Albert Einstein, 22 May 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

22.V. 20.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Zuerst möchte ich Ihnen und Ihrer Frau danken für den herzlichen Empfang, den Sie beide mir neulich bereitet haben.^[1] Der Spaziergang in die Dünen wird mir eine unvergessliche Erinnerung bleiben. Gestern kam die Mitteilung von meiner Ernennung als auswärtiges Mitglied der Akademie;^[2] ich brauche Ihnen nicht erst zu sagen, dass es mich beglückt, in diesen Kreis von ausgezeichneten Männern aufgenommen zu werden, in dem ich mich jetzt schon halb zuhause fühlen darf. Mein Vortrag am Mittwoch^[3] war nur für ferner stehende bestimmt, die einmal einen lässigen Blick in die Relativitätsfragen schweifen lassen wollen, nicht aber für Kenner; es ist gut, dass Sie nicht anwesend waren. Es hat mich ganz beschämt, dass Sie mir besonders deswegen geschrieben haben.

Den Anlass zu diesem Briefe gibt mir ein Brief von Planck, in dem er mich ersucht, dafür zu wirken, dass die neutralen Akademien Deutschland in seinem Bestreben, sich über die ausländische wissenschaftliche Literatur auf dem Laufenden zu halten, unterstützen. Er schreibt:

„Dem Vernehmen nach hat die schweizerische naturforschende Gesellschaft den Vorschlag gemacht, in Bern eine Konferenz abzuhalten, die von Vertretern der neutralen Akademien beschickt werden soll, und auf der internationale wissenschaftliche Fragen zur Besprechung gelangen.“ Ich soll die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass in Berlin eine Neutralstelle für wissenschaftliche Berichterstattung eingerichtet ist (Adresse preussische Akademie der Wissenschaften zu Händen des Herrn Kerkhof), und dass dieselbe grossen Wert darauf legt, *eventuel gegen Austausch* naturwissenschaftliche Zeitschriften zu erhalten. Jede diesbezügliche Anregung würde dankbar begrüsst werden.

Kollege Planck hat mir nicht aufgetragen, dass ich diese Dinge gerade bei *Ihnen* vorbringe, sondern er hat mir nur aufgetragen, bei passender Gelegherheit davon zu sprechen. (Ich sage dies, damit Sie sich nicht wundern, dass Ihnen Planck nicht selbst geschrieben hat.) Ich wollte Ihnen ferner diese Angelegenheit jetzt gleich mitteilen, weil ich unmittelbar nach der Akademiesitzung am 29., bei welcher ich Sie zu sehen hoffe,^[4] wieder zurück reisen muss, da mein Passvisum abläuft.

Indem ich Ihnen und Ihrer Frau nochmals herzlich danke für die unvergesslichen Stunden, die ich bei Ihnen verbringen durfte, bin ich mit herzlichen Grüssen
Ihr ganz ergebener

A. Einstein.

^[1]See Letter 353, note 1, for Einstein's stay in the Netherlands.

^[2]The proposal to make Einstein a foreign member of the Royal Dutch Academy of Sciences was approved in the Academy meeting of 23 March 1920; it became official on 19 May 1920.

^[3]See Letter 353.

^[4]The Academy meeting of 29 May was the first one Einstein attended as foreign member.

355. To Albert Einstein, 27 May 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 27 Mai 1920

Lieber Kollege,

Ich muss Ihnen doch einmal sagen — und hätte es schon früher tun sollen — wie herzlich ich mich darüber freue, dass Sie jetzt als auswärtiges Mitglied zu unserer Akademie der Wissenschaften gehören.^[1] Sie können versichert sein, dass alle Mitglieder diese Freude teilen und Ihre Wahl als etwas Selbstverständliches betrachtet haben. Ich hoffe, dass wir Sie recht oft in den Sitzungen sehen werden. Schade dass Sie so bald wieder reisen müssen, und dass Ihre Antrittsrede noch immer liegen bleiben muss. Es tut mir sehr leid, dass die Bemühungen von Onnes bei der Regierung keine Beschleunigung haben herbeiführen können.^[2] Wenn es in unserer Macht gestanden hätte, so wäre am 10. Februar alles fertig gewesen.^[4]

Mit herzlichen Grüßen, und in der Hoffnung, Sie übermorgen zu sehen^[3]
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 354, note 2.

^[2]Einstein's appointment as special professor in Leiden had been delayed (see Letter 353, note 1).

^[3]At the Academy meeting of 29 May.

^[4]A day after the meeting of the Universiteitsraad (University Council), at which it was decided to create a special chair for Einstein (see Letter 348).

356. To Albert Einstein, 9 June 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 9 Juni 1920.

Lieber Herr Kollege!

Nachdem ich bereits mündlich kurz etwas davon gesagt habe, habe ich jetzt das Vergnügen, Sie im Namen des wissenschaftlichen Komitee's* des „Institut inter-

*Mitglieder des Komitees sind jetzt van Aubel (Gent), W.H. Bragg, Brillouin,^[1] Frau Curie, Kamerlingh Onnes, Knudsen, Lorentz, Righi, Rutherford.

national de physique Solvay” zu dem im nächsten Frühling in Brüssel zu haltenden „Conseil de physique” einzuladen^[2] und Sie zu bitten einen Bericht über die von Ihnen vorhergesagte und mit de Haas beobachtete Erscheinung (Ampère’s Molekularströme)^[3] und was damit zusammenhängt, aufzustellen. Wenn Sie sich wieder an diesem kleinen Kongress beteiligen wollen, werden Sie uns eine grosse Freude bereiten. Die Versammlung wird am 1. April anfangen und eine kleine Woche dauern. Als allgemeines Thema haben wir gewählt die Elektronentheorie und ihre wichtigsten Anwendungen, Struktur der Atome und Strahlungserscheinungen (*nicht* die schwarze Strahlung); es liegt in unserer Absicht, speziell über die Grundbegriffe, die allgemeinen Ideen und die noch ausstehenden Schwierigkeiten einen Gedankenaustausch zu veranlassen. Wir möchten uns also bei der Besprechung z.B. der Bohr’schen Theorien auf die Grundlagen und die einfacheren Fälle beschränken ohne uns in Details über verwickeltere Atomstrukturen zu verlieren.

Einteilung des Stoffes, mit Angabe der Herren, die wir bitten werden einen Bericht zu redigieren:

1. Allgemeines über Elektronentheorie. Tragweite der Theorie und Schwierigkeiten. *Lorentz*.^[4]

2^a. Struktur der Atome. Konstitution des Kernes. Isotopen. *Rutherford*.^[5]

2^b. Einiges über Quantentheorie. Speziell Ihre photoelektrische Regel. *de Broglie*.^[6]

3. Theorie von Bohr, Anordnung der Elektronen im Atom. *Bohr*.^[7]

4^a. Die Elektronen und der Magnetismus. Gyroskopische Effekte. *Einstein*.^[8]

4^b. Erklärungsversuche des Para- und Diamagnetismus. Der Magnetismus bei tiefen Temperaturen. *Kamerlingh Onnes* oder *Langevin*.^[9]

Wir werden die folgenden Physiker zu dem Conseil einladen:

Barkla, Bohr, de Broglie, Ehrenfest, Einstein, de Haas, Jeans, Langevin, Larmor, Millikan, Perrin, Richardson, J.J. Thomson, Weiss, Zeeman; ausserdem entweder Siegbahn oder Vegard; darüber bitte ich Bohr zu entscheiden.^[10]

Also im Ganzen mit den Mitgliedern des wissenschaftlichen Komitees 25 Teilnehmer; über diese Zahl hinaus möchten wir nicht gehen, damit die Versammlung möglichst traulicher Art bleibe.

Es wird mich sehr freuen, von Ihnen zu hören, dass wir auf Sie rechnen dürfen. Ist das der Fall, so werde ich mir erlauben, in den nächsten Wochen noch einmal auf die Anordnung und den Umfang der Berichte zurückzukommen.

Mit herzlichen Grüssen von uns beiden

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Marcel Brillouin. Léon Brillouin acted as secretary, together with William L. Bragg, Maurice de Broglie and J.E. Verschaffelt.

^[2]The third Solvay Conference took place from 1 to 6 April 1921. The proceedings were published as *Solvay 1923*.

^[3]See Letter 288, note 2, for more on the Einstein-De Haas effect.

^[4]*Lorentz 1923i*.

^[5]*Rutherford 1923*.

^[6]*De Broglie 1923*.

^[7]*Bohr 1923.*

^[8]Because of Einstein's absence (see Letter 366), De Haas spoke on this topic (*De Haas 1923*).

^[9]Kamerlingh Onnes and Langevin planned to present a joint paper, but because of illness of Langevin nothing came of it. At the meeting, Kamerlingh Onnes presented two papers, based on preliminary joint notes (*Kamerlingh Onnes 1923a, 1923b*).

^[10]Charles G. Barkla (1877–1944), Professor of Natural Philosophy at the University of Edinburgh; James H. Jeans, Secretary of the Royal Society; Robert A. Millikan (1868–1953), Professor of Physics at the University of Chicago; Jean Perrin; Owen W. Richardson (1879–1959), Professor of Physics at the University of London; Pierre Weiss; Karl Manne G. Siegbahn (1886–1978), Professor of Physics at the University of Lund; Lars Vegard (1880–1963), Professor of Physics at the University of Oslo. At a later stage, Albert Michelson was also invited (see Letter 367); he attended. Bohr, Einstein, Jeans, Thomson and Vegard did not participate; of the members of the scientific committee W.H. Bragg and Righi were not present. Bohr was ill; his paper was read by Ehrenfest, who added a contribution on the correspondence principle (*Ehrenfest 1923*). See Letter 366 for the reason for Einstein's absence. Note that except Einstein no German physicists were invited, in conformance with the boycott of German science by the international scientific organizations after World War I (see, for instance, *Schröder-Gudehus 1966* for more background). An exception was made for Einstein because of his outspoken anti-war views during the war (see *Mehra 1975*, p. xxiii).

357. From Albert Einstein, 15 June 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem. Letterhead of the Grand Hotel Kristiania.

15.VI.20.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Ich habe Ihnen schon in Haarlem gesagt, dass ich die Einladung zum Solvay-Kongress mit grosser Freude annehme.^[1] Das Referat will ich ebenfalls gerne übernehmen. Es ist mir ein Herzensbedürfnis, insbesondere die französischen Freunde nach so langer schwerer Zeit wiederzusehen und Ihnen die Hand zu drücken. Auch freut es mich, dass es auch heute noch möglich ist, als internationaler Mensch behandelt zu werden, ohne in eine der beiden grossen Schubladen eingeschlossen zu werden.

Die in Holland verbrachte Zeit steht noch leuchtend vor meinen Augen.^[2] Nur die viele Mühe, die ich Ihnen und Herrn Kamerlingh-Onnes verursacht habe, thut mir leid.^[3] Ich hätte an eine solche Möglichkeit denken sollen; meine Reise nach Holland hätte sich ohne Schwierigkeit um ein paar Monate verschieben lassen.

In Berlin zeigte neulich Herr Hettner, dass man die beobachteten ultraroten Eigenfrequenzen (Absorption) der Dämpfe (abgesehen von dem Bjerrum'schen Einfluss der Rotation^[4]) darstellen kann in der Form

$$\nu = m_1\nu_1 + m_2\nu_2 \dots,$$

wobei ν_1, ν_2 eigentliche Eigenfrequenzen, m_1, m_2 kleine ganze positive Zahlen (oder null) sind.^[5] Dies passt schön zur Bohr'schen Theorie, wenn man annimmt, dass in der potentiellen Energie die in den Abweichungen von der Ruhelage quadratischen Glieder in der Hauptsache, aber nicht ganz allein massgebend sind. Die Grundfrequenzen ν_1, ν_2 , etc. geben interessante Prüfsteine für Molekularmodelle ab.

Mit herzlichen Grüßen an Sie und Ihre Frau Gemahlin bin ich Ihr treu ergebener

A. Einstein.

^[1]See Letter 356 for the invitation; see also Letter 366 for Einstein's eventual cancellation. Einstein had visited Lorentz in Haarlem during his visit to the Netherlands in May (see Letter 354).

^[2]See Letter 353, note 1, for more on Einstein's visit.

^[3]It concerns Einstein's delayed appointment as special professor (see Letter 353, note 1).

^[4]See *Bjerrum 1912*, in which it is calculated how the infrared spectrum of a gas due to vibrational degrees of freedom is modified by the influence of quantized rotational motion of the molecules.

^[5]See *Hettner 1920*.

358. To Albert Einstein, 23 June 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 23 Juni 1920.

Lieber Herr Kollege,

Ich glaube Ihnen wieder einmal sagen zu müssen, wie es jetzt mit Ihrer Ernennung, oder, genauer gesagt, mit der erforderlichen königlichen Genehmigung steht.^[1] In den letzten Tagen Ihres Aufenthaltes in Holland konnte ich Ihnen noch mitteilen, dass es keine Schwierigkeiten mehr gab, und dass man mir die Aussicht geöffnet hatte, die Angelegenheit etwa am 12. d.M. erledigt zu sehen. Leider hat sich die Sache noch wieder in die Länge gezogen, sodass es nur gut ist, dass Sie den Ausgang nicht abgewartet haben. Indessen sind wir jetzt nahe am Ziel. Der Staatsrat^[2] hat sein Urteil (natürlich in günstigem Sinne) abgegeben und damit ist die letzte Formalität erfüllt. Prof. Oppenheim,^[3] Mitglied dieses Rates (und auch des Kuratoriums der Leidener Universität) hat mir erklärt von dem Generalsekretär des Ministers vernommen zu haben, die königliche Verfügung sei ganz bestimmt spätestens Anfang Juli zu erwarten. Da die Ferien am 10. Juli anfangen, würden Sie also *vielleicht* noch Ihre Antrittsrede in der letzten Woche dieses Semesters halten können. Dass Sie das jedenfalls unmittelbar nach den Ferien, Ende September, werden tun können, daran brauchen wir gar nicht zu zweifeln.

Was nun die Frage betrifft, ob Sie die Rede vor oder nach den Ferien halten wollen (gesetzt dass auch Ersteres möglich sei), das müssen Sie tun ganz wie es

Ihnen am besten passt. Ich kann nur sagen, dass, je eher Sie kommen, um so lieber wird es uns, allen Ihren Freunden in diesem Lande sein.

Jedenfalls, sobald die königliche Verfügung erschienen ist, werden Ehrenfest oder ich Ihnen telegraphieren: „richtig“; wir werden hinzufügen, an welchem Tage Sie, wenn Sie es wünschen, die Rede werden halten können. Sie bleiben dann noch frei in der Entscheidung.

— — — — —

Es hat mich sehr gefreut von Ihnen zu hören, dass wir Sie in dem Conseil de physique in Brüssel sehen (und hören) werden. Aus Ihrem Briefe ersah ich, dass Sie der Einladung nach Kristiania Folge geleistet haben.^[4] Ich hoffe sehr, dass Sie Zeit finden werden, von dem schönen Lande etwas zu sehen; Sie haben ja Jahre lang so angestrengt gearbeitet, dass Sie sich einige Erholung erlauben dürfen.

Gestern erhielt ich das schöne und anregende Buch von Eddington: „Space, Time and Gravitation, an outline of the general relativity Theory.“^[5] Es giebt darin Manches, was ich mit Ihnen besprechen möchte; es würde mich sehr freuen, wenn das bald geschehen könnte. — Mit herzlichen Grüßen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein's appointment as special professor in Leiden was suffering serious delays (see Letter 353, note 1). As it turned out, for Einstein's appointment two formal royal confirmations were needed: one for the professorship and one to exempt him from the requirement that Dutch professors hold a Dutch doctorate.

^[2]The Raad van State (State's Council), the highest advisory organ of the Dutch government, formally chaired by the reigning monarch.

^[3]Jacques Oppenheim (1849–1924) was Professor of Law, emeritus, at the University of Leyden.

^[4]Letter 357. Einstein had been invited to Kristiania (present-day Oslo) by the Norwegian Student Association; he lectured there on 15, 17, and 18 June (see *CPAE*, Vol. 10, Calendar).

^[5]*Eddington 1920*.

359. From Albert Einstein, 4 August 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

4.VIII.20.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Wenn mir die Verzögerung in der Ernennungs-Angelegenheit schmerzlich war, so war sie mir dies nur durch das Bewusstsein, dass ich Ihnen, Ehrenfest und Kamberlingh-Onnes eine Unsumme von Mühe verursachte. Jetzt aber freue ich mich doppelt, nämlich erstens darüber, dass nun im Prinzip alles erledigt ist,^[1] sodass Sie keine Mühe mehr haben und zweitens insbesondere darüber, dass nun für mich

der so willkommene äussere Anlass da ist, öfter nach Leiden zu kommen. Wenn bis Ende Oktober alle Formalitäten erledigt sind, komme ich zu dieser Zeit, um die Antrittsvorlesung zu halten. Wenn es aber länger dauert, so ist es auch gleich; ich komme eben dann entsprechend später. Die Reise nach Kristiania war wirklich schön, das Schönste aber waren die Stunden, die ich mit Bohr in Kopenhagen verbrachte. Das ist ein hoch begabter und ausgezeichnete Mensch. Es ist ein gutes Zeichen für die Physik, dass hervorragende Physiker meist auch vortreffliche Menschen sind. Erfreulich ist es auch, dass trotz der schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse das Interesse für die Wissenschaft hier keineswegs nachgelassen hat. Kolloquium und physikalische Gesellschaft sind immer eifrig besucht. Die Arbeiten von Aston^[3] und von Rutherford^[4] wurden von Rubens referiert und mit Begeisterung aufgenommen. Es thut wohl, dass es doch noch Dinge gibt, die dem politischen Wahn nicht zum Opfer gebracht werden.

Sie und Ihre Frau grüsst herzlich

Ihr

Einstein.

P.S. Ich habe nun die Photogramme des Cyanspektrums von Grebe und Bachem gesehen; sie erscheinen bald in der Zeitschrift für Physik.^[5] Man sieht an denselben deutlich, dass nicht photometrierte Spektren nicht zur Untersuchung der Linienspektren herangezogen werden dürfen. Durch diese Arbeit wird die Existenz der Rotverschiebung zwar noch nicht sicher bewiesen, aber doch schon wahrscheinlich gemacht.

Ich bin sehr neugierig, was Sie zu dem Buche Eddingtons zu bemerken haben. Ich habe eigentlich nur an seiner Stellung zu den Grenzbedingungen (kosmolog. Problem) etwas auszusetzen, weiss aber, dass Sie mir hierin nicht beistimmen.^[6]

^[1]See Letter 358.

^[2]See Letter 358, note 4, for Einstein's trip to Kristiania.

^[3]Francis William Aston (1877–1945), Fellow of Trinity College, had invented the mass spectrograph and was doing experiments with it, finding many new isotopes (see, e.g., *Aston 1920*).

^[4]In his experimental investigation of the effects of collisions of α particles with light atoms and Rutherford had created a nuclear transformation (the disintegration of nitrogen into oxygen and hydrogen; see *Rutherford 1919*).

^[5]*Grebe and Bachem 1920b*. See also Letter 347, note 5, for more on their work.

^[6]In his book (*Eddington 1920*) Arthur Eddington defends the view that the universe is open and that space is flat at infinity.

360. To Albert Einstein, 3 September 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 3 September 1920.

Lieber Herr Kollege,

Ich las in den Zeitungen von den Unannehmlichkeiten, welche die sogenannte Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher Ihnen bereitet hat,^[1] und es ist mir ein Bedürfnis, Ihnen zu sagen, wie sehr ich es bedaure, dass Sie sich derartigen Angriffen ausgesetzt sehen. Ich verstehe nicht, welcher böse Geist in diese Leute gefahren ist. Leider kann ich den Verdruss und den Ärger, den diese Erfahrungen bei Ihnen hervorrufen müssen, nicht lindern, aber Eines kann ich Ihnen doch sagen (und auch viele Andere könnten das). Nämlich: Alle, die Ihre Arbeiten kennen und Ihnen in Ihren Forschungen gefolgt sind, wissen, dass Sie in aller Bescheidenheit bestrebt gewesen sind, die Wahrheit zu suchen und ihr zu dienen. Wer Sie persönlich kennt, ist davon doppelt überzeugt. Das gilt von Ihren Freunden in diesem Lande und glücklicherweise auch von den besten der deutschen Physiker.

Möge die Überzeugung, dass Sie von diesen nicht missverstanden werden, es Ihnen erleichtern, sich über manches Ärgerliche hinwegzusetzen. Wirklich, Anfeindungen wie die, von welchen ich gelesen habe, verdienen nicht, dass Sie sich herablassen, darauf zu antworten.

Mehr noch als früher hoffe ich jetzt, dass Sie bald nach den Ferien zu uns kommen werden.

Mit herzlichen Grüßen, auch von meiner Frau
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]On 24 August 1920 Einstein attended a meeting in Berlin, organized by the newly founded Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher, at which the theory of relativity and its creator were heavily attacked (see, e.g. *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 27 August 1920, for a Dutch newspaper report). A few days later Einstein wrote a sharp reply for the *Berliner Tageblatt* (*Einstein 1920a*), the publication of which he later regretted (see *CPAE*, Vol. 7, the editorial note, "Einstein's Encounters with German Anti-Relativists," for more historical background).

361. To Albert Einstein, 10 September 1920

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 10 September 1920

Lieber Herr Kollege,

Zufälligerweise habe ich erst heute vernommen, dass in der Angelegenheit Ih-

rer Ernennung durch den Leidener Universitätsrat jetzt alles in Ordnung ist, und dass Sie Ende Oktober Ihre Antrittsrede halten werden.^[1] Ich freue mich sehr darüber und muss Ihnen jetzt noch einmal sagen, dass es mir sehr leid getan hat, dass Sie so lange haben warten müssen.

Haben Sie schon gelesen, dass man jetzt mit der Relativitätstheorie schon Geld verdienen kann? Ich schliesse hier ein, was ich darüber in einer holländischen Zeitung las. Es wird Sie jedenfalls interessieren.^[2]

Eigentlich sollten Sie die 5000 Dollar haben, und die Sc. A. hätte besser getan, Sie um einen Artikel zu bitten und Ihnen dafür die Summe als Honorar anzubieten. Jetzt wollte ich, Sie hätten eine kleine Abhandlung fertig, und wir wären sicher davon, dass die Beurteiler vernünftig genug wären um *die* zu wählen. Dann würden Sie sich vielleicht dazu entschliessen, selbst in die Arena hinauszusteigen: es ist nicht Ihre Schuld, dass wissenschaftliche Leistungen, wie die Welt Ihnen zu verdanken hat, einen nicht von allen Geldsorgen befreien. Eine Übersetzung ins Englische, wenn es damit in Berlin Schwierigkeiten hätte, könnte ich hier schon besorgen.^[3]

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Die Amerikanische populär wissenschaftliche Wochenschrift „Scientific American“ hat einen Preis ausgesetzt für die beste Abhandlung, die Einstein's Theorie für Laien verständlich macht.

Bedingungen:

1. Der Artikel soll den Umfang von 3000 Worten nicht übersteigen.
2. Er muss in Englischer Sprache geschrieben sein, möglichst einfach und klar, mit Vermeidung technischer Schwierigkeiten.
3. Er muss mit der Schreibmaschine geschrieben sein und mit einem Pseudonym unterschrieben. Er muss nur das Pseudonym und einen Spruch (Motto) tragen, und in einem gut versiegelten Umschlag geschlossen sein, auf dem dasselbe Pseudonym steht; dieser Umschlag muss begleitet sein von einem zweiten, kleineren versiegelten Umschlag, der auf der Aussenseite dasselbe Pseudonym trägt und in welchem sich Namen und Adresse des Verfassers befinden, sowie sein Pseudonym und der Spruch. Beide Umschläge sind zusammen zu senden an „The Einstein Prize Essay Editor, Scientific American, 233 Broadway, New York“.
4. Die Einsendung muss spätestens am 1. November 1920 im Besitz des Bureaus sein.
5. Das Bureau wird den kleinen versiegelten Umschlag, der Name und Adresse (sowie Pseudonym und Spruch) des Verfassers enthält, aufbewahren, bis das Preisgericht zu einer Entscheidung gekommen ist.
6. Sobald das Preisgericht seine Wahl getroffen hat, wird es dem Bureau der Scientific American seine Entscheidung mitteilen. Das Bureau wird sodann den kleinen Umschlag öffnen und sofort dem Preisgewinner das Resultat mitteilen; der preisgekrönte Artikel wird in einer Lieferung der Sc. A. publiziert werden.

7. Es wird nur *ein* Preis zuerkannt werden und zwar von 5000 Dollar; die Zeitschrift behält sich jedoch das Recht vor, den Preis unter zwei Mitbewerbern, deren Artikel nach dem Urteil des Preisgerichts von gleichem Wert sind, zu teilen.

8. Auch behält die Sc. A. sich das Recht vor, alle diejenigen Abhandlungen, welche die Jury dazu geeignet findet, in der Zeitschrift, oder in Buchform zu publizieren. Übrigens bleiben die Abhandlungen Eigentum der Verfasser; Manuskripte werden aber nicht zurückgeschickt.

Die Zusammensetzung des Preisgerichts wird nächstens bekannt gemacht werden.

— — — — —

^[1]See Letter 358, note 1.

^[2]Einstein decided not to compete (see Letter 362); the prize was won by L. Bolton, senior examiner at the British Patent Office in London. See *Scientific American*, 5 February 1921, and *Bird* 1921.

^[3]Presumably through the translator who was responsible for the English translations of the *Zittingsverslagen* of the Section of Sciences of the Amsterdam Royal Academy of Sciences.

362. From Albert Einstein, after 10 September 1920

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem. The date is inferred from the fact that this letter is a reply to Letter 380.

Hechingen (Süddeutschland).

Hoch verehrter Herr Lorentz!

Ihr ausführlicher Brief^[1] hat mich sehr gerührt. * Jenes amerikanische Preisausschreiben war mir schon bekannt geworden. Der Urheber selbst hat mir die Ausschreibung zugesandt. Ich muss aber gestehen, dass ich mich sofort dazu entschlossen habe, an dieser Konkurrenz nicht teilzunehmen. Erstens nämlich tanze ich nicht gerne um das goldene Kalb und zweitens habe ich zu dieser Art Tanz so wenig Begabung, dass ich wohl schwerlich Beifall damit finden würde. Eigentliche Sorgen aus Geldmangel habe ich übrigens keineswegs. Wenn es unbedingt nötig wird, lasse ich meine frühere Frau mit den Kindern nach Deutschland übersiedeln; bis jetzt hat es sich noch umgehen lassen.^[2]

In letzter Zeit hatte ich Anfeindungen verschiedenster Art zu erdulden, hauptsächlich durch die Zeitungen. Dies ist aber nicht zu bedauern, denn es ist eine Gelegenheit, um die ächten Freunde von den unsichern zu unterscheiden. Merkwürdig ist, dass in dieser Zeit jede Wertung nach politischen Gesichtspunkten vollzogen wird.

Die Naturforscherversammlung^[3] brachte nichts Neues von erheblicher Bedeutung, zeigte aber doch, dass das Interesse für die reine Wissenschaft trotz Krieg

*Ganz besonders Ihr Anerbieten bezüglich einer Übersetzung in die englische Sprache.

und materieller Krise sehr lebhaft geblieben ist. Sonst hat sich doch manches geändert. Die Gemüter sind von allem Erlebten so plastisch, dass ein bedeutender Staatsmann Grosses schaffen könnte; ich denke an die vereinigten Staaten Europas. Es ist ein Unglück, dass in Frankreich oder England jetzt kein umfassender, grosszügiger Mann an der Spitze ist, der mehr im Auge hat als das momentane materielle Interesse seines engeren Vaterlandes.

In den nächsten vierzehn Tagen bin ich mit meinen Buben hier in Süddeutschland zusammen, eine seltene Freude, von der ich schon lange erfüllt bin. Dann komme ich nach Holland, um die Antrittsvorlesung zu halten.^[4] Ich schäme mich sehr wenn ich daran denke, wieviel Mühe Sie und Kamerlingh-Onnes meinthalben gehabt haben; aber ich gebe mich der freudigen Hoffnung hin, dass die Erinnerung daran Ihre herzliche Gesinnung gegen mich nicht stören kann.

In der Hoffnung, Sie und Ihre Frau gesund und froh anzutreffen und mit Ihnen ein Stündchen über physikalische Dinge plaudern zu können (auch über Ihre Andeutungen zu Eddingtons Buch^[5]) bin ich mit herzlichem Gruss

Ihr ganz ergebener

A. Einstein.

^[1]Letter 361.

^[2]Einstein's former wife Mileva Marić was living in Zurich with their sons Hans Albert and Eduard. The inflation in Germany made it increasingly difficult for Einstein to fulfill his financial obligations to them. A possible solution was that they move to Germany.

^[3]The 86th meeting of the Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, held in Bad Nauheim from 19 to 25 September 1920. Although the official record does not show it, at this meeting Einstein had an unpleasant debate with Philipp Lenard on relativity (see *CPAE*, Vol. 7, the editorial note, "Einstein's Encounters with German Anti-Relativists," for more details).

^[4]As special professor at the University of Leiden. The lecture had originally been scheduled for May (see Letter 353, note 1).

^[5]*Eddington 1920*; see Letter 358.

363. From Albert Einstein, 1 January 1921

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

1.I.21.

Verehrter Herr Kollege!

Erfreut und beschämt stand ich vor Ihrer Sendung, erfreut, weil Sie an uns dachten, beschämt, weil Sie so viel Mühe hatten. Und dabei geht es hier entschieden besser mit der Nahrung.^[1] Überhaupt macht es den Eindruck, dass wir langsam wieder einer besseren Zeit entgegengehen. —

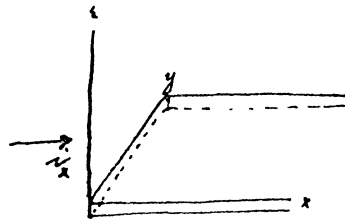
Nun ein bisschen Physik. Das Interessanteste ist folgendes. Frage: Kann durch Experiment entschieden werden, ob das elektrische Feld der Strahlung wirklich in

solcher Verteilung existiert, wie es die Maxwell'sche Theorie fordert? Antwort: In starken Strahlungsfeldern sind nach der Theorie die elektrischen Felder von der Größenordnung 150 Volt/cm. Diese müssen schon eine wahrnehmbare Linienverbreiterung durch Starkeffekt geben. Wir wollen Versuche darüber hier anstellen, auch das astronomische Material durchsehen. Erkennungszeichen: Die Linienverbreiterung muss mit der Ordnungszahl der Linie in der Serie zunehmen.

Supraleiter, Thomsons Effekt. Es gelten die Gleichungen^[2]

$$\left. \begin{aligned} e + \alpha \left[\frac{i}{c}, h \right] &= 0 \\ \text{rote} + \frac{1}{c} \frac{\partial h}{\partial t} &= 0 \end{aligned} \right\} \frac{\partial h}{\partial t} = \alpha \text{rot}[i, h]$$

Wir untersuchen den Verlauf der Erscheinung in einer in der x -Richtung stromdurchflossenen Platte. Wir nehmen also von 0 verschieden i_x und i_y an. Von h sei nur h_z von null verschieden. Ist zunächst alles von z unabhängig, so reduzieren sich unsere Gleichungen auf



$$\frac{\partial h_z}{\partial t} + \alpha \left(\frac{\partial i_x h_z}{\partial x} + \frac{\partial i_y h_z}{\partial y} \right) = 0$$

Die Ströme in der y -Richtung sind durch den Halleffekt induziert. Sie schliessen sich über die Plattenränder, oder, wenn die ebene Platte durch eine zylindrische ersetzt wird, in sich selbst. Im ersten Fall müssen die Strom- und Feld-Komponenten von y abhängen, im zweiten nicht. Aber auch der erste Fall kann in gewissen Fällen vernünftig approximiert werden, wenn man $\frac{\partial}{\partial y} () = 0$ setzt. Dann ist

$$\frac{\partial h_z}{\partial t} + \alpha \frac{\partial (i_x h_z)}{\partial x} = 0.$$

Ist der Plattenquerschnitt konstant, so ist auch $\frac{\partial i_x}{\partial x} = 0$. Dann ist

$$h_z = h(x - \alpha i_x t)$$

Das Magnetfeld wird also mit der Geschwindigkeit αi_x mit dem Strome fortgeschleppt. Bei einer un stetigen Aenderung der Plattendicke ist $i_x h_z$ stetig oder auch

$\frac{1}{\delta} h_z$, wobei δ die Plattendicke ist.

So übersieht man den zu erwartenden Verlauf genügend, um durch Experiment entscheiden zu können, ob der Hall-Effekt bei tiefen Temperaturen existiert. —

Ihnen und Ihrer Frau wünscht von Herzen ein glückliches 1921
Ihr

A. Einstein.

Herzliche Grüße an Familie De Haas.

^[1]Presumably, Lorentz had sent a food-package to Einstein and his wife Elsa (see also her postscript).

^[2]Einstein considers a thin conducting slab in which a current flows and perpendicular to which acts a magnetic field \mathfrak{h} . The Hall effect causes a potential difference and thus a secondary current in the slab perpendicular to both the primary current and the magnetic field, through the Lorentz force on the charge carriers. In the first equation below ϵ is the total electric field and i is the total current. The equation itself expresses perfect conductivity of the slab, i.e., no accumulation of electric charges.

364. From Arnold Sommerfeld, 5 January 1921

Handwritten letter.

München, 5. Januar 1921.

Sehr verehrter Herr College!

Die Korrektur des Solvay-Congresses schicke ich gleichzeitig an Sie ab.^[1]

Es hat mich sehr gefreut, Ihre Schriftzeige einmal wieder zu sehn und Ihre freundlichen Grüße zu vernehmen!

Das Leben wäre wirklich nicht zu ertragen bei den fortgesetzten Demütigungen, die wir uns gefallen lassen müssen, wenn nicht das Bischen Freude am Fortschritt der Wissenschaft wäre, die uns nicht genommen werden kann. Vielleicht hat auch Ihnen der hübsche „Zerlegungssatz“ aus der Theorie des Zeemaneffektes gefallen, den ich Ihnen kürzlich zugeschickt habe.^[2] Es ist eigentlich nichts Quantentheoretisches darin, sondern nur eine empirische Feststellung, ähnlich wie bei Hn. Lohuizen,^[3] aber auf Grund genauerer Beobachtungen.

Seit dem Tode unseres Arnold, der nun seit $1\frac{1}{2}$ Jahren im tiefen Ammersee ruht,^[4] ist unser Familienleben arg verdüstert; besonders meine arme Frau findet nur schwer und langsam ihre Energie wieder. Aber die drei uns gebliebenen Kinder sind brav und machen uns viel Freude.

Es grüsst Sie und Ihre verehrte Frau Gemahlin herzlich zum neuen Jahr
Ihr

A. Sommerfeld.

^[1]The corrections of *Sommerfeld 1921*, Sommerfeld's contribution to the long-delayed proceedings of the second Solvay Conference of 1913.

^[2]See *Sommerfeld 1920*.

^[3]See *Lohuizen 1919*.

^[4]Arnold Lorenz Sommerfeld had drowned in the Ammersee in Bavaria, in July 1919.

365. To Albert Einstein, 6 January 1921

Typed letter with some emendations in Lorentz's hand (Museum Boerhaave, Leiden). Letterhead of the Société Hollandaise des Sciences.

Harlem, le 6 Janvier 1921.

Très honoré Confrère,

Comformément à ce qui a été décidé à la dernière réunion du Comité scientifique, j'ai le plaisir de vous faire parvenir un petit programme d'ensemble pour la réunion d'avril prochain.^[1] Il pourra peut-être contribuer à ce qu'il y ait une certaine unité dans les rapports.

Vous m'obligerez beaucoup si vous voulez bien me communiquer les remarques auxquelles ce programme vous donnerait lieu.

Bien entendu, je n'ai voulu donner que quelques indications sommaires, les auteurs devant rester libres dans la manière de traiter leurs sujets.

Une exposition concise aura des avantages qu'il est superflu d'indiquer ici. Elle se recommande aussi parce qu'il a été convenu que la présentation d'un rapport prendrait tout au plus une heure. Si nous pouvons nous imposer cette limitation, nous aurons un temps suffisant pour les discussions sans nous surmener.

J'espère qu'il sera possible de distribuer les rapports une quinzaine de jours avant la réunion. Le mien pourra être imprimé ou dactylographié au commencement de février et je serai heureux de recevoir les autres dans le cours de ce mois, un ou deux même, si cela est possible, avant ou vers le 15^e février. Je vous prie de me faire savoir à quelle date environ je pourrai attendre le vôtre.

Veillez agréer, cher Confrère, l'expression de mes sentiments sincèrement dévoués.

H.A. Lorentz

^[1]It concerns the third Solvay Conference, planned for 1 to 6 April 1921. See Letter 356 for the invitation.

366. From Albert Einstein, 22 February 1921

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

22.II.21.

Hoch verehrter Herr Kollege!

Es war mir eine unsagbar grosse Freude, dass ich durch Ihre Anregung zu dem Brüsseler Kongress eingeladen worden bin.^[1] Und nun muss ich Ihnen leider mitteilen, dass ich nicht in der Lage bin, zu erscheinen. Ich bin aber überzeugt, dass Sie mein Vorgehen billigen werden. Es ist nämlich von den Zionisten geplant, in Jerusalem eine Universität zu errichten. Zu diesem Zweck sollen in Amerika im

März die entscheidenden konstituierenden Sitzungen stattfinden. Die Leute haben mich nun sehr gebeten, zu diesen Sitzungen zu kommen, weil sie glauben, durch meine persönliche Mitwirkung die reichen Juden Amerikas opferfreudiger zu machen. So sonderbar dies klingen mag, glaube ich doch, dass die Leute nicht Unrecht haben. Da mir nun dies Unternehmen sehr am Herzen liegt, und ich als Jude auch die Pflicht empfinde, nach besten Kräften zum Gelingen beizutragen, so sagte ich zu.^[2] Ich bitte Sie aber Herrn Solvay und den Kollegen zu sagen, dass ich nur mit schwerem Herzen mich entschlossen habe, auf die Mitwirkung bei dem Solvay-Kongress zu verzichten, und dass ich die Veranstaltung von Herzen guten Erfolg wünsche.

Ich habe nun wieder eine Hoffnung, mit Hilfe der Relativitätstheorie in das Gebiet des Molekularen hineinzuleuchten. Es besteht nämlich die Möglichkeit, die beiden folgenden Postulate miteinander zu vereinigen.

1) Die Naturgesetze hängen nur von den Verhältnissen der $g_{\mu\nu}$ ab ($g_{\mu\nu}$ und $\lambda g_{\mu\nu}$ sind gleichwertig). (Weyl'sches Postulat.)^[3]

2) Die elektromagnetischen Potentiale gehen nicht explizite in die Gesetze ein, sondern nur die Feldstärken.

Ich bin sehr neugierig, ob sich diese Hypothesen bewähren werden.^[4]

Ich habe De Haas gebeten, das kurze Referat über den magnetischen Rotations-effekt allein zu übernehmen.^[5] Ich bin neugierig, was seine sorgfältigen Versuche ergeben haben.^[6] Herr Classen in Hamburg (Universität)^[7] glaubt dem Grund des zu kleinen Wertes des Effektes auf experimentellem Wege auf die Spur gekommen zu sein; ich bin aber einstweilen skeptisch. Ich schreibe nichts Näheres, weil ich nicht weiss, ob Herr Classen dies billigt, da doch seine Arbeit noch nicht abgeschlossen ist.

Nach Leiden werde ich nun auch etwas später kommen müssen, jedenfalls aber im Laufe des Sommersemesters. Mit freundlichen Grüßen an Sie, Ihre Frau und Familie De Haas bin ich

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letters 356 for the invitation and 357 for Einstein's initial acceptance.

^[2]From 2 April 2 to 30 May 1921, Einstein visited the United States, together with Zionist leader Chaim Weizmann (1874–1952), to raise funds for the Hebrew University in Jerusalem. For a detailed account, see *Sayen 1985*.

^[3]For Weyl's theory, see *Weyl 1918a, 1918b, 1919, 1920a, 1920b*. See also *Pauli 1958*, sec. 65, for a discussion.

^[4]See *Einstein 1921a* for a published version of these ideas.

^[5]In Letter 356 Lorentz had asked Einstein for a contribution on the Einstein-De Haas effect. See *De Haas 1923*, the first section of which is based on notes by Einstein, for De Haas's contribution to the Solvay Conference.

^[6]Although De Haas in his experiments still found results in agreement with his earlier work with Einstein, he started to have doubts, since others had found different results (a value of the gyromagnetic ratio that was twice the value predicted and found by Einstein and De Haas; see *Stewart 1918, Beck 1919, and Arvidsson 1920*; see *Galison 1987*, pp. 27–

74, for a historical discussion). See also Letter 353, note 1, for more on the Einstein-De Haas experiment.

^[7]Johannes Wilhelm Classen (1864–1928), Professor of Physics in Hamburg.

367. To Albert Einstein, 19 March 1921

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 19 März 1921.

Lieber Herr Kollege,

Ich brauche Ihnen wohl kaum zu sagen, dass es mir sehr Leid tut, dass Sie nicht nach Brüssel kommen werden;^[1] auch alle die Anderen werden das lebhaft bedauern. Aber ich verstehe es, dass Sie es für Pflicht halten, nach Amerika zu gehen.

Auch W.H. Bragg (der Vater) wird nicht kommen, und von Langevin ist es zweifelhaft. Er hatte eine Pleuritis, die zwar glücklicherweise nicht gefährlich war und jetzt überstanden ist, aber er muss sich noch schonen.

Unter diesen Umständen, und speziell im Hinblick auf Ihre Abwesenheit haben Frau Curie und Brillouin vorgeschlagen die Versammlung bis zum Herbst zu verschieben. Das hat sich aber als unmöglich herausgestellt und wir gehen also 31. März nach Brüssel. Wir haben noch Michelson, der zufälligerweise in Europa ist, und L. Brillouin, den Sohn, eingeladen.^[2]

Und jetzt wünsche ich Ihnen von Herzen eine gute und in jeder Hinsicht glückliche Reise und spreche die Hoffnung aus, dass diese auch wirklich der Jerusalemer Universität* zu Gute kommen möge.

Ermüden Sie sich nicht zu viel mit Interviews und Vorträgen;† mögen wir Sie in einigen Monaten in guter Gesundheit in Leiden sehen.

Mit herzlichen Grüßen von uns beiden
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 366.

^[2]For the participants at the third Solvay Conference, see Letter 356, note 10.

^[3]*Huygens 1888–1950*.

*Ich habe schon Beziehungen zu dieser Universität; ihre Bibliothek erhält nämlich die Ausgaben der holländischen Gesellschaft der Wissenschaften, wie die „Oeuvres complètes de Chr. Huygens“.^[3]

†Einige werden Sie natürlich halten, und das ist auch ganz recht und schön, aber man könnte zu viel von Ihnen verlangen.

368. From Emil Wiechert, 16 April 1921

Handwritten letter in German script.

Göttingen, d 16.4.21

Hochverehrter Herr Kollege

Durch die Post erlaube ich mir, eine neue Schrift über den Äther zu senden, in welcher ich zu zeigen versuche, dass die Relativitätstheorie ohne die Ätherannahme nicht zu verstehen ist.^[1] Wieder trete ich auch für Ihre Theorie ein, die ich nun in meiner Weise weiterzuführen suche. Ich hoffe, Sie werden in meiner Arbeit in den *Annalen der Physik* Bd 63^[2] die Wirkung unseres Briefwechsels erkannt haben, den ich einmal die Ehre hatte, mit Ihnen zu führen.^[3]

Wenn auch die Relativitätstheorie ganz gewill grosse Verdienste hat, die ich gerne anerkenne, so bin ich doch der Meinung, dass in Deutschland wenigstens durch die begeisterten Anhänger eine sehr gefährliche Überbewertung am Werke ist. Die Ätherverneinung giebt einen völlig falschen Standpunkt. Ich will das Meinige thun, ihn zu bekämpfen.^[4]

Darf ich mir die grosse Bitte erlauben, mir freundlichst die Adresse von Prof. P. Zeemann mitzuteilen. Meine neue Arbeit ist zwar im Handel und wird auch im nächsten Heft der *Nachrichten der Göttinger Ges. d. Wiss.* erscheinen, ich möchte sie aber doch gern auch persönlich an Herrn Zeemann schicken.

Mit herzlichen Grüßen in hoher Verehrung

Ihr

E. Wiechert

^[1]Wiechert 1921.

^[2]Wiechert 1920, presenting a theory of gravitation based on electrodynamics.

^[3]See Letters 229, 235, 237, and 241–243.

^[4]Cf. also the attack on Einstein in August 1920 (see Letter 360, note 1).

369. From Albert Einstein, 30 June 1921

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

30.VI.21.

Hoch geehrter lieber Herr Kollege!

Es ist jammerschade dass der Brüsseler Kongress nicht von allen besucht werden konnte. Ich persönlich bedauerte es unbeschreiblich, im letzten Augenblick absagen zu müssen.^[1] Von Millikan, den ich in Chicago besuchte, hörte ich aber, dass dort sehr schöne Arbeit geleistet worden sei;^[2] ich freute mich sehr darüber.

Die Reise nach Amerika und England war recht erfolgreich.^[3] Nicht nur konnte ich wesentlich zur Realisierung der Universität in Jerusalem beitragen sondern

auch manches beitragen zur Wiederanknüpfung der internationalen Beziehungen. Aber alles zusammen war so anstrengend, dass ich nicht imstande war, noch nach Holland zu kommen. Ich hoffe es im nächsten Semester nachholen zu können, etwa im Herbst.

Es hat mich sehr gefreut, aus Ihrem Briefe zu erfahren, dass die Jerusalemener Bibliothek durch Ihre Vermittlung so wichtige Beiträge erhält.^[4]

Auf dem Gebiete der Relativität liegen zwei bemerkenswerte Versuche vor, anschliessend an Weyl die Einheit des Gravitationsfeldes und des elektromagnetischen Feldes zu erfassen, einer von Eddington^[5] und einer von einem Mathematiker Bach in Essen.^[6] Eddington verallgemeinert die $\Gamma_{\mu\nu}^{\sigma}$ noch mehr als Weyl, bekommt aber dadurch weit mehr Komponenten als zur Verfügung stehende Differentialgleichungen. Die Bach'sche Arbeit (Mathematische Zeitschrift, Bd 9 Heft 1/2) scheint mir vernünftiger, zumal sie auf die bedenkliche Identifizierung der metrisch definierten φ_{ν} mit dem elektromagnetischen Felde verzichtet. Allen diesen Versuchen ist aber gemeinsam, dass man ohne physikalische Notwendigkeit zu Gleichungen der vierten Ordnung übergeht, was eine weitgehende Unbestimmtheit der Aussagen (Lösungen) der Theorie zur Folge hat. Auch ich habe einen Versuch der Verallgemeinerung der Theorie unternommen, stehe ihm aber selbst skeptisch gegen über. Wirkliche Fortschritte kann man eben doch wohl nur auf Grund hinreichender *physikalischer* Anhaltspunkte machen; an solchen fehlt es aber leider.

Sie und Ihre Frau grüsst herzlich

Ihr

A. Einstein.

^[1]The third Solvay Conference. See Letter 366 for Einstein's cancellation.

^[2]Robert A. Millikan was one of the participants; see *Millikan 1923* for his lecture.

^[3]See Letter 366, note 1, for Einstein's trip.

^[4]See Lorentz's footnote in Letter 367.

^[5]*Eddington 1921*.

^[6]*Bach 1921*. Bach was the pseudonym of Rudolf Förster (1885–1941), an engineer in the Krupp works.

370. From Max Planck, 6 July 1921

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 6. Juli 1921.

Lieber verehrter Herr College!

Schon lange war es mein Wunsch, Ihnen für Ihren freundlichen Brief vom 24. April und die darin gezeigte warme Teilnahme an meinem und der Meinigen Ergehen herzlichen Dank zu sagen, und diese Absicht wurde noch bestärkt durch die gelegentlichen Grüßen, die ich durch die Collegen Einstein und Ehrenfest von Ih-

nen empfang, und über die ich mich besonders freute.

Nun ist es doch ein äusserer Anlass, der mich gerade heute zum Schreiben veranlasst, nämlich eine Bitte, die ich beauftragt bin Ihnen vorzutragen. Seit einiger Zeit besteht bei unserer Akademie der Wissenschaften die Sitte, dass im Lauf des Wintersemesters einige Mitglieder, welche sich dazu bereit zeigen, in passenden Zeitintervallen öffentliche Vorträge halten, deren Erlös akademischen Zwecken zufliesst. Die Veranstaltung ist ganz inoffiziell, aber grundsätzlich auf Mitglieder der Akademie beschränkt. Dabei hat sich die Sitte eingebürgert, zu jedem derartigen Turnus ausser hiesigen Mitglieder auch ein auswärtiges Mitglied einzuladen, und so bin ich diesmal von dem Comité beauftragt worden, an Sie die ergebene Anfrage zu richten, ob Sie vielleicht geneigt sein würden, im Lauf des nächsten Winters (1921/22) einen dieser Vorträge zu übernehmen. Der Monat (October bis März) würde ganz frei zur Auswahl gestellt werden, ebenso natürlich das Thema des Vortrags, wobei ich kaum zu bemerken brauche, dass die Zuhörerschaft, die sich aus Damen und Herren der gebildeten Stände zusammensetzen pflegt, wohl grosses Interesse für allgemeinere Fragen, aber keinerlei fachwissenschaftliche Kenntnisse auf einem bestimmten Gebiete mitbringt. Die Dauer eines Vortrags ist gewöhnlich 1 Stunde (oder etwas darüber) ohne Unterbrechung. Doch würden Sie auch hierin ganz nach freier Wahl zu entscheiden haben.

Bei unseren bescheidenen Verhältnissen werden Sie es verstehen, wenn wir Ihnen nur eine Entschädigung für die Unkosten der Reise und des hiesigen Aufenthaltes darzubieten und im Uebrigen Ihre Gabe als ein reines Geschenk dankbar anzunehmen in der Lage sind. Mir persönlich und meiner Frau würde es natürlich eine grosse Freude sein, wenn Sie uns die Ehre erweisen wollten bei uns einzukehren. Wie gerne denke ich noch an die herzliche Gastfreundschaft zurück, die Sie und Ihre werthe Frau Gemahlin mir vor 12 Jahren gewährten, und die mir unvergessliche Eindrücke hinterlassen hat.^[1]

Indem ich mich der Hoffnung hingebe, dass Sie die Ihnen vorgetragene Bitte in Erwägung ziehen werden,^[2] verbleibe ich mit freundlichen Grüssen

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]See Letters 178 and 179 for Planck's visit.

^[2]Lorentz did not accept the invitation.

371. To Albert Einstein, 13 November 1921

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 13 November 1921.

Lieber Herr Kollege,

In den letzten Tagen habe ich weiter nachgedacht über Ihr Experiment mit den

leuchtenden Kanalstrahlteilchen (Krümmung? des Lichtbündels) und über die Überlegungen, die Sie dazu geführt haben.^[1] Bei diesen Überlegungen stosse ich nun noch auf eine Schwierigkeit, während Ihr Grundgedanke selbst mir sehr gut gefällt. Gestatten Sie mir, Ihnen das kurz auseinanderzusetzen.

*Grundgedanke.** Bei der Lichtemission wird zweierlei ausgestrahlt. Es giebt nämlich:

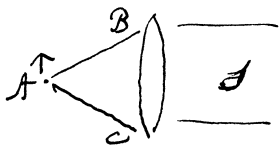
1. Eine Interferenzstrahlung, die nach den gewöhnlichen Gesetzen der Optik stattfindet, aber noch keine Energie überträgt. Man kann sich z.B. denken, dass diese Strahlung in den gewöhnlichen elektromagnetischen Schwingungen, aber mit verschwindend kleiner Amplitude besteht. Infolgedessen kann man sie selbst nicht beobachten; sie soll nur den Weg für die Energiestrahlung vorbereiten. Sie ist gleichsam ein totes Muster, das erst durch die Energiestrahlung zum Leben gebracht wird.

2. Die Energiestrahlung. Diese besteht in unteilbaren Quanten von der Grösse $h\nu$. Ihr Weg ist durch den (verschwindend kleinen) Energiefluss bei der Interferenzstrahlung gegeben und sie können daher nie an eine Stelle gelangen, wo dieser Fluss Null ist (dunkle Interferenzstreifen).

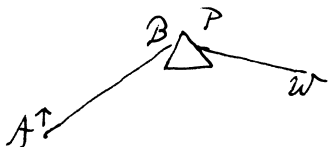
Bei einem einzelnen Strahlungsakt entsteht schon die volle Interferenzstrahlung aber es wird nur ein einzelnes Quantum ausgestrahlt, das also auch nur an eine Stelle eines auffallenden Schirmes gelangen kann. Es wiederholt sich aber der Elementarakt unzählig viele Male, mit so gut wie gleicher Interferenzstrahlung (das gleiche Muster). Die verschiedenen Quanten verteilen sich nun statistisch über das Muster, in dem Sinne, dass die mittlere Anzahl derselben in jedem Punkte des Schirmes proportional der Intensität der daselbst ankommenden Interferenzstrahlung ist. In dieser Weise entsteht die beobachtete, der klassischen Theorie entsprechende Interferenzerscheinung.

— — — — —

Mein Bedenken gegen Ihre Überlegung ist nun Folgendes.



Bahn zusammenfallende Weg der Energiestrahlung, welchen Weg wir beobachten können, nicht gekrümmt.



Sie lassen die *Möglichkeit* offen, dass die von dem Kanalstrahlteilchen A ausgehende Interferenzstrahlung in den Richtungen AB und AC gar keinen Dopplereffekt zeigt. Dann würde die Bahn dieser Interferenzstrahlung in der Säule S nicht gekrümmt sein; also wäre auch der mit dieser

Nun können wir auf Grund von Starks Beobachtungen erwarten, dass in der Richtung AB ein Doppler-Effekt zu beobachten ist.^[2] Wenn wir also den Versuch dahin abändern, dass die Strahlen in B von einem Prisma P aufgefangen werden, so wird die Ablenkung infolge der Be-

*Wahrscheinlich wohl nicht genau so wie Sie ihn erfasst haben; zum Teil von mir unwillkürlich geändert. Was ich sage entfernt sich wohl nicht weit von Ehrenfests Äusserungen.

wegung von A geändert werden. Da nun der Weg W wieder von der Interferenzstrahlung vorgezeichnet wird, so muss in dieser Strahlung, entgegen der obengenannten Annahme, ein Doppler Effekt bestehen.

Diese Betrachtung würde mich erwarten lassen, dass man bei Ihrem Versuch die von der klassischen Theorie verlangte Krümmung sehen wird. Aber vielleicht habe ich Sie doch noch missverstanden.

Wie dem auch sein möge, man würde an den obengenannten Grundgedanken festhalten können auch dann (oder eben dann) wenn der Versuch die Krümmung ergibt. Was die Lichtquanten betrifft, so kann man dann einige Sätze aufstellen, die ein gut zusammenhängendes Ganzes bilden.*

1. Ein Lichtquantum ist immer enge verbunden mit einem Lichtbündel von bestimmter Frequenz ν . Seine Grösse (Energienmenge) ist $\epsilon_\nu = h\nu$; er bewegt sich in der Richtung des Energieflusses. Im Äther ist die Geschwindigkeit c .

2. Die Bewegungsgrösse des Lichtquantums ist $\frac{\epsilon_\nu}{c}$.

3. Ein homogenes Bündel paralleler Lichtstrahlen habe pro Volumeneinheit die Energie ϵ . Dann ist der Poynting'sche Energiestrom $(\alpha) c\epsilon$, und die Bewegungsgrösse pro Volumeneinheit $(\beta) \frac{1}{c}\epsilon$; auf einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzungs-

richtung besteht ein Maxwell'scher Druck $(\delta) \epsilon$. Das alles rührt von den Lichtquanten her. Ist die Zahl derselben (Mittel über längere Zeit) pro Volumeneinheit

N so ist $N = \frac{\epsilon}{\epsilon_\nu}$. (α) ist die von den Quanten transportierte Energie, (δ) die transportierte Bewegungsgrösse; (β) die Bewegungsgrösse der Quanten pro Volumeneinheit.

4. In einem ponderabelen durchsichtigen Medium, und zwar, um gleich den allgemeinsten Fall ins Auge zu fassen, in einem doppeltbrechenden Körper mit Dispersion, bewegen sich die Quanten in der Richtung des *Strahles*, mit der *Gruppenstrahlgeschwindigkeit* u . So bleibt ein Quantum immer in dem Wellenzuge, zu dem es gehört.

Die Grösse eines Quantums ist noch immer $\epsilon_\nu = h\nu$; die Bewegungsgrösse ist aber jetzt

$$\frac{\epsilon_\nu u}{c^2}.$$

5. Aus den Grundsätzen der speziellen Relativitätstheorie kann man ableiten wie sich die verschiedenen Grössen ändern, wenn man mit der bekannten Transformation zu einem neuen Koordinatensystem x', y', z', t' übergeht. Auch kann man, unabhängig davon, die Interferenzstrahlung transformieren. Es zeigt sich, dass auch in dem neuen Koordinatensystem das Quantum sich in der Richtung des Poynting'schen Vektors bewegt (Lichtstrahl) und dass die neue Energie sich in demsel-

*Das Folgende berührt sich in verschiedenen Punkten mit den Betrachtungen von Emden, Phys. Zschr.^[3]

1, so werden Lichtquanten, die ganz vorn in 1 oder ganz hinten in 2 liegen, keine Streifen zum Vorschein bringen können, u.s.w.

9. Es muss argenommen werden, dass bei jeder Reflexion und Brechung, jedesmal wenn ein auffallendes Lichtbündel in zwei oder mehrere Bündel zerlegt wird, die Wahrscheinlichkeit, dass ein Lichtquantum den einen oder den anderen Weg einschlägt, proportional ist den nach den klassischen Gesetzen berechneten Intensitäten der Lichtbewegungen, die diesen verschiedenen Wegen folgen.

10. Natürlich wird es Schwankungen, Abweichungen von der wahrscheinlichsten Intensitätsverteilung geben. Vielleicht wird der Schluss, zu dem man in der Theorie der schwarzen Strahlung, was diese Schwankungen betrifft, gekommen ist, nun auch klar. Die Schwankungen setzen sich nämlich aus zwei Teilen zusammen, deren einer den unregelmässigen Interferenzen entspricht, während der andere als Wechslungen in der Verteilung kleiner Teilchen aufgefasst werden kann.^[5]

Man kann sich vorstellen, dass schon in der Interferenzstrahlung, also in dem, was ich das Muster nannte, Schwankungen bestehen; das Gebiet, worüber die Energiestrahlung zu verteilen ist, ist nicht fortwährend dasselbe. Dazu kommt, dass auch die Verteilung über ein gegebenes Gebiet noch Schwankungen unterliegt.

11. Es giebt natürlich noch viele Schwierigkeiten. Z.B. Wie soll man die Ausstrahlung eines „Impulsmomentes“, das in der Theorie von Sommerfeld^[6] (zirkular polarisiertes Licht) eine Rolle spielt, jetzt erklären? Ebenso wie die Energie und die Bewegungsgrösse muss auch das Impulsmoment von den Quanten herrühren. Bei *einem* Elementarvorgang ist nur ein Quantum beteiligt und das kann schwerlich genau das geforderte Impulsmoment haben. Wohl können sehr viele Quanten es im Mittel besitzen

12. Andere Schwierigkeit. In einem Metall oder in sonst einem stark absorbierenden Medium (anomale Dispersion) werden die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Schwächung bei der Fortpflanzung von der Absorption abhängen. Die Interferenzstrahlung die den gewöhnlichen Gesetzen der Optik gehorchen soll, muss also in ihrer Fortpflanzung von der Absorption beeinflusst werden, obgleich eine solche in Wirklichkeit noch nicht stattgefunden hat.

— — — — —

^[1]See *Einstein 1921b*, in which an experiment is proposed to decide experimentally on the particle- or wave-like character of canal rays. A discussion, similar to the one in the present letter may be found in *Lorentz 1927f*, secs. 50–53.

^[2]See, e.g., *Stark 1905* for Stark's work on the Doppler effect in canal rays.

^[3]*Emden 1921*.

^[4]See Letter 189.

^[5]This was first pointed out by Einstein in *Einstein 1909a*; see *Lorentz 1916e* for a precise calculation of the classical (interference) part of the fluctuations.

^[6]See, e.g., *Sommerfeld 1919*, chap. 6.

372. To Wilhelm Wien, 4 March 1923

Handwritten letter.

Haarlem, den 4 März 1923.

Lieber Herr Kollege,

Wollen Sie die Freundlichkeit haben, die beiden beigegebenen Briefe an die richtige Adresse zu befördern und mir in einigen Zeilen zu sagen, wie es Röntgen gegangen ist?^[1] Sie werden mich damit zu vielem Dank verpflichten.

Ich hatte noch im vorigen Sommer einen Brief von Röntgen erhalten und die Mitteilung, dass er nach kurzer Krankheit verschieden ist, lässt mich hoffen, dass ihm ein sanftes Ende beschert war.

Ich benutze diese Gelegenheit um die Hoffnung auszusprechen, dass es trotz der Drangsal der Zeiten, Ihnen und den Ihrigen so gut gehen möge wie nur möglich ist. Es hat mich sehr gefreut zu sehen, dass Sie Ihre Forschungsarbeit unermüdlich fortsetzen. Möge Ihre Wirksamkeit in München auch fernerhin die gleichen schönen Erfolge haben wie bis jetzt.^[2]

Uns geht es gut; nur sieht die Welt dunkler aus als vor zehn Jahren.

Mit freundlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Wilhelm Conrad Röntgen died on 10 February 1923 at the age of 78.

^[2]Wien had succeeded Röntgen in Munich in 1920.

373. From Wilhelm Wien, 8 March 1923

Handwritten letter. Letterhead of the Physikalisches Institut der Königlichen Universität München.

Berlin 8.3.23

Lieber Herr Kollege!

Es hat mich ausserordentlich gefreut nach langen Jahren wieder einmal ein Lebenszeichen zu erhalten.^[1]

Röntgen ist an einem Darmleiden gestorben, das er schon lange hatte und nicht mehr beseitigen konnte. Es führte schliesslich zu einem Darmverschluss, der den Tod in der kürzesten Zeit herbeiführte, ihn aber vor dieser Katastrophe nicht behelligte. Er war noch in den letzten Tagen von grösster geistiger Frische und nahm an allem, besonders auch an wissenschaftlichen Fragen, den regsten und leidenschaftlichsten Anteil. Noch wenige Tage vor seinem Tode arbeitete er im Institut an seinen experimentellen Forschungen. Mir ist sein Tod sehr nahe gegangen, da ich ihn besonders auch menschlich ausserordentlich hoch schätzte. Er lebte in den

letzten Jahren sehr zurückgezogen und ich kam daher mit ihm weniger in Berührung als es mein Wunsch war. Ihre Briefe werde ich übermitteln.

Die Zeiten sind, wie Sie mit Recht sagen, düster und es ist noch keine Aufhellung zu bemerken. Die Geschehnisse der Welt werden eben seit längerer Zeit, man kann sagen, seit dem Sturze Bismarcks, nicht mehr von der Vernunft, sondern von politischen Leidenschaften gelenkt und die Folgen können keine andern sein als wir sie erleben. Nicht wenige glauben wirklich an den Untergang der abendländischen Kultur. Ich teile diese Meinung nicht, muss aber doch sagen eine Zeit bevorsteht, die vielleicht noch schlimmer wird als das Zeitalter der Religionskriege. Jedenfalls werden wir die Wiederkehr besserer Tage nicht mehr erleben.

Die Forschung ist das beste Heilmittel gegen die Trübsal der Zeiten, leider ist auch sie durch die Quantentheorie in eine gewisse Krisis geraten, aus der auch noch kein Ausweg sichtbar ist. Ich bin zur Überzeugung gelangt, dass sich die theoretische Physik in der Quantentheorie in Widersprüche verstrickt hat, aus denen sie nur durch die Natur selbst, das heisst durch die Beobachtung, herausgeführt werden kann.

Ich befinde mich gerade in Berlin, wohin ich einen Ruf an das physikalische Institut erhalten habe. Sie werden sich vielleicht erinnern, dass mir die Leitung dieses Instituts schon 1906 angeboten wurde.^[2] Ich habe damals abgelehnt und glaube dass es diesmal in gleicher Weise ausgehen wird. Ich habe schon mit der Neueinrichtung des Münchener Instituts viel Arbeit gehabt und Zeit verloren und hege geringe Neigung dasselbe noch einmal zu wiederholen. Auch ist das hiesige Institut mangelhaft und alt, dabei den grössten magnetischen Störungen ausgesetzt, so dass der Gebrauch sogar der Panzergalvanometer unmöglich geworden ist.^[3]

Ich würde mich sehr freuen in nicht zu langer Zeit wieder einmal von Ihnen zu hören. Dass wir uns noch einmal sehen ist wohl kaum mehr zu hoffen.

Mit besten Grüßen von Haus zu Haus

Ihr ergebener

W. Wien

^[1]Letter 372.

^[2]See Letter 141, note 3.

^[3]Wien remained in Munich.

374. To Albert Einstein, 1 May 1923

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 1 Mai 1923

Lieber Kollege,

Wegen Ihrer Japan-Reise^[1] bin ich leider nicht dazu gekommen, Ihnen zur rechten Zeit zum Nobelpreise zu gratulieren.^[2] Lassen Sie mich Ihnen aber jetzt

sagen, dass ich mich ganz besonders darüber gefreut habe, dass die schwedische Akademie Ihnen diese Auszeichnung verliehen hat. Gewiss, wie war sie besser verdient; alle Physiker, die Ihre Lebensarbeit zu würdigen wissen, werden darüber einstimmig urteilen.

Der Nobelpreis bringt nicht nur Ehre, sondern hat auch eine materielle Seite, und ich darf daher wohl die Hoffnung aussprechen, dass er dazu beitragen wird, Ihnen die Sorgen des täglichen Lebens zu erleichtern.^[3]

Und nun, herzlich willkommen wieder in Leiden. Ich hoffe Sie Montag zu sehen, und dann zu hören, dass Sie sowohl wie auch Ihre Frau Gemahlin die Ermüdung der langen Reisen mit den vielen neuen Eindrücken glücklich überstanden haben.

Schliesslich eine Einladung. Samstag 12. Mai, mittags halb vier findet die jährliche Versammlung der holländischen Gesellschaft der Wissenschaften in Haarlem,^[4] von der Sie auswärtiges Mitglied sind, statt und es würde dem Vorstande zu grosser Ehre und zur besondern Freude gereichen, wenn Sie dieser Sitzung beiwohnen und an dem darauf folgenden Festessen teilnehmen wollten. Ich sprach schon mit Ehrenfest darüber und, wenn Sie uns das Vergnügen machen wollen, zu kommen, so wird natürlich gern einer der Leidener Mitglieder Sie begleiten. Wir können das Montag besprechen. Indes wäre es mir lieb, wenn ich Ihre Antwort auf diese Einladung wenn möglich, schon im Laufe dieser Woche erhalten könnte.

Mit herzlichen Grüssen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Sie werden sehr gut abends, nach der Mahlzeit, nach Leiden zurückkehren können.

^[1]From 17 November to 24 December 1922 Einstein visited Japan.

^[2]On 9 November 1922 Einstein was awarded the Nobel Prize for physics for 1921 "for his services to theoretical physics and especially for his discovery of the photoelectric effect."

^[3]The prize money went to Einstein's first wife Mileva Marić, in accordance with the stipulations of the divorce agreement.

^[4]The Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (see Letter 95, note 2).

375. To Albert Einstein, 12 May 1923

Typed letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, le 12 mai 1923.

Très honoré Collègue,

J'ai l'honneur, au nom du Comité scientifique de l'Institut international de physique Solvay, de vous faire savoir qu'une réunion d'un nombre limité de physiciens se tiendra à Bruxelles peu après les Pâques de 1924^[1] et que la Commission

administrative de l'Institut vous invitera, lorsque le moment en sera venu, à ce "quatrième conseil de physique." Il sera consacré à l'étude "du mécanisme de la conductibilité métallique."

Je vous ferai parvenir de plus amples détails vers la fin du mois prochain et je n'attendrai votre réponse qu'après cela, mai j'ai voulu vous dire, maintenant déjà, que nous serions très heureux d'avoir votre collaboration.

Veillez agréer, très honoré Collègue, l'expression de ma haute et sincère considération.

H.A. Lorentz

président du Comité scientifique de l'Institut international de physique Solvay

^[1]The fourth Solvay Conference, which was held from 24 to 29 April 1924. See *Solvay 1927* for its proceedings.

376. To Albert Einstein, 15 July 1923

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 15 Juli 1923.

Lieber Herr Kollege,

Ich habe das Vergnügen Ihnen anbei das Programm für die geplante Brüsseler Zusammenkunft zukommen zu lassen,^[1] in der Hoffnung, dass es Ihnen möglich sein werde, zu kommen. Das würde mir grosse Freude machen. Wir haben versucht, das Programm weniger zu überfüllen als die vorigen Male, damit etwas mehr Zeit für Erholung und zwanglose freundschaftliche Unterhaltung übrig bleibe.

Als wir über diese Angelegenheit sprachen, bekam ich den Eindruck, dass Sie meinten, der Versammlung beiwohnen zu können. Wenn ich darin nicht irre, so brauchen Sie mir jetzt nicht zu antworten und brauchen nur, wenn Sie die offizielle Einladung von der „Commission administrative“ erhalten haben (im Herbst) ein Rückschreiben an diese Commission zu richten.^[2]

Ich las von Ihrer Reise nach Schweden und von Ihrem Vortrage in dem in Gothenburg stattgefundenen Kongress.^[3] Ich hoffe herzlich, dass Sie diese vielen Anstrengungen (wahrscheinlich bei hoher Temperatur) glücklich überstanden haben mögen und jetzt (in der Schweiz?) einige Ruhe werden geniessen können. Wir (meine Frau und ich) werden uns nach der Sitzung der Völkerbunds commission, die am Ende dieses Monats anfängt,^[4] noch einige Wochen in den Vogesen aufhalten.

In England hatten wir schöne Tage.^[5] Besonders interessant war es für mich, Lord Haldane kennen zu lernen.^[6] Er ist ein edler Mensch und hielt bei Gelegenheit eines Festessens eine Rede (ich kann sagen über die fundamentelle Gleichartigkeit der verschiedenen Völkern), die tiefen Eindruck machte.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]The fourth Solvay Conference. See Letter 375 for the invitation.

^[2]See Letter 379 for Einstein's decision.

^[3]*Einstein 1923a*, Einstein's Nobel Prize acceptance lecture. It was delivered on 11 July 1923 at the meeting of the Nordic Society of Science in Gotenburg.

^[4]The Commission Internationale de Cooperation Intellectuelle (C.I.C.I.) of the League of Nations held its second meeting from 26 July to 2 August 1923 in Geneva. On 23 April 1923 Lorentz had been appointed member of the commission. He was Einstein's successor, who had resigned, disappointed with the way the League of Nations functioned. On 16 June 1924, however, Einstein was reappointed on the C.I.C.I. For more details, see *Nathan and Norden 1960*, chap. 3, and *Schröder-Gudehus 1966*.

^[5]Lorentz visited England in the second half of May and the first half of June. He lectured in London and Cambridge; on June he received an honorary doctorate from Cambridge University.

^[6]Lord Richard Burdon Haldane (1856–1928), former British Minister of War and Lord Chancellor until 1915, when he had to resign as a result of press campaign involving his alleged sympathy for Germany. The dinner took place on 6 June, under the auspices of the Anglo-Batavian Society in London. In his speech Haldane emphasized the international character of science, in which there is no place for provincialism (see *Nieuwe Rotterdamse Courant*, 7 June 1923).

377. From Albert Einstein, 15 July 1923

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

15.VII.23.

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Im täglichen Leben verbietet es die Scham, denen, die wir am meisten verehren, Liebeserklärungen zu machen. Aber Ihr siebzigster Geburtstag darf wohl diesen Bann brechen.^[1] Wie oft habe ich in Ihrer edlen und überragenden Persönlichkeit tiefen Trost gefunden, wenn die menschlichen Dinge um mich her hoffnungslos traurig aussahen. Denn ein Mensch wie Sie tröstet und erhebt durch sein blosses Dasein und Beispiel. Darüber hinaus bin ich glücklich, besonders tief mit Ihnen verbunden zu sein, indem ich Sie in Dingen der Wissenschaft als meinen Lehrer verehren darf, auf dessen Wegen zu gehen, meinen grössten Lebensinhalt ausmachte. Aber nicht nur in unserer Wissenschaft sondern auch in Ihrer Stellung zu den einzelnen Menschen und menschlichen Angelegenheiten grösseren Stiles sind und bleiben Sie mir leuchtendes, wenn auch unerreichbares Vorbild. Möge sich von Ihrem alles gütig verstehenden und gerechten Wesen auch auf den Völkerbund übertragen.^[2] Ich freue mich aufrichtig, durch ein allerdings indirektes

dunkles Band der Geschehnisse Teil zu haben an der Ursache Ihrer direkten Anteilnahme an der Entwicklung der internationalen Verständigungs-Arbeit.

Darüber, ob die jüngst beendeten Untersuchungen über Gravitation und Elektrizität etwas Wahres erhalten,^[3] habe ich auch heute noch kein sicheres Gefühl. Aber es scheint mir nicht aussichtslos, die Entscheidung darüber auf experimentellem Weg zu gewinnen. Ich erzähle Ihnen darüber, wenn ich im Herbst das Glück habe, Sie wiederzusehen.

Mit den herzlichsten Glückwünschen und Grüßen an Sie und Ihre Frau
Ihr

A. Einstein.

^[1]Lorentz turned 70 on 18 July.

^[2]See Letter 376, note 4.

^[3]See *Einstein 1923b, 1923c* for Einstein's most recent work on unified field theory. See *Pais 1982*, chap. 17, for more details on Einstein's work on unification.

378. From Max Planck, 28 July 1923

Handwritten postcard.

Berlin-Grunewald, 28.7.23.

Hochverehrter Herr College!

Durch Zufall bringe ich erst etzt in Erfahrung, dass Sie vor kurzem die Feier Ihres 70. j. Geburtstag begangen haben, und es liegt mir sehr am Herzen Sie zu bitten, Sich noch nachträglich einen Glückwunsch von mir gefallen zu lassen.^[1] Denn ich hoffe inständig, dass Ihnen noch eine lange Fortsetzung Ihrer so unendlich fruchtreichen Wirksamkeit beschieden sein wird. Glauben Sie mir, dass ich in unverändert treuer Verehrung zu Ihnen aufblicke, wenn mich leider die bösen Zeitumstände auch verhindert haben, dies öfters durch äussere Zeichen zu bekunden. Bitte bemühen Sie Sich nicht mit einer Antwort auf diese kurzen Zeilen. Sie sollen nur die Aeusserung eines tiefempfundenen Bedürfnisses darstellen. Mit besten Empfehlungen auch an die werten Ihrigen

Ihr getreuer

M. Planck.

^[1]Lorentz turned 70 on 18 July.

379. From Albert Einstein, 16 August 1923

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem. Letterhead of Schloss Lautrach.

Lautrach 16.VIII.23.

Hoch verehrter und lieber Herr Lorentz!

Dieser Brief wird mir recht sauer, aber ich muss ihn schreiben. Ich war hier mit Sommerfeld zusammen.^[1] Dieser vertrat die Ansicht, dass es von mir nicht recht sei, an einem Kongress (dem Solvay-Kongress) teilzunehmen, wenn meine deutschen Kollegen prinzipiell ausgeschlossen werden.^[2] Sie wissen, dass ich sonst recht eigensinnig sein kann. Aber in diesem Falle muss ich leider zugeben, dass er Recht hat. Denn es entspricht meiner Überzeugung, dass man in die wissenschaftlichen Bestrebungen keine Politik hineintragen sollte und dass man überhaupt die einzelnen Menschen nicht für den Staat verantwortlich machen sollte, dem sie zufällig angehören. Wenn ich an dem Kongress teilnähme, würde ich mich an einer Handlungsweise gewissermassen zum Mitschuldigen machen, die ich als Ungerechtigkeit lebhaft und schmerzlich empfinde. Diese Empfindung ist umso lebhafter, als ich finde, dass die Franzosen und Belgier nun schon so viel gesündigt haben in den letzten Jahren, dass sie nicht mehr die gekränkte Unschuld repräsentieren. Dies sage ich aber nur ganz nebenbei, weil die Hauptgründe die oben erwähnten sind.

Meine Bitte geht nun dahin, Sie möchten dafür sorgen, dass mir die offizielle Einladung zu dem Kongress überhaupt nicht zugesandt wird. So möchte ich eine Absage vermieden sehen, die der guten Sache, d.h. der allmählichen Wiederkehr freudigen Zusammenarbeitens der Physiker der verschiedenen Länder, vielleicht schaden könnte.

In der freudigen Hoffnung, Sie im Herbst in Holland wiedersehen zu dürfen bin ich

in herzlicher Verehrung Ihr

A. Einstein.

^[1]Schloss Lautrach, in southern Germany, was one of the homes of Hermann Anschütz Kaempfe (1872–1931), inventor of the gyrocompass and founder of the firm Anschütz & Co GMBH, with whom Einstein was befriended and whom he advised regularly on scientific issues. The occasion for Einstein's stay there was a reconciliation with his sons (see *Lohmeier and Schell 1992*, pp. 183–188, and *Fölsing 1993*, pp. 617–618, for more details).

^[2]The fourth Solvay Conference (see Letter 375). Although no German scientists had been invited, they were not officially excluded (see Letter 380).

380. To Albert Einstein, 15 September 1923

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 15 September 1923.

Lieber Herr Kollege,

Leider bin ich immer noch nicht dazu gekommen, Ihnen, wie ich doch gern tun möchte, von meinem siebzigsten Geburtstage zu erzählen.^[1] Nun, das war ein recht schöner Tag in kleinem Kreise. Einige Freunde besuchten uns und zu Mittag hatten wir Haga, Zeeman, Ehrenfest und de Sitter (schade, dass Sie nicht hier waren), ferner Töchter, Schwiegersöhne, Sohn und zukünftige Schwiegertochter, sowie vier Enkelkinder, von denen Albert de Haas erklärte, es freue ihn einen so tüchtigen Hunger zu haben.

Die befreundeten Physiker hatten mir eine Überraschung bereitet. Wie Sie wissen, Sie waren ja zufälligerweise dabei, hatte ich schon im Mai Abschied von meinen Zuhörern in Leiden genommen. Das hat man sich aber nicht gefallen lassen und man hat bewirkt, dass der Universitätsrat, dieselbe Körperschaft, von der Ihre Professur abhängt, mich eingeladen hat, im nächsten Universitätsjahr wissenschaftliche Vorträge zu halten, d.h. meine Vorlesungen fortzusetzen.^[2] Ich hatte mich schon mit dem „Ruhestande“ versöhnt,^[3] darf mich aber so freundlichem Drange nicht widersetzen. Und so bleiben wir doch in gewissem Sinne Kollegen.

Jetzt muss ich Ihnen sagen, wie grosse Freude Ihr Brief mir gemacht hat;^[4] er war wohl der erste. Ich hatte alle die langen Jahre hindurch so viel Glück wie ein Mensch nur wünschen kann. Das rührte zum Teil daher, dass damals, als wir noch so in kindlicher Unschuld (ohne von Quanten zu wissen) lebten, die Physik so schön war. Auch daher aber, und zwar in hohem Grade, dass so viele Fachgenossen mir ihre Freundschaft geschenkt hatten. Dass Sie von dem ersten Tage an, da Sie uns in Leiden besuchten, in diesen Kreis hineingetreten sind, gehört zu dem Besten, das ich erlebt habe. Und ich schätze es sehr, dass Sie am 18^{ten} Juli in herzlicher und freundlicher Gesinnung an mich gedacht haben.

Ich erinnere mich noch lebhaft, wie Sie mir vor mehr als 13 Jahren in meinem Zimmer in Leiden auseinandersetzten, meine Uhr würde etwas rascher gehen, wenn sie sich nahe der Decke befände. Das war de Anfang mancher Belehrung und so hat die Umwälzung in unserer Wissenschaft, die wir Ihnen verdanken, viel dazu beigetragen, mich jung zu erhalten. Sehr wertvoll war es mir dabei dass wir auch in anderen als wissenschaftlichen Fragen im Grunde immer derselben Meinung sind, wie wir auch die Drangsal dieser Zeiten in derselben Weise fühlen.

Kurz nach meinem Feste reisten meine Frau und ich nach Genf, wo die Sitzungen der Commission de cooperation intellectuelle etwas mehr als eine Woche in Anspruch genommen haben;^[5] wir haben wenigstens unverdrossen gearbeitet, täglich zwei lange Sitzungen. Frau Curie war leider nicht da; sie brauchte Ruhe, um sich zu erholen, und auch Hale konnte nicht kommen. Als seinen Stellvertreter fand ich aber Professor Périgord, den ich in Pasadena gut kennen gelernt hatte.^[6] Übrigens eine bunte Reihe.^[7] Ich hatte den Eindruck, dass Sie, wenn Sie in der

Kommission geblieben wären, sehr gut mit ihren Mitgliedern hätten zusammenwirken können. Es besteht wirklich in diesen Kreisen ein Streben nach universeller Verständigung, obgleich das sich jetzt noch nicht so geltend machen kann wie man wünschen könnte. Von unseren Verhandlungen erzähle ich später; wir hoffen wohl etwas zu erreichen, aber auch hier ist Geduld nötig.

Kurz nach meiner Heimkehr kam der Brief, in dem Sie mir mitteilen, dass Sie es für besser halten, im nächsten Frühling nicht nach Brüssel zu gehen.^[8] Ich verstehe ihre Gründe und muss mich Ihrem Wunsche fügen, obgleich ich es sehr bedauern werde, Sie zu vermissen. Ich werde dafür sorgen, dass Sie keine offizielle Einladung erhalten. Indes muss ich eins bemerken. Genau genommen kann man nicht sagen, dass, wie Sommerfeld meint, Deutschen ausgeschlossen seien. In den Satzungen ist mit keinem Worte die Rede davon. Ich könnte sagen, die Tür ist nicht geschlossen, sondern steht angelehnt und in Zukunft hoffen wir sie zu öffnen. In den nächsten Jahren wird das aber nicht gehen; das wird auch Sommerfeld verstehen. Wir dürfen nicht vergessen, dass es sich hier um ein Institut handelt, das gerade in Belgien seinen Sitz hat, um die Schöpfung eines Mannes, der schwer unter den Ereignissen der Kriegsjahre gelitten hat.

Mit herzlichen Grüßen, auch von meiner Frau,
treulich ihr

H.A. Lorentz

^[1]On 18 July.

^[2]The Monday morning lectures on recent developments in physics, which Lorentz had been giving since his move to Haarlem in 1912.

^[3]At the time, the retirement age for Dutch university professors was 70.

^[4]Letter 377.

^[5]See Letter 376, note 4.

^[6]The Frenchman Paul Hélié Périgord (1882–1959) was Professor of European History at the California Institute of Technology.

^[7]The other members of the C.I.C.I. were: Henri Bergson (Chairman; 1859–1941; Professor of Modern Philosophy at the Collège de France), Devendra Nath Bannerjea (1888–?; Professor of Political Economy at the University of Calcutta), Kristine Bonnevie (1872–1948; Professor of Zoology at the University of Kristiania), Aloisio de Castro (1881–1951; poet, composer and Professor of Medicine at the University of Rio de Janeiro), Marie Curie, Jules Destrée (1863–1936; Belgian writer and politician), Robert A. Millikan (1868–1953; Professor of Physics at the California Institute of Technology), Gilbert A. Murray (1866–1957; Regius Professor of Greek at the University of Oxford), Gonzague de Reynold (1880–1970; writer and Professor of French Literature at the University of Bern), Francesco Ruffini (1863–1934; Professor of Law at the University of Torino and Italian Senator) and Lenonardo de Torres-Quevedo (1852–1936; engineer and member of the Royal Spanish Academy). George Ellery Hale (1868–1938; Director of Mt. Wilson Observatory) had resigned from the commission in September 1922; he was succeeded by Millikan. At the second meeting, Millikan was replaced by John H. Wigmore (1863–1943; Professor of Law at Northwestern University, Evanston, Ill.), who was assisted by Périgord.

^[8]Letter 379.

381. To Albert Einstein, 3 October 1923

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, 3 Oktober 1923

Lieber Herr Kollege,

Es würde uns sehr freuen wenn Sie uns wieder einmal besuchen wollten;^[1] Sie könnten z.B. mit dem Zuge kommen, der aus Leiden 1.26 abfährt, und den Abend bei uns zubringen. Wollen Sie so freundlich sein, Ehrenfest zu fragen, ob er mitkommt, was uns sehr lieb wäre?

Freitag, Samstag oder Montag würden uns ganz gut passen, und wir hoffen also, dass Sie beide einen dieser Tage werden wählen können.

Mit herzlichen Grüßen treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein spent part of September and October 1923 with Ehrenfest in Leiden.

382. From Max Planck, 5 December 1923

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 5. Decbr. 1923

Lieber verehrter Herr College!

Gerade als ich mich daran machen wollte, Ihnen endlich für Ihren freundlichen Brief vom 13. v.M., sowie für die gemeinschaftliche Karte mit Frl. Meitner,^[1] und für die Separata zu danken, traf Ihr wertes Schreiben vom 30. v.M. ein, auf das ich wegen seiner allgemeineren Bedeutung zuerst eingehen möchte. Hr. Boissevin hat mir in der Tat den Entwurf zu einer Erklärung der deutschen Gelehrten vorgelegt, in welcher sie ihren Aufruf vom Jahre 1914 feierlich widerrufen,^[2] und hat mich um meine Meinung darüber befragt. Ich habe ihm geantwortet,^[3] dass ich, bei aller dankbarer Würdigung seiner wohlgemeinten Bemühungen, es für aussichtslos halte, seinem Vorschlag näher zu treten, und meinen Standpunkt hauptsächlich damit begründet, dass eine Unterzeichnung dieser Erklärung in der Oeffentlichkeit zweifellos vielfach den Eindruck erwecken würde, dass die deutschen Gelehrten, von ihrer bitteren Notlage getrieben, sich bereit erklären, ihre früher ausgesprochene Ueberzeugung preiszugeben, dass der Krieg nicht von Deutschland allein verschuldet worden ist, und dass es, nachdem er einmal ausgebrochen war, in ihrer Pflicht lag, sich auf die Seite des deutschen Heeres zu stellen. Diese Ueberzeugung besteht aber tatsächlich auch heute noch, wenn auch kein Einsichtiger unter uns die in jenem Aufruf der 93 enthaltenen groben Mängel und Unrichtigkeiten ablägern kann. Sie wissen ja selber, lieber verehrter College, wie mich damals, als wir Deutschen noch Aussicht auf einen siegreichen Erfolg zu haben glaubten,

mein Gewissen trieb, eine gewisse Entlastung zu versuchen, und ich werde Ihnen Zeit meines Lebens dankbar dafür sein, dass Sie mir damals Ihre hilfreiche Hand darboten.^[4]

Heute haben sich aber die Verhältnisse wesentlich geändert. Wir sind die Besiegten, Geschlagenen und, wie man wohl auch sagen darf, Gemarterten. In diesem Zustand uns noch ein weiteres Zugeständnis abverlangen, ohne die mindeste Gewähr für einen Erfolg, heisst dem überwundenen Feind noch nachträglich eine Busse auferlegen, und zwar eine Busse, die noch härter ist als die der politischen und wirtschaftlichen Knechtung.

Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, dass, wenn es den französischen und belgischen Gelehrten Ernst damit ist, mit uns wieder freundschaftliche Beziehungen zu pflegen, sie bessere Mittel haben, unsere Gesinnung kennen zu lernen. Ich denke mir überhaupt den allmählichen Wiederaufbau des vollkommenen internationalen wissenschaftlichen Verkehrs, der doch sicher einmal wieder kommen muss, so, dass er gewissermassen nicht von oben her, durch irgend einen feierlichen Akt, sondern von unten her gemacht wird, durch eine allmähliche geräuschlose Stärkung der privaten, persönlichen Beziehungen zwischen den fachverwandten Gelehrten. Dies ist die beste Vorbereitung für spätere offizielle Schritte. Mit America, England, Italien sind wir in dieser Beziehung schon viel weiter. In dieser Beziehung heisst es nur Geduld haben, die Zeit wird schon für uns arbeiten, wenn wir nur selber ordentlich arbeiten.

Ueber Einsteins Angelegenheit habe ich mich jetzt wieder etwas beruhigt, nachdem ich mehrere Tage lang das Gefühl der Empörung und der Scham nicht los werden konnte, dass dieser Mann, um den uns die ganze Welt beneidet, durch Umtriebe der niedrigsten Art veranlasst werden konnte, seine Arbeitsstätte zu verlassen.^[5] Die Dinge liegen tatsächlich nicht so schlimm, und ich hoffe dringend, dass er allmählich wieder selber Lust bekommen wird heimzukehren. Ein Brief des Collegen Ehrenfest hat mir die beruhigende Gewissheit gebracht, dass die holländischen Collegen die Sache in ähnlichem Lichte sehen, und ich bin ihnen herzlich dankbar dafür, dass sie auch in derselben Richtung wirken.

Frl. Meitner ist wohlbehalten und sehr beglückt über die in Holland empfangenen Eindrücke zurückgekommen. Besonders ausführlich und dankbar schilderte sie mir auch die gütige Aufnahme, die sie in Ihrem Hause gefunden hat, wobei ich mich auch sehr freute, allerlei Näheres über Sie zu hören.

Mit herzlichen Grüssen verbleibe ich in treuer Verehrung und Dankbarkeit
Ihr

M. Planck.

^[1]Lise Meitner (1878–1968) was a member of the Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin. She had recently visited the Netherlands (see below in this letter).

^[2]The “Aufruf an die Kulturwelt” (see Letter 284, note 2). The chemist and industrialist Charles E.H. Boissevain (1868–1940) had visited Planck in late November 1923 (see Boissevain to Lorentz, 3 December 1923).

^[3]In a letter dated 3 December 1923, a copy of which is in the Lorentz archive.

^[4]See Letters 308–311.

^[5]After his life had been threatened, Einstein had hastily left Berlin for Leiden on 7 November. He would stay there until Christmas. Planck pleaded with him not to leave Berlin for good (see Planck to Einstein, 10 November 1923, Einstein Archive, Jerusalem).

383. To Albert Einstein, 20 December 1923

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 20 Dezember 1923

Lieber Herr Kollege,

Wie Sie wohl schon vernommen haben, wird nächste Woche, am 26. Dezember, in Paris eine Feier stattfinden zur Erinnerung an die Entdeckung des Radiums in 1898. Man hätte Sie gern dazu eingeladen, und hat das mir überlassen, weil man wusste, dass Sie doch nicht kommen würden. Ich habe geglaubt, dieses letztere bestätigen zu können, als man mich bei meinem letzten Aufenthalt in Paris um meine Meinung fragte.

Frau Curie hat mich dann gebeten, Ihnen zu sagen, sie denke bei dieser Gelegenheit, die zu einem Rückblick auf die verflossenen Jahre veranlasst, in freundlicher Gesinnung an Sie, und an die vielen Gelegenheiten, bei denen es ihr vergönnt war, Ihnen in wissenschaftlicher Beziehung näher zu treten, und mit Ihnen zusammenzuwirken.

Ich war fast zwei Wochen in Paris, um erstens den Sitzungen der Völkerbundskommission,^[1] zweitens einer kurzen Versammlung der „Union de physique“^[2] (an der sich die Niederländer unabhängig von die „Natuurkundige Vereeniging“^[3] angeschlossen haben), und drittens der 50-jährigen Feier der „Société de physique“ beizuwohnen.^[3] Meine Eindrücke was die Aussicht auf eine spätere Zusammenwirkung auch mit den Deutschen betrifft, sind ziemlich günstig, in gewissen Hinsichten sogar sehr günstig. Über einen internationalen Kongress, den die Union de Physique veranstalten wird, wird erst in 1925 entschieden werden zu der Zeit wo auch der „Conseil international de recherches“ zusammenkommen wird. Man hofft, bis dahin wird sich die politische Lage in gewünschter Richtung geändert haben.

Leider fand ich Langevin sehr ermüdet. Er hat sich in den letzten Jahren kaum Ruhe gegönnt und das rächt sich jetzt. Er wird nun bald einen längeren Urlaub nehmen, den er zunächst in Grenoble zuzubringen gedenkt. Wenn er dann nur nicht wieder zu bald nach Paris zurückkehrt.

Mit grosser Freude und völliger Zustimmung habe ich die von van der Waals am 13. Dezember an Sie gerichteten Worte gelesen; ich brauche Ihnen wohl nicht zu sagen, wie lieb es mir gewesen wäre, hätte ich anwesend sein können, und sagen können, wie hohen Wert ich darauf lege, die von der Amsterdamer „Genootschap“ mir verliehene Ehre mit Ihnen zu teilen.^[4]

Und nun werden Sie wohl bald wieder nach Deutschland zurückkehren. Ich hoffe herzlich, dass es Ihnen möglich sein werde, in guter Gesundheit, unbehelligt und mit der erforderlichen Ruhe zu arbeiten. Mit herzlichen Grüßen von uns beiden

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]The third meeting of the C.I.C.I was held from 5 to 8 December 1923.

^[2]The Union internationale de physique pure et appliquée met in Paris on 10 December 1923. This organization had been created by the Conseil International de Recherches (C.I.R.; International Research Council), which had been founded by the Allied nations in 1919 to promote international cooperation in science through the formation of a series of International Unions. Because of the statutory exclusion of the Central Powers (Germany and its World War I allies) from the C.I.R and its Unions, however, the Nederlandsche Natuurkundige Vereeniging (Dutch Physical Society) had refused to join the Union internationale de physique pure et appliquée. Instead, the Netherlands were represented by a specially created “National Committee”, of which Lorentz was a member. See *Schröder-Gudhus 1966*, and *Otterspeer and Schuller tot Peursum-Meijer 1997* for more historical background.

^[3]The Société de Physique celebrated its fiftieth anniversary on 10 December 1923. See *Lorentz 1925h* for the lecture he gave at the occasion.

^[4]Both Lorentz and Einstein had been awarded the gold medal of the Amsterdam “Genootschap ter Bevordering van Natuur- Genees- en Heelkunde”. Lorentz received his medal on 31 October 1923 at the general meeting of the Genootschap; Einstein’s medal was presented to him by J.D. van der Waals Jr. on 13 December 1923.

384. From Albert Einstein, 25 December 1923

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

25.XII.23.

Verehrter Herr Lorentz!

Bei Hertz erhielt ich auf der Heimreise^[1] Ihren lieben Brief,^[2] mit dem ich mich ungemein freute. Sie werden mit Ihrer weisen väterlichen Art und Ihrer feinen Einfühlung viel dazu beitragen, dass die wissenschaftlichen Menschen wieder wie ehemals harmlos und freudig zusammenwirken. Frau Curie habe ich schon geschrieben, dass meine Gesinnung ihr gegenüber noch gleich herzlich ist wie früher. Es war wirklich besser, dass ich jetzt nicht nach Paris eingeladen wurde, denn ob ich gegangen wäre oder nicht, immer hätte es zu peinlichen Deutungen Anlass gegeben. Das haben Sie und die Pariser Freunde richtig empfunden. Es freut mich zu hören, dass Sie mit so günstigen Eindrücken aus Frankreich zurückgekehrt sind. Vielleicht kommt bald die Zeit, in der die wissenschaftlichen Beziehungen wieder aus der trüben Atmosphäre politischer Leidenschaften herausgehoben werden.

Langevin war schon ziemlich ermüdet, als er im Sommer hier war. Er hat zuviel Pflichten übernehmen müssen, um seine Familie zu versorgen, und ausserdem wirken die politischen Dinge auf diesen aussergewöhnlich gerechten Mann besonders bitter. Dabei hält er es für seine Pflicht, selbst zu wirken. Deshalb ist er im Sommer hergekommen, ein Unternehmen, das viel Mut und Selbstverläugnung erforderte.^[3] Dazu verzehrt das Leben in Paris die Nervenkraft besonders stark durch die gesteigerte Lebendigkeit und Raschheit. Ich freue mich sehr, wenn er sich etwas in die Stille der Provinz zurückziehen kann. Er lebt gewöhnlich unter Verhältnissen, die jede beschauliche Vertiefung ausschliessen.

Ich sehe eine Möglichkeit den Quantenthatsachen von der Feldtheorie aus beizukommen unter Preisgabe der mechanischen Gleichungen. Das mechanische Verhalten der Elektronen (Singularitäten) soll durch überbestimmte Feldgleichungen mitbestimmt werden. Leider sind die mathematischen Schwierigkeiten für meine Kräfte zu gross. Ich habe deshalb durch eine kurze Abhandlung das Interesse der Fachgenossen auf die Methode zu lenken versucht.^[4]

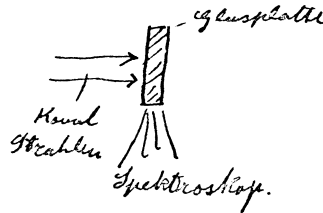
Die Feier in Amsterdam ist gut abgelaufen und hat in mir das Gefühl herzlicher Dankbarkeit zurückgelassen. Hier scheint es wieder ruhig zu sein. Die rein funktionellen Schwierigkeiten, die in der raschen Entwertung des Geldes begründet waren, sind wenigstens vorläufig überwunden, sodass wieder ein einigermaßen normaler Handel existiert. Da Ferien sind, habe ich noch keinen von den Kollegen gesehen.

Indem ich Ihnen und Ihrer Frau ein glückliches 1924 wünsche, bin ich mit herzlichen Grüssen

Ihr

A. Einstein.

G. Hertz denkt daran, vielleicht das Experiment über die Dauer der monochromatischen Emission auszuführen,



von dem ich Ihnen im Herbst erzählt habe. — St. John behauptet, die Rotverschiebung nun sauber bewiesen zu haben. Die Abhandlung scheint aber noch nicht erschienen zu sein.^[5]

^[1]Presumably Paul Hertz, who at the time worked in Göttingen. Einstein was on his way home from a prolonged visit to the Netherlands (see Letter 382, note 5).

^[2]Letter 383.

^[3]During his visit Langevin had participated in a peace rally, at which he was prevented by the authorities to make a public statement (see *Bensaude-Vincent 1987*, pp. 103–104).

^[4]*Einstein 1923d*.

^[5]Not until 1928 did another publication by St. John on this topic appear (*St. John 1928*).

385. To Albert Einstein, 21 April 1924

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 21 April 1924.

Lieber Herr Kollege,

Ein Professor der Baukunst in Delft^[1] schickt mir das anbei gehende Bild des „Einsteinturmes“^[2] (das ich ihm wohl zurückschicken muss) und wünscht von mir zu wissen:

1. ob dies wirklich ein Bild des Gebäudes und nicht etwa nur eines nicht gewählten Entwurfes ist,
2. ob, falls ersteres der Fall ist, die äussere Gestaltung der Phantasie des Baumeisters entsprungen ist, oder ob von Ihnen und den Astronomen geäusserte Wünsche oder gegebene Andeutungen mitbestimmend gewesen sind.

Können Sie mich mit einigen Zeilen in den Stand setzen, diese Fragen zu beantworten? Damit würden Sie mich sehr verpflichten.

Sie haben wohl auch einmal von Ehrenfest gehört. Aus den Briefen, die wir von ihm erhielten, geht hervor, dass er von der Reise wirklich genossen hat.^[3]

Mit herzlichen Grüssen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]The sender was Jacob Frederik Klinkhamer (1854–1928), from 1899 to 1924 Professor of Architecture at the Technical University of Delft.

^[2]See Letter 386 for more on the Einstein Tower in Potsdam; see also *Hentschel 1997* for a history of the tower.

^[3]From December to May 1924 Ehrenfest was in the U.S.A.; three months of this period were spent in Pasadena at the California Institute of Technology.

386. From Albert Einstein, 21 May 1924

Handwritten fragment (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem. The date is taken from the postmark on the envelope.

Nun zur Beantwortung ihrer Anfragen.^[1] 1) Das auf der Abbildung dargestellte Gebäude ist tatsächlich auf dem Grundstück des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam ausgeführt worden; die Abbildung wird eine Reproduktion einer Photographie sein, denn sie entspricht genau dem Original.

2) Der Turm dient für spektroskopische Sonnen- und Sternaufnahmen. Seine Grundform ist bestimmt durch den Strahlengang der Abbildung, der — soviel ich weiss — von Herrn Dr. Freundlich angegeben ist,^[2] einigermassen in Anlehnung an ein amerikanisches Vorbild, aber von diesem in wesentlichen Punkten abwei-

chend. Das Architektonische stammt von einem begabten jungen Baumeister (Erich Mendelsohn);^[3] niemand sonst hat Einfluss darauf genommen. Der Bau ist jedenfalls Originell und findet viel Widerspruch aber auch viel Zustimmung; er sieht pompös und trötzig aus, ist aber mit fast raffinierter Sparsamkeit ausgeführt.

Sie und Ihre Frau grüsst herzlich
Ihr ganz ergebener

A. Einstein

^[1]See Letter 385.

^[2]The astronomer Erwin Freundlich (1885–1964) worked in the Astrophysical Observatory in Potsdam on tests of general relativity, such as the observation of gravitational redshift in the spectra of fixed stars.

^[3]Erich Mendelsohn (1887–1953), who became well-known for his expressionistic designs.

387. To Albert Einstein, 11 July 1924

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 11 Juli 1924.

Lieber Herr Kollege,

Es hat mich sehr gefreut zu verriehen, dass Sie jetzt eine Ernennung zum Mitgliede der „Commission de coopération intellectuelle“ angenommen haben.^[1] Auf Grund meiner bisherigen Erfahrung stelle ich mir vor, dass wir, wenn auch nicht viel, doch wohl, mit der nötigen Geduld, etwas werden erreichen können und ich hoffe sehr, dass dies auch Ihr Eindruck sein wird. Ob es übrigens viel oder wenig sein mag, was wir erzielen, jedenfalls wird Ihre Mitwirkung eine sehr wertvolle sein.

In der Hoffnung, Sie in Genf in guter Gesundheit zu sehen, und mit herzlichen Grüssen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]On 16 June 1924 Einstein had been officially reappointed as a member of the C.I.C.I. See also Letter 376, note 4.

388. To Albert Einstein, 12 September 1924

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden). On the second page Einstein has noted: Innsbruck Geschäftsstelle der Naturforscherversammlung.

Haarlem, den 12 September 1924.

Lieber Herr Kollege,

Jetzt, da die Sommerferien zu Ende sind, muss ich die Sitzung des kleinen Komitees für analytische Bibliographie, die im nächsten Monat in Brüssel stattfinden soll, vorbereiten.^[1] Ich muss also Prof. Scheel dazu einladen^[2] und ihm auch die Briefe an die Vorstände der Physikalischen Gesellschaft und der Gesellschaft für praktische Physik* schicken. Was diese letzteren betrifft, so handelt es sich um das Protokoll der Beschlüsse und Wünsche, über die man sich bereits geeinigt hat, mit einem kurzen Begleitschreiben. Das alles liegt in Genf schon fertig vor und zwar in französischer und englischer Sprache; es sind das die beiden offiziellen Sprachen des Völkerbundes. Ich bin also sogleich fertig mit dem was ich an die Vorstände der Société de physique, der Physical Society und des Institute of Electrical Engineers (von dem die Science Abstracts abhängen) zu schicken habe. Aber was die beiden deutschen Gesellschaften betrifft, bin ich wegen der Sprache im Zweifel. Meinen Sie, dass es französisch oder englisch sein darf (und welche der beiden würden Sie dann wählen) oder würde man das für unangemessen halten? Ich denke an die Empfindlichkeiten, von welchen die Rede war.

Jedenfalls wäre es wohl zu viel verlangt, das lange Protokoll zu übersetzen, aber ich könnte ein deutliches Begleitschreiben an die Vorstände hinzufügen.

Sie werden mich viele Freude machen, wenn Sie mir in dieser Angelegenheit raten wollen und ich werde besonders Wert darauf legen, wenn Sie mir Ihre Antwort bald zukommen lassen können.^[4] Ich habe vielleicht schon zu viel Zeit verstreichen lassen.

Selbstverständlich schreibe ich in meiner persönlichen Korrespondenz mit Herrn Scheel Deutsch.

Ich hoffe sehr, dass Sie gute Ferien hatten, und von dem Zusammensein mit Ihren Söhnen viel genossen haben.

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Dürfen wir Sie im nächsten Monat in Leiden sehen? Das würde mich sehr freuen.

^[1]The Sous-Commission de la Bibliographie of the C.I.C.I.

^[2]Karl Scheel (1866–1936) was director of the Physical-Technical Section of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt and Editor of the *Zeitschrift für Physik*.

^[3]Lorentz probably refers to the Deutsche Gesellschaft für Technische Physik.

^[4]See Letter 389.

*Ist das die richtige Benennung?^[3]

389. From Albert Einstein, 16 December 1924

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin 16.XII.24.

Lieber verehrter Prof. Lorentz!

Prof. Thirring sandte mir neulich einen Brief (Kopie), in dem er Ihnen über die Stellung hiesiger Physiker zu der Zeitschriften-Angelegenheit berichtete.^[1] Sein Bericht war wahrheitsgetreu und doch glaube ich heute versichern zu können, dass ein Umschwung zum Bessern teils eingetreten ist, teils im Begriffe ist, einzutreten. Die einflussreichsten hiesigen Führer der wissenschaftlichen Männer* stehen nun den internationalen Bestrebungen und Methoden verständnisvoller und gläubiger gegenüber, wie ich mich durch Gespräche selbst habe überzeugen können. Wir müssen nur Geduld haben und die Zeit wirken lassen.

An der Spitze der Gesellschaft für praktische Physik steht leider ein hartgesotterer und wenig einsichtsvoller Mensch, was speziell diese Angelegenheit (Zeitschriften-Referate) noch etwas erschwert.^[2]

Ich sprach neulich abermals mit Planck wegen der nationalen Commission.^[3] Er war etwas hilflos und sagte weder ja noch nein. Er hatte über unsere Ziele keine richtige Vorstellung, und meinte, dass Verbrüderungs-Versicherungen keinen wirklichen Wert hätten. Ich erklärte ihm dann dass die Commission zur Lösung realer Aufgaben da sei und nannte ihm einige davon. Auch sagte ich ihm, dass die nationalen Kommissionen die Organe der zentralen Kommission seien, welche die Verbindung mit den Gelehrten und gelehrten Körperschaften der einzelnen Länder herzustellen hätten. Es wäre nun nach meiner Ansicht der Augenblick gekommen, in dem ein Brief von Ihnen an ihn günstig wirken könnte. Wenn Sie so freundlich sein wollen, einen solchen Brief zu schreiben, so erwähnen Sie bitte nichts davon, dass ich Sie darumm gebeten habe. In Wahrheit hatten Sie ja schon letzten Sommer im Sinne, ihm die Angelegenheit darzulegen.

Ein jüngerer Bruder von (dem uns bekannten) De Broglie^[4] hat einen sehr interessanten Versuch zur Deutung der Bohr-Sommerfeld'schen Quantenregel unternommen (Pariser Dissertation 1924).^[5] Ich glaube, das ist ein erster schwacher Strahl zur Erhellung dieses schlimmsten unserer physikalischen Rätsel. Ich habe auch einiges gefunden, was für seine Konstruktion spricht.

Geiger und Bothe^[6] haben ein Experiment ausgeführt, welches für die strikten Lichtquanten und gegen die Ansichten spricht, welche Bohr-Cramers-Slater neulich ausgeführt haben. Sie zeigten, dass beim Compton-Effekt abgelenkte Strahlung und nach der anderen Seite ausgeschleudertes Elektron statistisch voneinander abhängige Ereignisse seien. Das Energie-Impuls-Prinzip scheint also doch streng und nicht nur statistisch zu gelten.

*Lachen Sie nicht darüber, dass die wissenschaftlichen Männer hier als führungsbedürftig und als geführt hingestellt werden. — Der Wahrheit die Ehre.

Mit herzlichen Grüßen und Wünschen für die Feiertage und das neue Jahr an Sie, Ihre Frau, Herrn und Frau De Haas und die Kinderchen
Ihr

A. Einstein.

^[1]See Hans Thirring to Lorentz, 5 December 1924, in which Thirring characterizes the negative attitude of some of his colleagues towards international cooperation as “psychopathisch”. Thirring (1888–1976) was Extraordinary Professor of Physics at the University of Vienna.

^[2]Chairman of the Deutsche Gesellschaft für Technische Physik was Georg Gehlhoff (1882–1931). See Letter 388 for Lorentz’s reference to the Gesellschaft.

^[3]The C.I.C.I. encouraged the formation of national committees as local representatives of the C.I.C.I.

^[4]Louis de Broglie (1892–1987), younger brother of Maurice de Broglie.

^[5]*De Broglie 1924*, de Broglie’s dissertation, in which the concept of matter waves is introduced and further developed.

^[6]See *Bothe and Geiger 1925a*, *1925b* and *Bohr, Kramers and Slater 1924*, in which conservation of energy and momentum is assumed to hold only statistically in interactions between radiation and matter. See *Jammer 1966* and *Mehra and Rechenberg 1982*, chap. 5, for more on De Broglie’s work, the Bohr-Kramers-Slater theory and the Bothe-Geiger experiment.

390. From Albert Einstein, 9 January 1925

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

9.I.25.

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Den Menschen Gutes zu bringen, ist ein schweres Geschäft; damit müssen wir uns zunächst über das trösten, was ich Ihnen hier erzählen muss. Vor drei Monaten habe ich — wie Sie wissen — Herrn Planck gebeten, eine nationale Kommission für intellektuelle Zusammenarbeit zu begründen bzw. zu bemuttern.^[1] Ich sah gleich, dass diese meine Aufforderung ihn unglücklich machte, und der Arme kämpfte nun ein Vierteljahr in seinem Innern. Wenn ich ihn fragte, antwortete er immer, er wisse noch nicht, was er thun solle. Gestern aber kam er von selbst auf die Angelegenheit zurück und erklärte, dass er die ihm zuge dachte Funktion nicht übernehmen könne.

Die Begründung, die er gab, war etwa folgende. „Solange die Deutschen bei den internationalen Vereinigungen und Kongressen nicht zugelassen sind, ist es für einen Deutschen das richtige Verhalten, sich seinerseits von allen internationalen Veranstaltungen fernzuhalten — dies unbeschadet der freundschaftlichen Beziehungen, die ihn mit Einzelpersonlichkeiten des Auslands verbinden.“ Ich wandte natürlich ein, dass man nicht alle Veranstaltungen internationalen Charak-

ters in einen Topf werfen dürfe. Es ist ja klar, dass es nie zu einer Wiederherstellung normaler Beziehungen kommen kann bei folgender Sachlage: Es existieren *n* voneinander unabhängige Veranstaltungen welche die Deutschen ausgeschlossen haben und voneinander unabhängig funktionieren. Wenn man nun jede Annäherungsbestrebung *einer* von diesen zurückweist mit dem Hinweis auf das Verhalten der übrigen, dann verewigt man durch sein Verhalten diesen Zustand.

Trotz der mangelnden Logik der Begründung hielt ich es nicht für richtig, weiter in ihn zu dringen. Denn das Stimmungsmässige ist das Primäre und die Begründung sekundär und — auswechselbar. Ich beurteile Plancks wirkliche Situation so: Er selbst thäte es eigentlich gerne, aber die Gebundenheit an seine Gemeinschaft erlaubt es ihm nicht. Die politischen Ereignisse der letzten Wochen, welche hier grosse Verbitterung ausgelöst haben,^[2] haben offenbar für seine Entscheidung den letzten Ausschlag gegeben. Wie fest sein Entschluss ist, können Sie am besten daraus erkennen, dass er mir ausdrücklich auftrag, Sie zu ersuchen, ihm nicht über diese Angelegenheit zu schreiben.

Ich bin recht traurig über diesen Ausgang der Angelegenheit. Die epidemische Krankheit der Europäer sitzt im kleinen Gehirn und kann deshalb mit Argumenten nicht bekämpft werden. Ich fürchte wir können im gegenwärtigen Augenblick keinen Menschen von hinreichendem Ansehen finden (für die lokale Kommission) der von den hiesigen als einer der Ihrigen angesehen wird und Vertrauen genießt. Wir werden wohl warten müssen, bis das politische Barometer wieder ein Maximum anzeigt.

Nächsten Winter werde ich wahrscheinlich die grosse Freude haben, Sie auf der Reise nach Passadena zu begleiten.^[3] Ausserdem freue ich mich, Sie in einem Monat bei der Feier in Leiden wiederzusehen.^[4] Ihnen und Ihrer lieben Familie herzliche Grüsse und Wünsche

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 389. It would take until 1928 before a German national committee was established.

^[2]Perhaps a reference to Adolf Hitler's much-publicized early release from prison by the Bavarian Government on 20 December 1924 and his subsequent return into active politics. On 4 January 1925 he met with the President of Bavaria; as a result the National Socialist Party became legal again a few weeks later.

^[3]Lorentz had been invited to a second stay at the California Institute of Technology in Pasadena, where he would give a series of lectures (his first visit there took place during the first months of 1922; see *Lorentz, 1927f* for the published version of his lectures). A simultaneous visit by Einstein was under discussion but never materialized, because Lorentz's visit was postponed to early 1927.

^[4]The yearly celebration of the *dies natalis* of the University of Leiden on 8 February 1575.

391. To Albert Einstein, 2 March 1925

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 2 März 1925

Lieber Herr Kollege,

In Ihrem freundlichen, soeben erhaltenen Briefe^[1] giebt es *einen* Punkt, über den ich Ihnen sofort antworten möchte. Aber lassen Sie mich zunächst sagen, dass ich die Auseinandersetzung, die wir hier besprochen haben, am Tage nach Ihrer Abreise an Frau Curie geschickt habe. Sie hat mir nach einiger Zeit erklärt, sie sei ganz unserer Meinung und werde die Note den Herren Bergson und Luchaire mitteilen. Ich meinerseits habe an Millikan geschrieben; vielleicht kann er mir vor der Pariser Sitzung noch antworten.^[2]

Es tut mir sehr leid, dass wir Sie, wegen der langen Verzögerung werden vermissen müssen, denn es wäre für die gute Sache von hohem Wert gewesen, wenn Sie Ihre Meinungen persönlich hätten vortragen können.^[3] Aber daran lässt sich jetzt nichts mehr ändern, und es freut mich sehr, dass Sie mir erlaubt haben, Sie einigermassen zu vertreten. Ich werde das bei der Besprechung der Verwendung der Mittel und der Organisation des Institutes nach bestem Wissen tun.

Nur was einen Punkt betrifft, und das ist was mich hauptsächlich veranlasst, Ihnen sofort zu schreiben, muss ich Sie bitten, mir keinen Auftrag zu geben. Nach Ihrer Überzeugung wäre es nicht im Interesse des Institutes, wenn ein Franzose dessen Direktor wurde. Hierzu möchte ich bemerken, dass es mir völlig ausgeschlossen zu sein scheint, dass die Wahl auf einen anderen als Herrn Luchaire fiel. Die französische Regierung hat alle Garantie für die Unabhängigkeit des Institutes und für die wirklich internationale Wirksamkeit derselben, die man von ihr verlangt hat gegeben, und m.E. müssen wir ihr nun auch unser Vertrauen schenken; es scheint mir überdies internationale Höflichkeit zu sein als Direktor einen Franzosen zu wählen.

Auch wenn wir einen anderen lieber hätten, so haben wir doch, wie ich es sehe, keine Wahl und wir müssen uns damit trösten, dass von Herrn L. wirklich viel Gutes zu erwarten ist. Wenn ich in Ihrem Namen die Erklärung gebe, von der in Ihrem Schreiben die Rede ist, so würde das nur den Erfolg haben, dass Sie weiterhin auf die Entwicklung des Institutes weniger Einfluss haben können und dieser Einfluss ist es, auf den ich den höchsten Wert lege. Ich hoffe daher sehr, noch von Ihnen zu vernehmen, dass Sie auf *diesen* Wunsch nicht bestehen.

Höchstens könnte ich sagen, dass, obgleich nach Ihrer Meinung bei der Ernennung eines nicht französischen Direktors die vollkommene Unabhängigkeit des Institutes noch besser zum Ausdruck kommen würde, Sie sich doch mit der Wahl Herrn Luchaires einverstanden erklären können. Aber besser scheint es mir doch, gar nichts zu sagen; Sie können dann allen Ihren Einfluss darauf verwenden, die Sache ins rechte Geleise zu bringen.

Selbstverständlich werde ich Herrn Eisler nicht aus dem Auge verlieren;^[4] er scheint wirklich ein bedeutender Mann zu sein. Ich werde versuchen auch etwas

von ihm zu lesen; das und die Besprechungen über ihn und die zahlreichen Mitbewerber wird mir dann, wie ich hoffe, ein definitives Urteil ermöglichen.

Sie haben mir mit Ihrem letzten Besuche eine grosse Freude gemacht und es war mir wie immer sehr lieb mancherlei mit Ihnen zu besprechen.

Und nun wünschen wir Ihnen herzlichst eine glückliche Reise. Kommen Sie gesund und nicht ermüdet wieder in diesen Weltteil zurück.

Mit vielen Grüssen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein's letter, which is missing, presumably deals with the planned establishment of the Institut International de Coopération Intellectuelle. The Institute was offered to the League of Nations by the French government and was meant to serve as executive organ of the C.I.C.I. On 16 January 1926 the Institute was officially inaugurated in Paris; its director was the novelist and playwright Julien Luchaire (1876-1962).

^[2]See Lorentz to Robert A. Millikan, 28 February 1925 (California Institute of Technology, Pasadena), and Robert A. Millikan to Lorentz, 2 April 1925 and 16 April 1925. In collaboration with Einstein and Marie Curie, Lorentz tried to formulate the goals of the future institute. As he put it in his letter to Millikan: "The fundamental idea is that we must seek the small opportunities for making ourselves useful, that we must not try to invent ourselves what we could possibly do, but must rather aid those who themselves have some good and practical ideas." In his reply of 2 April Millikan agreed completely.

^[3]Because of a trip to South America in May and June 1925 Einstein could not attend the 5th and the 6th meetings of the C.I.C.I., held in Paris (11–17 May) and Geneva (27–30 July), respectively.

^[4]Robert Eisler (1882–1949), Austrian historian of art, economics and religion. Einstein supported his candidacy of Director of the Institut International de Coopération Intellectuelle.

392. From Max Planck, 30 June 1925

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 30.6.25.

Lieber verehrter Herr College!

Sie wollen gütigst verzeihen, dass ich meine Antwort auf Ihren freundlichen Brief vom 12. d.M. so lange hinausgeschoben habe. Die Ursache davon ist, dass ich die wichtigen von Ihnen berührten Fragen so sorgsam als möglich überlegen musste und auch, Ihrer Anregung gemäss, mit meinen näheren Kollegen besprechen wollte. Das ist nun geschehen, und ich darf daher gleich vorausschicken, dass das, was ich im Folgenden sagen möchte, zugleich ganz im Sinne derselben, besonders der Herren Einstein und v. Laue, gesprochen ist. Vor Allem danke ich Ihnen nun für Ihre ausführlichen mich sehr interessierenden Darlegungen, und für die grosse Mühe, die Sie Sich damit gegeben haben. Sie können versichert sein, dass

dieselben einen wirksamen Eindruck auf mich gemacht haben; denn ich gehöre seit jeher zu denjenigen, die mit voller Aufrichtigkeit bestrebt sind, ihre Kräfte dafür einzusetzen, dass im internationalen Verkehr das früher als selbstverständlich geltende freundliche und kollegiale Einvernehmen zwischen den Gelehrten aller Völker wiederhergestellt wird. Leider scheint allerdings der Weg bis dahin noch recht weit zu sein.

Besonders für die deutschen Gelehrten liegt eine Schwierigkeit vor, die sie gar nicht selber aus dem Wege räumen können, nämlich die, dass sie nicht nur zu den meisten internationalen Congressen keine Einladungen erhalten, sondern dass auch grosse offizielle Organisationen, wie der Conseil International de Recherches und die Union académique internationale, nach ihren Satzungen die Aufnahme deutscher Körperschaften ausschliessen. Dass die deutschen Gelehrten dies als eine schwere und dauernde Kränkung empfinden, ist wohl selbstverständlich.

Nun ist freilich vollkommen zuzugeben, dass speziell die Völkerbundkommission in keiner Weise verantwortlich gemacht werden kann für alle einzelnen Unhöflichkeiten, die vorkommen mögen, und auch nicht für die Satzungen, welche sich die obengenannten Organisationen gegeben haben. Aber sie arbeitet doch ausgesprochenemassen in freundschaftlichem Einvernehmen mit diesen Körperschaften. Es ist jedoch noch nie etwas davon bekannt geworden, dass die Völkerbundkommission in diesem Punkte einen abweichenden Standpunkt einnimmt oder dass sie, was noch besser wäre, ihren Einfluss zu Gunsten einer entsprechenden Reform auszuüben versuchen wollte. So lange aber weder das eine noch das andere geschieht, müssen die deutschen Gelehrten den Eindruck haben, dass die Völkerbundkommission diese Verhältnisse billigt und dass sie daher doch nicht ganz in wahrhaft internationalem Sinne arbeitet.

Ich verkenne gewiss nicht die grossen Schwierigkeiten, die bei der gegenwärtigen politischen Lage einer Besserung der Verhältnisse entgegenstehen; man muss daher in dieser Richtung Geduld haben. Einstweilen scheint es mir für uns deutsche Gelehrte das zweckmässigste zu sein, überall da, wo es sich um Zwecke speziellerer, persönlicher und rein wissenschaftlicher Natur handelt, unseren guten Willen zur Mitarbeit zu zeigen und empfangenen Einladungen, welche den Deutschen Gleichberechtigung gewähren, dankend Folge zu leisten. So habe ich auch mich entschieden dafür eingesetzt, dass Hr. Scheel die Einladung nach Brüssel wegen der Referatenblätter annimmt.^[1] Aber sobald offiziellere Veranstaltungen in Frage kommen, müssen wir immer wieder auf die bestehenden Missverhältnisse hinweisen. Denn ich bitte Sie zu bedenken, dass die deutschen Gelehrten gegenüber der gesellschaftlichen Achtung, der sie gegenwärtig unterliegen, keine andere Waffe besitzen, als sich solidarisch zusammenschliessen und sich so lange zurückzuhalten, bis die Verfehlung von ihnen genommen wird. — Dr. Eisler^[2] ist mir nur oberflächlich bekannt als ein vielseitiger rühriger Gelehrter, der schon eine bewegte Vergangenheit hinter sich hat. v. Laue kennt ihn noch näher. —

Ich empfinde es recht schmerzlich, dass ich Ihnen mit diesem Briefe vielleicht eine Enttäuschung bereitet habe. Aber volle Aufrichtigkeit scheint mir immer das Beste, und die habe ich Ihnen bewiesen. Es freut mich, dass es Ihnen und den Ih-

rigen gut geht. Ihr Hr. Schwiegersohn hat ja jetzt ein wunderschönes Tätigkeitsfeld bekommen.^[3] Auch uns geht es gut. Ich fahre im September mit meiner Frau nach Leningrad zum Akademiejubiläum.^[4]

Treulichst

Ihr

M. Planck.

^[1]Karl Scheel was also editor of the journal *Physikalische Berichte*, in which papers from other physics journals were critically summarized.

^[2]See Letter 391, note 4.

^[3]Wander de Haas, who had been Professor of Physics at the University of Groningen since 1922, was appointed Professor of Physics at the University of Leiden in September 1924. He was Kamerlingh Onnes's successor and shared the directorship of the Physics Laboratory with Willem H. Keesom.

^[4]Planck was the joint head (with Friedrich Schmidt-Ott) of the German delegation at the celebration of the two hundredth anniversary of the Russian Academy of Sciences (which was founded in 1724 and in 1925 was renamed Academy of Sciences of the USSR).

393. From Max Planck, 26 July 1925

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 26.7.25

Lieber verehrter Herr College!

Für Ihren werten Brief vom 19. d.M. möchte ich Ihnen doch gerne meinen besonderen Dank aussprechen. Sein Inhalt war mir in mehrfacher Beziehung von grossem Interesse. Was den Conseil International de Recherches betrifft, so scheint es mir trotz des unerfreulichen Resultats der Abstimmung doch von guter Vorbedeutung zu sein, dass so viele hervorragende Instanzen sich für die Abschaffung des leidigen Boykottparagraphen ausgesprochen haben.^[1] Und dass Sie selber zu diesen gehörten, wird man Ihnen auf unserer Seite sicher hoch anrechnen. Es ist nur schlimm, dass der Sitz des Völkerbundinstituts für intellektuelle Zusammenwirkung gerade im Centrum desjenigen Landes ist, welches sich der angestrebten Reform am energischsten widersetzt.^[2] Dieser Umstand wird wenigstens vorläufig die Zentralländer zu grösster Zurückhaltung veranlassen.

Inzwischen habe ich auch mit Hrn. Kollegen Scheel gesprochen, der mir von seinen Eindrücken in Brüssel berichtete und zu meiner aufrichtigen Freude immer wieder betonte, dass er auf allen Seiten nur freundliches Entgegenkommen und rein sachliches Interesse gefunden habe. Mir scheint überhaupt, als ob wir mit persönlichen Unterhandlungen und speziellen Aufgaben, also mit Kleinarbeit, besser vorwärts kommen als mit grösseren offiziellen Organisationen. Der Wiederaufbau des internationalen wissenschaftlichen Verkehrs wird schneller und sicherer fortschreiten, wenn er von unten herauf begonnen wird. Hier kann ein jeder, der guten

Willens ist, beitragen, und was meine eigenen schwachen Kräfte vermögen, soll gewiss mit für das erstrebenswerte Ziel eingesetzt werden.

Es tut mir sehr leid, dass wir uns in Russland nicht sehen werden.^[3] Ich habe die stille Hoffnung, dass die dortige Feier auch dazu beitragen wird, die Gelehrten der verschiedenen Länder einander zu nähern. Freilich lässt sich die Wirkung absolut nicht voraussehen, schon weil die Russen etwas unberechenbar sind. Aber versuchen wollen wir es wenigstens.

Mit herzlichen Grüßen an die werten Ihrigen und dem Wunsche eines erholungsreichen Sommers bin ich in treuer Verehrung

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]At the Third Assembly of the Conseil International de Recherches, held in Brussels from 7 to 9 July 1925, the Netherlands, Denmark and Sweden had tried unsuccessfully to lift the statutory ban on membership of the Central Powers (see also Letter 383, note 2). As a member of the Dutch delegation Lorentz defended the proposal. See *Schröder-Gudehus 1966* for more details; see also *Otterspeer and Schuller tot Peursum-Meijer 1997* for the role of the Dutch.

^[2]See Letter 391, note 1, for the Institut International de Coopération Intellectuelle.

^[3]See Letter 392, note 3, for Planck's trip to the Soviet Union.

394. To Max Planck, 20 August 1925

Handwritten draft.

Haarlem, 20 August 1925

Lieber Herr Kollege,

Wir hoffen noch immer dass es möglich sein wird, in Kurzem das zu erreichen, was in Brüssel mislungen ist, nämlich aus den Satzungen des Internationalen Untersuchungsrates (Conseil international de Recherches) die Worte zu streichen, die sich dem Zutritt der zentralen Länder widersetzen.^[1] Man hat mich nun gefragt, welche wissenschaftliche Organisation in Deutschland eventuell für Ihr Land über diesen Zutritt würde entscheiden können und Sie werden mich zu vielem Dank verpflichten, wenn Sie mir hierüber Auskunft geben wollen. In meinem Lande, und ebenso in anderen hat damals die Entscheidung der Anschliessung an den C.d.R. von den nationalen Akademien der Wissenschaft abgehangen. Würde in Deutschland etwa das Kartell der Akademien die Rolle übernehmen können? Entschuldigen Sie, bitte, dass ich Sie mit dieser Frage belästige und haben Sie im Voraus besten Dank.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus treulich Ihr

HAL

Als ich in meinem letzten Briefe über die Versammlung in Brüssel berichtete, habe ich vergessen zu erwähnen, dass an dem Tage der der Abstimmung in dem Con. d. R. vorherging, eine Versammlung der physikalischen Union stattgefunden hat, welche Union ebenso wie die anderen von dem Conseil abhängt, und nicht selbständig über den Eintritt eines Landes zu entscheiden vermag. Es handelte sich nun um die Frage ob und zu welcher Zeit ein internationaler physikalischer Kongress zu veranstalten sein würde.^[2] Mit allgemeiner Zustimmung hat man einen Vorschlag des Vorstandes (Sir W.H. Bragg, London, Vorsitzender, H. Abraham,^[3] Paris, Sekretär) angenommen, daher gehend, dass ein Kongress erst dann zu halten sein wird, wenn auch Deutschland sich daran wird beteiligen können.

^[1]See Letter 393, note 1, for the meeting of the C.I.R.

^[2]See also Letter 383 for the Union international de physique pure et appliquée and the possible international congress.

^[3]Henri Abraham (1868–1943), Professor of Physics at the University of Paris.

395. From Max Planck, 22 September 1925

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 22. Sept. 1925.

Lieber verehrter Hr. College!

Bei meiner Rückkehr aus Russland finde ich Ihren werten Brief vom 21. v.M. vor^[1] und bedaure ausserordentlich, Sie so lange ohne Antwort gelassen zu haben. Aber vielleicht ist Ihnen der Gedanke an die Ursache der Verzögerung meiner Antwort schon früher gekommen; das wäre mir sehr lieb. In Russland hat man uns ausländische Gelehrte auf das liebenswürdigste empfangen und behandelt,^[2] und wenn die ganze Feierlichkeit natürlich nicht ohne politischen Hintergedanken war, so trug sie doch zunächst einen wissenschaftlichen Character. Insbesondere freute ich mich wahrzunehmen, dass die russische Regierung neuerdings offenbar zu der Erkenntnis gekommen ist, dass auch die Beschäftigung mit der reinen Wissenschaft eine eminent „nützliche“ Tätigkeit darstellt und daher vom Staat nachdrücklich unterstützt zu werden verdient.

Was nun den Hauptinhalt Ihres Schreibens betrifft: die eventuelle Zuziehung Deutschlands zu dem Conseil international de recherches, und insbesondere die Frage, welche wissenschaftliche Organisation in Deutschland für den Fall, dass der sogenannte Boycott-Paragraph aus den Satzungen der Conseil entfernt wird, über den Zutritt Deutschlands entscheiden könnte, so ist diese Frage deshalb nicht unmittelbar zu beantworten, weil ja in dem Conseil, soviel ich weiss, nicht die wissenschaftlichen Körperschaften als solche, sondern die Länder vertreten sind.

Immerhin glaube ich, dass, wie auch Sie schon vermuten, der maassgebende Einfluss dabei von der vornehmsten wissenschaftlichen Organisation in Deutsch-

land, dem Kartell der deutschen Akademieen, zu dem auch die Wiener Akademie gehört, ausgehen würde. Vorort des Kartells ist in diesem Jahre Berlin, im nächsten Jahr wird es Wien sein.

Soweit ich gegenwärtig über die Stimmung innerhalb des Kartells unterrichtet bin, möchte ich annehmen, dass das Kartell eine Behandlung der genannten Frage nicht eher vorzunehmen geneigt sein wird, als bis die Möglichkeit eines Eintritts in den Conseil geschaffen worden ist, und dass es daher sich nicht empfehlen dürfte, vor diesem Zeitpunkt die ganze Frage beim Kartell anzuregen. Nicht verschweigen möchte ich bei dieser Gelegenheit auch, dass man im Kartell der deutschen Akademieen grundsätzlich einem Zusammenschluss der wissenschaftlichen Körperschaften (nach Art der alten Assoziation der Akademieen) eher geneigt zu sein scheint als einem Zusammenschluss der Länder, bei dem naturgemäss das politische Element eine viel grössere Rolle spielt. Wie dem nun auch sei: die Hauptsache ist, dass es gelingt, das Verhältnis der Gelehrten in den verschiedenen Ländern zu verbessern und die Neigung zum Zusammenarbeiten zu stärken. Sie wissen, dass ich jede Maassnahme, die in diese Richtung wirkt, mit Freuden begrüssen würde.

In alter Treue und Verehrung
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]See Letter 394 for a possible draft.

^[2]See Letter 392, note 3, for Planck's visit to Leningrad.

396. To Albert Einstein, 18 October 1925

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 18 Oktober 1925.

Lieber Herr Kollege,

Als ich neulich Ihre Abhandlung: „Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität“^[1] las (es ist das wohl die Arbeit, von der Sie mir in Genf eine Korrektur zeigten^[2]), kam mir für einen Augenblick der Gedanke, man könne vielleicht, wenn man den Vektor φ_α gleich Null setzt, in einen Widerspruch geraten. Es hat sich herausgestellt, dass dies in dem Fall, den Sie §3 betrachten, nicht der Fall ist, und ich erwähne diesen Gedanken nur weil er mich dazu geführt hat, eine Lösung der Gleichungen zu versuchen, in der nicht von vornherein $\varphi_\alpha = 0$ gesetzt wird.^[3]

Man kann wirklich eine solche angeben, wenn man sich auf Werte der $g_{\alpha\beta}$ beschränkt, die von dem System $g_{11} = g_{22} = g_{33} = -1$, $g_{44} = 1$, $g_{\alpha\beta} = 0$ für $\alpha \neq \beta$ unendlich wenig abweichen. Ich setze also

$$g_{11} = -1 + \gamma_{11}, \quad g_{22} = -1 + \gamma_{22}, \quad g_{33} = -1 + \gamma_{33}, \quad g_{44} = 1 + \gamma_{44}$$

und betrachte $\gamma_{11}, \gamma_{22}, \gamma_{33}, \gamma_{44}$ als unendlich klein erster Ordnung; auch von allen $g_{\alpha\beta}$ für $\alpha \neq \beta$ wird angenommen, dass sie unendlich klein von dieser Ordnung sind; ebenso von allen $\Gamma_{\mu\nu}^\alpha$ und von φ_α . Grössen zweiter Ordnung sollen vernachlässigt werden. Ferner zerfallen die $g_{\alpha\beta}$ ($\alpha \neq \beta$) in einen symmetrischen und einen antisymmetrischen Teil. Der erste heisse $\gamma_{\alpha\beta}$, der zweite $\Psi_{\alpha\beta}$ (Sie schreiben $\varphi_{\alpha\beta}$), also

$$g_{\alpha\beta} = \gamma_{\alpha\beta} + \Psi_{\alpha\beta}$$

$$\gamma_{\beta\alpha} = \gamma_{\alpha\beta}, \quad \Psi_{\beta\alpha} = -\Psi_{\alpha\beta}$$

Nach den gemachten Festsetzungen kam man schreiben

$$g^{\alpha\alpha} = \frac{1}{g_{\alpha\alpha}}$$

und für $\alpha \neq \beta$

$$g^{\alpha\beta} = -g_{\alpha\alpha}g_{\beta\beta}g_{\beta\alpha}. \quad (1)$$

Wenn, wie hier, ein unendlich kleiner Faktor ($g_{\alpha\beta}$) folgt, können die $g_{\alpha\alpha}$ und $g_{\beta\beta}$ durch die Werte -1 oder $+1$ ersetzt werden. Die Schreibweise (1) dient nur dazu, immer das richtige Vorzeichen zu haben, ohne die Indizes 1, 2, 3 einerseits und 4 andererseits immer in den Formeln unterscheiden zu müssen.

Ferner

$$g^{\alpha\beta} = \sqrt{-g}g^{\alpha\beta}$$

In allen Fällen, wo er mit einer unendlich kleinen Grösse multipliziert ist, darf man den Faktor $\sqrt{-g}$ durch 1 ersetzen.

Aus Ihren Gleichungen (7) folgen nun die Beziehungen

$$\sum (\alpha) g_{\alpha\alpha} \frac{\partial}{\partial x_\alpha} (g_{\alpha\nu} - g_{\nu\alpha}) = 0,$$

oder

$$\sum (\alpha) g_{\alpha\alpha} \frac{\partial \Psi_{\nu\alpha}}{\partial x_\alpha} = 0 \quad (2)$$

Ferner kann man nun aus (10a) die $\Gamma_{\alpha\nu}^\mu$ ableiten. Man kommt dabei zu folgendem Resultat.

1. Wenn die Indizes α, μ, ν alle voneinander verschieden sind

$$\Gamma_{\alpha\nu}^\mu = \frac{1}{2} g_{\mu\mu} \left(\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\alpha} + \frac{\partial g_{\alpha\mu}}{\partial x_\nu} - \frac{\partial g_{\nu\alpha}}{\partial x_\mu} \right) \quad (3)$$

2. Wenn $\mu \neq \alpha$

$$\Gamma_{\alpha\alpha}^\mu = \frac{1}{2} g_{\mu\mu} \left(\frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_\alpha} + \frac{\partial g_{\alpha\mu}}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial g_{\alpha\alpha}}{\partial x_\mu} \right) \quad (4)$$

3. Wenn $\mu \neq \alpha$

$$\Gamma_{\alpha\mu}^\mu = \frac{1}{2} g_{\mu\mu} \left(\frac{\partial g_{\mu\mu}}{\partial x_\alpha} + \frac{\partial g_{\alpha\mu}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_\mu} \right) \quad (5)$$

Die beiden letzten Ausdrücke entstehen aus (3), wenn man darin $v = \alpha$ bzw. $v = \mu$ setzt. Man kann daher auch sagen, dass (3) gilt, wenn α, μ, v alle von einander verschieden sind *und* wenn $v = \alpha$ oder $v = \mu$ ist

Es bleiben jetzt noch $\Gamma_{\mu\alpha}^{\mu}$ ($\alpha \neq \mu$) und $\Gamma_{\alpha\alpha}^{\alpha}$ unbekannt. Man kann diese nicht aus (3) ableiten; die Formel gilt eben nicht für $\alpha = \mu$ ($v \neq \alpha$) und auch nicht für $\alpha = \mu = v$.

Das einzige, was man aus (10a) noch schliessen kann, ist

$$\Gamma_{\mu\alpha}^{\mu} = -\Gamma_{\alpha\mu}^{\mu} + \Gamma_{\alpha\alpha}^{\alpha} + g_{\mu\mu} \frac{\partial g_{\mu\mu}}{\partial x_{\alpha}} - \frac{1}{2} g_{\alpha\alpha} \frac{\partial g_{\alpha\alpha}}{\partial x_{\alpha}} \quad (6)$$

Die vier Grössen

$$\Gamma_{\alpha\alpha}^{\alpha}$$

bleiben unbekannt.

Im Laufe der Rechnungen findet man für den Vektor φ_{α}

$$\varphi_{\alpha} = -\Gamma_{\alpha\alpha}^{\alpha} + \frac{1}{2} g_{\alpha\alpha} \frac{\partial g_{\alpha\alpha}}{\partial x_{\alpha}} \quad (7)$$

Ich werde in einem Nachtrag die Schritte der Rechnung angeben; vielleicht hat Herr Grommer die Freundlichkeit, sie zu kontrollieren.^[4] Übrigens habe ich mich durch direkte Substitution davon überzeugt, dass die angeführten Werte in Verbindung mit (2) Ihre Grundbedingungen (5) befriedigen.

Es erübrigt noch zu sehen was aus Ihren Bedingungen (4)

$$R_{\mu\nu} = 0$$

folgt.^[5] Man kann diese ersetzen durch

$$\frac{1}{2}(R_{\mu\nu} + R_{\nu\mu}) = 0 \quad (8)$$

und

$$\frac{1}{2}(R_{\mu\nu} - R_{\nu\mu}) = 0 \quad (9)$$

Es zeigt sich, dass in (8) die unbekanntes $\Gamma_{\alpha\alpha}^{\alpha}$ nicht auftreten, und dass die Gleichung nur die symmetrischen Teile der $g_{\alpha\beta}$ enthält. Man hat es bei (8) mit den Feldgleichungen der Gravitation zu tun, über die ich nichts zu sagen habe. Ich beschränke mich also auf (9).

Es seien $\mu, \nu, \kappa, \lambda$ die vier Zahlen 1, 2, 3, 4 in irgend einer Reihenfolge. Dann wird (9)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Gamma_{\mu\mu}^{\mu}}{\partial x_{\nu}} - \frac{\partial \Gamma_{\nu\nu}^{\nu}}{\partial x_{\mu}} - \frac{1}{2} g_{\mu\mu} \frac{\partial^2 g_{\mu\mu}}{\partial x_{\mu} \partial x_{\nu}} + \frac{1}{2} g_{\nu\nu} \frac{\partial^2 g_{\nu\nu}}{\partial x_{\mu} \partial x_{\nu}} + \frac{1}{2} g_{\mu\mu} \frac{\partial^2 \Psi_{\nu\mu}}{\partial x_{\mu}^2} + \frac{1}{2} g_{\nu\nu} \frac{\partial^2 \Psi_{\nu\mu}}{\partial x_{\nu}^2} \\ + \frac{1}{2} g_{\kappa\kappa} \frac{\partial^2 \Psi_{\nu\mu}}{\partial x_{\kappa}^2} + \frac{1}{2} g_{\lambda\lambda} \frac{\partial^2 \Psi_{\nu\mu}}{\partial x_{\lambda}^2} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Diese Gleichungen, zusammen mit (2), sollen das elektromagnetische Feld bestimmen. Setzt man

$$\left. \begin{aligned} \Psi_{23} = E_x, \Psi_{31} = E_y, \Psi_{12} = E_z \\ \Psi_{41} = H_x, \Psi_{42} = H_y, \Psi_{43} = H_z \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

so lauten die vier Gleichungen (2) wenn man für die Koordinaten x_1, x_2, x_3, x_4 x, y, z, t schreibt

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = -\frac{\partial H_x}{\partial t}, \quad \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = -\frac{\partial H_y}{\partial t}, \quad \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = -\frac{\partial H_z}{\partial t} \quad (12)$$

$$\text{(d.h. rot} E = -\dot{H}\text{)} \quad (13)$$

und

$$\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0 \quad \text{(d.h. div} H = 0\text{)} \quad (14)$$

Dies ist die eine Hälfte der Maxwell'schen Gleichungen.

In (10) wollen wir auch die Bezeichnungen (11) einführen. Ausserdem setzen wir

$$2\Gamma_{\mu\mu}^{\mu} - 2g_{\mu\mu} \frac{\partial g_{\mu\mu}}{\partial x_{\mu}} = a_{\mu}^*$$

und betrachten a_1, a_2, a_3 als die Komponenten eines dreidimensionalen Vektors a . Dann erhält man aus (10) zwei Gleichungstriplet (das eine mit $\mu = 2, \nu = 3$; $\mu = 3, \nu = 1$; $\mu = 1, \nu = 2$; das andere mit $\mu = 1, 2, 2, \nu = 4$). (Zur Ab-

kürzung $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$.) Statt (10) kann man schreiben

$$\left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\Psi_{\nu\mu} = \frac{\partial a_{\mu}}{\partial x_{\nu}} - \frac{\partial a_{\nu}}{\partial x_{\mu}} \quad (15)$$

und die beiden Gleichungstriplet werden

$$\begin{aligned} \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)E_x &= \frac{\partial a_2}{\partial z} - \frac{\partial a_3}{\partial y} & \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)E_y &= \frac{\partial a_3}{\partial x} - \frac{\partial a_1}{\partial z} \\ & & \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)E_z &= \frac{\partial a_1}{\partial y} - \frac{\partial a_2}{\partial x} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\text{Zusammengefasst:} \quad \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)E = -\text{rota} \quad (17)$$

und

$$\begin{aligned} \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)H_x &= \frac{\partial a_1}{\partial t} - \frac{\partial a_4}{\partial x}; & \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)H_y &= \frac{\partial a_2}{\partial t} - \frac{\partial a_4}{\partial y}; \\ & & \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)H_z &= \frac{\partial a_3}{\partial t} - \frac{\partial a_4}{\partial z} \end{aligned} \quad (18)$$

*Eigentlich ist diese neue Bezeichnung überflüssig, denn der Vergleich mit (7) zeigt, dass einfach $a_{\mu} = -2\varphi_{\mu}$ ist.

d.h.
$$\left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)H = \dot{a} - \text{grad}a_4 \tag{19}$$

Setzt man, wie Sie es getan haben, $a_\mu = 0$ (d.h. $\varphi_\mu = 0$), so werden diese Gleichungen

$$\left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)E = 0 \tag{20}$$

$$\left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)H = 0 \tag{21}$$

Aus der ersten in Verbindung mit (13) folgt*

$$\text{graddiv}E + \frac{\partial}{\partial t}(\text{rot}H - \dot{E}) = 0$$

und aus (21) in Verbindung mit (14)

$$\text{rot}(\text{rot}H - \dot{E}) = 0$$

Die letzten beiden Gleichungen sind in guter Übereinstimmung mit der zweiten Gruppe der Maxwell'schen Formeln

$$\begin{aligned} \text{rot}H &= \dot{E} \\ \text{div}E &= 0. \end{aligned}$$

Dies Alles ist in Übereinstimmung mit dem, was Sie gefunden haben und ich bemerke noch, dass, wenn man $\varphi_\alpha = 0$ setzt, aus (7) folgt

$$\Gamma_{\alpha\alpha}^\alpha = \frac{1}{2}g_{\alpha\alpha} \frac{\partial g_{\alpha\alpha}}{\partial x_\alpha}$$

und aus (6) und (5)

$$\Gamma_{\mu\alpha}^\mu = \frac{1}{2}g_{\mu\mu} \left(\frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial g_{\mu\mu}}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial g_{\alpha\mu}}{\partial x_\mu} \right).$$

Das bedeutet, dass, wenn $\varphi_\alpha = 0$ genommen wird, die Gleichung (3) für *alle* Werte der Indizes α, μ, ν gilt.

Es liegt jetzt der Gedanke nahe, man könne vielleicht, wenn man den Vektor φ_α nicht gleich Null setzt, einen Anschluss an die zweite Gruppe der Maxwell'schen Gleichungen, wie sie bei Anwesenheit von Ladungen lauten, nämlich

$$\text{rot}H = \dot{E} + \rho v, \quad \text{div}E = \rho$$

erreichen. Es liegt auf der Hand zu vermuten, dass a_1, a_2, a_3, a_4 mit $\rho v_x, \rho v_y, \rho v_z, \rho$ zusammenhangen werden. So einfach ist es indes nicht, und man kann im Gegenteil zeigen, dass der genannte Anschluss schwerlich möglich ist.

Um das zu sehen, genügt es, den elektrostatischen Fall (z.B. ruhendes Elektron) zu betrachten. Dann verwandelt sich (17) in

$$\Delta E = -\text{rota}$$

*Man beachte die Relation $\Delta A = \text{graddiv}A - \text{rotrot}A$.

Da $\text{div} \text{rot} a = 0$ ist, so folgt hieraus

$$\Delta \text{div} E = 0$$

Halten wir fest an

$$\text{div} E = \rho$$

so sollte also

$$\Delta \rho = 0$$

sein, was natürlich im Allgemeinen nicht gilt.

Ich glaube hieraus schliessen zu dürfen, dass Ihr Variationsatz (sofern man $\Psi_{23}, \Psi_{31}, \Psi_{12}, \Psi_{41}, \Psi_{42}, \Psi_{43}$ mit $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z$ identifiziert) für Ladungsverteilungen, wie wir sie uns manchmal vorstellen (und makroskopisch verwirklichen können) mit den Maxwell'schen Gleichungen in Widerspruch tritt. Wenn ich darin Recht habe, so sehe ich nicht, was man nun mit diesem Variationsatz weiter tun kann.

— — — —

Ich muss Ihnen noch sagen, dass in der Anfang Juli zu Brüssel gehaltenen Versammlung der Union de physique (Vorsitzender W.H. Bragg, Londen, Sekretär H. Abraham, Paris), am Tage vor der Sitzung des Conseil international de recherches beschlossen wurde, einen internationalen Kongress für Physik erst dann zusammenzurufen, wenn sich auch die Deutschen daran werden beteiligen können. Wenn ich mich recht erinnere, so habe ich das auch an Planck geschrieben.^[6]

Was den Conseil de recherches betrifft, so wo wird noch immer nach einem Ausweg aus der Schwierigkeit in die man diesen Sommer geraten ist, gesucht. Vielleicht wird das Comité exécutif, das gerade in diesen Tagen eine eigens für die Behandlung dieser Frage zusammengerufene Sitzung hält, eine Lösung finden.^[7] Ich bin guten Mutes; gewiss wird ja auch Locarno einen guten Einfluss haben.^[8]

Vorige Woche hatten wir in Paris die erste Sitzung des Comité de direction des Instituts für intellektuelle Zusammenwirkung. Es wird Sie interessieren, dass unter den acht ernannten „adjoints“ auch Herr Eisler sich befindet.^[9] Auch ein Holländer ist unter denselben, nämlich der Astronom de Vos van Steenwijk, Lehrer am Haager Lyceum und früher Observator an der Leidener Sternwarte.^[10]

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Nachtrag.

Bestimmung der Grössen $\Gamma_{\alpha\nu}^{\mu}$. Wir gehen aus von Ihrer Gleichung (10a), die wir bei den gemachten Voraussetzungen in folgender Gestalt schreiben können

$$g_{\nu\nu} \Gamma_{\mu\alpha}^{\nu} + g_{\mu\mu} \Gamma_{\alpha\nu}^{\mu} + g_{\mu\nu} \varphi_{\alpha} + g_{\mu\alpha} \varphi_{\nu} = \dots \quad (22)$$

wo ... einen bekannten Differentialausdruck vorstellt. Wir wollen nämlich die $g_{\alpha\beta}$ und ihre Differentialquotienten als bekannte Grössen auffassen, in welchen wir $\Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}$ und φ_{α} auszudrücken haben. Da es sich hier um den Gang der Rechnung handelt, brauchen wir die bekannten Grössen, die wir auf der rechten Seite der Gleichungen schreiben, nicht anzugeben

Verwechsle in (22) v und α und subtrahiere die neue Gleichung von (22)

$$g_{vv}\Gamma_{\mu\alpha}^v + g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu - g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu v}^\alpha - g_{\mu\mu}\Gamma_{v\alpha}^\mu = \dots \quad (23)$$

Verwechsle v und μ und addiere die neue Gleichung zu (23)

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu - g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu v}^\alpha + g_{vv}\Gamma_{\alpha\mu}^v - g_{\alpha\alpha}\Gamma_{v\mu}^\alpha = \dots \quad (24)$$

Ersetze in (23) μ, v, α durch α, μ, v und addiere die neue Gleichung zu (24); resp. subtrahiere sie von (24). Man erhält nach Division mit 2

$$(6) \quad g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu - g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu v}^\alpha = \dots \quad (25)$$

$$(7) \quad g_{vv}\Gamma_{\alpha\mu}^v - g_{\alpha\alpha}\Gamma_{v\mu}^\alpha = \dots \quad (26)$$

Durch zyklische Vertauschung von μ, v, α erhält man aus diesen Gleichungen noch vier andere, unter den sechs giebt es aber nur drei die voneinander verschiedenen sind. Man kann dafür nehmen (25), (26) und

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{v\alpha}^\mu - g_{vv}\Gamma_{\mu\alpha}^v = \dots \quad (27)$$

Es seien nun zunächst die Indizes μ, v, α alle voneinander verschieden. Dann folgt aus (22), da die Glieder mit φ_α und φ_v zweiter Ordnung sind,

$$g_{vv}\Gamma_{\mu\alpha}^v + g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu = \dots$$

und, wenn man dies zu (27) addiert

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{v\alpha}^\mu + g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu = \dots$$

Man kann also, wenn die drei indizes alle verschieden sind, $\Gamma_{\kappa\lambda}^\pi$ durch $-\Gamma_{\lambda\kappa}^\pi$ mit Hinzufügung von bekannten Gliedern ersetzen. Schreibt man nun in dieser Weise statt (26)

$$g_{vv}\Gamma_{\alpha\mu}^v + g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu v}^\alpha = \dots$$

und statt (27)

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu - g_{vv}\Gamma_{\alpha\mu}^v = \dots$$

so liefert Addieren dieser beiden Formeln zu (25)

$$2g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha v}^\mu = \dots$$

und man erhält den Wert von $\Gamma_{\alpha v}^\mu$ ($\alpha \neq \mu, \alpha \neq v, \mu \neq v$), wenn man mit $2g_{\mu\mu}$ dividiert, oder auch mit $g_{\mu\mu}/2$ multipliziert.

— — — —

Es sollen jetzt zwei der Indizes in $\Gamma_{\mu\alpha}^v$ einander gleich sein, der dritte aber davon verschieden. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden. Man kann z.B. wie folgt verfahren.

Ersetze in der Grundgleichung (22) einmal v durch α , ein zweites Mal μ durch α, v durch μ ; und ein drittes Mal μ durch α, v durch α und α durch μ . Man erhält dann der Reihe nach (immer $\mu \neq \alpha$)

$$g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu\alpha}^\alpha + g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha\alpha}^\mu = \dots \quad (28)$$

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha\alpha}^\mu + g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\alpha\mu}^\alpha + g_{\alpha\alpha}\varphi_\mu = \dots \quad (29)$$

$$g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\alpha\mu}^\alpha + g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu\alpha}^\alpha + g_{\alpha\alpha}\varphi_\mu = \dots \quad (30)$$

Subtrahiert man die letzte Gleichung von der Summe der beiden anderen, so erhält man

$$2g_{\mu\mu}\Gamma_{\alpha\alpha}^{\mu} = \dots; \Gamma_{\alpha\alpha}^{\mu} = \frac{1}{2}g_{\mu\mu}(\dots)$$

und wenn man dies in (28) einführt,

$$g_{\alpha\alpha}\Gamma_{\mu\alpha}^{\alpha} = \dots; \Gamma_{\mu\alpha}^{\alpha} = g_{\alpha\alpha}(\dots)$$

Sind endlich in (22) die *drei* Indizes einander gleich, so wird die Gleichung

$$g_{\mu\mu}\Gamma_{\mu\mu}^{\mu} + 2g_{\mu\mu}\varphi_{\mu} = \dots$$

$$\varphi_{\mu} = -\Gamma_{\mu\mu}^{\mu} + \dots$$

Substitution dieses Wertes in (30) liefert

$$\Gamma_{\alpha\mu}^{\alpha} = -\Gamma_{\mu\alpha}^{\alpha} + \Gamma_{\mu\mu}^{\mu} + \dots$$

Hiermit sind alle Formeln, die ich in dem Briefe für $\Gamma_{\alpha\nu}^{\mu}$, $\Gamma_{\alpha\alpha}^{\mu}$, $\Gamma_{\alpha\mu}^{\mu}$ und $\Gamma_{\mu\alpha}^{\mu}$ sowie für φ_{α} angab, abgeleitet und weitere Beziehungen kann man aus der Gleichung (22) dieses Nachtrags nicht ableiten.

Sie haben wohl schon bemerkt, dass sich in Ihre Formel (8) Druckfehler eingeschlichen haben. Sie soll heissen (wenn ich mich nicht irre)

$$2g^{\mu\alpha}\left(\frac{\partial \log \sqrt{g}}{\partial x_{\alpha}} + \Gamma_{\alpha\beta}^{\beta}\right) + g^{\mu\alpha}(\Gamma_{\alpha\beta}^{\beta} - \Gamma_{\beta\alpha}^{\beta}) + \delta_{\beta}^{\mu}\left(\frac{\partial g^{\beta\alpha}}{\partial x_{\alpha}} + g^{\sigma\alpha}\Gamma_{\sigma\alpha}^{\beta}\right) = 0$$

In (6) soll das letzte Glied lauten $-\Gamma_{\beta\alpha}^{\beta}$.

^[1]Einstein 1925b.

^[2]At the 6th meeting of the C.I.C.I., held in Geneva from 27 to 30 July 1925.

^[3]In his paper Einstein introduces a non-symmetric affine connection $\Gamma_{\alpha\beta}^{\mu}$ and an also non-symmetric metric. He then uses a variational principle to derive a set of three generalized field equations. In these equations a vector φ_{α} appears, in addition to the connection and the metric. Einstein shows that the usual gravitational field equations for vacuum follow when one takes the metric to be symmetric, provided one sets φ_{α} equal to zero. He also shows that the antisymmetric part of the metric gives rise, in first approximation, to the vacuum electromagnetic field equations, but again only if φ_{α} equals zero. Section 3 of the paper contains the latter derivation.

^[4]The mathematician Jakob Grommer (?–1933) was Einstein's assistant.

^[5]In the equation above $R_{\mu\nu}$ is the contracted Riemann tensor that results from Einstein's non-symmetric affine connection. The equation $R_{\mu\nu} = 0$ is one of the new field equations derived by Einstein.

^[6]See Letter 394.

^[7]On 13 October 1925 the Comité exécutif of the C.I.R. met in Brussels under its chairman Émile Picard (1856–1941; Professor of Mathematics at the University of Paris and Secrétaire Perpétuel of the Académie des Sciences) and decided to convene a extraordinary meeting of the Assembly of the C.I.R. on 29 June 1926 to reconsider the matter of the membership of the Central Powers.

^[8]Agreement on the contents of the Locarno Pact was reached on 16 October 1925; it was officially signed on 1 December. In this treaty, the borders of France, Belgium and Ger-

many, as they had been fixed by the Versailles peace treaty, were officially recognized and guaranteed by all parties; moreover, Germany was allowed to join the League of Nations.

^[9]See Letter 391, note 4.

^[10]Jacob Evert de Vos van Steenwijk (1889–1978), who later became a career politician in the Netherlands.

397. From Albert Einstein, 21 October 1925

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin. 21.X.25

Verehrter Herr Lorentz!

Es macht mir grosse Freude, dass Sie jene Arbeit gelesen haben, und dass Sie selbst Überlegungen daran angeknüpft haben.^[1] Allerdings muss ich leider gestehen, dass mein Vertrauen in die physikalische Bedeutung der Formeln bereits ziemlich stark erschüttert ist. Wenn man die Voraussetzung des Verschwindens der φ_α nicht machen will, kann man — wie ich erst nach Veröffentlichung der Arbeit fand — wie folgt verfahren:

Setzt man

$$\Gamma_{\mu\alpha}^\alpha + \delta_\mu^\sigma \varphi_\alpha = \Gamma_{\mu\alpha}^{\sigma*},$$

so erhält man anstelle von (10a) einfach

$$-\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\alpha} + g_{\sigma\nu} \Gamma_{\mu\alpha}^{\sigma*} + g_{\mu\sigma} \Gamma_{\alpha\nu}^{\sigma*} = 0.$$

Anstelle von (4) erhält man

$$0 = \left(-\frac{\partial \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha*}}{\partial x_\alpha} + \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha*} \Gamma_{\alpha\nu}^{\beta*} + \frac{\partial \Gamma_{\mu\alpha}^{\alpha*}}{\partial x_\nu} \right) - \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha*} \Gamma_{\alpha\beta}^{\beta*} + \left(\frac{\partial \varphi_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial x_\mu} \right).$$

Das Gleichungssystem vereinfacht sich also erheblich durch die Einführung der $\Gamma_{\mu\nu}^{\alpha*}$.

Beschränkt man sich auf die erste Näherung, so kann man (18) bestehen lassen, während man anstelle von (19) erhält^[2]

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 \varphi_{\mu\nu}}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial \varphi_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial x_\mu} \right) = 0 \quad (2)$$

Gleichung (17)

$$\frac{\partial \varphi_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = 0 \quad (1)$$

bleibt bestehen. So dürfte wohl die Rechnung an einfachsten sein. —

Nun kann man in dem Falle, dass man das Verschwinden der φ_μ nicht annimmt, die $\varphi_{\mu\nu}$ eliminieren. Setzt man

$$\frac{\partial \varphi_{\mu}}{\partial x_{\nu}} - \frac{\partial \varphi_{\nu}}{\partial x_{\mu}} = f_{\mu\nu},$$

was ja $\frac{\partial f_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} + \frac{\partial f_{\nu\sigma}}{\partial x_{\mu}} + \frac{\partial f_{\sigma\mu}}{\partial x_{\nu}} = 0$ zur Folge hat, so gilt nach (1) und (2)

$$\frac{\partial f_{\mu\nu}}{\partial x_{\nu}} = 0$$

Das $f_{\mu\nu}$ erfüllt also die elektromagnetischen Vakuum-Gleichungen. Aber es gelingt bei einer solchen Deutung nicht, für die $\varphi_{\mu\nu}$ eine vernünftige Interpretation zu geben.

Umgekehrt kann man natürlich auch die φ_{μ} leicht eliminieren, und zwar aus den strengen Gleichungen.

Schon der Umstand, dass man zweifelhaft sein kann, ob man die $\varphi_{\mu\nu}$ oder die $f_{\mu\nu}$ als elektromagnetisches Feld auffassen soll, macht skeptisch. In diesem Skeptizismus wurde ich dadurch bestärkt, dass es gar nicht gelingt, auf einem formal irgendwie befriedigenden Wege zu den energetischen Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes zu gelangen. —

Ich habe mich sehr gefreut über Dr. Eislers Ernennung, noch mehr über das Übereinkommen von Locarno. Unter dem Einfluss dieser grossen Ereignisse werden die Gelehrten auch bald ihren engherzigen Standpunkt aufgeben; es wäre aber schöner gewesen, wenn die Wissenschaftler mit der Friedenspalme vorangegangen wären.

Herzlich grüsst Sie
Ihr ergebener

A. Einstein.

P.S. Ich habe mich *sehr* gefreut, dass Sie meiner Arbeit so viel Beachtung geschenkt haben.

^[1]See Letter 396, also for the meaning of the symbols.

^[2]In the equation below $\varphi_{\mu\nu}$ denotes the antisymmetric part of the metric tensor $g_{\mu\nu}$.

398. To Albert Einstein, 8 December 1925

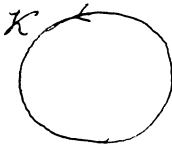
Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 8 Dezember 1925.

Lieber Kollege,

Ich habe weiter nachgedacht über die Frage, die Sie mir gestern stellten^[1] und komme leider zu dem Schluss, dass es nicht geht, auf diesem Wege ein gehöriges Elektron zu konstruieren. Die Schwierigkeit ist die, dass die von dem Vektorpro-

dukt $[v,H]$ abhängigen Kräfte mehr oder weniger der Zentrifugalkraft ähnlich sind und daher nicht imstande sind, die sich abstossenden Ladungen zusammenzuhalten.



1. Man sieht das schon bei Betrachtung einfacher Fälle. Das rotierende geladene System bildet ein System kreisförmiger Konvektionsströme. Haben diese nun alle die Richtung, die bei nebenstehendem Kreise K durch den Pfeil angedeutet wird, so ist die allgemeine Richtung des hervorgerufenen magnetischen Feldes senkrecht zur Ebene der Zeich-

nung nach vorn und daraus resultieren Kräfte, welche die Stromelemente (bewegte Ladung) *nach aussen* treiben.

2. Man kann diese Überlegung schöner und allgemeiner einkleiden. Es werde nur angenommen, dass alles symmetrisch, sagen wir um die z -Achse ist und dass der Zustand stationär ist. Über die Verteilung der Ladung wird weiter nichts vorausgesetzt; ihre Dichte ρ kann von einem Kreise um die z -Achse zum andern sich ändern und sogar das Vorzeichen wechseln. Auch braucht das System nicht als ganzes mit einer gemeinsamen Winkelgeschwindigkeit zu rotieren; jeder Kreis kann mit seiner eigenen Geschwindigkeit v sich drehen.

Unter diesen Umständen liegen nun sowohl die elektrischen wie auch die magnetischen Kraftlinien in der Meridianebene. Infolgedessen bestehen an einer solchen Ebene die Maxwell'schen Spannungen, und zwar die beiden, bzw. von E und H abhängenden Teile, in einem normalen *Druck*, der bestrebt ist, die Hälften rechts und links von der Ebene voneinander zu entfernen. Geht man von der Voraussetzung $E + \frac{1}{c}[v,H] = 0$ aus, so gelangt man zu einem Widerspruch.

3. Um diesen klar und streng hervortreten zu lassen, möge folgende Berechnung dienen.

Die erste Komponente der pro Volumeneinheit wirkenden Kraft ist

$$\rho E_x + \frac{1}{c}\rho(v_y H_z - v_z H_y) = E_x \operatorname{div} E + H_z \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) - H_y \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right)$$

oder, wenn man berücksichtigt, dass $\operatorname{rot} E = 0$ und $\operatorname{div} H = 0$ ist,

$$\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z}, \tag{1}$$

wo

$$X_x = \frac{1}{2}(E_x^2 - E_y^2 - E_z^2) + \frac{1}{2}(H_x^2 - H_y^2 - H_z^2), \tag{2}$$

$$X_y = E_x E_y + H_x H_y$$

$$X_z = E_x E_z + H_x H_z$$

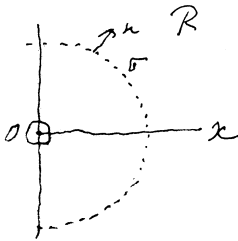
die Maxwell'schen Spannungen sind.

Aus der Ableitung geht hervor, dass im Aussenraum, wo $\rho = 0$, der Ausdruck (1) verschwindet. Nimmt man nun an, dass im Inneren des Systems

$$E + \frac{1}{c}[v, H] = 0$$

ist, so verschwindet (1) auch dort. Also, an allen Stellen

$$0 = \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z}.$$



Wir wollen nun diese Gleichung mit einem Volumenelement dS multiplizieren und dann über den Halbraum R auf der positiven Seite der yz -Ebene integrieren. Als entfernte Grenze dieses Halbraumes denken wir uns eine unendlich grosse Kugelfläche σ mit dem Mittelpunkt in O . Man erhält in dieser Weise

$$0 = -\int X_x d\sigma + \int X_n d\sigma$$

wo sich das erste Integral über die yz -Ebene, das zweite über die Halbkugel erstreckt.* Da nun, wenn der Radius r dieser letzteren wächst, E abnimmt wie $\frac{1}{r^2}$ und H wie $\frac{1}{r^3}$ so verschwindet das letzte Integral. Also, wenn die Integration über die volle yz -Ebene ausgedehnt wird,

$$\int X_x d\sigma = 0$$

oder nach (2), wenn man berücksichtigt, dass an dieser Ebene $E_x = 0$, $H_x = 0$

$$\int (E_y^2 + E_z^2 + H_y^2 + H_z^2) d\sigma = 0$$

worin der genannte Widerspruch zum Ausdruck kommt. Die Gleichung würde erfordern $E_y = 0$, $E_z = 0$, $H_y = 0$, $H_z = 0$ d.h. $E = 0$, $H = 0$ und zwar könnte man diesen Schluss für jede Meridianebene ziehen. Man hätte also am Ende gar kein Feld und infolgedessen auch gar keine Ladungen.

Mit freundlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Einstein was visiting Leiden. The question was probably asked during or after Lorentz's Monday morning lecture (8 December was a Tuesday).

*Ich bemerke, dass die Gleichung auch dann gilt, wenn das geladene System eine scharfe Grenze (Rotationsfläche) hat, und zwar weil an dieser X_n stetig sein muss.

399. From Arnold Sommerfeld, 8 December 1925

Handwritten letter.

München, 8. December 1925.

Hochverehrter Herr Professor!

An dem Tage, da die ganze wissenschaftliche Welt Ihnen ihre Bewunderung zum Ausdruck bringt,^[1] sei es auch mir vergönnt, Ihnen zu sagen, dass ich Ihrer an Ihrem Ehrentage mit Verehrung und Dankbarkeit gedenke. Dass Sie diesen Tag in so vollkommener Rüstigkeit feiern dürfen, ist für uns alle eine besondere Freude.

Ich darf hier vielleicht wiederholen, was ich in der Vorrede zu Band V der Encyklopädie gesagt habe: „Ihre Artikel über Maxwell’sche Theorie und Elektronentheorie bilden die schönsten Zierden der Mathematischen Encyklopädie”.^[2] Für das mir damals und in der Folgezeit bewiesene Wohlwollen möchte ich Ihnen auch heute danken.

Vielleicht darf ich auch an die kleine Note anknüpfen, die Sie dieser Tage erhielten, über das „Reciprocitäts-Theorem der drahtlosen Telegraphie”.^[3] Was ich dort mache, steht bei Ihnen in einer Arbeit, die vor 30 Jahren erschienen ist, in vollkommenster und einfachster Form.^[4] Und so wie hier geht es überall: Wie wir uns auch den Kopf zerbrechen mögen, Sie haben alles schon viel früher durchdacht und durchschaut.

Auch meine Frau sendet Ihnen und Ihrer Gattin verehrungsvolle Grüsse!

Stets Ihr dankbarer

A. Sommerfeld.

^[1]On 11 December the fiftieth anniversary of Lorentz’s doctorate was celebrated in grand style (see *De Haas-Lorentz 1957b*, pp. 147–149 for more details).

^[2]Referring to his trip to the Netherlands together with Felix Klein (see Letter 64, note 1), Sommerfeld writes: “Die Hollandreise sicherte dem Werke die tätige Teilname von H.A. Lorentz, dessen Artikel über Maxwellsche Theorie und Elektronentheorie die schönste Zierden der Encyklopädie bilden.” (*Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften*. Vol. 5, *Physik*, p. v.)

^[3]*Sommerfeld 1925*, in which it is shown that a signal of given frequency and energy sent by an antenna in point *A* and received in point *B*, where a similar antenna is located, is identical to the signal sent by *B* that has the same frequency and energy when detected by *A*, independently of the nature of the intermediary medium.

^[4]See *Lorentz 1895a*, which contains the theorem needed to prove Sommerfeld’s assertion.

400. From Max Planck, 10 December 1925

Telegram dated 10 December 1925.

Dem Meister der theoretischen Physik huldigt in Verehrung und Dankbarkeit^[1]

Max Planck

^[1]On the occasion of Lorentz's golden doctorate (see Letter 399, note 1).

401. From Max Planck, 15 December 1925

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 15.12.25.

Lieber verehrter Herr College!

Gestern früh brachte mir die Post Ihre freundliche Sendung und den liebenswürdigen Glückwunsch mit den zwölf Unterschriften, von denen mir jede einzelne von hoher Bedeutung ist.^[1] Sie können mir glauben, dass mich dieser Ausdruck der Anerkennung in so sympathischer Form sehr glücklich gemacht hat. Am liebsten würde ich jedem einzelnen der Unterzeichner meinen besonderen Dank zum Ausdruck bringen. Aber das wäre doch wohl zu umständlich, und so bitte ich Sie um die Freundlichkeit, die Versicherung meines tiefgefühlten Dankes entgegenzunehmen und vielleicht bei Gelegenheit einmal den andern gegenüber zu erwähnen. Grossen Spass machte mir die lustige Zeichnung von Lasareff,^[2] die wahrscheinlich auch noch von manchen andern guten Freunden belacht werden wird. Meine Frau wird sie dem Familienarchiv einerleiben. — Aber damit bin ich noch nicht zu Ende. Eine Stunde später schickte mir Hr. Dr. Berliner das neueste Heft der Naturwissenschaften, in welchem ich als ersten Aufsatz Ihre Schilderung der Entstehungsgeschichte der Strahlungsformel und der Quanten fand,^[3] deren strenge Sachlichkeit beinahe noch übertroffen wird durch das Wohlwollen, mit dem Sie meiner hin und her tastenden Versuche gedenken, die ich im Lauf der Jahre anstellte, um zum angestrebten Ziel zu kommen. Dass Sie Sich die Mühe genommen haben, diesen Einzelheiten nachzugehen, ist mir eine ganz besondere, fast beschämende Ehre, und jedenfalls ein Beweis mehr für die gütige Gesinnung, von der ich allerdings schon durch alle die Jahre hindurch untrügliche Zeichen empfangen habe.

Die Einfügung der Quantenlehre in das einheitliche physikalische Weltbild hoffe ich jetzt, nach mannigfachen Enttäuschungen, doch noch zu erleben. Die neuesten Untersuchungen von Born und Jordan über Matrizenphysik^[4] scheinen mir wohl geeignet, den Antagonismus zwischen den Differentialgleichungen der klassischen Theorie und den Differenzgleichungen der Quantentheorie zu überwinden, da doch die Kugelwelle in gewisser Weise erhalten bleibt, und so die In-

terferenzphänomene, dieses unlösbare Rätsel der Lichtquantenvorstellung, verständlich werden. Aber sicher ist die Sache freilich noch nicht. Hoffentlich gibt es nicht wiederum eine Enttäuschung.

Wir haben am 11. December viel und mit den herzlichsten Wünschen Ihrer und Ihrer grossen Feier gedacht.^[5] Hoffentlich ist sie Ihnen nicht zu anstrengend verlaufen und gut bekommen. Die Glückwünsche und Ehrenbezeugungen der ganzen physikalischen Welt werden Ihnen hoffentlich wohlgetan und einen Schimmer über manche Sorgen verbreitet haben, die Ihnen Ihr für alle Menschen warmes Gefühl eingibt. Mögen Sie noch manche Fortschritte an dem Wiederaufbau der internationalen Beziehungen erleben. Auch Ihrer hochverehrten Frau Gemahlin bitte ich meine herzlichen Grüsse zu sagen. Ihr gemeinsames Telegramm war mir noch eine ganz besondere Freude.

In steter Dankbarkeit und Verehrung

Ihr

Max Planck.

^[1]Probably a reference to congratulations by Lorentz and the Leiden physicists on the celebration of the 25th anniversary of quantum theory. On 14 December 1900 quantum theory was born with Planck's formulation of the quantum hypothesis in a lecture at a meeting of the Deutsche Physikalische Gesellschaft (*Planck 1900*).

^[2]Peter Lasareff (1878-1942) was Professor of Physics at the Technical University of Moscow. He was presumably visiting Leiden.

^[3]On the occasion a special issue of *Die Naturwissenschaften* (vol. 13, nr. 51) appeared, containing a contribution by, among others, Lorentz (*Lorentz 1925d*). Arnold Berliner was Editor of *Die Naturwissenschaften*.

^[4]See *Born and Jordan 1925* for their formulation of matrix mechanics. Max Born (1882-1970) was Professor of Theoretical Physics and Pascual Jordan (1902-1980) was *Assistent*, both at the University of Göttingen.

^[5]See also Letter 400.

402. To Albert Einstein, 22 February 1926

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 22 Februar 1926

Lieber Kollege,

Frau Kamerlingh Onnes hat mich gebeten, Ihnen die traurige Nachricht mitzuteilen, dass ihr Mann gestern nach einer Krankheit von wenigen Tagen hingeschieden ist. Das fing am vergangenen Dienstag^[1] mit einer anscheinend ungefährlichen Bronchitis an, aber der Zustand verschlimmerte sich rasch und bald stellte sich eine Lungenentzündung mit hohem Fieber ein. Samstag habe ich ihn noch einige Augenblicke gesehen und hat er auch mit mir gesprochen. Da hatte man schon alle Hoffnung aufgegeben und gestern vormittag kam nach stundenlanger Bewusstlosigkeit das ruhige Ende.

Bei meinem Besuche und aus dem was ich hörte habe ich den Eindruck bekommen, dass er sich des Ernstes der Lage kaum bewusst war; er hat, ohne sich Sorgen zu machen mit seinen Gedanken bei Dingen verweilt, die ihm angenehm waren und ihm Genugtuung geben konnten.

Mit freundlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]16 February 1926.

403. From Albert Einstein, 13 March 1926

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

13.III.26.

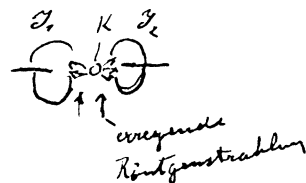
Verehrter Herr Lorentz!

Leider werde ich bei der Sitzung des Comité de Direction am 25. März und bei der Commissions-Sitzung der Meteorologie-Angelegenheit am 29. nicht zugegen sein können,^[1] bzw. ich würde nur im Falle grosser Dringlichkeit nach Paris kommen können. Ich weiss nicht genau, ob es zulässig ist, mich bei diesen beiden Sitzungen durch Kollegen Langevin vertreten zu lassen, der zu dieser Vertretung am 25. sicher, am 29. aller Voraussicht nach bereit wäre. Wegen der Sitzung am 25. habe ich bereits an Herrn Painlevé geschrieben.^[2] Darüber, ob eine Vertretung durch Langevin am 29. möglich wäre, erbitte ich um Ihre freundliche Benachrichtigung. Die Herren Meteorologen von Paris und Brüssel waren so freundlich, mir wegen der Sitzung am 29. zu schreiben, und ich bin recht unglücklich, ihnen wegen — Undeutlichkeit ihrer Unterschriften nicht brieflich danken zu können. —

Ihre freundliche Mitteilung über den herben Verlust, den wir durch den Tod von Kamerlingh-Onnes erlitten haben,^[3] hat mich tief ergriffen. Es ist wunderbar, wenn ein Mensch sein ganzes Leben so mit einer grossen Aufgabe erfüllen und diese Aufgabe so vollkommen lösen kann. Noch wunderbarer aber ist der harmonische Geist und die Innigkeit der Gemeinschaft, die bei Euch in Holland die Gelehrten verbindet. Das ist etwas Einzigartiges in der Welt.

Ich habe mich viel mit Heisenberg-Born beschäftigt.^[4] Bei aller Bewunderung für den Geist, der in diesen Arbeiten steckt, sträubt sich mein Instinkt gegen diese Art der Auffassung. Bothe hat wieder ein interessantes Resultat gefunden:^[5]

Im Kupferblättchen K wird durch Röntgenstrahlung K -Strahlung erregt und letztere in den mit Krypton gefüllten Ionisationskammern I_1 und I_2 zum grossen Teile absorbiert. Die Elementarakte der Absorption werden mittelst Spitzenzähler einzeln registriert. ($\frac{1}{20}$ der Absorptionsakte der



von K emittierten Quanten wurden durch die Spitzen nachgewiesen.)

Er fand volle statistische Unabhängigkeit der Absorptionsakte in I_1 und I_2 .

Es grüsst Sie herzlich

Ihr

A. Einstein.

^[1]Meetings of the Comité de Direction of the Institut International de Cooperation Intellectuelle and of the sub-commission on meteorology of the C.I.C.I., of which Einstein had become a member (see Letter 391, note 1).

^[2]The mathematician Paul Painlevé (1863–1933) was Président of the Comité de Direction of the Institution Internationale de Coopération Intellectuelle. He was also Minister of War in the French government.

^[3]See Letter 402.

^[4]See *Heisenberg 1925*, *Born and Jordan 1925*, *Born, Heisenberg, and Jordan 1926*, and *Dirac 1925*, in which the formalism of matrix mechanics is developed.

^[5]See *Bothe 1926*.

404. To Albert Einstein, 14 March 1926

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 14 März 1926

Lieber Kollege,

Sie werden sich des Gesprächs erinnern, das wir vor einigen Monaten mit van Everdingen wegen der Meteorologie hatten.^[1] Wir sind jetzt so weit gekommen, dass einige Meteorologen, nämlich die Kommission für das internationale wissenschaftliche Bureau (deren Vorsitzender Herr Delcambre in Paris ist^[2] und zu der auch van Everdingen gehört) und, wie ich hoffe, der junge Bjerknes,^[3] am Montag morgens 10 Uhr und Dienstag 29. und 30. März mit uns im Pariser Institut (von Luchaire)^[4] zusammenkommen werden. Mit „uns“ meine ich Sie, Frau Curie und mich selbst. Es würde mich sehr freuen, wenn Sie kommen könnten. Obgleich wir auch hier vielleicht nur wenig erreichen werden, müssen wir angesichts der Wichtigkeit der Sache versuchen etwas zu tun.

Mit herzlichen Grüssen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Es geht schlecht mit dem Völkerbunde; möge man bis übermorgen noch einen Ausweg finden.^[5]

So eben erhielt ich Ihren Brief.^[6] Natürlich tut es mir sehr Leid, dass Sie nicht kommen können, aber es ist nichts dagegen, dass Sie sich von Langevin vertreten lassen.* Ich rechne darauf, dass Sie ihm eventuell selbst hierüber schreiben. Sagen Sie ihm, dass er uns sehr willkommen sein wird.

Der neue Versuch von Bothe ist höchst merkwürdig. Mit der Matrizenmechanik kann ich mich noch nicht zurechtfinden.

^[1]Ewoud van Everdingen (1873–1955) was Chief Director of the Dutch Meteorological Institute KNMI and Extraordinary Professor of Meteorology at the University of Utrecht.

^[2]Émile Delcambre (1871–1951), head of the French Office National Météorologique.

^[3]The meteorologist Jacob Bjerknes (1897–1975), son of Vilhelm Bjerknes.

^[4]The Institut International de Cooperation Intellectuelle.

^[5]The League of Nations met in an extraordinary meeting from 8 to 17 March 1926.

^[6]Letter 403.

405. From Erwin Schrödinger, 30 March 1926

Typed letter.

Zürich, am 30. März 1926.

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Verzeihen Sie mir, bitte, die Anmassung, welche darin liegt, dass ich mir erlaube, durch gleichzeitige Uebersendung zweier Probedrucke aus den “Annalen der Physik” jetzt schon Ihr Interesse für eine neue Wendung der Elektronen- und Quantentheorie in Anspruch zu nehmen,^[1] auf die ich für das künftige bessere Verständnis der Atommechanik grössere Hoffnungen setze, als vielleicht durch die bis jetzt vorliegende Ergebnisse gerechtfertigt scheint. Wenn Sie Zeit finden, die Noten durchzusehen, werden Sie meinen heftigen Wunsch begreifen, diese höchst eigenartigen Zusammenhänge möglichst bald Ihrem überlegenen Urteil zu unterbreiten.

Im einzelnen möchte ich mir erlauben noch folgendes zu bemerken. Die Anregung entstammt den geistvollen Thèses des Herrn L. de Broglie (Annales de Physique (10) 3, 22, 1925) und den interessanten Bemerkungen A. Einsteins Berl. Ber. S. 9 ff., 1925.^[2] — Meine erste Annalennote ist noch ziemlich ungeschickt geschrieben und enthält die vernünftige Formulierung des Variationsprinzips eigentlich erst in der “Anmerkung bei der Korrektur”, die ich in dem vorliegenden Brief handschriftlich beilege. Es ist aber vielleicht überhaupt besser, die *zweite* Annalennote zuerst zu lesen und die erste als ein illustrierendes Anwendungsbeispiel anzusehen.*

Zu S. 25 der zweiten Note, Zeile 6 des Textes v.u.: Den Zusammenhang mit Heisenberg-Born klarzustellen *ist* mir inzwischen gelungen. Er ist so beschaffen, dass sich aus der “Undulationsmechanik” die sämtlichen “Matrizen” der Heisenberg-Born’schen Theorie durch Differentiation und Quadraturen berechnen las-

*Ich meine am 29. (Meteorologie). Was den 25. betrifft, so wird Herr Painlevé (der den Vorsitz haben wird) Ihnen schon geschrieben haben.

*Die Arbeit in der „Physikalischen Zeitschrift“ ist eine Art Vorarbeit.^[3]

sen, so dass also alle Ergebnisse jener Theorie hinsichtlich Intensität und Polarisation des emittierten Lichtes aus der “Undulationsmechanik” zu gewinnen sind und, wie ich glaube, eine viel anschaulichere Deutung bekommen können. Auf der anderen Seite sind aber auch umgekehrt die Eigenfunktionen durch die Matrizen (der Hauptsache nach) eindeutig bestimmt (wenn auch aus ihnen nicht *einfach* berechenbar), so dass nicht der erkenntnistheoretische Einwand erhoben werden kann, das ganze Wellenbild sei eine willkürliche und überflüssige, der Anschaulichkeit fröhnende Ausgestaltung des neutraleren Matrizenschemas.^[4]

Was die oben erwähnte Deutung der Matrizenelemente anlangt (Uebergangswahrscheinlichkeiten, nach Born^[5]), so habe ich sehr viel Anlass, zu hoffen, dass sie sich als die wirklichen Komponenten der Amplitude des elektrischen Moments des Atoms herausstellen werden, u. zw. jeweils derjenigen zeitlichen “Fourierkomponente”, die wirklich mit der *Emissionsfrequenz* schwingt, — sobald es gelungen sein wird, den Zusammenhang anzugeben zwischen der Wellenfunktion ψ und der räumlichen Dichte der Elektrizität oder besser gesagt zwischen ψ und dem “Viererstrom”. Letztere wäre — das ist mein Traum — in die unveränderten Maxwell-Lorentz’schen Gleichungen einzusetzen und die Wellengleichung für ψ — das ist mein weiterer Traum — sollte sich aus ihnen als *Kontinuitätsgleichung* der Elektrizität ergeben. Bei der wirklichen Durchführung scheitere ich vorläufig noch an der S. 26, Anmerkung, der zweiten Note berührten Schwierigkeit.^[6] — Ich werde mir erlauben, Ihnen eine Note, worin das Vorstehende etwas näher dargelegt ist, zu übersenden, sobald ich die Probeabzüge davon erhalten habe.^[7]

Ich darf ja gestehen, dass ich ein Bisschen die Hoffnung habe, wenn Sie die Sache Ihres Interesses wert finden, so möchte es am ehesten Ihnen gelingen, den Weg weiter zu finden, wofern er überhaupt weiter führt.

Mit dem Ausdruck aufrichtigster Verehrung und Dankbarkeit bleibe ich, hochverehrter Herr Professor, stets

Ihr sehr ergebener

E. Schrödinger.

^[1]It concerns the proofs of *Schrödinger 1926b* and *1926c*, the first papers on wave mechanics.

^[2]*De Broglie 1925* and *Einstein 1925a*.

^[3]*Schrödinger 1926a*.

^[4]These results, showing the equivalence between matrix mechanics (as developed in *Heisenberg 1925*, *Born and Jordan 1925*, *Born, Heisenberg, and Jordan 1926*, and *Dirac 1925*) and wave mechanics were published in *Schrödinger 1926d*, which appeared in May 1926.

^[5]See *Born 1925*.

^[6]Schrödinger refers to a footnote on p. 514 of the published version of his second paper, in which he points out that a relativistic wave-mechanical analogy of the Hamilton-Jacobi equation of classical mechanics is problematic.

^[7]See note 4.

406. To Albert Einstein, 6 April 1926

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 6 April 1926.

Lieber Kollege,

Als ich vor einer Woche noch einmal, mit Simpson,^[1] bei Herrn Painlevé war, stellte dieser die Frage, in welcher Weise die Personen zu wählen sein würden, die zu der vielbesprochenen kleinen vorbereitenden Konferenz eingeladen werden sollen.^[2] Ich habe gesagt, dass m.E. Herr Painlevé und der deutsche Gesandte in Paris, wenn sie die Angelegenheit zusammen besprechen, auch diese Wahl machen können, womit ich nicht meinte, dass sie selbst direkt zu wählen brauchen, sondern nur, dass sie die Entscheidung treffen, nachdem sie sich, sofern sie das wollen, von Anderen haben belehren lassen. Namentlich wird der deutsche Gesandte wissen können, in wiefern es wünschenswert ist, dass die Akademie der Wissenschaften zu Rate gezogen wird.

Herr Painlevé war mit dem, was ich gesagt hatte, wohl einverstanden, erklärte aber, es wäre ihm lieb, schon vorher die Namen einiger deutschen Gelehrten, die für eine Einladung in Betracht kämen, zu kennen. Ich verstehe das auch wohl; er kann dann besser mit dem Gesandten diese Personenfrage besprechen.

Als er mich dann fragte, ihm einige Personen zu nennen, habe ich natürlich von Planck und Haber^[3] gesprochen an die er auch schon gedacht hatte, aber ich habe ihm gesagt, ich würde wegen der anderen an Sie schreiben. Sie kennen doch die Personen viel besser als ich.

Wollen Sie nun die Güte haben, mir *möglichst bald* noch einige deutsche Gelehrte zu nennen, die Sie für geeignet halten, sagen wir vier bis sechs? Und zwar darunter Vertreter von anderen Naturwissenschaften als Physik und Chemie; eventuell kann auch ein Mathematiker dabei sein. Was die Zahl betrifft, so dachte Herr Painlevé an eine Zusammensetzung der Konferenz, etwa wie folgt: vier Deutsche, vier Franzosen, zwei Engländer, zwei Italiäner, ein Belgier und ein Holländer. Wenn ich ihm also neben Planck und Haber, noch vier bis sechs andere nenne, so hat er eine gewisse Wahl.

— — — —

Jetzt muss ich Ihnen noch wegen einer anderen Angelegenheit schreiben. Aus Paris ging ich nach Brüssel, wo wir eine Versammlung des wissenschaftlichen Komitees des Institut international de physique Solvay hatten, mit dem Zwecke, den nächsten Conseil de physique, der Oktober 1927 gehalten werden soll, vorzubereiten.^[4]

In dem genannten Komitee haben jetzt Frau Curie, Langevin, Richardson, W.H. Bragg, Guye (Genève), Knudsen, van Aubel (Gent) und ich Sitzung.* Wir haben der Commission administrative vorgeschlagen, Sie, als Nachfolger von Kamerlingh Onnes, zum Mitgliede des Komitees zu ernennen. Die Commission ad-

*Nur Bragg und van Aubel waren abwesend.

ministrative hat das sofort getan, und es wird uns alle nun sehr freuen, wenn Sie diese Stelle im Komitee besetzen wollen. Da ich weiss, dass von allen Seiten so viel von Ihnen verlangt wird, so füge ich hinzu, dass es sich jetzt gar nicht um grosse Zeitverluste handelt. Jedes dritte Jahr kommt ein Conseil de physique zusammen, an dem auch die Mitglieder des Komitees sich in der Regel beteiligen, und ein Jahr vor dem Conseil giebt es eine vorbereitende Sitzung (von zwei Tagen), wie wir jetzt hatten. Ist ein Mitglied einmal verhindert zu kommen, so ist das auch noch kein Unglück. Andererseits wäre Ihre Mitwirkung für uns von ganz besonderem Wert. In erster Linie, weil Sie die moderne Physik so völlig beherrschen, aber auch noch aus einem anderen Grunde.

Wir haben nämlich beschlossen, und zwar mit vollem Einverständnis aller anwesenden Mitglieder und der gesamten (aus Belgien bestehenden) Commission administrative, das nächste Mal auch wieder Deutsche einzuladen. Wir hoffen nur, dass, wenn Sie Mitglied des Komitees sind, dieses dazu beitragen wird, dass sie die Einladung annehmen.^[5]

— — — —

Als Thema für 1927 wählten wir „La théorie des quanta et les théories classiques du rayonnement”,^[6] und wir hoffen die folgenden Berichte oder Referate zu haben:^{*[7]}

1. W.L. Bragg. Nouvelles vérifications de la théorie classique.
2. A.H. Compton. Effet Compton et ses conséquences.
3. C.T.R. Wilson.^[8] Observations sur les photo-électrons et les électrons de choc, par la méthode de condensation.
4. L. de Broglie. Interférences et quanta de lumière.
5. (Kurze Note). Kramers.^[9] Théorie de Slater-Bohr-Kramers et théories analogues.
6. Einstein. Nouvelles déductions de la loi de Planck et applications de la statistique aux quanta.
7. Heisenberg. Adaptation des fondements de la dynamique à la théorie des quanta.

— — — —

Sie sehen aus dieser Liste, dass wir auch auf Sie unsere Hoffnung gesetzt haben.

Was nun die Personen betrifft, so werden wir folgende Physiker einladen (die Mitglieder des Comité scientifique werden hierbei nicht genannt): Bohr, Kramers, Planck, zwei von den drei Physikern Born, Heisenberg, Pauli,[†] Fowler (Cambridge, England), W.L. Bragg, L. Brillouin, L. de Broglie, A.H. Compton, Debye, Ehrenfest, Schrödinger, C.T.R. Wilson und Deslandres.^[11] Wir haben noch eine Liste von Stellvertretern, aber davon brauche ich jetzt nicht zu sprechen.

Wie immer in der letzten Zeit werden auch die drei Professoren der Physik in Brüssel eine Einladung bekommen.^[12]

*Bitte das Folgende vorläufig als konfidentiell zu betrachten.

†Bei der Wahl dieser zwei können Sie und Ehrenfest mir raten.^[10]

Wenn Sie nun zu der Bitte, Onnes in dem Komitee nachzufolgen, „ja“ sagen, so wird mich das ganz besonders freuen.
Mit herzlichen Grüßen,
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]George Clarke Simpson (1878–1965), Director of the British Meteorological Office (see Lorentz to F.A.F.C. Went, 14 April 1926, Museum Boerhaave, Leiden).

^[2]This informal meeting, which eventually did not take place, was meant to prepare the extraordinary meeting of Assembly of the C.I.R. that was scheduled for 29 June. See also Letter 396.

^[3]Fritz Haber (1868–1934) was Director of the Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie in Berlin.

^[4]The fifth Solvay Conference, with the theme “Électrons et photons,” took place from 24 to 29 October 1927 in Brussels. See *Solvay 1928* for the proceedings of the conference.

^[5]See Letter 407 for Einstein’s reply.

^[6]See note 4 for the theme.

^[7]Of the scheduled lectures, those by Wilson, Kramers and Einstein were not given; instead Schrödinger presented a paper (*Schrödinger 1928*) and Bohr gave a detailed exposition of his ideas during the general discussion that concluded the meeting. Heisenberg presented a joint paper with Max Born (*Born and Heisenberg 1928*). The other lectures were published as *Bragg 1928*, *Compton 1928*, and *De Broglie 1928*, respectively.

^[8]Charles T.R. Wilson (1869–1959) was Jacksonian Professor of Natural Philosophy at the University of Cambridge.

^[9]Hendrik A. Kramers (1894–1952) was Professor of Theoretical Physics at the University of Utrecht.

^[10]All three were eventually invited. See also Letters 409 and 410.

^[11]Werner Heisenberg (1901–1976), *Privatdozent* at the University of Göttingen; Wolfgang Pauli (1900–1958), *Privatdozent* at the University of Hamburg; Ralph H. Fowler (1889–1944), Lecturer in Applied Mathematics at the University of Cambridge; Henri Deslandres (1853–1948), Director of the Observatoire de Meudon, did not attend the conference. Of the members of the scientific committee W.H. Bragg and Van Aubel were absent. Additional participants were Irving Langmuir (1881–1957; researcher at General Electric’s research laboratory) and Paul Dirac (1902–1984; Cambridge University).

^[12]Théophile de Donder, Émile Henriot (1885–1961), and Auguste Piccard (1884–1962).

407. From Albert Einstein, 12 April 1926

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

12.IV.26.

Verehrter und lieber Herr Lorentz!

Sobald der prinzipielle Ausschluss der Deutschen bei dem Solvay-Institut aufgehört hat und wieder Deutsche eingeladen werden, was beides gemäss Ihrem Briefe der Fall ist,^[1] besteht für mich kein Grund mehr, mich von diesem schönen

Unternehmen zurückzuhalten. Ich nehme deshalb die Wahl in das Comité gerne an. Was nun meinen Bericht auf dem Kongress 1927 betrifft, so könnte ich nach menschlicher Voraussicht von eigenem nur sagen, was bereits allgemein bekannt ist. Hingegen hat Schrödinger eine im Druck begriffene Theorie der Quantenzustände, eine wahrhaft geniale Durchführung des Gedankens von de Broglie.^[2] Ich möchte mir den Vorschlag gestatten, ihm statt mir das Referat zu geben.

Wegen der Angelegenheit Conseil de recherche^[3] war ich bei Planck, damit er mir einen Rat gebe, welche Männer eingeladen werden sollten. Er konnte dies nicht sondern schlug mir vor, die Akademie-Sitzung vom nächsten Donnerstag abzuwarten, wo die Angelegenheit zur Verhandlung kommt. Planck erzählte, dass von Seiten der deutschen Akademiker ein unerwartet grosser Widerstand gegen einen Eintritt in den Conseil ausgeübt werde. Dies haben die Verfasser des an Sie gerichteten Briefes (der an sich auch nicht gerade schön war) nicht geahnt und auch nicht vermuten können.^[4] Es wird mir schwer, mich in die Psyche dieser Menschen hineinzusetzen, sodass ich Ihnen *heute* meinen Eindruck von dem Gespräch mit Planck lieber nicht mitteile. Auch möchte ich noch mit Haber sprechen, der verreist ist und erst in einigen Tagen zurückkommt. Jedenfalls will man Haber nicht bei den Besprechungen haben trotz seiner grossen Klugheit, weil er diesen Menschen nicht genug Vollblutdeutscher ist.

Sobald es möglich ist, also hoffentlich Donnerstag Abend, schreibe ich Ihnen ausführlich. Es grüsst Sie herzlich

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 406.

^[2]*Schrödinger 1926c*. See also Letter 405.

^[3]See Letter 406; see also Letter 408.

^[4]On 19 March the biologist Friedrich A.F.C. Went (1863–1935), President of the Royal Dutch Academy of Sciences, and the chemist Hugo R. Kruyt (1882–1959) had met in Berlin with Max Planck, the physiologist Max Rubner (1854–1932) and the philologist Heinrich Lüders (1869–1943), three of the four secretaries of the Prussian Academy of Sciences. The outcome of the meeting was a memorandum (a copy of which is in the Lorentz Archive) in which the conditions were formulated under which the Germans would be willing to join the C.I.R. The most important one was that the initiative had to be taken by the C.I.R. and that the reasons for the earlier exclusion of Germany had to be annulled. During a meeting at the home of Paul Painlevé in Paris in late March, Einstein had started to make some revisions in pencil on Lorentz's copy of the German memorandum, to soften its tone, but Lorentz had made clear that this was pointless, since it was the outcome of serious deliberations among its authors (see Lorentz to F.A.F.C. Went, 14 April 1926, Museum Boerhaave, Leiden).

408. From Albert Einstein, 15 April 1926

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

15.IV.26

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Heute war Akademiesitzung, bei welcher kurz über die Frage der Vorbesprechungen berichtet wurde.^[1] Alles ging glatt, sodass ich hoffe, dass keine neuen Schwierigkeiten mehr eintreten werden. Ich sprach noch mit Planck und Haber wegen der Wahl der einzuladenden Herren. Alle waren der Ansicht, dass es besser wäre, wenn diese Wahl der Regierung überlassen würde, diese würde sich mit den Körperschaften in Verbindung setzen. Da der Regierung daran liegt, dass die ganze Angelegenheit gelinge, so kann man die Personenwahl wohl unbedenklich ihr überlassen. Auf diese Weise gibt man den Versöhnungs-Gegnern am wenigsten Gelegenheit zu Kritik. Zu meiner Freude sah ich heute, dass Planck viel zuversichtlicher war als bei meinem Besuch vor wenigen Tagen. Haber und Planck waren der Ansicht, dass es für das Gelingen besser wäre wenn die Besprechung in Paris stattfände (um zu bewirken, dass Herr Picard dabei sei).^[2] Sie würden es aber gerne sehen, wenn Painlevé dem Gesandten die Wahl des Verhandlungsortes freistellte.

Sobald ich wieder etwas höre, schreibe ich es Ihnen. Einstweilen grüsst Sie herzlich

Ihr ganz ergebener

A. Einstein.

^[1]See Letter 407 and Letter 406, note 2.

^[2]The Charles Picard, President of the Comité Exécutif of the C.I.R.

409. To Albert Einstein, 28 April 1926

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 28 April 1926.

Lieber Herr Kollege,

Besten Dank für Ihre beiden Briefe.^[1] Nachdem der erste mich etwas beunruhigt hatte, freute es mich sehr aus dem zweiten zu vernehmen, dass die Aussichten auf eine Verständigung zwischen den Deutschen und den anderen doch allmählich besser werden. Ich warte jetzt ab was Herr Painlevé tut.

Auch muss ich Ihnen noch sagen, dass ich mit grosser Freude vernommen habe, dass Sie jetzt bereit sind, Mitglied des wissenschaftlichen Komitees des Solvay-Institutes zu sein.

Auf einen Punkt in Ihrem diesbezüglichen Briefe muss ich noch zurückkommen. Sie sagen in Beantwortung meiner Bitte, uns einen Bericht zu liefern, dass Sie nur Bekanntes zu sagen haben würden, und dass wir Schrödinger (wegen seiner letzten Publikationen) das Referat geben möchten. Ich muss hierzu bemerken, dass wir an zwei Referate gedacht haben, nämlich:

„Adaptation des fondements de la dynamique à la théorie des quanta.”

und

„Nouvelles déductions de la loi de Planck et applications de la statistique aux quanta.”

Das erste hoffen wir von Heisenberg oder eventuell von Schrödinger zu bekommen, und jedenfalls gehört seine neue „undulatorische Mechanik” hierher.^[2]

Das zweite Referat wird in eine andere Richtung gehen und ich bin überzeugt, dass wenn Sie so freundlich sein wollen, es zu übernehmen, etwas sehr interessantes dabei herauskommen wird. Es braucht auch nicht alles nagelneu zu sein und übrigens brauchen sie sich auch nicht genau an die im Titel angegebenen Abgrenzung zu halten. Ich bleibe also auf Ihre Mitwirkung hoffen.

Jetzt noch eine Frage. Wie Sie wissen müssen wir uns was die Anzahl der Teilnehmer betrifft, sehr beschränken, und so wird es unter denselben drei Deutsche geben (Sie selbst nicht mitgerechnet) nämlich Planck, und zwei von den drei: Heisenberg, Born, Pauli. Als ich das Ehrenfest sagte, erklärte er sofort, es würde doch sehr zu bedauern sein wenn wir Franck nicht hätten;^[3] er dachte an diesen mit Heisenberg. Später aber kam er wieder darauf zurück; Born habe doch soviel für die Entwicklung der Quantentheorie und speziell der neuen „Mechanik” getan, dass man ihn schwerlich übergehen kann. Also Ehrenfest ist mit Planck, Born, Heisenberg zufrieden und ich bin auch der Meinung dass dies die beste Wahl sei. Wollen Sie nun so freundlich sein, mir zu sagen, wie Sie hierüber denken? Wenn Sie mir das bald sagen, so wird es mir sehr lieb sein; ich möchte nämlich die Einladungen Anfang der nächsten Woche ergehen lassen, nicht weil es mit der Sache so grosse Eile hätte, sondern um den Deutschen möglichst bald unseren guten Willen zu zeigen.^[4]

Mit herzlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Natürlich werden wir Franck einladen können, wenn einer unter den drei anderen nicht kommen kann.

^[1]Letters 407 and 408.

^[2]Einstein gave no lecture; Born and Heisenberg reported on “La mécanique des quanta” and Schrödinger on “La mécanique des ondes”. See also Letter 406, note 7, for the lectures presented at the meeting.

^[3]James Franck (1882–1964), Professor of Experimental Physics at the University of Göttingen. He was not invited.

^[4]All three were eventually invited. See also Letters 406 and 410.

410. From Albert Einstein, 1 May 1926

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

1.V.26.

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Wenn Sie es wünschen, dass ich das Referat über Quantenstatistik übernehme,^[1] werde ich es gerne thun; denn ohne grosse Not werde ich Ihnen niemals „nein“ sagen. Die Schrödinger'sche Fassung der Quantenregel macht grossen Eindruck auf mich; dies scheint mir ein Stück Wahrheit zu sein, so dunkel auch der Sinn der Wellen im n -dimensionalen q -Raum bleibt.

Die Wahl zweier Personen aus dem Ganzen

Heisenberg, Frank, Born, Pauli

ist gewiss nicht leicht und fällt bei mir verschieden aus je nach dem Gesichtspunkt. Wenn ich ohne Rücksicht auf die Personen nur nach der Originalität entscheide und nach der mutmasslichen Bereicherung, die der Kongress erhalten wird, würde ich wohl Heisenberg und Frank wählen; denn die beiden anderen haben nicht eigene Erfindungen von solcher Tragweite aufzuweisen. Wenn man sich auf Theoretiker beschränken will, würde ich Heisenberg und Born wählen; denn es wäre doch hart, wenn man Pauli Born vorzöge. Etwas Gewaltames hat eine derartige Wahl immer, das ist nicht zu ändern.

Ich finde es sehr schön, ja bewundernswürdig von den Belgiern, dass sie zugunsten der Sache ihr so verständliches Ressentiment überwunden haben.^[2] Alle Hochachtung.

Herzlich grüsst Sie

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 409.

^[2]Einstein refers to the decision to invite Germans to the Solvay Conference. It was approved by the Commission Administrative of the Solvay Institute, which consisted of Belgians (see Letter 406).

411. From Max Planck, 12 May 1926

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 12.5.26.

Hochverehrter Hr. College!

Beim Empfang Ihrer freundlichen Zusendung und beim Anblick Ihres beige-fügten vorzüglichen Bildnisses^[1] drängt es mich Ihnen meinen besonderen Dank und meine Freude darüber auszusprechen. Ich darf daran den Ausdruck der Hoff-

nung knüpfen, dass es Ihnen noch vergönnt sein möge, den Wiederbeginn besserer Zeiten in der internationalen Zusammenarbeit der Wissenschaften, an deren Herbeiführung Sie selber so rastlos tätig sind, zu erleben.

In treuer Verehrung
Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]As a sign of recognition Lorentz sent a specially made card with his portrait to all who had sent congratulations on the celebration of his golden doctorate.

412. To Erwin Schrödinger, 27 May 1926

Handwritten letter (Zentralbibliothek für Physik, Vienna).

Haarlem, den 27 Mai 1926.

Sehr geehrter Herr Kollege!

Endlich komme ich dazu, Ihr Schreiben^[1] zu beantworten und Ihnen für die freundliche Zusendung der Probebogen Ihrer drei Mitteilungen,^[2] die ich alle richtig erhalten habe, bestens zu danken. Die Lektüre derselben ist mir ein wahrer Genuss gewesen. Allerdings ist für ein endgültiges Urteil die Zeit noch nicht gekommen und besteht, wie mir scheint, noch manche Schwierigkeit, auf die ich sogleich zu sprechen komme. Aber sogar wenn es sich zeigen sollte, dass man auf diesem Wege nicht zu einer befriedigenden Lösung gelangen kann, so wird man doch den Scharfsinn bewundern, der aus Ihren Überlegungen spricht, und hoffen dürfen, dass Ihre Bemühungen wesentlich dazu beitragen werden, tiefer in diese geheimnisvollen Dinge einzudringen.

Ganz besonders hat mir die Art und Weise gefallen, wie Sie die geeigneten Matrizen wirklich konstruieren und zeigen, dass dieselben den Bewegungsgleichungen genügen. Damit fällt ein Bedenken, das die Arbeiten von Heisenberg, Born und Jordan, sowie von Pauli bei mir erregt hatten;^[3] nämlich, dass ich nicht klar sehen konnte, dass z.B. in dem Fall des H-Atoms eine Lösung der Bewegungsgleichungen wirklich angegeben werden kann. Mit Ihrer feinen Bemerkung, dass die Operatoren q und $\frac{\partial}{\partial q}$ in ähnlicher Weise miteinander vertauschbar, oder nicht ver-

tauschbar, sind wie in der Matrizenrechnung die q und die p , ist mir hier ein Licht aufgegangen. Immerhin bleibt es ein Wunder, dass man den Gleichungen, in welchen die q und die p ursprünglich Koordinaten und Impulse bedeuten, genügen kann, wenn man unter diesen Grössen Dinge versteht, die eine ganz andere Bedeutung haben und an jene Koordinaten und Momente nur noch von fern erinnern. Müsste ich nun zwischen Ihrer Undulationsmechanik und der Matrizenmechanik wählen, so würde ich, wegen der grösseren Anschaulichkeit, der ersteren den Vorzug geben, so lange man es nur mit drei Koordinaten x , y , z zu tun hat. Bei einer

grösseren Zahl von Freiheitsgraden kann ich aber die Wellen und Schwingungen im q -Raum nicht physikalisch deuten und dann müsste ich mich also für die Matrizenmechanik entscheiden. Ihre Betrachtungen haben aber auch für diesen Fall den Vorteil, dass sie uns der wirklichen Lösung der Gleichungen näherbringen; das Problem der Eigenwerte ist principiell für einen höher dimensionierten q -Raum dasselbe wie für einen dreidimensionalen Raum.

Es gibt übrigens noch einen Punkt, in dem mir Ihre Betrachtungen der Matrizenmechanik überlegen zu sein scheinen. Die Erfahrung macht uns mit Fällen bekannt, wo ein Atom während einer gewissen Zeit in einem seiner stationären Zustände besteht, und oft haben wir es mit ganz bestimmten Übergängen aus einem solchen Zustand in einen anderen zu tun. Wir brauchen also die Möglichkeit uns die stationären Zustände, jeden einzeln, vorzustellen und dieselben theoretisch zu untersuchen. Eine Matrix ist nun die Zusammenfassung aller möglichen Übergänge und man kann sie gar nicht in Stücke zerlegen. Dagegen spielen in Ihrer Theorie die den verschiedenen Eigenwerten E entsprechenden Zustände jeder seine eigene Rolle.

Gestatten Sie mir jetzt einige Bemerkungen, in welchen Sie freilich wohl nicht viel Neues finden werden

1. In Ihrer Wellengleichung*

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0 \quad (1)$$

ist E eine von den Koordinaten unabhängige Konstante; es gibt ebenso viele Wellenprobleme, wie es Energiewerte E giebt, und zwar kommen hierbei im besonderen die Eigenwerte E in Betracht, da nur mit diesen den Randbedingungen genügt werden kann. Ihre Berechnung der Eigenwerte[†] zeigt, dass man unter E die Energie des Elektrons verstehen muss, in dem Sinne, dass man die Energie gleich Null setzt, wenn das Elektron sich ohne Geschwindigkeit in unendlicher Entfernung vom Kern befindet. Anders gesagt, $E + \frac{e^2}{r}$ ist in irgend einem Punkte x, y, z , die kinetische Energie, welche das Elektron bei vorgeschriebenem E haben würde wenn es sich in jenem Punkte befände. Dieser kinetischer Energie entspricht die Geschwindigkeit

$$u = \sqrt{\frac{2}{m} \left(E + \frac{e^2}{r} \right)} \quad (2)$$

2. Da die Gleichung (1) keine Differentialquotienten nach der Zeit enthält, so kann man aus ihr nur die Wellenlänge in einem bestimmten Punkte ableiten; man hat nämlich

*Ich beschränke mich auf das H-Atom.

†Es ist sehr schön, dass Sie diese Berechnung haben durchführen können, und dass Sie dabei zu den von der Balmer'schen Formel verlangten Werten gekommen sind.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{h} \sqrt{2m \left(E + \frac{e^2}{r} \right)} \quad (3)$$

veränderlich von Punkt zu Punkt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit w der Wellen, und die mit ihr durch die Relation

$$w = v\lambda \quad (4)$$

verbundene Frequenz v kann man aus (1) gar nicht ableiten. Hier bleibt eine gewisse Willkür bestehen.

Nun ist aber ein Grundgedanke Ihrer Theorie (und ein sehr schöner), dass die Geschwindigkeit des Elektrons u der „Gruppengeschwindigkeit“ gleich sein soll. Dies erfordert die Beziehung

$$\frac{1}{u} = \frac{d}{dv} \left(\frac{v}{w} \right), \quad (5)$$

und wenn man diese in den Vordergrund setzt, so gelingt auch die Bestimmung von v und w .

Zur Gl. (5) ist erstens zu bemerken, dass wir uns v , w und u sämtlich positiv denken wollen, und zweitens, dass in einem bestimmten Punkte λ , u (und w), wie aus (2) und (3) hervorgeht, sich mit v ändern können, weil diese Grösse irgendwie mit E zusammenhängt. Bei der in (5) vorkommenden Differentiation nach v muss man dann aber die Eigenwerte E verlassen. Dagegen scheint nichts zu sein; man kann sich sehr gut Zustände vorstellen (laufende Wellen), die wohl der Wellengleichung, aber nicht allen Randbedingungen genügen.

Aus (4) und (5) folgt

$$\frac{1}{u} = \frac{d}{dv} \left(\frac{1}{\lambda} \right),$$

also

$$\sqrt{\frac{m}{2 \left(E + \frac{e^2}{r} \right)}} = \frac{1}{h} \frac{d}{dv} \sqrt{2m \left(E + \frac{e^2}{r} \right)}$$

$$v = \frac{1}{h} \left(E + \frac{e^2}{r} + \text{const} \right).$$

Da „const“ sagen will unabhängig von E , so können wir für die Konstante setzen

$E_0 - \frac{e^2}{r}$, wo E_0 nicht nur unabhängig von E , sondern auch von x, y, z ist. Also

$$v = \frac{1}{h} (E_0 + E) \quad (6)$$

Damit ist der Bedingung genügt, dass die Frequenz an allen Stellen des Feldes die gleiche sein soll.

Ferner wird nach (3) und (4)*

$$w = \frac{E_0 + E}{\sqrt{2m\left(E + \frac{e^2}{r}\right)}} \quad (7)$$

3. Ihre Vermutung, dass die Umwandlung, welche unsere Dynamik wird erfahren müssen, dem Übergange von Strahlenoptik zu Wellenoptik ähnlich sein wird, klingt sehr verlockend, aber ich habe doch Bedenken dagegen.

Wenn ich Sie recht verstanden habe, so wäre ein „Teilchen“, ein Elektron z.B. einem „Wellenpaket“ vergleichbar, das sich mit der Gruppengeschwindigkeit fortbewegt.

Aber ein Wellenpaket kann nie auf die Dauer zusammenhalten und auf einen kleinen Raum beschränkt bleiben. Die geringste Dispersion des Mittels wird es in der Fortpflanzungsrichtung auseinanderziehen, und abgesehen von jeder Dispersion wird es sich in der Querrichtung immer mehr verbreitern („Diffraction“). Wegen dieser unvermeidlichen Verwischung scheint mir ein Wellenpaket wenig geeignet, Dinge zu repräsentieren, denen wir eine einigermaßen dauerhafte individuelle Existenz zuschreiben wollen.

Wie Sie selbst bemerken, ist nun im Felde des H-Atoms die in Rede stehende Verwischung weit fortgeschritten. Ein Wellenpaket kann nur dann auf längere Zeit zusammenhalten, wenn seine Dimensionen gross gegen die Wellenlänge sind. Da nun aber die durch (3) bestimmte Wellenlänge von der Grössenordnung der Bohr'schen Ellipsenbahnen ist, so kann von einem Wellenpaket, klein im Vergleich mit den Dimensionen einer solchen Ellipse und sich entlang dieser Linie bewegend, keineswegs die Rede sein.

Sie können natürlich, indem Sie der Konstanten E_0 in (6) und (7) einen hohen positiven Wert beilegen (man kann an $E_0 = mc^2$ denken) zu beliebig hohen Frequenzen ν mit entsprechend grosser Fortpflanzungsgeschwindigkeit w gelangen,[†] aber an der durch (3) gegebenen Wellenlänge können Sie nichts ändern.

4. Wenn wir uns dazu entschliessen, das Elektron sozusagen ganz aufzulösen und durch ein Wellensystem zu ersetzen, so hat das einen Nachteil und einen Vorteil.

Der Nachteil, und zwar ein schwerwiegender, ist dieser: was wir von dem Elektron des Wasserstoff-atoms annehmen, müssen wir wohl auch von allen Elektronen in allen Atomen voraussetzen; wir müssen sie alle durch Wellensysteme ersetzen. Wie soll ich dann aber die Erscheinungen der Photo-elektrizität und das Entweichen von Elektronen aus erhitzten Metallen verstehen? Hier kommen die

*Ist $E_0 + E$ negativ, so kann man setzen $\nu = -\frac{1}{h}(E_0 + E)$, $w = -\frac{E_0 + E}{\sqrt{2m\left(E + \frac{e^2}{r}\right)}}$ (beides

positiven Grössen), aber der Gleichung (5) wird dann genügt durch $u = -\sqrt{\frac{2}{m}\left(E + \frac{e^2}{r}\right)}$

(negativ). Die Wellengeschwindigkeit w und die Gruppengeschw. u hätten in diesem Fall entgegengesetzte Richtung.

Teilchen ganz nett und unversehrt zum Vorschein; wie haben sie sich wieder, einmal aufgelöst, zusammenballen können?

Ich will hiermit nicht sagen, dass es nicht im Inneren der Atome manche Metamorphosen geben könnte. Will man sich vorstellen, dass die Elektronen nicht immerfort kleine Planeten sind, die um den Kern herumkreisen, und kann man mit einer solchen Vorstellung etwas erreichen, so habe ich nichts dagegen. Aber wenn wir den Elektronen gerade ein Wellenpaket als Vorbild stellen, so verschliessen wir denselben den Weg zur Wiederherstellung. Denn es ist wohl viel verlangt, dass ein Wellenpaket, einmal verwischt, sich wieder zusammenballen soll.

Der Vorteil, von dem ich sprach, besteht in Folgendem. Bestände noch immer das in einem Kreise oder einer Ellipse herumlaufende Elektron, so würde man erwarten, dass in der Wellengleichung (1) (ich fasse nämlich einen Punkt ins Auge, wo das Elektron sich nicht gerade befindet) nicht nur das von dem Kernfelde abhängige Glied $\frac{e^2}{r}$, sondern auch ein ähnliches Glied, das sich auf das elektrische Feld des Elektrons bezieht, vorkommen wird. Das eine Feld ist so gut wie das andere und sie sind von gleicher Grössenordnung. Änderte man aber Gl. (1) in dieser Weise, so würde die Berechnung der Eigenwerte von E hinfällig und ergäben sich unsagliche Komplikationen. Ist das Elektron als solches nicht mehr da, so kann man schon eher damit zufrieden sein, dass in der Gleichung nur das von der Kernladung herrührende Glied vorkommt.

5. Wir wollen jetzt Bohr's stationäre Zustände mit den Energien E_1, E_2 u.s.w. durch „stationäre Wellensysteme“ mit den Frequenzen

$$v_1 = \frac{1}{h}(E_0 + E_1), \quad v_2 = \frac{1}{h}(E_0 + E_2), \quad \text{u.s.w.} \quad (8)$$

ersetzen. Indem Sie dem Gliede E_0 einen hohen positiven Wert geben, können Sie erreichen, dass diese Grundfrequenzen so hoch liegen, dass sie sich in keiner Weise bemerkbar machen können (Sie können auch annehmen, dass sie unfähig sind zu strahlen, d.h. dass zunächst zwischen dem Felde, in welchem die entsprechenden Wellensysteme bestehen, und dem gewöhnlichen elektromagnetischen Felde, obgleich beide denselben Raum füllen, gar kein Zusammenhang besteht). Die beobachteten Strahlungen haben die Frequenzen

†Setzt man $E_0 = mc^2$, und nach der gewöhnlichen Formel $m = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^2 R}$ (R Radius des Elektrons), und versteht man ferner unter E die Energie in einer Bohr'schen Kreisbahn vom Radius r , sodass $E = -\frac{1}{2} \frac{e^2}{r}$ ist, so wird

$$w = c \left[\sqrt{\frac{2r}{3R}} - \sqrt{\frac{3R}{8r}} \right].$$

Da $r \gg R$, so wird $w \gg c$. Natürlich ist nichts dagegen, da es sich hier um etwas ganz anderes als die gewöhnliche Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen handelt.

$$v_i - v_k = \frac{1}{h}(E_i - E_k)$$

und es fragt sich, wie hiervon Rechenschaft gegeben werden kann. Hier bieten Sie uns zwei Wege, den der Schwebungen und den der Kombinationstöne.

Von dem ersten lässt sich nicht viel sagen. Gesetzt, man kannte die fundamentalen Gleichungen, aus welchen die Wellengleichung (1) hervorgeht, ich meine die eigentlichen „Bewegungsgleichungen“, die noch kein E , aber dafür Differentialquotienten nach der Zeit erhalten. Auch wenn diese Fundamentalgleichungen linear sind, so würde die Superposition zweier Lösungen $\psi_1 = a_1 \cos(2\pi v_1 t + b_1)$ und $\psi_2 = a_2 \cos(2\pi v_2 t + b_2)$ zu Schwebungen führen; kein Instrument (Resonator, Gitter), in dem alles nach linearen Gleichungen vor sich geht, würde aber auf diese Schwebungen wie auf Schwingungen von der Frequenz $v_1 - v_2$, reagieren. Immerhin kann man sich denken, obgleich der Vorgang vorläufig im Dunklen bleibt, dass in irgend einer Weise eine Schwingung (mit Ausstrahlung) zustande kommt, von der Periode, die der Frequenz der Intensitätsmaxima entspricht.

Die Entstehung von Kombinationsschwingungen lässt sich etwas näher beleuchten. Zunächst ist dafür nötig, dass die Fundamentalgleichungen nicht linear sind, aber das ist denn auch hinreichend. Enthält z.B. eine Fundamentalgleichung ein Glied mit ψ^2 , und bestehen zugleich mit ψ_1 und ψ_2 ange deuteten Schwingungen, so tritt infolgedessen ein Glied mit

$$2\psi_1\psi_2 = a_1 a_2 \cos[2\pi(v_1 - v_2)t + b_1 - b_2] \\ + a_1 a_2 \cos[2\pi(v_1 + v_2)t + b_1 + b_2] \quad (9)$$

auf, wo die erste Grösse eben den Differenzton vorstellt. Freilich, um dann ganz klar einzusehen, wie dieser zur Ausstrahlung gelangt, hätte man sich über den Zusammenhang des schwingenden Systems mit dem elektromagnetischen Felde Rechenschaft zu geben. Was den in (9) angezeigten Summationston betrifft, so kann man annehmen, dass er sich wegen seiner hohen Frequenz $v_1 + v_2$ nicht bemerklich machen kann.

Man kann übrigens, wenn man sich der Kombinationsschwingungen bedient, auch die Absorption ziemlich gut verstehen, was wohl schwer halten würde, wenn man die Lichterscheinungen auf Schwebungen zurückführen wollte.

Gesetzt, es bestehe in dem Atom bereits der erste Schwingungszustand $\psi_1 = a_1 \cos(2\pi v_1 t + b_1)$ und es wirke nun (einfallendes Licht) eine Kraft von der Frequenz $v_2 - v_1$. Diese kann (wenn auch nicht durch *kräftige* Resonanz) Schwingungen wie $\psi' = a' \cos[2\pi(v_2 - v_1)t + b']$ erregen. Infolgedessen wird in dem Gliede mit ψ^2 der Fundamentalgleichung die Grösse

$$2\psi_1\psi' = a_1 a' \cos[2\pi v_2 t + b_1 + b'] + a_1 a' \cos[2\pi(2v_1 - v_2)t + b_1 - b']$$

auftreten, und man kann die beiden Teile, aus denen sie besteht, als den Ausdruck für gewisse schwingungserregende Kräfte mit den Frequenzen v_2 und $2v_1 - v_2$ betrachten. Von diesen kann die erstere, da ihre Frequenz mit der der zweiten Eigenschwingung übereinstimmt, das System ins Mitschwingen (in der Form dieser Eigenschwingung) versetzen, und hierauf wird schliesslich ein Teil der Energie

des einfallenden Lichtes verwendet. Die Kraft mit der Frequenz $2\nu_1 - \nu_2$ kann unwirksam bleiben, weil sie keiner eigenen Schwingung des Systems entspricht.

Natürlich könnte man Betrachtungen dieser Art eventuell weiter auszuführen versuchen.

Was mir an diesen Auffassungen der Strahlung als durch Kombinationsschwingungen hervorgebracht, wenig gefällt, das ist, dass die Strahlung als etwas Nebensächliches betrachtet wird, als etwas, das von Gliedern in den Fundamentalgleichungen herrührt, die man in erster Annäherung (bei Ableitung der Wellengleichung (1)) sogar vernachlässigt. Ist es eigentlich nicht viel einfacher, wenn man sich an Bohr's stationäre Zustände hält und dann etwa annimmt, dass ein Planck'scher Vibrator von der Frequenz $\nu_2 - \nu_1$ vorhanden ist (das Atom könnte sich in einen solchen verwandeln), endlich dass dieser bei dem Quantensprunge $2 \rightarrow 1$ die Energie $h(\nu_2 - \nu_1)$ aufnimmt und diese dann ruhig ausstrahlt?

6. Ich darf vielleicht hinzufügen, dass mein Landsmann V.A. Julius vor vielen Jahren (als man die Spektralgesetze noch nicht kannte) bemerkte, dass es in den linienreichen Spektren viele Linienpaare giebt, für welche $\Delta\nu$ nahe gleich ist.^[4] Eine Wahrscheinlichkeitsberechnung (ähnlich wie die welche gedient hatte um zu beweisen, dass die Doppelsterne nicht zufällige scheinbare Annäherungen sind) hat ihm dann gezeigt, dass die Zahl der Differenzen $\Delta\nu$, die um weniger als eine bestimmte Grösse ϵ voneinander verschieden sind, viel grösser ist, als man nach den Gesetzen des Zufalls erwarten dürfte. Nachdem er hiermit die Realität der Gleichheiten $\Delta\nu = \Delta'\nu = \Delta''\nu = \dots$ bewiesen hatte, kam er auf den Gedanken, es möchten viele Spektrallinien von Kombinationsschwingungen herrühren.

Später hat Rayleigh einmal die Bemerkung gemacht, dass man das einfache Auftreten in den Spektralformeln von der *ersten* Potenz der Frequenzen (während dynamische Gesetze vielmehr auf ν^2 führen) vielleicht als eine Andeutung kinematischer Beziehungen betrachten kann.

Nach allen diesen Bemühungen habe ich es als eine wirkliche Vereinfachung empfunden als Bohr zeigte, dass jede ausgestrahlte Frequenz mit einer bestimmten Energiedifferenz zusammenhängt, wodurch die allgemeine Struktur der Spektralformeln sofort klar wird. So habe ich einigermaassen den Geschmack für die Erklärung aus Kombinationsschwingungen verloren, aber ich kann ihn ja wiedergewinnen, wenn es sonst mit Ihrer Theorie gut geht.

7. Eine wirkliche Schwierigkeit, was die Kombinationsschwingungen betrifft, finde ich aber in den energetischen Verhältnissen. Was die Energie der stationären Wellensysteme betrifft, kann man zunächst, da man über die Amplitude frei verfügen kann, jede beliebige Annahme machen, auch wenn man bereits Gl. (6) für die Frequenz angenommen hat. Indes liegt es auf der Hand, wenn man Bohr's stationäre Zustände durch die stationären Wellensysteme ersetzt, zwischen diesen bestimmte Energiedifferenzen anzunehmen. Die Tatsache, dass bestimmte Energiebeträge (bei Elektronenstoss) erforderlich sind um gewisse Strahlungserscheinungen hervorzurufen, zeigt wohl, dass die „Energienstufen“ in Wirklichkeit bestehen, und wenn wir die umlaufenden Elektronen nicht mehr haben, so müssen wir wohl die bestimmten Energiewerte in den einzelnen stationären Wellensystemen suchen. Das Einfachste wird sein, diesen die Energiewerte

$$E_0 + E_1, \quad E_0 + E_2, \quad E_0 + E_3, \quad \text{u.s.w.} \quad (10)$$

zuzuschreiben. Hier sind E_1, E_2, E_3, \dots die Bohr'schen Energiewerte (oder auch die Eigenwerte in der Wellengleichung), während man E_0 mit dem E_0 in (6) identifizieren, oder wenn man das vorzieht, als von letzterem verschieden betrachten kann. Jedenfalls hat man wohl Grund, den Bohr'schen Energiewerten einen für alle Wellensysteme gleichen Betrag E_0 , und zwar einen positiven hinzuzufügen. Die Werte E_1, E_2, \dots sind ja negativ, und es ist natürlich, uns die Energie eines Wellensystems als eine positive Grösse vorzustellen.

Nimmt man nun an, dass die Wellensysteme *nur* mit den Energiewerten (10) bestehen können (dass sie also nur vorgeschriebene Amplituden haben können) so entsteht eine Schwierigkeit. Gesetzt, der Zustand 1 sei der „natürliche“, in dem das sich selbst überlassene Atom sich befindet, und welcher der tiefsten Energiestufe entspricht, und denken wir uns ferner, dass die Strahlung mit der Frequenz

$$\nu_3 - \nu_2 = \frac{1}{h}(E_3 - E_2)$$

hervorgerufen werden soll. Nach Bohr müssen wir dann zunächst das Atom auf die Energiestufe 3 bringen, und ihm also (etwa durch Elektronenstoss) die Energie $E_3 - E_1$ zuführen. Die Messungen sind hiermit in Übereinstimmung. Nach der neuen Theorie müssen wir aber die *beiden* Zustände 2 und 3 verwirklichen, da die verlangte Strahlung die gleichzeitige Existenz von beiden voraussetzt. Die Energie muss dann $E_0 + E_2 + E_0 + E_3$ werden, während sie ursprünglich $E_0 + E_1$ war. Nehmen wir an, dass bei dem Elektronenstoss der erste Schwingungszustand 1 verschwindet, und nur der zweite und der dritte übrigbleiben, so finden wir für die erforderliche Energiezufuhr $E_0 + E_2 + E_3 - E_1$, was wohl schwerlich mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen ist.

Natürlich würde man dieser Schwierigkeit entgehen können durch die Annahme, dass die einzelnen Schwingungszustände nicht gerade die in (10) angegebenen Energien zu haben brauchen, aber wo bleiben dann die Energiestufen?

Ferner, nach Bohr, wird bei dem Übergang $3 \rightarrow 2$ gerade die Energie $E_3 - E_2$ ausgestrahlt; der Bewegungszustand 3 verschwindet und wird durch 2 ersetzt. Kann man sich vorstellen, dass bei der durch die Differenzschwingungen veranlassten Strahlung auch gerade die Energie $E_3 - E_2$ emittiert wird, und was wird dann aus den Energien der beiden Wellensysteme? Ähnliche Fragen, auf die ich nicht einzugehen brauche, erheben sich wenn man den umgekehrten Vorgang, die Absorption, betrachtet.

Schliesslich möchte ich sagen. In der Bohr'schen Theorie kann man es als unbefriedigend empfinden, dass die emittierten Frequenzen gänzlich von den Frequenzen der wirklich stattfindenden periodischen Bewegungen verschieden sind. In Ihrer Theorie ist es schön dass die beiderlei Frequenzen in einen viel einfacheren Zusammenhang (nämlich $\nu_{\text{emittiert}} = \nu_2 - \nu_1$, wenn ν_1 und ν_2 „innere“ Frequenzen sind) miteinander gebracht werden; nichtsdestoweniger ist es nicht leicht, diesen Zusammenhang zu verstehen.

Es wird mir sehr lieb sein, wenn Sie mir einmal schreiben wollen, wie Sie über das oben gesagte denken. Indes bitte ich, es zu entschuldigen, wenn ich vielleicht Ihre Meinung nicht immer richtig verstanden habe.

Mt freundlichen Grüßen und in vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 440.

^[2]*Schrödinger 1926, 1926c, 1926d.*

^[3]See the references cited in Letter 405, note 4, and *Pauli 1926.*

^[4]See *Julius 1888.* Victor A. Julius (1851–1902) was Professor of Mathematical Physics at the University of Utrecht.

413. From Erwin Schrödinger, 6 June 1926

Typed letter.

Zürich, am 6. Juni 1926.

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Sie haben mir die ausserordentliche Ehre erwiesen, auf elf engbeschriebenen Seiten die Gedankengänge meiner letzten Arbeiten einer tiefgreifenden Analyse und Kritik zu unterziehen.^[1] Ich finde keine Worte, um Ihnen für dieses wertvolle Geschenk, das Sie mir damit gemacht haben, ausreichend zu danken — es bedrückt mich schwer, dass ich Ihre Zeit damit so ungebührlich stark in Anspruch genommen habe. Der Dank ist — dass ich die Inanspruchnahme fortsetze; aber doch wenigstens nur durch *Lesen*, und Sie haben mir ja erlaubt, Ihnen über meine Stellungnahme zu den ausserordentlich interessanten und wichtigen neuen Gesichtspunkten, die Ihr Brief eröffnet, zu berichten. Erlauben Sie, bitte, dass ich das nicht gerade in der Weise tue, dass ich Punkt für Punkt auf die einzelnen Anregungen oder Bedenken antworte — Sie haben dieselben wohl auch kaum in der Reihenfolge mehr im Gedächtnis oder aufgeschrieben. Auch hat vieles, was ich sagen möchte, auf mehrere Stellen Ihres Briefes Bezug.

1) Sie erwähnen die Schwierigkeit, die Wellen im q -Raum bei mehr als drei Koordinaten zu projizieren in den gewöhnlichen dreidimensionalen Raum und dort physikalisch zu deuten. Ich habe diese Schwierigkeit lange sehr schwer empfunden, glaube aber, sie jetzt überwunden zu haben. Die physikalische Bedeutung kommt, wie ich glaube (und am Ende der dritten Arbeit ausgeführt habe), nicht der Grösse ψ selbst, sondern einer *quadratischen* Funktion derselben zu. Ich wählte *dort* den Realteil von $\psi\bar{\psi}$, wo ψ in naheliegender Weise komplex gefasst ist (Kritik siehe unten) und der Querstrich das konjugiert Komplexe bezeichnet. Ich will *jetzt*, einfacher, $\psi\bar{\psi}$ wählen, also das Quadrat des Absolutbetrages der Grösse ψ . Handelt es sich nun um ein System von N Massenpunkten, so ist dieses $\psi\bar{\psi}$, ebenso wie ψ selbst, eine Funktion von $3N$ Variablen oder, wie ich sagen will, von

N dreidimensionalen Räumen, $R_1 R_2 \dots R_N$. Man identifiziere nun *erstens* R_1 mit dem wirklichen Raum und integriere $\psi \bar{\psi}$ über $R_2 \dots R_N$; *zweitens* identifiziere man R_2 mit dem wirklichen Raum und integriere über $R_1 R_3 \dots R_N$; und so fort. Die N Einzelresultate addiere man, nachdem man sie zuvor mit gewissen, die Massenpunkte charakterisierenden Konstanten (ihren *Ladungen*, nach der früheren Theorie) multipliziert hat. Das Ergebnis halte ich für die Elektrizitätsdichte im wirklichen Raum. Für ein Atom mit mehreren Elektronen erhält man so genau das, was Born-Heisenberg-Jordan als Übergangswahrscheinlichkeit bezeichnen, in der neuen und ansprechenden Bedeutung "Komponente des elektrischen Moments" (eigentlich: *jenes* Teilmoments, das mit der betreffenden *Emissionsfrequenz* oszilliert).

Unsympathisch, ja direkt zu beanstanden, ist dabei die Verwendung des Komplexen. ψ ist also doch von Haus aus eine reelle Funktion, ich sollte also in Glg. (35) meiner dritten Arbeit

$$\psi = \sum_k c_k u_k(x) e^{\frac{2\pi i E_k t}{h}}$$

statt der imaginären e -Potenz hübsch brav einen Cosinus schreiben und mich fragen: ist es möglich, den Imaginärteil in unzweideutiger Weise hinzuzudefinieren, *ohne auf den ganzen zeitlichen Verlauf der Grösse Bezug zu nehmen*, sondern nur auf die reelle Grösse ψ selbst und ihre zeitlichen und räumlichen Differentialquotienten *an der betreffenden Stelle*. Das geht nun wirklich, jedenfalls für ψ . Ich schreibe Kürze halber für die "Wellengleichung"

$$L[u] + Eu = 0 \quad (1)$$

unter $L[\dots]$ einen gewissen Differentialoperator verstanden. Ferner sei ψ_r die, ursprünglich allein bekannte, *reelle* Schwingungsfunktion, also der Realteil von ψ , zu dem nun der Imaginärteil hinzudefiniert werden soll. Das kann man so machen:*

$$\psi = \psi_r - \frac{2\pi i}{h} L[\psi_r]$$

Damit ist also jedenfalls der "Betrag" von ψ unabhängig von der komplexen Darstellung durch die räumlichen und zeitlichen Differentialquotienten von der reellen Grösse ψ_r dargestellt, sodass man nicht in Verlegenheit kommt, wenn einmal ein ψ_r vorliegt, das nicht einer stationären Superposition von Eigenschwingungen entspricht. — Nun hat man freilich erst ψ und die Integration nach der Zeit würde eine unbestimmte additive rein imaginäre Koordinatenfunktion involvieren. Ob sich die vernünftig festlegen lässt, weiß ich noch nicht. Praktisch hindert aber wohl nichts, in der zuerst angeführten Ueberlegung durchwegs ψ durch ψ zu ersetzen, weil ja in Wirklichkeit alle Eigenwerte nahezu gleichgross sind, wegen der grossen additiven Konstante, die sie enthalten und von der Sie auch sprechen. Bestimmt man diese Konstante, was fast unvermeidlich ist, als mc^2 (oder ein

*Der Operator $L[\dots]$ multipliziert gerade jedes u_k mit $-E_k$, wie man es nötig hat.

ganzzahliges Vielfaches davon), so werden die Eigenwertdifferenzen gegen die Eigenwerte selbst sehr klein, von der Ordnung der Relativitätskorrektion.

2) Sie berühren öfters den Punkt, dass die "Wellengleichung" (1) noch nicht die fundamentale Gleichung des Problems ist, weil sie keine Differentialquotienten nach der Zeit mehr enthält, dafür aber die Integrationskonstante E . Auch gilt die Gleichung nicht allgemein, sondern nur für solche Lösungen u , die von der Zeit

durch den Faktor $e^{\frac{2\pi i E t}{h}}$ abhängen. Letzteres bedeutet aber soviel wie

$$\ddot{u} = -\frac{4\pi^2}{h^2} E^2 u \quad (2)$$

Aus (1) und (2) kann man E eliminieren und erhält

$$LL[u] + \frac{h^2}{4\pi^2} \ddot{u} = 0 \quad (3)$$

Dieses dürfte also wohl die *allgemeine Wellengleichung* sein, die die Integrationskonstante E nicht mehr, dafür aber Differentialquotienten nach der Zeit enthält. Sie ist ganz von dem Typus der Gleichung für die schwingende *Platte* (in der der reduplizierte Laplace'sche Operator $\Delta\Delta$ steht), nicht mehr von dem einfachen Typus der schwingenden *Membran*. Ich habe entsetzlich lange gebraucht, um diese einfache Sache aufzufinden. Man kann natürlich jetzt von Gleichung (3) wieder

rückwärts gehen durch den versuchsweisen Ansatz $u \sim e^{\frac{2\pi i E t}{h}}$ und versuchsweise Aufspaltung von (3) nach dem Schema

$$(L[\dots] - E)(L[\dots] + E)u = 0,$$

dem sich durch $L[u] + Eu = 0$ oder $L[u] - Eu = 0$ genügen lässt, wie bei der schwingenden Platte. Dass man so *alle* Lösungen erhält, muss, wie immer, hinterher durch Untersuchung der Vollständigkeit des gefundenen Funktionensystems gezeigt werden. (Dass *zwei* Gleichungen mit verschiedenem Zeichen für E resultieren, tut natürlich nichts, weil E ja eine unbestimmte, erst zu bestimmende Konstante ist; man erhält also nicht etwa *neue* Lösungen hinzu.)

3) In einer Anlage erlaube ich mir, Ihnen die Abschrift einer kleinen Note zu übersenden,^[2] in der zunächst für den einfachen Fall des Oszillators etwas durchgeführt ist, was ein dringendes Postulat ist auch für alle komplizierteren Fälle, dort aber grossen rechnerischen Schwierigkeiten begegnet. (Am schönsten wäre es, wenn es sich *allgemein* durchführen liesse, das ist aber vorläufig hoffnungslos.) Es handelt sich um die wirkliche Herstellung der Wellengruppen (oder Wellenpakete), welche beim Uebergang zu grossen Quantenzahlen den Uebergang zur makroskopischen Mechanik vermitteln. Sie sehen aus dem Text der Note, die vor Empfang Ihres Briefes geschrieben ist, wie sehr auch mir das "Beisammenbleiben" dieser Wellenpakete Sorge gemacht hat. Ich bin sehr glücklich, jetzt wenigstens auf ein einfaches *Beispiel* hinweisen zu können, wo es, entgegen aller vernünftigen Vermutung, doch zutrifft.

Ich hoffe, dass das jedenfalls für alle jene Fälle so ist, wo die gewöhnliche Mechanik von *quasiperiodischen* Bewegungen spricht. Nehmen wir dies einmal als

gesichert oder zugestanden an, so bleibt immer noch die Schwierigkeit des vollkommen *freien* Elektrons im völlig feldfreien Raum. Würden Sie es für einen sehr schweren Einwand gegen die Theorie halten, wenn sich ergeben sollte, dass im völlig feldfreien Raum das Elektron nicht existenzfähig ist? Oder vielleicht sogar, dass überhaupt selbst im gewöhnlichen Sinn "freie" Elektronen ihre Individualität nicht dauernd bewahren? Dass das Sprechen von einzelnen Elektronen im Kathodenstrahlbündel vielleicht nur den Sinn hat: das Bündel besitzt eine gewisse "körnige" Struktur, ebenso wie das für ein Lichtbündel durch manche Erscheinungen wahrscheinlich gemacht wird, wobei in *beiden* Fällen weder die rein wellenmäßige noch die rein korpuskulare Beschreibung genau das Richtige trifft, sondern etwas dazwischen, das uns noch nicht adäquat gelungen ist?

4) Ich möchte an die Ueberlegungen der beiliegenden Note noch einige Bemerkungen knüpfen, deren wichtigste mir diese scheint: man soll *nicht* die *einzelnen* Eigenschwingungen der Wellentheorie mit den *einzelnen* stationären Bahnen der Bohr'schen Theorie in Parallele setzen. Denn tut man das, so ist der korrespondenzmässige Uebergang von der Mikromechanik zur Makromechanik schlechterdings unmöglich. Man sieht ja, wie für hohe Quantenzahl ($A \gg 1$) die einzelne "Bohr'sche Bahn" sich aufbaut aus einer Superposition *sehr vieler* relativ nahe benachbarter Eigenschwingungen. Es wäre möglich, dass zwischen den Amplituden und Phasen benachbarter Eigenschwingungen zwangsweise Koppelungen bestehen, etwa derart, dass man alle möglichen Zustände des Oszillators erhält, indem man die Grösse A alle möglichen positiven Werte annehmen lässt (man muss sich

dann das ganze Aggregat noch mit $e^{-\frac{A^2}{2}}$ multipliziert denken, damit das Integral

$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi \bar{\psi} dx$ von A unabhängig wird). Im Grenzfall eines sehr kleinen A erhält man

dann zunächst nur die Grundschiwingung, mit wachsendem A werden die Oberschwingungen allmählich angeregt, langsam verschiebt sich der Schwerpunkt zu immer höheren Ordnungszahlen.

Aber das sind vorläufig Hirngespinnste, es kann auch ganz anders sein. Keinesfalls halte ich es für richtig, von der *Energie der einzelnen Eigenschwingung* zu sprechen, gemessen etwa durch ihr *Amplitudenquadrat*. Letzteres hat meiner Ansicht nach nichts mit Energie zu tun, sondern mit *Ladung*. Die *einzig*e Eigenschaft der einzelnen Eigenschwingung, die mit Energie etwas zu tun hat, ist, glaube ich, ihre *Frequenz*.

Natürlich taucht die Frage auf: warum muss ich aber dem Atom eine ganz bestimmte Energiemenge zuführen, um eine bestimmte Eigenschwingung eben zu erregen? Hier heisst nun: "eine bestimmte Energiemenge zuführen" in Wahrheit entweder: "mit Elektronen bestimmter Geschwindigkeit bombardieren" oder "mit Licht bestimmter Frequenz bestrahlen". Was nun das *letztere* betrifft, so werden Sie besser wissen als ich, dass ein Physiker der alten Zeit Mund und Augen weit aufgesperrt hätte, hätte man ihm gesagt: mit Licht bestimmter Frequenz bestrahlen, das "*bedeute*" eine bestimmte Energiemenge zuführen. Er würde eine sehr viel naheliegendere Erklärung in der *Resonanz* gesucht haben. Den Grund für die

ebenannte, dem Physiker alter Zeit schwer verständliche Behauptung sieht man in der Tatsache, dass Licht von bestimmter Frequenz regelmässig dieselben physikalischen Wirkungen hervorzubringen vermag, wie Elektronen von bestimmter Geschwindigkeit. Aus dieser Aequivalenz Tatsache kann man aber mit derselben Zwangläufigkeit bzw. Nichtzwangläufigkeit den *umgekehrten* Schluss ziehen: das mit bestimmter Geschwindigkeit bewegte Elektron müsse ein Wellenphänomen von der Frequenz desjenigen Lichtes sein, dem es hinsichtlich der Erregung von Resonanz erfahrungsgemäss äquivalent sei. — Ich halte den einen wie den anderen Schluss für etwas einseitig, das Richtige liegt irgendwo in der Mitte.

5) Sie diskutieren sehr eingehend und in einer für mich sehr lehrreichen Weise die Frage der Erklärung der Strahlung durch Schwebungen oder durch Differenztöne. Ich muss offen gestehen, dass ich bisher zwischen diesen zwei Dingen begrifflich nicht genügend unterschieden habe. Ich war zunächst so überaus froh, zu einem Bild gelangt zu sein, bei dem doch *irgendetwas* wirklich mit derjenigen Frequenz stattfindet, die wir an dem ausgestrahlten Licht beobachten, dass ich mich mit dem fliegenden Atem eines gehetzten Flüchtlings auf dieses Etwas in der Form, in der es sich *unmittelbar* darbot, stürzte, nämlich auf die mit der Schwebungsfrequenz periodisch an- und abschwappenden Amplituden. Ich wollte damit nur sagen: es ist ein Mechanismus *denkbar*, durch den diese an- und abschwappenden Amplituden Licht *gleicher* Frequenz erregen. Hingegen schien mir und scheint mir (und zwar seit 1914) die Frequenzdiskrepanz des Bohr'schen Modells³⁾ etwas so *Ungeheuerliches*, dass ich die Lichterregung auf diesem Weg wirklich beinahe als *undenkbar* bezeichnen möchte. — Bei der *Alternative*: Schwebungen oder Differenzton, erkläre ich mich aber selbstverständlich für das Letztere. Das heisst ja nur: es darf keinesfalls alles in Strenge *linear* zugehen, sonst bleibt die schönste Schwebungsfrequenz in Ewigkeit unwirksam.

6) Ich wundere mich, dass Sie an einer Stelle Ihres Briefes starken Anstoss daran nehmen, dass in diesem Falle "die Strahlung als etwas Nebensächliches betrachtet wird, als etwas, das von Gliedern in den Fundamentalgleichungen herührt, die man in erster Näherung (bei Ableitung der Wellengleichung) sogar vernachlässigt". Falls ich Sie recht verstehe, so muss ich erklären, dass mir das Gegenteil, wenn es vorläge, ein ernster Stein des Anstosses sein würde. Und zwar deshalb, weil ich glaube, dass die Grössenordnungs-mässige Bedeutung der *Strahlungsglieder* für die Atomdynamik von den älteren Theorien richtig erfasst wird, u.zw. nicht erst von der Bohrschen Theorie, sondern schon von der klassischen Elektronentheorie. In beiden spielen die Strahlungsglieder eine ganz sekundäre Rolle. In der Elektronentheorie ist die Hauptkraft des Eigenfeldes auf das Elektron die Trägheitskraft. Die Strahlungskraft erscheint erst als zweites Glied einer Reihenentwicklung und ist in Wirklichkeit bei den modellmässig vorkommenden Elektronenbewegungen immer sehr klein gegen die Trägheitskraft. Auch im Bohr'schen Modell wird zunächst von der Reaktionskraft der Strahlung vorerst völlig abgesehen und das ganze Modell ohne sie aufgebaut. Erst hinterher kommt sie durch zwei Dinge hinein: erstens durch die Annahme einer (gerade durch die klassische Strahlungskraft bestimmten) *Unschärfe* des Niveaus, zweitens durch die "Elektronensprünge". Diese letzteren, in ihrer bizarren Unstetigkeit, lassen

nun freilich nicht mehr *unmittelbar* einen grössenordnungsmässigen Vergleich mit irgendetwas anderem zu. Aber da die *Häufigkeit* der Sprünge doch wieder “korrespondenzmässig” aus der Strahlungskraft berechnet wird, sieht man, dass sie grössenordnungsmässig mit letzterer auf eine Stufe zu stellen sind. Ich bin darum ganz zufrieden, dass die Wellenmechanik, wie es scheint, in diesem Punkt mit den älteren Theorien in Uebereinstimmung ist, soferne die Rückwirkung der Strahlung auf das strahlende System geringfügig genug ist, um bei Aufstellung seiner “Bewegungsgleichungen” in erster Näherung vernachlässigt werden zu können.

Dass die Hinzufügung dieser Glieder den *linearen* Charakter der Bewegungsgleichungen notwendig aufheben muss, ist mir durch Ihre Auseinandersetzungen zur unumstösslichen Gewissheit geworden und ich halte diese Erkenntnis für ausserordentlich wichtig.

7) Sie leiten aus der Wellengleichung selbst und aus dem Ansatz für die Gruppengeschwindigkeit rückwärts wieder den Ausdruck (6) meiner zweiten Mitteilung für die *Wellengeschwindigkeit* ab, von dem ich ausgegangen war:

$$u = \frac{E + E_0}{\sqrt{2m(E - V)}}$$

Bei mir fehlt formell die Konstante E_0 , doch habe ich (S. 10, oben) betont, dass E und V einzeln selbstverständlich nur bis auf eine additive Konstante bestimmt sind. Den Umstand, dass die *Wellenlänge* von dieser Konstante unabhängig ist, habe ich ebendort mit besonderer Freude hervorgehoben, weil ja gerade die Wellenlänge die Größenordnung *der* Bahndimensionen bestimmt, bei denen Quantenphänomene aufzutreten beginnen.

Sie heben dann an einer späteren Stelle hervor, dass eben wegen dieser unänderlich festgelegten Wellenlänge die Dimensionen des Elektrons sicher von mindestens derselben Grössenordnung sind wie die Bohrschen Ellipsenbahnen kleiner Ordnungszahl und dass es auf keine Weise möglich sei, Wellenpakete zu konstruieren, welche auf diesen Bahnen umlaufen und klein gegen die Bahndimensionen sind. Ich weiss nicht, ob ich recht habe, wenn ich hier ein “leider” zwischen den Zeilen lese. Ich glaube aber die beiliegende Note zeigt Ihnen jedenfalls, dass ich diesen Wunsch für die *kleinquantigen* Bahnen nie gehegt habe. Diese Zustände *sind* meiner Ansicht nach etwas von Elektronenbahnen *toto genere* verschiedenes, erst für hohe Quantenzahl tritt die klassische Mechanik wieder allmählich in ihre Rechte, genau so, wie das *Beugungsbild* eines *Spaltes* sich allmählich in sein *Schattenbild* verwandelt, wenn Sie die Spaltbacken langsam auseinanderziehen.

8) Darf ich noch zum Schluss einige ernsthafte Schwierigkeiten prinzipieller Natur hervorheben (ohne Zusammenhang mit Ihrem Brief), die mir an der Matrizenmechanik erst allmählich klar geworden sind und in denen ich — auch ganz abgesehen von der Anschaulichkeit — einen Vorzug der Wellenmechanik sehe.

Da ist hauptsächlich die *Symmetrisierung der Hamiltonfunktion* zu nennen. Ich habe darüber in der dritten Arbeit^[4] S. 14 ziemlich ausführlich gesprochen. Was ich aber damals noch nicht klar erkannt hatte, das war und ist, dass die von Born, Jordan und Heisenberg dafür aufgestellten Regeln geradezu falsch sind, wenn

man sie auf verallgemeinerte Koordinaten anwendet, sie sind nur richtig in kartesischen Koordinaten. Das hat sich bei den Rechnungen von Dirac und Pauli einfach *empirisch* herausgestellt,^[5] es wird dort einfach diejenige Symmetrisierung gewählt, die auf etwas Vernünftiges führt, jede andere verworfen. In einer zusammenfassenden Arbeit in den mathematischen Annalen entschliesst sich daher Heisenberg, festzusetzen, die Hamiltonfunktion sei in *kartesischen* Koordinaten aus der klassischen Theorie zu entnehmen. Dabei nimmt er aber die früher (mit Born und Jordan in der Zeitschr. f. Physik^[6]) vorgenommene geradezu falsche Verallgemeinerung auf beliebige Koordinaten nicht ausdrücklich zurück. Ausserdem bleiben Fälle, wie der symmetrische oder unsymmetrische Kreisel, völlig unbestimmt, denn da ist ein Zurückgehen auf kartesische Koordinaten nicht nur beschwerlich, sondern unmöglich, solange man sich nicht darüber ausgesprochen hat, wie "starre Verbindungen" in die neue Mechanik übersetzt werden sollen.

Demgegenüber ist die Wellenmechanik direkt auf beliebige Koordinaten anwendbar und lässt die Energiestufen berechnen, ohne dass man den Zusammenhang der allgemeinen Koordinaten mit kartesischen überhaupt zu kennen braucht.

Ein zweiter Punkt ist der, dass die Wellenmechanik stets, von der *einen* additiven Konstante vielleicht abgesehen (die aber in den Energiedifferenzen belanglos ist), vollkommen *bestimmte* Eigenwerte liefert. Das scheint in der Matrizenmechanik zum mindesten sehr schwer zu sein und ich bin nicht sicher, ob hier nicht gelegentlich *prinzipielle* Unbestimmtheiten bestehen bleiben. Dirac (Proc. Roy. Soc.) und Wentzel (Zeitschr. f. Phys.) rechnen Seiten lang am Wasserstoffatom,^[7] Wentzel auch relativistisch, wobei im Endresultat bloss *das* fehlt, was einen eigentlich interessiert: nämlich, ob "halbzahlig" oder "ganzzahlig" zu quanteln ist! * So findet Wentzel also zwar "genau die Sommerfeld'sche Feinstrukturformel", aber aus dem angegebenen Grunde ist das Resultat für den Erfahrungsvergleich ganz wertlos. — In der Wellenmechanik ergibt die relativistische Behandlung, die ebenso einfach ist, wie die klassische, unzweideutig halbzahliges Azimut- und Radialquant. (Ich habe die Rechnung seiner Zeit nicht publiziert, weil dies Ergebnis mir eben zeigte, dass noch etwas fehlt; dieses Etwas ist sicher der Gedanke von *Goudsmit* und *Uhlenbeck*.^[8]) — Nebenbei bemerkt, ist Wentzels Ansatz *so* beschaffen, dass *wenn* er bis zum Resultat vordränge, sein Resultat wahrscheinlich falsch sein[†] würde, weil er das Problem *zweidimensional* fasst statt *dreidimensional*. Das ist, wie ich in der zweiten Mitteilung, S. 32 hervorhob,^[9] in der Wellenmechanik nicht erlaubt — und ist, bei der vollkommen mathematischen Aequivalenz der Wellenmechanik und der Göttinger Mechanik, sicher auch in der letzteren unerlaubt. Die Wellenmechanik lässt hiefür den Grund auch klar erkennen, denn eine Wellenbewegung in zwei Dimensionen ist selbstverständlich etwas ganz anderes als eine Wellenbewegung in drei Dimensionen. Dagegen kann man, soweit ich sehe, in der Göttinger Mechanik nicht recht erkennen, weshalb die Reduktion

*Die „Quantenintegrale“ enthalten *je* noch eine additive Konstante, die unbestimmt bleibt. Nur dass sie nach ganzen Vielfachen von *h* *fortschreiten* wird erschlossen. Das ist ein *ernsthafter* Mangel, und nicht, wie die additive Energiekonstante, ein belangloser.

†d.h. nicht die wahre Aussage der Theorie darstellen,

des Problems durch Verwendung eines Integrals verboten sein soll. Zum mindestens ist der Grund nicht sehr augenfällig, sonst würde nicht allgemein von dieser Reduction Gebrauch gemacht.

Ich fürchte, ich habe Ihnen, verehrter Herr Professor, durch diesen langen Brief neuerlich sehr viel Zeit weggenommen. Aber Ihre liebenswürdige und eingehende und bei allen Bedenken doch so wohlwollende Kritik meines Versuches lässt mich hoffen, dass doch der eine oder der andere der durch sie ausgelösten Gedanken für Sie von Interesse ist. Ich bin ganz überzeugt, dass ich nicht alle Bedenken bei Ihnen habe zerstreuen können — um die Wahrheit zu sagen: ich habe deren selbst noch mehr als genug und erblicke in all diesen Ueberlegungen nicht mehr als den ersten blassen Lichtschimmer eines hoffentlich anbrechenden tieferen Verständnisses.

Noch für etwas muss ich Ihnen sehr danken, und das ist das reizende Bild, mit welchem Sie alle diejenigen belohnt haben, die Ihnen anlässlich Ihres Festtages ihre Verehrung bekundet haben durch einen — wenigstens in meinem Falle — leider bloß symbolischen Akt. Das liebe Bild wird mir stets eine schöne Erinnerung sein an die Tage reinsten Genusses, die ich vor zwei Jahren in Brüssel unter Ihrer Führung verleben durfte.^[10]

Ich bitte Sie, stets überzeugt zu sein von der aufrichtigen Bewunderung und Verehrung

Ihres ganz ergebensten

E. Schrödinger.

^[1]See Letter 412.

^[2]*Schrödinger 1926e*.

^[3]In Bohr's theory the frequency of the light emitted by atoms does not correspond to any electronic vibrational or other physical intra-atomic frequency.

^[4]*Schrödinger 1926d*.

^[5]See *Dirac 1926* and *Pauli 1926*.

^[6]*Born, Heisenberg, and Jordan 1926*.

^[7]See note 5 and *Wentzel 1926a*.

^[8]The introduction of electron spin (see *Goudsmit and Uhlenbeck 1926*).

^[9]See *Schrödinger 1926c*.

^[10]Schrödinger had attended the fourth Solvay Conference in April 1924.

414. From Max Planck, 13 June 1926

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 13.6.26.

Lieber verehrter Herr College!

Ihr freundlicher Brief ruft in mir die Erinnerung wach an den ersten Solvay-Congress im Jahre 1911, dessen Thema fast genau so lautete wie das des jetzt wie-

der geplanten;^[1] und wenn ich an den harmonischen ertragsreichen Verlauf unserer damaligen Tagung denke, empfinde ich die Ehre, die mir durch Ihre gütige Einladung erwiesen wird, mit besonderer Freude, und fühle den Wunsch, derselben womöglich Folge zu leisten. Aber wenn ich dann weiter überdenke, was sich alles seit jener Zeit in sachlicher und persönlicher Hinsicht verändert hat, so kommen mir auf der anderen Seite doch wieder allerhand Bedenken, ob es richtig ist, wenn ich die Reise nach Brüssel antrete, und ich kann Ihnen mein Gefühl des aufrichtigen Dankes nicht besser zeigen, als indem ich mit der gleichen Aufrichtigkeit zu schildern versuche, was mich in Gedanken an diesen Plan beschäftigt.

Vor allem kann ich durchaus nicht finden — im Gegensatz zu meinem Gefühl vor 15 Jahren — dass meine Anwesenheit für die Arbeiten des Congresses von irgend einer Bedeutung sein würde. Ich gehöre ja längst nicht mehr zu denen, die in vorderster Linie an dem Ausbau der Quantentheorie arbeiten und die in erster Reihe zur Teilnahme an dem Congress berufen sind. Mit Freude ersehe ich aus der Liste der Einzuladenden, dass man die grösste Vollständigkeit zu erreichen bestrebt ist. Ganz besondere Genugtuung bereiten mir die Nahmen Heisenberg und Schrödinger, von denen der neueste Fortschritt ausgegangen ist. Schrödingers Idee hat mich geradezu begeistert, seine Differentialgleichung bringt uns einen Riesenschritt weiter, wenn auch freilich immer noch nicht an ein vollständig befriedigendes Ziel. Denn die Analogie mit der Wellenoptik geht doch nur bis zu einer gewissen Grenze. Am meisten stört mich folgendes. Wenn man mehrere von einander unabhängige Systeme, deren jedes seine besondere konstante Energie besitzt, als ein einziges System auffasst, so addiren sich dabei nach Schrödinger die Frequenzen, die ja den Energien proportional sind, und die Frequenz des Gesamtsystems ist eine andere als die des Einzelsystems, während doch physikalisch durch die Zusammenfassung in ein einziges System gar keine Veränderung bedingt wird. Daher glaube ich nicht an die Realität der Schrödingerschen Frequenzen. Es wird aber eine Frage von äusserstem Interesse sein, wo der Punkt liegt, bei dem man von dem im Uebrigen so einleuchtenden und folgerichtigen Gedanken der „undulatorischen“ Mechanik abgelenkt werden muss.

Es wird später einmal sehr verlockend sein, den Bericht des Congresses von 1927 mit dem von 1911 zu vergleichen. Welch ein Gegensatz wird sich da ergeben! Schon die Persönlichkeiten der Teilnehmer haben vielfach gewechselt, und die Rollen haben sich vertauscht. Das liegt in der Natur der Sache; denn es kommen immer neue, jüngere Forscher hinzu, während andere, ältere, ausscheiden. Und nun kommt das Bedenken, das ich Ihnen schildern muss. Wenn ich, der ich mir vollbewusst bin, dass ich nicht mehr notwendig bin für eine gedeihliche Arbeit auf dem Congress, dennoch zur Teilnahme eingeladen werde, so könnte das sein Begründung nur in meiner früheren Mitwirkung finden. Sehe ich mir nun die Liste der damaligen Teilnehmer an, so finde ich noch eine ganze Reihe von Collegen, die etwa in der gleichen Lage sind wie ich. Dass man nicht alle wieder einladen kann, sehe ich vollkommen ein, und weiter, dass es selbstverständlich allein Sache des einladenden Comite's ist, hier die Entscheidung zu treffen, nach Gesichtspunkten, die jedenfalls viel zu vielseitig sind, als dass ich sie zu übersehen vermöchte. Ich darf und will mich daher beileibe nicht vermessen, an der Liste der

Eingeladenen irgend eine Kritik zu üben. Aber auf der anderen Seite werden Sie es mir nicht verdenken können, wenn ich der starken Empfindung Ausdruck gebe, dass unter den früheren Teilnehmern, von deren Einladung man diesmal abgesehen hat, sich Persönlichkeiten befinden, die noch gegenwärtig in weit intensiverem Maasse an dem Weiterbau der Quantentheorie arbeiten als ich selber, und dass diese Empfindung etwas für mich ungemein bedrückendes hat. Ich denke dabei unter Anderen an meinen Collegen Sommerfeld in München, der ja eigentlich erst seit 1911 sich ganz auf die Quantentheorie geworfen hat und dessen Bedeutung für die Entwicklung der Theorie ich Ihnen nicht zu schildern brauche. Wenn ich Ihnen das alles so offen sage, so geschieht das selbstverständlich nicht entfernt in der Absicht, irgend einen Einfluss auf irgend eine Instanz ausüben zu wollen — das werden Sie schon dem vorher gesagten entnehmen — sondern in dem Bewusstsein der Verpflichtung, die ich fühle, die Bedenken zu schildern, die mich an einer freudigen Annahme der ehrenvollen Einladung hindern. Denn mit einem solchen bedrückenden Gefühl im Innern würde ich sicher Ihnen kein willkommener Gast sein. Dazu kommt noch meine Ungewandtheit in dem Gebrauch fremder Sprachen, die mir schon im Jahre 1911 im Verkehr mit den fremdländischen Collegen etwas hinderlich war, und die sich seit jener Zeit nicht gebessert hat.

Im Uebrigen ist es ja bis zum October 1927 noch eine geraume Zeit, und man kann sich noch vieles überlegen. Unter diesen Umständen wäre es mir doppelt erfreulich, einmal mündlich mit Ihnen über alle diese Dinge sprechen zu können. Leider wird sich eine Zusammenkunft in Paris, die Sie erwähnen, voraussichtlich nicht verwirklichen. Die kartellirten deutschen Akademicien haben nämlich beschlossen, dass eine jede zu der geplanten Konferenz nur einen einzigen Vertreter entsenden soll,^[2] und von unserer Akademie wird es der derzeitige vorsitzende Sekretar, der Physiologe Rubner sein. Im Uebrigen wird, so weit ich unterrichtet bin, von deutscher Seite den Wunsch ausgedrückt werden, die Konferenz im Haag stattfinden zu lassen. Doch das würde ja an dem vorher gesagten nichts ändern. Vielleicht ergibt sich ein andermal Gelegenheit zu einer mündlichen Aussprache über diese schwierigen und delikaten Dinge; denn ich weiss sicher, dass ich mich Ihnen sehr bald vollkommen verständlich machen würde.

Mit herzlichen Grüssen

Ihr treu ergebener

M. Planck.

^[1]Planck was invited to attend the fifth Solvay Conference, to take place in Brussels from 24 to 29 October 1927. The planned theme was “La théorie des quanta et les théories classiques du rayonnement” (the theme of the first Solvay Conference was “La théorie du rayonnement et les quanta”). It later became “Électrons et photons.” See Letter 406 for more on the program and the participants. Planck eventually overcame his misgivings and attended the meeting.

^[2]See Letters 406 and 408 for the planned meeting.

415. To Albert Einstein, 18 June 1926

Handwritten letter (Museum Boerhaave, Leiden).

Haarlem, den 18 Juni 1926.

Lieber Herr Kollege,

Wie Ehrenfest Ihnen geschrieben hat, haben wir jetzt in Leiden Dr. O. Klein,^[1] der bei Bohr arbeitet und interessante Betrachtungen über Fragen, die mit Schrödingers Theorie zusammenhängen entwickelt hat. Wir haben ihm gebeten für den Monat Juni nach Leiden zu kommen um diese Dinge mit den sich dafür Interessierenden zu besprechen. Es ist dies der erste Erfolg des am 11. Dez. gestifteten Fonds.^[2]

Nun möchte ich mich Ehrenfest anschliessen und Ihnen sagen, dass es uns sehr viel Freude machen würde, wenn Sie auch im Laufe dieses Monats einige Tage in Leiden sein könnten. Das wäre sehr schön.

Klein macht einen sehr guten Eindruck; er ist äusserst bescheiden.

Mit herzlichen Grüssen

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Oskar Klein (1894–1977); see *Klein, O. 1926* for his five-dimensional generalization of general relativity and its relation with wave mechanics. See also *Mehra and Rechenberg 1987*, pp. 810–813, for more details.

^[2]The Lorentzfonds (Lorentz Fund), established on the occasion of Lorentz's golden doctorate on 11 December 1925, with the purpose to stimulate research in theoretical physics.

416. To Erwin Schrödinger, 19 June 1926

Handwritten letter (Zentralbibliothek für Physik, Vienna).

Haarlem, den 19 Juni 1926.

Sehr geehrter Herr Kollege!

Ich habe Ihren letzten Brief,^[1] für den ich bestens danke, mit lebhaftem Interesse gelesen und er hat viel dazu beigetragen, mir Ihre Auffassungen verständlich zu machen. Ich sehe jetzt, dass die Schwierigkeiten, die ich empfand, zum Teil daher rührten, dass ich mich in zu hohem Maasse an die Vorstellungen der jetzigen Quantentheorie gewohnt hatte, sodass ich mich nicht sofort genügend davon befreien konnte. So kam ich z.B. dazu, es zu beanständen, dass bei Ihnen die Ausstrahlung als etwas „Nebensächliches“ auftritt.

Sie haben ganz recht, wenn Sie sagen, dass dieses auch in der klassischen Theorie insofern der Fall ist, als z.B. das dem Strahlungswiderstande entsprechende Glied in der Bewegungsgleichung eines Elektrons gegen die anderen Glieder

der weit zurückbleibt, sodass es oft in erster Annäherung vernachlässigt werden kann. Aber ich dachte an einen Quantensprung $2 \rightarrow 1$, wobei (wie ich mir, mit Bohr, vorstellte) die bestimmte endliche Energiemenge $E_2 - E_1$ mit der Frequenz

$\nu_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$ ausgestrahlt wird. Derartige Übergänge mögen selten vorkommen, aber bei jedem einzelnen Quantensprung ist die Ausstrahlung geradezu die

Hauptsache.* Wenn es aber gelingt, Ihre Auffassung (Ausstrahlung des Differenztons) durchzuführen, und wenn wir dann an die Ausstrahlung gerade der Energiemenge $E_2 - E_1$ gar nicht mehr zu denken haben, so wird mich das auch schon befriedigen.

In diesem Zusammenhang hat mir auch Ihre Bemerkung über das „strahlungs-erregende Vermögen“ eines bewegten Elektrons ganz gut gefallen. Auch hierbei dachte ich zu viel an die Energie des Elektrons. Wenn es gelingt, die Erscheinungen dadurch zu deuten, dass man mit dem bewegten Elektron eine bestimmte Frequenz verbindet, sodass man es mit einer Resonanz zu tun hat, so ist es viel schöner.

Indes erheben sich hier noch manche Fragen. Gesetzt, wir haben ein System mit den Grundschwingungen ν_1 und ν_2 , und zwar ist

$$\nu_1 = \frac{E_0 + E_1}{h}, \quad \nu_2 = \frac{E_0 + E_2}{h}, \quad (1)$$

wo E_1 und E_2 die (negativen) Energien sind, die wir dem Atom in zwei stationären Zuständen zuschreiben (nach Bohr), während E_0 ein hoher positiver Wert ist. Man kann sich nun vorstellen, dass unter dem Einfluss einer Bestrahlung von aussen mit der Frequenz $\nu_2 - \nu_1$ das System dazu veranlasst wird, wieder Licht von dieser selben Frequenz zu emittieren („Resonanz mit Differenzton“). Aber wie soll die Resonanz mit einem Elektron stattfinden? Bei de Broglie (geradlinig bewegtes Elektron) muss man unterscheiden zwischen der Frequenz im Inneren des Elektrons und jener der Wellen, die das Teilchen bei seiner Fortbewegung begleiten.^[2] Ich will mich hier an die erste halten, da ich von den Wellen in diesem Fall keine genügend klare Vorstellung habe.

Was nun die innere Frequenz betrifft, so wird diese, wenn sie für ein ruhendes Elektron den Wert ν_0 hat, für ein mit der Geschwindigkeit v bewegtes, nach der Relativitätstheorie

$$\nu_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \nu_0 - \nu_0 \cdot \frac{v^2}{2c^2}$$

*Um mir den Vorgang einigermaßen vorzustellen, habe ich mir oft gedacht, es gäbe einen Vibrator mit der Frequenz ν_{21} , der die Energie $E_2 - E_1$ aufnimmt und sie dann ruhig ausstrahlt; oder auch, das Atom verwandle sich, wenn es die Energie E_1 hat, zeitweise in einen Vibrator ν_{21} , und dieser werde wieder ein Bohr'sches Atom, wenn seine Energie durch Ausstrahlung auf E_2 abgenommen hat.

betragen. Man kann wohl schwerlich anders tun, als $v_0 = \frac{mc^2}{h}$ setzen. Dann kommt

$$\frac{mc^2 - \frac{1}{2}mv^2}{h}.$$

Erfahrungsmässig kann nun das Elektron die Ausstrahlung $v_2 - v_1$ veranlassen, wenn

$$\frac{1}{2}mv^2 = E_2 - E_1$$

ist, sodass der letzte Ausdruck wird

$$\frac{mc^2 + E_1 - E_2}{h} \quad (2)$$

Wie kann nun ein System mit den Grundfrequenzen (1) zur Resonanz gebracht werden, sodass es $v_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$ ausstrahlt, unter dem Einfluss einer Einwirkung mit der Frequenz (2)? Man sieht es nicht einmal ein, wenn man, was nahe liegt, $E_0 = mc^2$ setzt, und die Sache wird noch dadurch kompliziert, dass das Elektron durch das Elektron^[3] hindurchfliegt, sodass es mit seinen raschen Schwingungen nacheinander verschiedene Punkten des Schwingungsfeldes angreift, sodass wohl noch etwas wie ein Doppler-Effekt in Betracht gezogen werden müsste.

— — — —

Mit der Zusendung Ihrer Note „Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik“^[4] haben Sie mir eine grosse Freude gemacht, und als ich sie gelesen hatte, war mein erster Gedanke: mit einer Theorie, die einen Einwand in so über-raschender und schöner Weise widerlegt, muss man schon auf dem rechten Wege sein. Leider hat sich meine Freude alsbald wieder getrübt; ich kann nämlich nicht einsehen, wie Sie z.B. im Fall des Wasserstoffatoms Wellenpakete konstruieren können, die (ich denke jetzt an die *sehr hohen* Bohr'schen Bahnen) sich wie das Elektron bewegen. Die dazu erforderlichen *kurzen* Wellen stehen nicht zu Ihrer Verfügung. Ich habe diesen Punkt schon in meinem ersten Briefe berührt, und möchte jetzt etwas näher darauf eingehen. Vorher erlaube ich mir aber, Ihnen einige Rechnungen mitzuteilen, zu denen Ihre Note mich veranlasst hat. Vielleicht kann die Methode, die ich dabei benutzt habe, in irgend einem Fall Anwendung finden.

Da wir vorläufig schwerlich darauf hoffen dürfen, in komplizierteren Fällen die Wellenpakete wirklich zu konstruieren, so stellte ich mir die Frage: wenn man *annimmt*, dass es Wellengruppen gibt, die dauernd auf einen kleinen Raum beschränkt bleiben, kann man dann beweisen, dass sie sich in einem Kraftfelde genau so wie ein Elektron bewegen müssen? Natürlich würde man dies sofort behaupten können, wenn man die Aussagen der gewöhnlichen Optik über die Fortpflanzung (Lichtstrahlen, Gruppengeschwindigkeit) auf die jetzt vorliegenden

Fälle übertragen dürfte. Man muss aber mit dieser Übertragung vorsichtig sein; wie Sie bemerken, ist in der Optik von einer kontinuierlichen Reihe von Frequenzen die Rede, hier aber nur von einzelnen diskreten Frequenzen. Ihr Resultat zeigt schon, dass man in dem betrachteten Fall etwas anderes (und zwar *mehr*, nämlich ein wirklich dauerndes Zusammenbleiben) ableiten kann als aus den besagten optischen Sätzen.

Ich habe die Methode zunächst am linearen Vibrator versucht, und dann auf das H-Atom angewandt.

— — — — —
Linearer Vibrator.

Ihre Wellengleichung lautet, wenn ich einen der Eigenwerte einsetze

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + (2n + 1 - x^2)\Psi = 0 \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

und die einem bestimmten Wert n entsprechende Frequenz ist*

$$\frac{1}{2}(2n + 1)v_0 \quad (4)$$

Aus (3) leite ich ab (ähnlich wie Sie in Ihrem letzten Briefe von $L[u] + Eu = 0$,

auf $LL[u] + \frac{h^2}{4\pi^2}\ddot{u} = 0$ übergehen)

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2\right)\left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2\right)\Psi = (2n + 1)^2\Psi,$$

oder da nach (4)

$$\frac{d^2}{dt^2} = -(2n + 1)^2\pi^2v_0^2$$

ist,

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - x^2\right)\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - x^2\right)\Psi + \frac{1}{\pi^2v_0^2}\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0,$$

oder

$$\frac{\partial^4\Psi}{\partial x^4} - 2x^2\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} - 4x\frac{\partial\Psi}{\partial x} + (x^4 - 2)\Psi + \frac{1}{\pi^2v_0^2}\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (5)$$

Dies ist die „Bewegungsgleichung“.† Durch Multiplikation mit $\frac{\partial\Psi}{\partial t}$ leite ich aus ihr eine Gleichung ab, die, wenn (5) die Bewegungsgleichung eines materiellen

*Sie sagen nämlich, dass in der Lösung der Faktor $e^{(2n+1)\pi iv_0 t}$ auftritt.

†Man kann sich durch direkte Substitution davon überzeugen, dass

$$\Psi = e^{-\frac{1}{2}(x - A \cos 2\pi v_0 t)^2} \cos \left[\pi v_0 t + a \sin 2\pi v_0 t \left(x - \frac{1}{2} a \cos (2\pi v_0 t) \right) \right]$$

oder (einfacher) der komplexe Ausdruck, von dem dies der reelle Teil war, der Gleichung (5) genügt.

Systems wäre, die „Energiegleichung“ sein würde und die ich jetzt, nur um einen Namen zu haben, ebenso benennen will. Die Gleichung hat die Gestalt

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

wo ε und S Funktionen von x und t sind. Die erst möge die „Energie pro Längeneinheit“ und die zweite der „Energiestrom pro Zeiteinheit“ heissen, wobei wir aber gar nicht an wirkliche Energie denken wollen. Die Grössen ε und S sind nur mathematische Hilfsgrössen.

Sie sind übrigens nicht eindeutig bestimmt, denn man kann, wenn f eine beliebige Funktion von x und t ist, zu ε die Grösse $\frac{\partial f}{\partial x}$ und zu S die Grösse $-\frac{\partial f}{\partial t}$ addieren, ohne dass (6) aufhört zu gelten. Im Folgenden ist denn auch von einem „geeignet gewählten“ ε die Rede.

Es wird angenommen, dass für $x = -\infty$ und $x = +\infty$ alle abhängigen Variablen verschwinden. Dann folgt aus (6)

$$\frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon dx = 0$$

oder

$$\int \varepsilon dx = \text{konst.}, \quad (7)$$

d.h., die „Gesamtenergie“ ist konstant.

Ich definiere nun den „Schwerpunkt des Wellensystems“ durch die Gleichung

$$\mathbf{x} = \frac{\int \varepsilon x dx}{\int \varepsilon dx} \quad (8)$$

(alsob ε eine materielle Dichte wäre) und beweise, dass bei geeignet gewähltem ε

$$\frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} = -4\pi^2 \nu_0^2 \mathbf{x} \quad (9)$$

ist. D.h. der Schwerpunkt des Wellensystems macht einfach harmonische Schwingungen mit der Frequenz ν_0 . Dies gilt wie lange auch die Strecke sein möge, über die sich das Wellensystem ausbreitet. Ist nun das System auf ein äusserst kleines Intervall von x beschränkt, so wird der Schwerpunkt *in* diesem Intervall liegen (Bemerkung hierzu weiter unten) und dann dürfen wir schliessen, dass das Wellensystem mit der Frequenz ν_0 hin und her schwingt.

Beweis. Da der Nenner in (8) unabhängig von t ist, so können wir für die zu beweisende Gleichung (9) schreiben

$$\frac{d^2}{dt^2} \int \varepsilon x dx + 4\pi^2 \nu_0^2 \int \varepsilon x dx = 0$$

Nun ist

$$\frac{d}{dt} \int \varepsilon x dx = \int x \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} dx = - \int x \frac{\partial S}{\partial x} dx = \int S dx,$$

und folglich

$$\frac{d^2}{dt^2} \int \epsilon x dx = \int \frac{\partial S}{\partial t} dx .$$

Es ist also zu beweisen:

$$\int \left(\frac{\partial S}{\partial t} + 4\pi^2 v_0^2 \epsilon x \right) dx = 0 ,$$

oder

$$\frac{\partial S}{\partial t} + 4\pi^2 v_0^2 \epsilon x = 0 , \quad (10)$$

wo (=) bedeutet „gleich bis auf Glieder, die Differentialquotienten nach x sind, und also bei der Integration nach x verschwinden, „belanglose Glieder“, wie wir sagen wollen.“

Naheliegenden Werte von S und ϵ , auf die man sogleich kommt wenn man (5) mit $\frac{\partial \Psi}{\partial t}$ multipliziert, sind

$$(S) = \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^3} \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} - 2x^2 \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

$$(\epsilon) = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \right)^2 + 2x^2 \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2 + (x^4 - 2)\Psi^2 + \frac{1}{\pi^2 v_0^2} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 \right] .$$

Die Klammer um S und ϵ sollen andeuten, dass dies nur vorläufige und nicht die geeignet gewählten Werte sind. Es zeigt sich nämlich, dass man wohl daran tut, zu (5) und (6) die Größen

$$-2 \frac{\partial}{\partial t} (\Psi^2 x) , \quad \text{bzw.} \quad 2 \frac{\partial}{\partial x} (\Psi^2 x) \quad (11)$$

zu addieren. Wir setzen also

$$S = \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^3} \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} - 2x^2 \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t} - 4x \Psi \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (12)$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \right)^2 + 2x^2 \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2 + (x^4 - 2)\Psi^2 + \frac{1}{\pi^2 v_0^2} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 + 4 \frac{\partial}{\partial x} (x \Psi^2) \right] \quad (13)$$

Da belanglose Glieder in S auch belanglose Glieder in $\frac{\partial S}{\partial t}$ liefern, so kann man S umformen, indem man wie bei der partiellen Integration nach x verfährt, und belanglose Glieder fortlässt. Z.B., das erste Glied in (12):

$$\frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^3} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial \Psi}{\partial t} \right) - \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} (=) - \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} ;$$

das erste und zweite Glied in (12) zusammengenommen:

$$-2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t}$$

Dies liefert für $\frac{\partial S}{\partial t}$:

$$-2 \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^2 \partial t} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} - 2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x \partial t^2},$$

wo das erste Glied belanglos ist, während man das zweite durch

$$2 \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^3} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$$

ersetzen darf. Behandelt man die anderen Glieder in (12) in ähnlicher Weise, so kommt schliesslich

$$\frac{\partial S}{\partial t} (=) 2 \frac{\partial^3 \Psi}{\partial x^3} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - 4x \Psi \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - 2x^2 \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - 2x \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 \quad (14)$$

Wir haben jetzt die Werte (13) und (14) in (10) einzuführen. Dabei heben sich die Glieder mit $\left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2$. Eben um dies zu erreichen war es nötig die Grössen (11) zu addieren. Auch alles Übrige verschwindet (unter fortwährender Ausschaltung belangloser Glieder), wenn man in (14) für $\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$ den aus der Bewegungsgleichung (5) folgenden Wert einführt. Damit ist unser Satz bewiesen.

— — — —

Ich habe gezeigt, dass, wenn die Erregung auf ein sehr klein Intervall von x beschränkt bleibt, der Schwerpunkt x innerhalb dieses Intervalles liegt. Das ist klar wenn ϵ überall dasselbe Vorzeichen hat, braucht aber nicht wahr zu sein, wenn diese „Dichte“ in einem Teile des Gebietes positiv und in einem anderen negativ ist. Nun sind zwar die meisten Glieder in (13) positiv; aber ich kann nicht beweisen, dass der Gesamtwert an allen Stellen positiv ist. Schreibt man für das letzte Glied $4\Psi^2 + 4x \frac{\partial(\Psi^2)}{\partial x}$, so zerfällt ϵ in einen Teil a , der in dem kleinen Gebiete an allen Stellen positiv ist, und den Teil

$$b = 4x \frac{\partial(\Psi^2)}{\partial x},$$

der, wegen der kleinen Wellenlänge viele Male das Vorzeichen wechselt. Man „fühlt“ wohl, dass sowohl in $\int \epsilon dx$, wie auch in $\int \epsilon x dx$ der Beitrag von b gegen den von a herrührenden zurückbleibt, und dann muss der Schwerpunkt *in* dem Gebiete liegen.

Übrigens kann man sauber beweisen, dass, und zwar in allen Fällen, auch wenn die Erregung nicht auf einen kleinen Raum beschränkt ist, die Gesamtenergie

$$E = \int \epsilon dx$$

positiv ist.

Aus (13) folgt nämlich, wenn man zur Abkürzung

$$\frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \right)^2 + 2x^2 \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2 + (x^4 - 2) \Psi^2 \right] = A$$

setzt

$$E = \int A dx + \frac{1}{2\pi^2 v_0^2} \int \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 dx \quad (15)$$

Andererseits aus der Bewegungsgleichung (5), wenn man diese mit Ψ multipliziert und dann nach x integriert,

$$\int A dx + \frac{1}{\pi^2 v_0^2} \int \Psi \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} dx = 0 \quad (16)$$

Aus (15) und (16), wenn man $\int A dx$ eliminiert,

$$E = \frac{1}{\pi^2 v_0^2} \int \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 dx - \frac{1}{4\pi^2 v_0^2} \frac{d^2}{dt^2} \int \Psi dx.$$

Hier wollen wir jetzt zu den zeitlichen Mittelwerten für einen langen Zeitraum übergehen. Für das letzte Glied dürfen wir den Mittelwert wohl gleich Null setzen (stationärer Zustand) und wegen der Konstanz von E ist $E = \overline{E}$. Also

$$E = \frac{1}{\pi^2 v_0^2} \overline{\int \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 dx}$$

und daher positiv.

Der benutzte Kunstgriff ist demjenigen ähnlich, den man beim Beweise des Virialsatzes anwendet, und das Resultat entspricht dem Satze, dass bei Systemen mit einfachen Schwingungen die zeitlichen Mittelwerte der potentiellen Energie U und der kinetischen Energie T gleich sind, und daher der Gesamtenergie $= 2T$.

— — — — —
Wasserstoffatom.

Wellengleichung

$$\Delta \Psi + \frac{2m}{K^2} (h\nu - V) \Psi = 0 \quad (17)$$

V ist die potentielle Energie des Elektrons und zwar so gerechnet, dass sie im Unendlichen nicht verschwindet, sondern einen hohen positiven (etwa mc^2) Wert hat.

Bewegungsgleichung, wenn man

$$\frac{2m}{K^2} = \alpha \quad (18)$$

setzt, und

$$K = \frac{h}{2\pi} \quad (19)$$

berücksichtigt, nach einfacher Umformung

$$(\Delta - \alpha V)^2 \Psi = -2\alpha m \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2},$$

oder*

$$\Delta^2 \Psi - 2\alpha \left(\frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial \Psi}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z} \frac{\partial \Psi}{\partial z} \right) - 2\alpha V \Delta \Psi - \alpha \Delta V \Psi + \alpha^2 V^2 \Psi + 2\alpha m \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0. \quad (20)$$

Hieraus kann wieder durch Multiplikation mit $\frac{\partial \Psi}{\partial t}$ die Energiegleichung abgeleitet werden, und zwar jetzt in der Form

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} + \frac{\partial S_z}{\partial z} = 0 \quad (21)$$

ϵ Energie pro Volumeneinheit; S_x, S_y, S_z Komponenten des Energiestroms. Hieraus folgt* die Konstanz der Energie ($d\tau$ Volumenelement)

$$\frac{d}{dt} \int \epsilon d\tau = 0, \quad \int \epsilon d\tau = \text{Konst}$$

Wir definieren jetzt, bei zweckmässiger Wahl von ϵ , die Koordinaten des Schwerpunktes

$$\mathbf{x} = \frac{\int \epsilon x d\tau}{\int \epsilon d\tau}, \quad \mathbf{y} = \frac{\int \epsilon y d\tau}{\int \epsilon d\tau}, \quad \mathbf{z} = \frac{\int \epsilon z d\tau}{\int \epsilon d\tau} \quad (22)$$

Wir können sagen die räumlichen Mittel von x, y, z , wenn jedem Einzelwert das Gewicht $\epsilon d\tau$ beigelegt wird.

Ebenso^[5] die Mittelwerte der Komponenten der auf eine Ladung e wirkenden Kraft

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial x} = - \frac{\int \epsilon \frac{\partial V}{\partial x} d\tau}{\int \epsilon d\tau}, \quad \text{u.s.w.} \quad (23)$$

Schliesslich wollen wir die Verhältnisse

$$\frac{\frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2}}{\frac{\partial \bar{V}}{\partial x}}, \quad \frac{\frac{d^2 \mathbf{y}}{dt^2}}{\frac{\partial \bar{V}}{\partial y}}, \quad \text{u.s.w.}$$

betrachten. Es wird sich zeigen, dass für diese mit weitgehender Annäherung der Wert $\frac{1}{m}$ gesetzt werden kann. D.h.

*Es ist nicht nötig, $\Delta V = 0$ zu benutzen.

*Ich integriere unverfornen über den Ursprung hin und nehme an, dass die Integrale über die unendlich entfernte Grenzfläche des Raumes verschwinden. Unter dem Zeichen \int sind

jetzt Grössen wie $\frac{\partial \Phi}{\partial x}, \frac{\partial \Phi}{\partial y}$ oder $\frac{\partial \Phi}{\partial z}$ belanglos.

Der Schwerpunkt des Wellensystems bewegt sich wie ein Punkt von der Masse m , auf den die genannte mittlere Kraft wirkte. Bei dem Beweise können wir uns auf die x -Richtung beschränken. Da der Nenner $\int \varepsilon d\tau$ in (22) und (23) konstant ist, so ist zu berechnen das Verhältnis

$$\omega = \frac{\frac{d^2}{dt^2} \int \varepsilon x d\tau}{\int -\varepsilon \frac{\partial V}{\partial x} d\tau} = \frac{I_2}{I_1} \quad (24)$$

Um I_2 zu berechnen:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \int \varepsilon x d\tau &= \int x \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} d\tau = - \int x \left(\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} + \frac{\partial S_z}{\partial z} \right) d\tau = \int S_x d\tau \\ I_2 &= \int \frac{\partial S_x}{\partial t} d\tau. \end{aligned}$$

Die nächstliegenden Werte von ε , S_x , u. s. w., auf die man sogleich kommt wenn man die Bewegungsgleichung (20) mit $\frac{\partial \Psi}{\partial t}$ multipliziert, sind

$$\begin{aligned} (\varepsilon) &= \frac{1}{2} (\Delta \Psi)^2 + \alpha V \left[\left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z} \right)^2 \right] - \frac{1}{2} \alpha \Delta V \Psi^2 \\ &\quad + \frac{1}{2} \alpha^2 V^2 \Psi^2 + \alpha m \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 \quad (25) \end{aligned}$$

$$(S_x) = \frac{\partial \Delta \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \Delta \Psi \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} - 2\alpha V \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t}, \quad \text{u. s. w.} \quad (26)$$

Indes ist es auch jetzt nötig, hierzu gewisse mit (21) verträgliche Glieder zu addieren, und zwar ist der Zweck dabei diesesmal, es so einzurichten, dass sowohl in ε , wie in $\frac{\partial S}{\partial t}$ neben Differentialquotienten von Ψ nach den Koordinaten, nur $\frac{\partial^2}{\partial t^2}$

und nicht $\frac{\partial}{\partial t}$ vorkommt, sodass, wenn man $\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$ der Bewegungsgleichung (20)

entnimmt, nur Differentialquotienten nach x , y , z übrig bleiben. Die Glieder in (25) und (26), die in dieser Weise umzuformen sind, sind die folgenden:

a. Das Glied $\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t}$ in (26). Wir fügen hinzu

$$-\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial x} \Psi \right), \quad (27)$$

sodass entsteht

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \frac{\partial^2 \Delta \Psi}{\partial x \partial t} \Psi \right),$$

was für $\frac{\partial S_x}{\partial t}$ liefert:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial x} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} - \frac{\partial^3 \Delta \Psi}{\partial x \partial t^2} \Psi \right).$$

Dem Ausdruck (27) entsprechend haben wir zu S_y und S_z zu addieren:

$$-\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial y} \Psi \right) \text{ und } -\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial z} \Psi \right),$$

also zu $\text{div} S$

$$-\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \text{div}(\Psi \text{grad} \Delta \Psi),$$

und zu ϵ

$$\frac{1}{2} \text{div}(\Psi \text{grad} \Delta \Psi).$$

b. Das Glied $-\Delta \Psi \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t}$ in (26). Wir addieren zu S_x

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\Delta \Psi \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right),$$

und ähnliche Ausdrücke zu S_y und S_z . Also zu $\text{div} S$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \text{div}(\Delta \Psi \text{grad} \Psi)$$

und zu ϵ

$$-\frac{1}{2} \text{div}(\Delta \Psi \text{grad} \Psi).$$

c. Das Glied $-2\alpha V \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t}$ in (26). Es ist hinzuzufügen zu S_x

$$\alpha V \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \Psi \right) = \frac{1}{2} \alpha V \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial (\Psi^2)}{\partial x},$$

zu S_y und S_z entsprechende Ausdrücke; zu $\text{div} S$:

$$\frac{1}{2} \alpha V \frac{\partial}{\partial t} \Delta (\Psi^2) + \frac{1}{2} \alpha \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial (\Psi^2)}{\partial x} + \text{u.s.w.} \right]$$

und zu ϵ

$$-\frac{1}{2} \alpha V \Delta (\Psi^2) - \frac{1}{2} \alpha \left[\frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial (\Psi^2)}{\partial x} + \text{u.s.w.} \right]$$

d. Das Glied $\alpha m \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2$ in (25). Hier fügen wir hinzu

$$-\alpha m \frac{\partial}{\partial t} \left(\Psi \frac{\partial \Psi}{\partial t} \right), \tag{28}$$

sodass wir bekommen

$$-\alpha m \Psi \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}.$$

Der Ausdruck (28) zeigt, dass wir $\text{div}S$ zu ändern haben um

$$\alpha m \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\psi \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) = \frac{1}{2} \alpha m \frac{\partial^3 (\psi^2)}{\partial t^3}.$$

Wir erreichen das, wenn wir zu S_x, S_y, S_z addieren $\frac{\partial \chi}{\partial x}, \frac{\partial \chi}{\partial y}, \frac{\partial \chi}{\partial z}$, wo χ eine durch die Gleichung

$$\Delta \chi = \frac{1}{2} \alpha m \frac{\partial^3 (\psi^2)}{\partial t^3}$$

bestimmte Hilfsfunktion ist. Diese zu S_x, S_y, S_z hinzuzufügenden Glieder sind aber belanglos.

Das Resultat der Rechnung wird $\left(F^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right)$

$$I_1 = \int \left[-\alpha^2 V^2 \frac{\partial V}{\partial x} \psi^2 + 2\alpha V \frac{\partial V}{\partial x} \psi \Delta \psi - \frac{1}{2} \alpha \psi^2 \frac{\partial (F^2)}{\partial x} - \psi \Delta^2 \psi \frac{\partial V}{\partial x} \right] d\tau \quad (29)$$

$$I_2 = \frac{1}{m} \int \left[-\alpha^2 V^2 \frac{\partial V}{\partial x} \psi^2 + 2\alpha V \frac{\partial V}{\partial x} \psi \Delta \psi - \frac{1}{4} \alpha \psi^2 \frac{\partial (F^2)}{\partial x} - \left\{ (\Delta \psi^2) + \frac{1}{2} \psi \Delta^2 \psi \right\} \frac{\partial V}{\partial x} \right] d\tau \quad (30)$$

Es handelt sich jetzt darum, die Grössenordnung der verschiedenen Glieder ins Auge zu fassen. Dabei betrachten wir, dass die Radien der Bohr'schen Kreisbahnen bestimmt werden durch

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 e^2 m}.$$

Nach (18) und (19) hat man also

$$\alpha = \frac{8\pi^2 m}{h^2} = \frac{2}{e^2 r_1}, \quad (31)$$

wenn r_1 der Radius der ersten Kreisbahn ist.

Für den Wert, den die potentielle Energie V im Unendlichen annimmt, dürfen wir setzen

$$\frac{e^2}{R},$$

wenn R eine Grösse von der Ordnung des Radius des Elektrons, in gewöhnlicher Weise aus Ladung und Masse berechnet, bedeutet. Wäre nämlich der genannte

Wert mc^2 , so könnte man dafür auch schreiben $\frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$, wenn man die bekannte For-

mel für die elektromagnetische Masse* berücksichtigt und mit a den Radius bezeichnet. Dann wäre also $R = \frac{3}{2}a$.

Für einen Punkt in der Entfernung r vom Kern ist zu setzen

$$V = \frac{e^2}{R} - \frac{e^2}{r}.$$

Während also V selbst von der Grössenordnung $\frac{e^2}{R}$ ist, sind die erste, zweiten u.s.w. Differentialquotienten nach den Koordinaten der Reihe nach von den Ordnungen

$$\frac{e^2}{r^2}, \frac{e^2}{r^3}, \text{ u.s.w.}$$

Endlich sind die entsprechenden Differentialquotienten von ψ von den Ordnungen

$$\frac{\psi}{\lambda}, \frac{\psi}{\lambda^2}, \text{ u.s.w.}$$

Aus dem Gesagten geht hervor, dass sowohl in I_1 wie auch in I_2 die vier unter dem Integralzeichen stehenden Glieder sich verhalten wie Grössen von den Ordnungen

$$\frac{1}{r_1^2 R^2}, \frac{1}{r_1 R \lambda^2}, \frac{1}{r_1 r^3}, \frac{1}{\lambda^4}$$

Nun ist, wie wir sogleich sehen werden, λ nicht kleiner als eine Grösse von der Ordnung $\sqrt{r_1 r}$. Von den vier Gliedern übersteigt also, wegen der kleinen Grösse von R , das erste bei weitem alle anderen, sodass es nur auf dieses erste Glied ankommt. Da nun dieses in den beiden Integralen in (29) und (30) dasselbe ist, so wird das gesuchte Verhältnis (24) in grosser Annäherung

$$\frac{1}{m},$$

was wir beweisen wollten.

Da nun aber, eben wegen der grossen Werten von λ , ein kleines zusammenbleibendes Wellenpaket (sagen wir von der Grössenordnung R) nicht existieren kann, so können wir aus dem abgeleiteten Satze nicht ableiten (wie wir sonst tun könnten), dass ein solches Wellenpaket sich wie ein Elektron bewegt.

— — — —

Was nun die Grösse der Wellenlänge betrifft, so schreiben wir zunächst für die Wellengleichung (17)

$$\Delta\psi + \alpha\left(h\nu - \frac{e^2}{R} + \frac{e^2}{r}\right)\psi = 0$$

* $m = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^2 a}$ (Flächenladung, gewöhnliche elektrostatische Einheiten).

und bemerken, dass hier $h\nu - \frac{e^2}{R}$ die Stelle des von Ihnen berechneten Eigenwertes von E vertritt. Dieser ist für den n^{ten} Schwingungszustand $-\frac{e^2}{2r_n}$. Die Wellengleichung wird somit, wenn man auch den Wert von α (31) substituiert

$$\Delta\psi + \frac{1}{r_1} \left(-\frac{1}{r_n} + \frac{2}{r} \right) \psi = 0$$

Daraus folgt für die Wellenlänge (n^{ten} Bewegungszustand)

$$\lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{r_1} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{r_n} \right)}}$$

In einem bestimmten Punkt (r) kommen also keine kleinere Wellenlängen vor als

$$\frac{2\pi}{\sqrt{2}} \sqrt{rr_1};$$

wohl dagegen grössere, und zwar wenn r_n sich dem Wert r nähert, sehr grosse.

Dies ist der Grund, weshalb es mir scheint, dass Sie bei der jetzigen Gestalt Ihrer Theorie nicht imstande sein werden, Wellenpakete zu konstruieren, welche die in sehr hohen Bohr'schen Bahnen laufenden Elektronen repräsentieren können. Denn soviel dürfen wir doch wohl der klassischen Optik entnehmen, * dass ein Wellenpaket sehr viele Wellenlängen umfassen muss. In Ihrem Beispiel des linearen Vibrators hatten Sie den Vorteil, dass beliebig kurze Wellen zur Verfügung standen.

— — — — —

Sie sprechen in Ihrem Briefe davon, dass eine gewisse in ψ quadratische Grösse die elektrische Dichte (und nicht etwa eine Energie) bedeuten könnte, wobei Sie sich das Elektron als „verwischt“ vorstellen. Ich möchte nur fragen, wenn wir eine in den Formeln vorkommende Grösse ρ mit der Dichte einer Ladung identifizieren, wäre es dann nicht schön (und erwünscht), wenn $\int \rho d\tau = \text{konst.}$

wäre? Das dürfte wohl kaum zutreffen mit $\rho = \psi \bar{\psi}$. Würde es nicht näher liegen, für ρ einen der Werte zu nehmen, die ich im Vorhergehenden mit ϵ bezeichnet und Energie genannt habe? $\int \epsilon d\tau$ ist ja konstant.

Eine zweite Frage: können Sie positive und negative Ladung unterscheiden?

Eine Schwierigkeit, auf die ich bereits hinwies, besteht darin, dass das in den Formeln vorkommende V (mit dem Gliede $-\frac{e^2}{r}$) sich nur auf das Feld des Kernes bezieht; kann man sich auf dieses Potential beschränken, wenn auch negative Ladung vorhanden ist, entweder kontinuierlich über den Raum verbreitet, oder in ei-

*Man könnte es auch wohl aus der jetzt in Betracht kommenden Bewegungsgleichung ableiten (Analogon zum Huygens'schen Prinzip).

nem Elektron konzentriert? Ändert man an dem Gliede $\frac{e^2}{r}$, so läuft man Gefahr die richtigen Eigenwerte von E zu verlieren.

Das sind alles dunkle Punkte. Andererseits ist es wieder erfreulich, dass, wenn Sie $\psi\bar{\psi}$ für die Ausstrahlung verantwortlich machen (Sie könnten dasselbe mit jeder quadratischen Grösse erreichen), Sie schon dadurch die Differenztöne und die ausgestrahlten Frequenzen zum Vorschein kommen lassen, ohne dass noch weitere Annahmen (Nichtlinearität der Gleichungen) nötig sind.

— — — —

Ich möchte zum Schluss, wenn Sie es erlauben, kurz zusammenfassen, was jetzt, wie mir scheint, soweit sie entwickelt ist, und soweit sie aufrechterhalten kann, von Ihrer Theorie gesagt werden kann, wobei ich insbesondere an das H-Atom denke. Ich lasse dabei die Energiepakete fallen, und spreche auch nicht von dem Verwischen oder Auflösen des Elektrons.

1. In dem Kernfelde können schwingende Wellenzustände bestehen, die einer bestimmten Bewegungsgleichung gehorchen. Es werden Vorschriften gegeben, um diese aus den Bewegungsgleichungen eines Elektrons abzuleiten. Das in der Bewegungsgleichung vorkommende Potential V ist das von der Kernladung abhängige. Die Ladung des Elektrons hat auf dieses Potential keinen Einfluss.

2. Die möglichen Wellenzustände haben bestimmte (sehr hohe) Frequenzen, die man durch Berücksichtigung der Grenzbedingungen (für $r = 0$ und $r = \infty$) findet. In jedem Punkte bestimmte w und λ , abhängig von Punkt, unabhängig von Richtung.

3. Für die Ausstrahlung wird eine in Bezug auf ψ quadratische Grösse verantwortlich gemacht. Dies führt, sobald zwei der genannten Bewegungszustände mit den Frequenzen ν_1 und ν_2 zugleichzeit bestehen, zu der *ausgestrahlten* Frequenz $\nu_2 - \nu_1$ (und zu einer Frequenz $\nu_2 + \nu_1$, die *sehr* hoch liegt und von der wir absehen dürfen (oder wollen)).

Vom Elektron ist so weit noch kaum die Rede. Es muss aber wohl irgendwie an den Vorgängen beteiligt sein, was schon daraus hervorgeht, dass das Spektrum eines Atoms durch Verlust eines Elektrons gründlich geändert wird. Darum füge ich noch Folgendes hinzu.

4. Es giebt bei einem der genannten Schwingungszustände „ausgezeichnete“ Linien, * dadurch gekennzeichnet, dass bei festgehaltenen Endpunkten

$$\delta \int \frac{ds}{w} = 0 \quad (32)$$

ist; w Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die ausgezeichneten Linien sind für den n^{ten} Zustand genau die n -quantigen Bahnen des Elektrons in der Bohr'schen Theorie.

Beweis: Man kann (32) ersetzen durch

*Ich nenne sie so und spreche nicht von „Lichtstrahlen“, weil von der physikalischen Bedeutung dieser letzteren (Begrenzung eines weiten Bündels) nicht mehr die Rede ist.

$$\delta \int \frac{ds}{\lambda} = 0. \quad (33)$$

Nun steht für den n^{ten} Zustand, den wir betrachten wollen, $E = E_n$ fest, und in der Wellengleichung

$$\Delta \Psi + 2 \frac{m}{K^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \Psi = 0 \quad (34)$$

bedeutet $E + \frac{e^2}{r}$ die kinetische Energie $\frac{1}{2}mv^2$, die ein Elektron mit der Gesamtenergie E_n an der betrachteten Stelle haben würde. Leitet man nun aus (34) λ ab, so wird $\lambda \sim \frac{1}{v}$ (mit konstantem Faktor); also verwandelt sich (33) darin, dass bei vorgeschriebenem E_n

$$\delta \int v ds = 0$$

sein soll. Das ist aber gerade die Bedingung, welche die Bewegung eines Elektrons bestimmt.

5. Man sieht zugleichzeit, dass die ausgezeichneten Linien geschlossen sind (Ellipsen oder Kreise). Sie haben nun die weitere Eigenschaft, dass ihr Umfang, in Wellenlängen ausgedrückt (ich meine $\int \frac{ds}{\lambda}$) eine ganze Zahl ist.*

Beweis: Aus (34) folgt für die Wellenlänge:

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} = \frac{2m}{K^2} \cdot \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m^2v^2}{K^2}; \quad \lambda = \frac{2\pi K}{mv} = \frac{h}{mv}.$$

Also

$$\int \frac{ds}{\lambda} = \frac{1}{h} \int m v ds = \frac{2}{h} \int T dt = \frac{2}{h} \Theta \bar{T},$$

wenn Θ die Umlaufszeit des Elektrons in der betrachteten Bahn und \bar{T} das zeitliche Mittel der kinetischen Energie ist. Nun gilt aber bei der Bewegung in einer Keplerellipse der Satz

$$\bar{T} = -E,$$

wenn E die Energie ist (potentielle Energie im Unendlichen Null). Wir haben daher zu berechnen

$$-\frac{2}{h} \Theta E_n$$

und können das für eine Kreisbahn tun, da ja für alle n -Quantenbahnen, seien es Kreise oder Ellipsen, die Umlaufszeit Θ dieselbe ist. Nun ist für eine Kreisbahn vom Radius r_n

*Wir können hierüber sprechen, auch ohne gerade an eine Fortpflanzung der Linie entlang, zu denken.

$$E_n = -\frac{e^2}{2r_n}$$

$$\Theta = \frac{2\pi r_n}{v_n},$$

sodass unser Ausdruck wird

$$\frac{2\pi e^2}{h v_n}.$$

Also, da nach einer bekannten Formel $v_n = \frac{2\pi e^2}{nh}$ ist,

$$\int \frac{ds}{\lambda} = n.$$

6. Aus irgend einem Grunde* kann das Elektron sich nur in einer ausgezeichneten Linie bewegen. Dabei bleiben wir einigermaßen im Unsicheren darüber, was das Elektron tun wird, wenn zwei der Schwingungszustände zugleichzeitig bestehen.

Wie Sie sehen nähert man sich mit dem zuletzt gesagten den Ausführungen de Broglie's. Ihm gegenüber haben Sie den Fortschritt gemacht, dass Sie uns die Wellenzustände klar vor Augen stellen und das ist ein wichtiger Schritt.

Indes, wenn wir die Wellenpakete aufgeben müssen und damit einen der Grundgedanken Ihrer Theorie, die Umwandlung der klassischen Mechanik in eine undulatorische, so würde damit etwas verloren gehen, das sehr schön gewesen wäre. Es würde mich sehr freuen, wenn Sie hier einen Ausweg finden könnten.

Übrigens wäre ich sehr zufrieden wenn man nun auch für einige andere Fälle (Relativitätskorrektur, Mitbewegung des Kernes, Stark- und Zeemaneffekt) soweit kommen könnte, wie nach dem oben, 1–6 gesagten, für das Balmer-spektrum.

Mit freundlichen Grüßen und in vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]Letter 413.

^[2]Louis de Broglie; see *De Broglie 1924*.

^[3]A slip for "Atom."

^[4]*Schrödinger 1926e*.

^[5]Vertically in the middle margin of the double sheet of which the left-hand page starts with the current paragraph and the right-hand page ends with the first unnumbered equation following equation (28), Lorentz has written: "Nicht nötig dies alles genau zu lesen. Es kommt nur auf (29) und (30) an."

*Schwer zu sagen, weshalb. Man könnte hier an de Broglie's Auffassung denken: innere Schwingungen des Elektrons, Übereinstimmung in Phasen zwischen diesen und der begleitenden Welle.

417. From Albert Einstein, 22 June 1926

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

22.VI.26

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Bis heute habe ich gedacht, ich könnte es doch noch vielleicht einrichten, dass ich diesen Monat noch zu Euch käme, um diesen interessanten Sitzungen mit Klein beizuwohnen.^[1] Aber es geht nun nicht mehr, da ich einige Sachen notwendig fertig machen muss, ehe ich zu meinen Jungen in die Schweiz gehe, was anfangs Juli sein muss.

Die Methode von Schrödinger sieht schon mehr nach richtigem Begreifen aus als die Heisenberg'sche, und doch ist es hart eine Funktion in den Koordinatenraume hineinzusetzen und als ein Aequivalent für eine Bewegung anzusehen. Wenn es aber gelänge, etwas Aehnliches im vierdimensionalen Raum zu machen, dann wäre es befriedigender.

Herr Rupp in Heidelberg hat ein paar Experimente auf meinen Wunsch über die Lichtemission bewegter Kanalstrahlen durchgeführt.^[2] Wie Sie erwartet haben, kommt alles genau gemäss der Undulationstheorie heraus.

In der Hoffnung, Sie bald in Genf wiederzusehen bin ich mit freundlichen Grüssen an Sie und Ihre Frau

Ihr

A. Einstein.

P.S. Die Experimente von Miller sind doch interessant, wenn auch gar kein Grund vorliegt, das Ergebnis als verursacht durch eine Bewegung zu deuten.^[3] Es sieht so aus, wie wenn sich abgesehen von einer konstanten terrestrischen Ursache eine gegen das Fixsternsystem konstante Richtung bemerkbar machte. Wenn sich dies weiter bestätigt, steckt etwas Fundamentales dahinter. Planck und Laue stehen recht skeptisch zu der Sache.

^[1]Oskar Klein; see letter 415.

^[2]See *Rupp 1926*; see also *Einstein 1926a, 1926b*, and *Joos 1926*. Rupp's results turned out to be fraudulent; see *Van Dongen 2007* for a historical discussion.

^[3]See, e.g., *Miller 1926*. Miller had repeated the Michelson Morley experiment at different heights and had found a positive ether-drift effect. See *Shankland 1955* for an analysis, in which it is shown that the effect is due to temperature differences.

418. From Erwin Schrödinger, 23 June 1926

Typed letter.

Zürich, am 23. Juni 1926

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Die rasche Antwort, die Ihr liebenswürdiger Brief vom 21. Juni nötig macht,^[1] macht es mir unmöglich, die rechten Worte zu finden, für die grosse Güte und Liebenswürdigkeit, mit welcher Sie mich überhäufen. Haben Sie vielen, vielen Dank und schliessen Sie, bitte, nicht auf die Art meiner Gefühle aus den wenigen hölzernen Worten, durch welche ich ihnen im Augenblick nur Ausdruck geben kann.

Der unmittelbare Impuls, den Ihr Brief in mir hervorrief, was natürlich der, sofort zu kommen. Aber leider erweist es sich bei genauerer Ueberlegung als undurchführbar, u.zw. als leider undurchführbar, überhaupt noch innerhalb der Frist zu kommen, die durch die wahrscheinliche Aufenthaltsdauer des Herrn Klein und durch den Besuch der amerikanischen Studenten gesetzt erscheint, von welchem Sie schreiben, dass er in der Zeit vom 5. bis 11. Juli die Herren in Leiden in Anspruch nehmen wird.^[2]

Der Grund der Unmöglichkeit ist der: in der laufenden Woche habe ich den grössten Teil meiner Vorlesungen wegen der "magnetischen Woche", die zur Zeit hier in Zürich tagt (Langevin, Sommerfeld, Pierre Weiss, Cabrera, Forrer, Bauer (Straatsburg), Pauli, Stern, Gerlach u.a.) absagen müssen und es würde anderseits auch nicht möglich sein, dass ich jetzt während der Vorträge Zürich verlasse. Dazu kommt nun, dass ich auf der anderen Seite meine Vorlesungen auch etwas früher, nämlich schon am 12. Juli werde schliessen müssen, um einer Einladung nach Berlin zu folgen, wo ich am 15. bis 17. (vielleicht auch noch am 19. Juli vortragen soll. Würde ich nun noch eine Woche ausfallen lassen (mit viel weniger ginge es kaum), so würde das Semester um zweieinhalb Wochen gekürzt, und das könnte ich meinen Schülern gegenüber nicht verantworten, selbst wenn die Behörden (die äusserst entgegenkommend und durchaus verständnisvoll sind für die Ehrung ihres Professors, die in einer solchen Einladung liegt) mir das zugestehen wollten. (Ich habe in diesem Jahr Elektrizitätslehre und zuletzt Elektronentheorie gelesen und würde meine Hörer gerade um die letzten und schönsten Früchte bringen, für deren Verständnis sie sich die Voraussetzungen mühsam erarbeitet haben.)

Vielleicht ist aber auch diese Unmöglichkeit von Ihrem Standpunkte, sehr verehrter Herr Professor, und von dem der Herren in Leiden doch nicht so sehr zu bedauern. Ihr freundlicher Brief vom 21. Juni ist die *einzige* Information, die ich bisher über Herrn Kleins Arbeiten erhalten habe. Nun weiss ich von mir, dass ich sehr schwer und langsam von Begriffen bin und mir wahrscheinlich zunächst gar kein Urteil über diese neue Auffassung werde bilden können, wenn ich sie am einen Tag auseinandergesetzt bekäme und am nächsten darüber diskutiert würde. Man würde also von meiner rasch gebildeten oder vielmehr nicht gebildeten Ansicht sehr wenig haben, der ganze Vorteil würde nur auf meiner Seite liegen, gegenüber den nicht unbeträchtlichen Kosten, die mein Besuch verursachen würde. — Ich

habe bisher im Drange der magnetischen Woche noch nicht einmal Ihrem langen und hochinteressanten Brief vom 19. Juni^[3] mehr als ein bis zwei Stunden widmen können und würde also im Augenblick noch nicht einmal zur Diskussion hierüber genügend vorbereitet sein.

Ich hoffe natürlich sehr, dass durch diese augenblickliche Unmöglichkeit Ihre gütige Absicht nicht dauernd vereitelt ist. Nur möchte ich dies eine sagen: es wäre mir ein tiefer Schmerz, nach Holland zu kommen zu einer Zeit, da *Sie* nicht dort sind. Meine Freude würde dadurch um mindestens 99 vom Hundert vermindert.

Darf ich noch — ganz unüberlegt und rasch — einiges Sachliche anschliessen?

Soweit ich mir nach Ihren Bemerkungen über den Gegenstand von Herrn Kleins Untersuchungen eine Vorstellung zu bilden vermag,^[4] handelt es sich dabei um die gesuchte und dringend nötige Berücksichtigung des sogenannten “Elektronendralls” von Goudsmit-Uhlenbeck auf dem Boden der Wellenmechanik. Dass dabei die *spezielle* Relativitätstheorie benützt werden muss, ist selbstverständlich — dass auch die *allgemeine* hereinspielt und mit Vorteil angewendet werden kann, ist mir neu und unerwartet, ich dachte stets dass die Gravitation im Atom dauernd eine untergeordnete Rolle spielen würde. Das ist also ein ganz besonders interessanter Punkt. — Weiterhin sprechen Sie von *zwei* Gleichungssystemen nebeneinander, eines für die Wellen, eines für die Elektronenbewegung. Ich habe bisher geglaubt, dass der Elektronenbewegung bei mikroskopischen Bahnen keine Bedeutung zukommt. Aber das kann ein Irrtum sein, und wenn es möglich ist, einen organischen Zusammenhang zwischen beiden herzustellen, dann kann das ein Schritt vorwärts von unübersehbarer Tragweite sein, da auf diese Weise wohl sicher auch das Lichtquantenproblem einer Lösung sehr näherücken würde. Den de Broglieschen Grundgedanken: Die Elektronen sind für die “mechanischen Wellen” dasselbe wie die Lichtquanten für die Lichtwellen — halte ich für ausserordentlich stark, obgleich ich mit seiner speziellen Durchführung bei de Broglie (Lichtquanten = mit “Fastlichtgeschwindigkeit” bewegte Korpuskeln) mich nicht befreunden kann.

Eine zweite, ganz kurze vorläufige Bemerkung zu *Ihrem* Brief: die Grösse $\psi\bar{\psi}$ bei mir erfüllt tatsächlich einen “Erhaltungssatz” wie Ihre ϵ . Und zwar gilt das für beliebige Systeme, auch wenn die potentielle Energie die Zeit explizite enthält. Ich glaube, dass Ihre Formulierung und die meine im tiefsten Grund einander sehr nahe stehen. Die meine dürfte so etwas wie eine vereinfachte, für die Rechnung sehr bequeme, aber etwas unstrenge Fassung der Ihren sein — eine völlig einwandfreie Fassung wollte mir bisher nicht gelingen.

Aber ich habe über das alles noch viel zu wenig nachgedacht.

In aller Eile noch einmal meinen tiefsten und aufrichtigsten Dank

Ihr in Verehrung ergebener

E. Schrödinger.

^[1]This letter, which is missing, contained an invitation to Schrödinger to travel to Leiden and participate in discussions with Oskar Klein, who was on a visit (see Letter 415).

^[2]American students were in Leiden to participate in the Second Netherlands Week for American Students, held from 5 to 10 July 1926.

^[3]Letter 416.

^[4]See Letter 415, note 1, for more on Klein's work.

419. From Max Planck, 1 January 1927

Handwritten letter.

Berlin-Grünwald, 1. Jan. 1927.

Lieber verehrter Herr College!

Da ich annehme, dass Sie inzwischen wieder in Ihr Standquartier zurückgekehrt sind, richte ich meinen Dank für den liebenswürdigen Gruss, den Sie in der Gesellschaft meiner Nichten mir aus Rochester zuschickten, nach Ithaca,^[1] und wünsche Ihnen und Ihrer verehrten Frau Gemahlin vor Allem von ganzem Herzen einen guten Verlauf des neuen Jahres, das Ihnen Ihre unverwüstliche Lebensenergie und Arbeitskraft erhalten möge.

Zugleich drängt es mich, Ihnen bei dieser Gelegenheit auszusprechen, wie sehr ich mich auf die Aussicht freue, Ihnen im September d.J. in Como bei der Volta-Feier zu begegnen.^[3] Wenigstens hoffe ich dringend, dass Ihre Anmeldung, die auf der Teilnehmerliste mitgeteilt ist, sich als eine endgültige darstellt. Es gibt so mancherlei, über das ich sehr gern einmal mit Ihnen sprechen möchte, zumal nun schon eine ganze Anzahl von Jahren vergangen ist, seit wir uns nicht gesehen haben, und es doch allerlei Dinge gibt, die sich brieflich nicht vollständig ausdrücken lassen.

Ich selber bewahre die Cornell-University von meinem Besuch 1909 her noch im allerbesten Andenken.^[3] Damals wohnte ich beim Hrn. Collegen Merritt^[4] und seiner Gattin, die ich beide vielmals zu grüssen bitte; wir hatten diesen Sommer die Freude ihres Besuches hier in Berlin.

Mit der Bitte, mich auch Ihrer verehrten Gattin bestens zu empfehlen, bin ich mit herzlichem Gruss, auch von meiner Frau, in alter treuer Anhänglichkeit

Ihr ergebener

M. Planck.

^[1]Lorentz had been in the U.S.A. since the beginning of October 1926. He first spent two months at Cornell University (Ithaca, NY) and then moved on to the California Institute of Technology in Pasadena. He would leave New York on his trip home on 7 April 1927.

^[2]From 11 to 20 September a conference on the occasion of the hundredth anniversary of the death of Alessandro Volta was held in Como, Pavia, and Rome. Lorentz attended (see *Lorentz, 1928c, 1928d* for his contributions).

^[3]Planck had visited the U.S.A. in 1909 to lecture at Columbia University (see Letter 187).

^[4]Ernest George Merritt (1865–1948), Professor of Physics at Cornell University.

420. To Erwin Schrödinger, 21 January 1927

Handwritten letter (Zentralbibliothek für Physik, Vienna).

Pasadena, Calif. 21 Januar 1927.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Ende Oktober dieses Jahres (vom. 24. bis 29.) wird wieder in Brüssel ein von dem Institut international de physique Solvay veranstalteten Conseil de physique zusammenkommen, von gleicher Art wie die Versammlung, der Sie in 1924 beigewohnt haben.^[1] Ich habe nun das Vergnügen, Sie, im Namen sowohl der administrativen Kommission wie auch des wissenschaftlichen Komitee's zu diesem kleinen Kongress freundlichst einzuladen.

Als Thema für unsere Diskussionen ist gewählt worden: „Die Quantentheorie und die klassischen Strahlungstheorien“ und wir werden uns insbesondere mit dem Gegensatz zwischen den jetzigen und den früheren Auffassungen und mit den Versuchen zur Entwicklung einer neuen Mechanik beschäftigen.

Die Physiker, die mit Ihnen eingeladen werden, sind Bohr, Born, W.L. Bragg, L. Brillouin, L. de Broglie, A.H. Compton, Debye, Deslandres, Ehrenfest, R.H. Fowler, Heisenberg, Kramers, Planck und C.T.R. Wilson.

Auch die Mitglieder des wissenschaftlichen Komitees, Frau Curie, van Aubel, W.H. Bragg, Einstein, C.E. Guye, Knudsen, Langevin, Richardson und ich werden der Versammlung beiwohnen und die Physiker der Brüsseler Universität, de Donder, Henriot und Piccard sollen dazu eingeladen werden. Prof. Verschaffelt wird auch jetzt wieder das Sekretariat übernehmen.^[2]

Die administrative Kommission besteht jetzt aus den Herren Armand Solvay, Bordet, Bourquin, Henriot und Lefebure.

Wir würden uns alle sehr über Ihre Mitwirkung freuen und Sie werden mich zu vielem Dank verpflichten, wenn Sie, sobald Sie das tun können, mir sagen wollen ob wir auf Sie rechnen dürfen. Im Laufe der nächsten Monate werde ich Ihnen näheres mitteilen können und kurze Zeit vor der Versammlung wird die administrative Kommission die offiziellen Einladungen ergehen lassen. Sie wird uns wieder während unseres Aufenthaltes in Brüssel als ihre Gäste betrachten und es sollen die Teilnehmer für ihre Reisekosten (soweit es Europa betrifft) entschädigt werden.

— — — —

Ich hoffe herzlich, dass Sie eine gute Reise hatten; dass Sie über Ihren Aufenthalt in diesem Lande zufrieden sein werde, davon bin ich überzeugt.^[3] Weiss ich doch aus Erfahrung, wie freundlich man hier aufgenommen wird.

Es freut mich sehr, dass Sie nächsten Monat nach Pasadena kommen werden, wo Sie mich noch finden werden, da ich wahrscheinlich bis Mitte März bleibe.^[4] Im Zusammenhang hiermit möchte ich mir eine Frage erlauben. Ich habe in Cornell über Fragen der Quantentheorie vorgetragen^[6] und behandle hier dieselben Gegenstände. Den Schluss bildeten in Ithaca einige ziemlich elementar gehaltene Betrachtungen über die neue „Quantenmechanik“. Dabei ist natürlich auch Ihre

Theorie zur Rede gekommen und ich habe nun das Gefühl, dass es vielleicht wenig Sinn hat, dass ich diese bespreche wenn Sie selbst kommen; ich möchte nicht gern Ihnen etwas vorwegnehmen. Als ich dieses mit Prof. Millikan besprach,^[5] meinte er es wäre doch nützlich, wenn ich die Zuhörer in die Theorie einführe. Er bemerkte, dass Sie nicht lange hier sein werden und dass es Ihnen also lieb sein könnte die Leute einigermaßen vorbereitet zu finden; auch, dass Sie wahrscheinlich sich insbesondere an diejenigen richten werden, die mit Epstein schon viel über diese Dinge studiert haben,^[7] während auch jüngere Leute und auch Experimentalphysiker meinen Vorlesungen folgen. Es würde dem Wunsche Dr. Millikan's entsprechen, wenn ich die Vorträge über die Quantenmechanik halte, *noch bevor Sie kommen*, um dann, wenn Sie hier sind, Ihnen das Thema zu überlassen. Mein Programm wird dann etwa Folgendes sein. Ableitung Ihrer Wellengleichung (für das H-Atom, auf das ich mich fast ganz beschränken werde), auf einem Wege, der dem in Ihrer ersten, zweiten oder dritten Abhandlung gefolgt ähnlich ist (Anschluss an der Optik, Hamilton). Mitteilung Ihrer Lösung des Problems der Eigenwerte, mit allgemeinen Bemerkungen über Eigenwertprobleme (schwingende Systeme) und über die Eigenschaften und Anwendung der Kugelfunktionen (während ich die Ableitung von $f(r)$ ruhen lasse^[8] und hier einfach Ihr Resultat mitteile. Sodann eine Auseinandersetzung über die Grundgedanken der Matrizenmechanik und als Hauptpunkt Ihre Konstruktion von Matrizen, die wirklich den Bewegungsgleichungen genügen. Also allgemeine Betrachtungen über Eigenfunktionen oder Normalfunktionen, über Orthogonalität solcher Funktionen, Entwicklung einer gegebenen Funktion nach Eigenfunktionen (nur Bestimmung der Koeffizienten unter Voraussetzung der Möglichkeit der Entwicklung).

Einige Betrachtungen über die Bestimmung (in Ihrer Theorie) der ausgestrahlten Frequenz als Differenz zweier Frequenzen und schliesslich über Matrizenmechanik an und für sich betrachtet.

Ich erlaube mir Ihnen das alles zu schreiben, weil ich gern von Ihnen vernehmen möchte, ob Sie damit einverstanden sind, dass ich es so mache. Sie sehen, dass ich viele tiefergehende Fragen nicht berühren, sondern Ihnen überlassen werde.

In der Hoffnung, Sie in einigen Wochen in guter Gesundheit zu sehen und mit herzlichen Grüssen

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

Bitte, grüssen Sie Prof. Mendenhall von mir.^[9]

Adresse: „The Strathaven, 505 East California Street, Pasadena, Calif.“

^[1]Schrödinger had attended the fourth Solvay Conference in 1924.

^[2]Jules Émile Verschaffelt (1870–1955) was Lecturer in Physics at the University of Ghent.

^[3]Schrödinger was on a lecturing tour in the U.S.A. His trip took him from the University of Wisconsin (Madison) to the California Institute of Technology. See Moore 1989, pp. 230–233, for more details.

^[4]Lorentz was lecturing at the California Institute of Technology (see Letter 419, note 1).

^[5]Millikan had become Professor of Physics at the California Institute of Technology in 1921.

^[6]Before traveling to Pasadena, Lorentz had lectured at Cornell University (see Letter 419, note 1).

^[7]Paul Sophus Epstein (1883–1966) was Professor of Physics at the California Institute of Technology.

^[8] $f(r)$ is the radial part of the solution of the Schrödinger equation for the hydrogen atom.

^[9]Charles Elwood Mendenhall (1872–1935) was Professor of Physics at the University of Wisconsin (Madison).

421. From Erwin Schrödinger, 26 January 1927

Handwritten letter. Letterhead of the Department of Physics, University of Wisconsin, Madison.

Madison (Wisc.), Hotel Loraine, 26. Januar 1927.

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Ihren lieben, freundlichen Brief vom 21. Jänner^[1] habe ich soeben erhalten und danke Ihnen dafür sehr herzlich.

Es ist mir eine ausserordentliche Freude, dass Sie und das Comité der Solvay-Stiftung mir ein zweites Mal die grosse Ehre erweist, mich zum Conseil de Physique einzuladen. Selbstverständlich nehme ich die Einladung mit den Gefühlen aufrichtigster Dankbarkeit an. Der letzte Conseil ist mir in unvergesslicher Erinnerung und wird es immer bleiben. Noch niemals habe ich im Zusammensein mit hervorragenden Fachgenossen während einer schönen Reihe von Tagen so reine und ungetrübte Freude erlebt wie damals, sowohl vom Standpunkte der intensivsten geistigen Anregung als von dem des herzlichsten, durch keinen Misston getrüben menschlichen Kontaktes. —

Es ist ausserordentlich liebenswürdig von Ihnen, verehrter Professor Lorentz, mir eine so eingehende Schilderung desjenigen Teiles Ihrer Vorlesungen in Pasadena zu geben, der sich mit meinem Thema berührt. Was ich sehr bedaure, ist, dass ich diesen Vorlesungen nicht selbst zuhören kann, ich würde *sehr* viel dabei zu lernen haben. Noch viel lieber wäre es mir, wenn *ich Ihnen* durch Entwicklung der Grundlagen den Weg bereiten und dann *Sie* über die tieferen und schwierigeren Fragen der neuen Auffassung sprechen hören dürfte. Hoffentlich wird dazu in gemeinsamen Kolloquien oder dergl. die Gelegenheit gegeben sein — ich freue mich gerade darauf am allermeisten!

Sie schreiben in Ihrem Programm, dass Sie bei der Behandlung des Wasserstoffatoms die Abhängigkeit $f(r)$ vom Radius-vector nicht behandeln sondern bloss die Resultate angeben wollen; vermutlich wohl deshalb, weil diese Erörterungen sehr umständlich scheinen und Sie zu viel Zeit kosten würden. Das liegt aber bloss an der ungeschickten Methode, die ich in meiner ersten Note verwendet habe. Wenn Sie erlauben, setze ich die einfache kurze Ableitung hierher. — Nachdem

Sie die Gng. (7') meiner ersten Mitteilung (Ann. d. Phys. 79, S. 364, 1927) erhalten haben:

$$\frac{d^2U}{dr^2} + \frac{2(n+1)dU}{r dr} + \frac{8\pi^2m}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) U = 0 \quad (1)$$

(wobei $r^n U$ die Radiusfunktion ist, die man sucht), führen Sie *erstens* für die independente Variable r die Variable x ein durch

$$x = 2r\sqrt{-\kappa E} \quad (\text{Abkürzung: } \kappa = \frac{8\pi^2m}{h^2}). \quad (2)$$

(Man denke zunächst an *negative* E , so dass zu reellem r auch ein reelles x gehört; von den positiven E später!). *Zweitens* ersetzen Sie die dependente Variable $U(x)$ durch $L(x)$, wobei:

$$U(x) = e^{-\frac{x}{2}} L(x). \quad (3)$$

Man erhält so für L die Gleichung:

$$x \frac{d^2L}{dx^2} + (2(n+1) - x) \frac{dL}{dx} + \left(\frac{\kappa e^2}{2\sqrt{-\kappa E}} - n - 1 \right) L = 0 \quad (4)$$

Abkürzungen: $2(n+1) = k' \quad \frac{\kappa e^2}{2\sqrt{-\kappa E}} - n - 1 = k \quad (5)$

also:

$$x \frac{d^2L}{dx^2} + (k' - x) \frac{dL}{dx} + kL = 0 \quad (6)$$

Diese Gng. eignet sich sehr zur Integration durch einen Potenzreihenansatz:

$$L = \sum_{v=0}^{\infty} a_v x^v \quad (7)$$

Man erhält für die a_v die Rekursionsformel:

$$a_{v+1} = \frac{v - k}{(v+1)(v+k')} a_v. \quad (8)$$

Nun kommt der springende Punkt. Wenn k *nicht* eine nichtnegative ganze Zahl ist, bricht die Reihe *nicht* ab, sie verhält sich dann für grosse x asymptotisch wie e^x (denn für grosse x kommen die grossen v in Betracht und diese a_v verhalten sich wie die Koeffizienten der Exponentialreihe). Daher wächst nach (3) auch $U(x)$ (und natürlich auch $r^n U$) über alle Grenzen. Daher muss k eine nichtnegative ganze Zahl sein, also nach (5) und der Abkürzung (2)

$$\frac{\kappa e^2}{2\sqrt{-\kappa E}} = n + k + 1 = \text{positive ganze Zahl} = l \text{ (sagen wir)}$$

$$E = -\frac{8\pi^2 m e^4}{h^2 l^2} \quad \text{das sind die Balmerterme.}$$

Der *Schluss hält aber nur*, wenn man E von vorneherein *negativ* voraussetzt. Andernfalls hat man es mit harmlosen rein-imaginären e -Potenzen zu tun und eine

genauere Untersuchung (die man in der Vorlesung beiseite lassen kann) zeigt, dass man wirklich zu *jedem* positiven E -Wert eine reguläre Lösung bekommt.

Entschuldigen Sie, falls Ihnen diese Ableitung schon bekannt gewesen sein sollte. Ich dachte mir aber, es ist vielleicht doch nicht der Fall und es ist Ihnen angenehm, wenn Sie schon auf diese Dinge zu sprechen kommen, durch eine elementare, nicht sehr langwierige Rechnung zeigen zu können, wie man tatsächlich dazu geführt wird, bloß bestimmte ausgezeichnete Konstantenwerte zulassen zu dürfen. —

Zum Schluss möchte ich nur noch diese sehr dringende Bitte aussprechen: bitte schalten Sie die an einer Stelle Ihres Briefes geäußerte Besorgnis „mir etwas vorwegzunehmen“ ganz und gar aus Ihrem Denken aus. Blicke irgendetwas, worüber Sie zu sprechen die Absicht hatten, aus diesem Grunde von Ihnen unerörtert, so würde das bedeuten, dass ich die lebenswürdige Einladung Prof. Millikans durch einen sehr üblen Dienst lohne, den ich (gegen meinen Willen) den Hörern seines Institutes leistete. Ich wäre darum wirklich sehr betrübt, wenn Sie um meinetwillen sich irgendwie einschränken wollten — und das ist ganz gewiss auch Prof. Millikans Ansicht.

Ich komme wahrscheinlich 2–3 Tage früher als ich ursprünglich (vorläufig) angegeben hatte, d.h. ich komme wahrscheinlich am 16. Februar. Ich möchte es aber Prof. Millikan erst schreiben, bis ich endgültige Antwort aus Chicago habe damit es dann sicher dabei bleibt.

Nun sage ich Ihnen, hochverehrter Herr Professor Lorentz, nochmals herzlichsten Dank für die lebenswürdige Einladung zum Solvay-Conseil, die mich so sehr freut. In aufrichtiger Verehrung bleibe ich immer

Ihr ganz ergebenster

E. Schrödinger.

^[1]Letter 420.

422. To Albert Einstein, 30 January 1927

Handwritten letter, in Mrs. Lorentz's hand (Museum Boerhaave, Leiden).

Pasadena,^[1] 30 Januar 1927.

Lieber Herr Kollege,

Es ist einige Male vorgekommen, z.B. im Fall von Michelson und Wood, dass wir amerikanische Physiker, die zufälligerweise in Europa waren, zu einem „Conseil de physique“ eingeladen haben.^[2] Ich habe jetzt vernommen, dass Millikan höchstwahrscheinlich dem in September in Como zu haltenden Volta-Kongress beiwohnen wird.^[3] Vielleicht wird es ihm möglich sein, bis Anfang November in Europa zu bleiben und da er mit vielen der Fragen, die auf unserem Programm stehen, gut vertraut ist, so meine ich, es wäre gut ihn zu der Solvay-

Konferenz einzuladen.^[4] Gern möchte ich Ihre Meinung hierüber vernehmen. Wenn Sie die Freundlichkeit haben, mir *sofort* zu schreiben, so kann ich Ihre Antwort noch vor meiner Abreise von hier erhalten.

Mit freundlichen Grüßen
treulich Ihr

H.A. Lorentz

Prof. Hall wird auch nach Como gehen; ich glaube aber, dass er sich für unsere Probleme wenig interessieren wird.

Meine Adresse ist:
The Strathaven,
505 East-Californiastreet,
Pasadena, Calif. U.S.A.

^[1]Lorentz was lecturing at the California Institute of Technology (see Letter 419, note 1).

^[2]Robert Wood attended the second, Albert Michelson the third Solvay Conference.

^[3]See Letter 419, note 2, for the Volta-congress.

^[4]Millikan did not attend the Solvay Conference.

423. From Max Planck, 2 February 1927

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 2.2.27.

Lieber verehrter Herr College!

Die Nachricht, die mir Ihr werter Brief vom 12. v.M. zur Kenntnis bringt, hat mich hoch erfreut und beglückt, wenn ich auch im Hinblick auf die vielen wundervollen Arbeiten, die in der letzten Zeit auf dem Gebiet der theoretischen Physik entstanden sind, den Gedanken nicht los werde, dass für die erstmalige Verleihung der Lorentz-Medaille leicht eine würdigere Persönlichkeit hätte gefunden werden können.^[1] Allein da es einmal beschlossen ist, so nehme ich die hohe mir erwiesene Auszeichnung mit warmem Danke an und werde selbstverständlich gerne zur vorbestimmten Zeit nach Amsterdam kommen, um den mit der Ueberreichung der Medaille verbundenen Vorschriften zu genügen.

Aus Ihrem freundlichen Briefe glaubte ich zu ersehen, dass Sie meinen Brief, den ich Ihnen als Dank für den so liebenswürdigen Gruss von Ihrer Hand aus Rochester schickte, bisher nicht empfangen haben.^[2] Ich adressierte ihn nach Ithaca, N.Y., zu Händen des mir befreundeten Prof. Merritt, da ich der Meinung war, dass Sie an der Cornell-University Vorlesungen hielten. Jedenfalls möchte ich hier Ihnen meinen Dank wiederholen und gleichzeitig abermals meiner hohen Freude darüber Ausdruck geben, dass ich die Aussicht habe, Ihnen auf der Volta-Feier in

Como, im September dieses Jahres, zu begegnen. Dieses Zusammentreffen wird mir auch deshalb von ganz besonderem Werte sein, weil sich dann, wie ich hoffe, Gelegenheit finden wird, allerlei Angelegenheiten zu besprechen, die mir am Herzen liegen und die, wie ich weiss und auch jetzt wieder aus Ihrem Briefe ersehe, auch Sie lebhaft beschäftigen.

Die Frage des Eintritts Deutschlands in den International Research Council ist, nachdem der Generalsecretär Sir Arthur Schuster^[3] die Einladung an unsere Reichsregierung gerichtet hat, noch um keinen Schritt weiter gekommen.^[4] Formal liegt die Sache so, dass die Regierung vor 4 Wochen die Einladung an die Akademien weitergegeben hat, jedoch mit dem Bemerkten, dass vorläufig keine bestimmte Stellungnahme dazu erwartet wird. Diese Art der Behandlung ist den deutschen Gelehrten ganz willkommen; denn so sehr ihnen daran gelegen ist, sich nach besten Kräften um die Pflege bzw. Wiederaufnahme des internationalen wissenschaftlichen Verkehrs zu bemühen, so wünschen sie dies auf direktem, fachwissenschaftlichem und persönlichem Wege zu tun, nicht aber durch Vermittlung einer unter politischen Gesichtspunkten gegründeten Organisation, in der z.B. ein Land wie Marokko grösseren Einfluss besitzt als z.B. Holland.

Doch darüber lässt sich noch viel sagen, und das täte ich sehr gerne mündlich. Eine andere wichtige Frage für mich ist die Beteiligung am Solvay-Congress. Sie haben die grosse Güte, die Bedenken, welche ich Ihnen gegenüber äusserte, abzuschwächen, aber ich bin mir doch immer noch nicht klar, ob ich die ehrenvolle Einladung werde annehmen können.^[5] Nicht als ob ich mir anmassen wollte, irgend eine Bedingung daran zu knüpfen — das liegt mir ganz und gar ferne — aber ich fühle mich, in aller Aufrichtigkeit gesagt, schon auf sprachlichem Gebiete zu unsicher, um auf eine sachliche Betätigung hoffen zu können. In Italien ist es etwas anderes. Dass ich nicht italienisch spreche, macht mir keinen Kummer. Aber dass ich weder französisch noch englisch mit einiger Gewandtheit handhabe, ist mir von jeher schmerzlich. Nun aber will ich Sie nicht länger plagen. Nochmals herzlichen Dank und freundliche Grüssen von Ihrem allezeit treu ergebenden

M. Planck.

^[1]Planck was the first recipient of the Lorentz-Medal, an honor established in 1925 at the celebration of Lorentz's golden doctorate. The medal was presented to Planck in Amsterdam on 28 May 1927. See *Lorentz 1927a* and *Planck 1927*.

^[2]Letter 455.

^[3]Arthur Schuster was Secretary General of the Comité Exécutif of the C.I.R.

^[4]At the extraordinary meeting of the Assembly of the C.I.R. of 29 June 1926 it had been unanimously decided to change the statutes of the C.I.R. and invite Germany and its allies (Hungary, Austria, and Bulgaria) to join. Germany delayed the decision indefinitely.

^[5]See Letter 414, note 1.

424. From Albert Einstein, 16 February 1927

Handwritten letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin. 16.II.27.

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Es wäre sicher ein grosser Gewinn für den Solvay-Kongress, wenn wir Millikan dafür gewinnen könnten.^[1] Natürlich würde ich mich auch persönlich sehr freuen, wenn er käme; ich bin sehr dafür, dass er eingeladen wird.

Die Quanten-Theorie ist ganz verschrödingert und hat viel praktischen Erfolg davon. Aber dies kann doch nicht die Beschreibung des wirklichen Vorganges sein. Es ist ein Mysterium. Es zeigt sich, dass die Vereinigung von Gravitation und Maxwell'scher Theorie durch die 5 dimensionale Theorie (Kaluza-Klein-Fock) vollständig befriedigend geleistet wird.^[2] Ich bin neugierig, was Sie dazu sagen werden.

Herzlich grüsst Sie und Ihre Frau

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 422.

^[2]See *Kaluza 1921*, *Klein, O. 1926*, and *Fock 1926*. See *Mehra and Rechenberg 1987*, pp. 809–815, for more details.

425. From Max Planck, 10 May 1927

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 10.5.27.

Lieber verehrter Herr College!

Nehmen Sie meinen und meiner Frau herzlichsten Dank für die grosse Freundlichkeit, die Sie und Ihre verehrte Frau Gemahlin uns durch die gütige Einladung erwiesen haben.^[1] Es versteht sich, dass wir ihr mit grosser Freude Folge leisten werden. Es ist lange her, dass ich Sie besuchen durfte, und doch ist mir die Erinnerung daran noch in frischer schöner Gestalt gegenwärtig. Dass meine Frau nun auch teilnehmen kann, freut mich um so mehr.

Herrn Collegen Zeeman, der mir ebenfalls freundlichst schrieb, habe ich schon mitgeteilt, dass ich Donnerstag d. 26. Abends in Amsterdam einzutreffen gedenke, und dass ich am Sonntag d. 29. früh von da nach Haarlem zu fahren beabsichtige. Leider ist die Zeit, die mir dann noch bleibt, eine sehr beschränkte. Denn da ich hier in Berlin sowohl Doctorprüfungen abzuhalten als auch eine Akademiesitzung (am 2. Juni) vorbereiten und zu leiten habe, muss ich am Dienstag d. 31. d.M. wieder hierher zurückreisen. Für Sonntag und Montag stehe ich Ihnen aber ganz zur

Disposition und bin Ihnen von vorneherein für Alles dankbar, was Sie über mich und meine Frau beschliessen. Mit herzlichen Grüßen an Sie und Ihre verehrte Frau Gemahlin bin ich in alter Treue

Ihr ergebenster

M. Planck.

^[1]Planck was coming to the Netherlands to receive the Lorentz-Medal (see Letter 423).

426. From Max Planck, 6 June 1927

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 6. Juni 1927.

Lieber verehrter Herr College!

Heute vor acht Tagen durfte ich noch unter Ihrem Schutz durch die Lande kutschieren und mich alles dessen erfreuen, was an Schönheiten der Natur, Kunst und Wissenschaft dort zu sehen ist;^[1] es scheint mir jetzt fast wie ein schöner kurzer Traum. Aber es ist mehr als ein Traum. Denn ich habe ja, von allem andern abgesehen, den gewichtigsten substanziellen Beweis dafür in Händen, dass alle meine Erlebnisse reale Wirklichkeit waren. Ich weis immer noch nicht recht, bei welchen Vorgängen meine Gedanken lieber verweilen, — bei dem feierlichen Festakt in Amsterdam oder bei dem Besuch in Ihrem Hause. Beides ist mir unvergesslich im Gedächtnis eingepägt, und ebenso unvergesslich ist das Dankesgefühl, das ich Ihnen und Ihrer verehrten Frau Gemahlin gegenüber empfinde, und dem ich ach so gern einen etwas besseren Ausdruck geben möchte als die Zeilen eines Briefes. Vielleicht machen Sie uns doch einmal die Freude, nach Berlin zu kommen, wir würden alles daran setzen, um Ihnen und Ihrer werten Gemahlin den Aufenthalt bei uns behaglich zu machen. Ich benutzte jetzt die ruhige Pfingstwoche, um die vielfachen Eindrücke aller Art, die ich in Amsterdam, Haarlem und Leiden empfangen habe, etwas zu verarbeiten. Was mir unter Anderem häufig im Kopf herumging, war die ominöse Beziehung $\delta p \cdot \delta q \approx h$.^[2] Schliesslich könnte ich mich wohl mit einer Interpretation dieser Behauptung abfinden; die dahin geht, dass p und q überhaupt garnicht genau *definierbar* sind.* Das wäre wenigstens eine reale Behauptung. Denn solange man die Genauigkeit der wirklichen Messungen mit hineinbringt, steckt in der Behauptung ein anthropomorphes, also naturfremdes Element. Das wäre dann etwa so wie die Behauptung der Relativitätstheorie, dass die Geschwindigkeit eines Körpers relativ zum Lichtäther garnicht zu definieren ist.

*auch nicht für einen „mikroskopischen“ Beobachter, der über ideale Messinstrumente verfügt.

Aber hier liegt die Sache doch wesentlich anders als bei der Relativitätstheorie. Denn den Lichtäther kann man zur Not entbehren. Aber die Grössen p und q kann man nicht entbehren, und wenn man von vorneherein dekretirt, dass es keinen physikalischen Sinn hat, von ihrer genauen Grösse zu sprechen, so erscheint mir das als eine unerträgliche Beschränkung der Gedankenfreiheit, und als eine Verstümmelung des Hauptwerkzeugs, mit dem der Theoretiker arbeiten muss. Und schliesslich, was ist damit gewonnen? Sie selber haben schon betont, dass es nicht zu verstehen sein dürfte, wie aus jener Grössenordnungsbeziehung die scharfen Quantagesetze gefolgert werden können. Auch sonst hätte ich aus unseren Gesprächen noch allerlei nachzutragen. Unter anderem habe ich, als ich Ihnen von dem Ehrenplatz erzählte, den Ihre beiden Encyklopädieartikel (Maxwellsche Theorie und Elektronentheorie)^[3] in meiner Bibliothek einnehmen, einem andern Werke von Ihnen Unrecht getan: Les Théories statistiques en Thermodynamique (1912),^[4] aus dem ich ebenfalls unendlich viel Belehrung und Anregung geschöpft habe. Dies nur zur Beruhigung meines Gewissens.

Ich habe mich jetzt in Ihr Relief-Porträt^[5] doch allmählich so hineingesehen, dass ich es hinlänglich ähnlich finde, um mich daran auch in persönlicher Hinsicht zu erfreuen und um andere gerne an dieser Freude teilnehmen zu lassen. Das beste dabei bleiben aber für mich die Gedanken, die sich für immer beim Anblick der Medaille damit verknüpfen werden.

In alter Treue und erneuter Dankbarkeit
Ihr herzlich ergebener

M. Planck.

Hoffentlich finden Sie Gefallen an dem Bilde, das ich Ihnen gleichzeitig zusende.

^[1]Planck had been in the Netherlands to receive the Lorentz-Medal. See Letters 423 and 425.

^[2]Heisenberg's uncertainty relation had been published a few months earlier (see *Heisenberg 1927*).

^[3]*Lorentz 1904e, 1904f*.

^[4]*Lorentz 1916e*.

^[5]The portrait of Lorentz on the Lorentz-Medal.

427. From Albert Einstein, 17 June 1927

Handwritten letter (private collection). © The Hebrew University of Jerusalem.

17.VI.27.

Verehrter Herr Prof. Lorentz!

Ich erinnere mich, dass ich Ihnen gegenüber die Verpflichtung übernommen habe, am Solvay-Kongress ein Referat zu halten über Quanten-Statistik.^[1] Nach vielem Hin- und Her-Überlegen komme ich aber zu der Überzeugung, dass ich

nicht fähig bin zu einem solchen Referat, das wirklich dem Stande der Dinge entspricht. Der Grund liegt darin, dass ich die moderne Entwicklung der Quantentheorie nicht so intensiv habe mitmachen können, wie es hiezu nötig wäre. Das kommt teilweise daher, dass ich überhaupt receptiv zu wenig begabt bin, um der stürmischen Entwicklung völlig zu folgen, teilweise auch daher, weil ich innerlich die rein statistische Denkweise, auf denen die neuen Theorien beruhen, nicht billige. Ich suche immer noch nach einer Theorie, die völlig deterministisch ist, und habe dabei vorläufig den Anschluss an die Entwicklung verloren. In meinen Bestrebungen bin ich aber noch nicht weit genug vorgedrungen, um sagen zu können, ob sie irgend welchen Erfolg versprechen. Nun werden Sie mit Recht auf mich böse sein, dass ich Ihnen dies erst jetzt mitteile. Aber ich hegte bisher immer noch die Hoffnung, in Brüssel etwas von einigem Wert beitragen zu können; dies habe ich nun aufgegeben. Ich bitte Sie von Herzen, mir deshalb nicht böse zu sein; ich habe es nicht leicht damit genommen, sondern mich mit allen Kräften bemüht. Es besteht die Hoffnung, dass immer noch ein anderer dieses Referat übernimmt. Ich komme sehr gerne nach Brüssel. Wenn aber die Zahl der Teilnehmer nicht vermehrt werden kann, so muss ich durch einen anderen ersetzt werden (z.B. durch Herrn Fermi in Bologna,^[2] der es sicher gut machen würde oder durch Langevin, der in letzter Zeit nach seiner eigenen Erzählung, die statistische Theorie der Quanten sehr wirksam gefördert hat).

Ich freue mich, dass Sie aus Amerika gesund und froh zurückgekehrt sind,^[3] und dass ich bald die Freude haben werde, Sie wiederzusehen. Einstweilen grüsst Sie herzlich

Ihr

A. Einstein.

^[1]See Letter 410.

^[2]Enrico Fermi (1901–1954) was Professor of Theoretical Physics at the University of Rome.

^[3]See Letter 419, note 1, for Lorentz's stay in the U.S.A.

428. To Erwin Schrödinger, 17 Juni 1927

Handwritten letter (Zentralbibliothek für Physik, Vienna).

Haarlem, den 17 Juni 1927.

Sehr geehrter Herr Kollege,

Gestatten Sie mir auf die Frage der Referate für die nächste Solvay Konferenz, die ich schon in Pasadena mit Ihnen besprochen habe,^[1] zurückzukommen. Ich muss Sie nämlich jetzt, im Namen des wissenschaftlichen Komitee's bitten, uns einen kurzen Bericht über die Wellenmechanik zu liefern; damit werden Sie uns zu vielem Dank verpflichtet.

Bevor ich nun noch etwas hierüber sage, muss ich meinen Dank aussprechen für die freundliche Zusendung Ihrer kleinen Abhandlungensammlung;^[2] es ist für mich sehr bequem, diese Arbeiten, die ich so oft benutze, in dieser Form zur Hand zu haben.

Herzlich danken wir auch für Ihr schönes und wohlgelungenes Bild, das Ihre Frau Gemahlin so freundlich war uns zu schicken. Der freundliche Brief, der es begleitete, war zwar an meine Frau gerichtet, aber ich darf das Bild wohl als auch für mich bestimmt betrachten. Auch im Namen meiner Frau herzlich dank dafür; dass sie Frau Schrödinger noch nicht geantwortet hat möge damit entschuldigt werden, dass ihre Zeit durch den Besuch von Enkelkindern und anderen Gästen sehr in Anspruch genommen wurde.

Was nun die Solvay-Konferenz betrifft, so hoffen wir die folgenden Referate zu haben (ich nenne sie in der Reihenfolge, in der wir sie besprechen könnten):^[3]

1. Von Herrn W.L. Bragg über Erscheinungen, die noch einigermaßen eine klassische Behandlung zulassen (Reflexion der Röntgenstrahlen durch Kristalle, Brechung und Totalreflexion von Röntgenstrahlen).
2. Von Herrn Compton über den von ihm entdeckten Effekt und was damit zusammenhängt.
3. Von Herrn de Broglie über seine Theorie. Ich bitte ihn auch die Anwendung seiner Ideen auf freie Elektronen (Elsasser, Quantenmechanik freier Elektronen; Dyson, Davisson und Germer, Scattering of electrons^[4]) zu berücksichtigen.
4. Von Dr. Heisenberg *oder* Prof. Born (es wird ihnen die Wahl gelassen) über die Matrizenmechanik,^[5] einschliesslich der Dirac'schen Theorie.
5. Ihr Referat.

Vielleicht werden noch ein oder zwei kurze Berichte über spezielle Themata hinzukommen.

Gestatten Sie mir zu diesem Programm noch folgendes zu bemerken.

1. Wir haben gemeint, es wäre am schönsten, wenn die Physiker, die sich an der Entwicklung der neuen Ideen hervorragend beteiligt haben, jeder über seine eigenen Arbeiten berichten wollten. Daher die *drei* Referate 3, 4 und 5. Einige Wiederholungen werden dabei kaum zu vermeiden sein, aber das wird nicht schaden.
2. Da angenommen werden darf, dass die Teilnehmer an der Konferenz schon viel von dem bereits publizierten gelesen haben, so brauchen die Referate keine Abhandlungen mit ausführlichen mathematischen Auseinandersetzungen zu sein. Was wir wünschen sind vielmehr kurze Zusammenfassungen (sagen wir, bloss um eine Zahl zu nennen, von 20 Druckseiten, obgleich wir selbstverständlich den Autoren, was den Umfang betrifft, volle Freiheit lassen möchten), in denen, vielleicht in Form kurz gefasster Thesen, die Prinzipien möglichst klar hervortreten und die offenstehenden Fragen, sowie die Zusammenhänge und Gegensätze beleuchtet werden. Auch ist nichts dagegen, dass etwas aufgenommen wird, das bereits an anderer Stelle publiziert worden ist.

Ein Litteraturverzeichnis wird natürlich willkommen sein (auch wenn nicht ganz vollständig) und wir werden dafür sorgen, dass in den Sitzungen eine gewisse Anzahl von Zeitschriften und namentlich von Separaten zur Hand sind.

3. Es wäre mir sehr lieb, das Manuskript der Referate *nicht später als am 1. September* zu erhalten.

Was die Sprache anbelangt, so ist bei früheren Gelegenheiten alles französisch publiziert worden (Verschaffelt hat die nötigen Übersetzungen besorgt) und man wird sich wahrscheinlich auch dieses Mal daran halten wollen. Wenn man also ein Referat sofort französisch schreibt, so wird damit Zeit und Geld gespart. Indes, wenn Sie das vorziehen, können Sie sich ruhing des deutschen bedienen. Heisenberg oder Born werden das gewiss auch tun (ich habe in meinen Briefen an sie nicht einmal von etwas anderem gesprochen) und Bragg und Compton werden so gut wie sicher englisch schreiben.

Ich schliesse mit meinem warmen Danke für die Mühe, die Sie sich geben werden. Möge diese Arbeit ihre Ruhe in den Ferien, die Sie nach der anstrengenden Amerika Reise so reichlich verdient haben, nicht zu sehr stören.

Mit herzlichen Grüssen von Haus zu Haus und in der Hoffnung Sie beide in Como in guter Gesundheit wieder zu sehen^[6]

treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]Lorentz and Schrödinger had met at the California Institute of Technology a few months earlier (see Letters 420 and 421). See also Letter 421 for Schrödinger's acceptance of the invitation to lecture at the fifth Solvay Conference.

^[2]*Schrödinger 1927*.

^[3]See also Letter 406 for the program of the Conference.

^[4]See *Elsasser 1925*, *Dymond 1926*, and *Davisson and Germer 1927*.

^[5]Born and Heisenberg wrote a joint report, which was presented by Heisenberg.

^[6]At the Volta conference (see Letter 419, note 2)

429. From Erwin Schrödinger, 23 June 1927

Typed letter.

Zürich, am 23. Juni 1927.

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Haben Sie vielen, herzlichen Dank für Ihren liebenswürdigen und ausführlichen Brief.^[1]

Ich kann es ja gestehen: sooft ich an die Besprechung der Referatfrage unter den schönen Palmen Pasadenas zurückdachte (und Sie können denken, dass dies oft war, denn die friedevollen Stunden, die ich mit Ihnen plaudern durfte, werden mir stets unvergessen sein) — hegte ich die stille Hoffnung, Sie würden doch noch auf Ihren ersten Plan zurückkommen und blos die Herren De Broglie und Heisenberg mit Referaten über die neue Mechanik betrauen. Nun haben Sie aber anders beschlossen und ich werde selbstverständlich meine Pflicht gerne tun.

Freilich fürchte ich, die “Matrizier” (wie Herr Ehrenfest zu sagen pflegte) werden sich benachteiligt vorkommen. Sollte es da zu Gegenvorstellungen kommen, die beim Comité etwa doch noch den Wunsch zeitigen, sich auf zwei Referate zu beschränken, so wissen Sie, lieber Herr Professor, dass ich meinen Auftrag stets gern wieder in Ihre Hände zurücklege.

Darf ich jetzt einiges darüber sagen, wie ich die Aufgabe auffasse. Die Anzahl der “Anwendungen”, welche die Wellenrechnung gefunden hat, ist heute schon unübersehbar gross, denn man kann, wenn man will, jede Anwendung der neuen Mechanik als Anwendung der Wellenrechnung auffassen. Von ganz einfachen Fällen abgesehen, stellt sie ja die einzige Methode dar, das Problem der neuen Mechanik analytisch zu bewältigen. Es scheint mir aber, als sollte in meinem Referat nicht auf eine vollständige Aufzählung (oder gar Wiedergabe) dieser Anwendungen das Hauptgewicht gelegt werden, vielmehr auf die prinzipiellen Fragen.

Dazu gehört in erster Linie eine klare Auseinandersetzung darüber, dass es heute eigentlich *zwei* Fassungen der W.mechanik gibt, eine drei- bzw. vierdimensionale, die unmittelbar an die De Broglieschen Ideen anknüpft, schöner wäre, aber leider in ihrer Ausarbeitung, besonders beim Mehrelektronenproblem, noch auf unübersteigbare Schranken stösst; ihr steht gegenüber die vieldimensionale Fassung, die mit der Heisenbergmechanik im engsten Kontakt steht, allgemein anwendbar zu sein scheint, aber nicht echt relativistisch ist, sondern nur allenfalls die Relativistik als wenig bedeutsame Korrektur anzubringen gestattet.

In der vier- (oder mit Klein fünf-) dimensionalen Fassung steht vor allem zur Diskussion: es hat den Anschein, als müsste man im Mehrelektronenproblem eine Art “Atomistik der Felder” einführen, derart, dass mehrere Felder einander “überlappen” (overlap), wobei die von dem *einen* erzeugten elektrischen Dichten nur auf die *anderen* wirken, nicht zurück auf sich selbst. Frage: lässt sich so was in vernünftiger Weise machen — oder, vielleicht, lässt es sich vermeiden?

In der vieldimensionalen Fassung steht zur Diskussion: was bedeutet die Funktion der Lagekoordinaten und der Zeit eigentlich, mit welcher die neue Mechanik das Bewegungsproblem beantwortet (anstatt, wie die alte tat, die Lagekoordinaten als Funktionen der Zeit zu geben)?

Viele glauben, diese Funktion enthalte eine statistische Aussage über das Verhalten eines Ensembles gleichbeschaffener Systeme. Ich kann mich damit nicht zufrieden geben. Die Gleichung, die jene Funktion bestimmt (die sogen. Wellengleichung) ist merklich unempfindlich gegen einen Vorzeichenwechsel der Zeit, denn er bedeutet blos: Uebergang zum konjugiert Komplexen, was auf das reale Geschehen sicher ohne Einfluss ist, wie immer man die Funktion deuten mag. Die Erfahrung lehrt aber, dass das statistische Verhalten von Ensembles nicht beschreibbar ist durch Aussagen, die gegen den Vorzeichenwechsel der Zeit unempfindlich sind. In der Tat zeigt sich denn auch, dass behufs statistischer Deutung ein neuer wahrscheinlichkeitstheoretischer Begriff eingeführt werden muss: die komplexe *Wahrscheinlichkeitsamplitude*. An die Stelle der klassischen Gesetze der Kombination von Wahrscheinlichkeiten (W. des “sowohl als auch”, des “entweder oder”) treten Gesetze der Kombination von Wahrsch.amplituden, die in der An-

wendung auf Wahrscheinlichkeiten ebenso mystisch sind, als sie uns in der Anwendung auf *Wellenamplituden* wohlvertraut wären!

Aber auch die von mir bevorzugte Deutung als wirkliche Beschreibung des Einzelsystems, welches dadurch zu einer Art "Mollusk" wird, begegnet grossen Schwierigkeiten, das Nichtbeisammenbleiben der Elektronen u.ä. —

Wenn es Ihnen recht ist, möchte ich mich auf die Erörterung dieser prinzipiellen Fragen beschränken und spezielle Beispiele nur zur Illustration heranziehen oder dort, wo noch prinzipielle Fragen zur Diskussion stehen (z.B. die relativistische Wasserstoffformel). — Ich hoffe, dass mein Referat dann auch nicht sehr lang wird — die besten Sachen werden ja doch immer erst in der Diskussion gebracht, es ist gut, wenn die Zuhörer dann noch nicht allzu ermüdet sind.

Was die Sprache anlangt, so würde ich doch am liebsten Deutsch *schreiben*, ich beherrsche das Französische leider zu schlecht. Würde Englisch einen Vorteil bieten? — Was das *Sprechen* anlangt, so schiene mir Englisch am vernünftigsten, ich glaube das Produkt aus meiner und aller Zuhörer Sprachbeherrschung ist für diese Sprache ein Optimum. Und ich finde, bei einer wissenschaftlichen Beratung sollte kein anderer Gesichtspunkt massgebend sein. Aber kann man sich verlassen, dass die deutschen Kollegen das nicht übelnehmen? Hoffentlich.

Nun aber noch eines, nehmen Sie mir das, bitte nicht übel: ich kann das Manuskript nicht bis ersten September versprechen. Der Betrieb hier in Zürich geht fast bis Ende Juli, jedenfalls lassen mich meine Rockefeller-Leute nicht früher aus. Ich fühle, ich muss dann einmal 6 bis 8 Wochen nicht an Wellen denken, sonst werde ich seekrank. Ich hoffe, ein Brouillon noch bis Ende Juli fertig zu stellen, was aber dann nicht fertig ist, muss ich bis in die zweite Hälfte September liegen lassen. Es ist mir sehr arg, Ihnen das zu sagen. Vielleicht darf ich zu meiner Entschuldigung anführen, dass mein Vokabular hinsichtlich des Versprechens von Manuskripten etwas von dem oft angewandten abweicht: ich habe noch nie ein MS. später als am Vortage desjenigen Tages auf die Post gegeben, bis zu welchem ich versprochen hatte, *mich zu bemühen*, es fertigzustellen.

Haben Sie vielen Dank für die freundliche Aufnahme, die Sie dem von meiner Frau übersandten Bild zuteil werden liessen. Ich glaube, Ihre Frau Gemahlin war so gütig, den Wunsch darnach auszusprechen, sonst wären wir natürlich nicht so unbescheiden gewesen.

Nach Como komme ich nicht, ich habe soeben abgeschrieben. Die Gründe decken sich mit den soeben angeführten, d.h. sie decken sich so ziemlich damit; es spielen diesfalls (gegen meine sonstige Gewohnheit) auch Gefühlsmomente bestimmter Art mit.

Mit den besten und aufrichtigsten Grüssen und Wünschen von meiner Frau und mir an Sie und Ihre hochverehrte Gemahlin, bleibe ich, sehr verehrter Herr Professor Lorentz, stets

Ihr dankbar ergebener

E. Schrödinger

^[1]Letter 428.

430. To Erwin Schrödinger, 8 Juli 1927

Handwritten letter (Zentralbibliothek für Physik, Vienna).

Haarlem, den 8 Juli 1927.

Hochgeehrter Herr Kollege,

Ich freue mich sehr über Ihre Zusage* und bin mit dem, was Sie mir über Inhalt und Anordnung Ihres Referates schrieben, ganz einverstanden.^[1] Auch habe ich nichts dagegen, dass ich Ihr Manuskript erst etwas später, sagen wir Ende September erhalte; es ist ja schon schlimm genug, das ich Sie nach Ihren angestrengten und ermüdenden Arbeiten mit meiner Bitte habe belästigen müssen. Ich hoffe herzlich, dass Sie in einer schönen Ferienzeit Erholung finden werden.

Sie werden also deutsch schreiben. Was den mündlichen Vortrag betrifft, so können Sie sich ohne Bedenken des englischen bedienen. Herr Born hat mir geschrieben, dass er sowohl wie auch Heisenberg fließend englisch spricht und dass sie also, wenn es gewünscht wird, auch in dieser Sprache einige Erläuterungen werden geben können.^[2] Auch diese Herren schreiben deutsch.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus

Ihr ergebener

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 429.

^[2]See Max Born to Lorentz, 23 June 1927.

431. From Erwin Schrödinger, 16 July 1927

Handwritten letter.

Zürich, am 16. Juli 1927.

Hochverehrter Herr Professor Lorentz!

Ich möchte Ihnen blos den Empfang Ihrer gütigen Zeilen vom 8. Juli mit herzlichem Dank bestätigen.^[1] Ich freue mich sehr, dass Sie mit dem von mir kurz skizzierten Programm einverstanden sind. Die neuen und schönen Ergebnisse, die vom Woche zu Woche erscheinen (z.B. Wentzels Behandlung des Comptoneffektes an gebundenen Elektronen^[2]) bringen mich immer wieder in Verwirrung: ob ich nicht doch viel eingehender und mehr im Detail über das bisher Erreichte berichten sollte. Aber ich fühle mich dazu ausser Stande. Ich kann noch nicht so schnell den Standpunkt *über* all diesen Einzelerfolgen gewinnen, von dem aus al-

*Auch die anderen Herren haben mir die von ihnen gewünschten Berichten versprochen, und zwar werden Born und Heisenberg gemeinsam schreiben und dabei auch die Untersuchungen von Dirac berücksichtigen.

lein sie einigermaßen übersichtlich und systematisch dargestellt werden könnten. Es würde eine für den Hörer höchst ermüdende Aneinanderreihung der auf den verschiedensten Wegen gewonnenen speziellen Resultate entstehen, was keine Grundlage zur Discussion abgibt. — Natürlich werden dann — leider — meine eigenen Arbeiten, weil ich die am besten verstehe, in meinem Bericht ungebührlich praeponderieren. Aber ein klein Bisschen ist das ja die Absicht dieser Berichte, und für das Zuviel muss ich mich eben mit einigen Worten und obiger Begründung ausdrücklich entschuldigen.

Seien Sie, hochverehrter Herr Professor, herzlichst und ganz ergebenst gegrüsst von Ihrem in aufrichtigster Verehrung ergebenden

E. Schrödinger.

Auch an Ihre hochverehrte Gemahlin und auch von meiner Frau bitte ich ergebenste Grüsse übermitteln zu dürfen.

^[1]Letter 430.

^[2]See *Wentzel 1926b, 1927*.

432. From Albert Einstein, 13 September 1927

Typed letter. © The Hebrew University of Jerusalem.

Berlin den 13.9.27.

Lieber und verehrter Herr Lorentz!

Wenn ich mich an die Juli-Session der I.C.I.C. erinnere,^[1] dann bedrückt mich besonders eine Entschliessung, die wir auf besonderen Wunsch von Casares gefasst haben.^[2] Es wurde festgestellt, dass in jedem souveränen Staat nur *eine* nationale Kommission sein dürfe, mit der wir beständige und offizielle Beziehungen unterhalten. Dagegen wäre an sich nichts einzuwenden, wenn nicht in vielen Staaten leider eine Unterdrückungspolitik gegenüber den nationalen Minderheiten geübt würde. Diese werden von den nationalen Kommissionen ferngehalten werden und sind also de facto von uns isoliert. Dadurch werden wir zu Mitschuldigen von Werken der kulturellen Unterdrückung, deren Milderung gerade eine Hauptaufgabe unserer Kommission sein müsste.

Sie wissen vielleicht gar nicht, wie schlimm in vielen Ländern Europas die Verhältnisse tatsächlich sind. Ich sende Ihnen zur Information eine Denkschrift über die Lage der unterdrückten Balkanvölker, deren Lektüre mich wahrhaft erschüttert hat.

Glauben Sie nicht dass wir unseren Beschluss revidieren können? Der Umstand, dass die Société des Nations eine Vertretung von Staaten und nicht von Nationalitäten ist, kann nicht begründen, dass wir nur Staatenvertretende lokale Kommissionen anerkennen dürfen. Zum Beweis lässt sich anführen, dass die Mit-

glieder unserer Kommission ja auch nicht Vertreter von Staaten sind. Es liesse sich sehr wohl denken, dass wir jeder kulturell-nationale Gruppe das Recht zugestehen würden, eine lokale Kommission zu bilden, die mit uns dauernd und offiziell in Relation steht. Natürlich würden wir auf diese Weise viele Schwierigkeiten haben, aber die Ueberwindung solcher Schwierigkeiten würde dann auch von grossem Wert sein. Ich glaube sogar, dass durch das blosses Bestehen solcher Verbindungen schon mauche Härte gemildert werden könnte.

Es grüsst Sie herzlich

Ihr ganz ergebener

A. Einstein.

^[1]The 9th meeting of the C.I.C.I had taken place in Geneva from 20 to 27 July 1927.

^[2]The Spanish novelist Julio Casares (1877–1964) had been a member of the committee since 9 June 1926.

433. From Max Planck, 12 October 1927

Handwritten letter.

Berlin-Grunewald, 12.10.27.

Lieber verehrter Herr College!

Es ist sehr gütig von Ihnen, dass Sie auch an meine Frau denken und ihr einen freundlichen Empfang in Brüssel in Aussicht stellen.^[1] Ich zweifle auch keinen Augenblick, dass sie sich dort sehr wohl fühlen würde, besonders da auch Ihre Frau Gemahlin dort sein wird. Aber ich halte es doch diesmal für besser, dass ich allein reise. Abgesehen davon, dass es jetzt für meine Frau nach der langen Abwesenheit hier im Hause viel zu tun gibt, wird es auch für mich selber günstiger sein, wenn ich mich von der Hauptsache, den Arbeiten des Congresses, auch in der Zwischenzeit möglichst wenig ablenken lasse und meine freie Zeit ganz allein für mich habe. Nehmen Sie aber herzlichen Dank für Ihre besondere Aufmerksamkeit. Meine Frau grüsst Sie bestens, und ich selber bitte mich auch Ihrer werten Gattin zu empfehlen.

In der Hoffnung auf gutes Wiedersehen

Ihr treulich ergebener

M. Planck

^[1]Planck was planning to attend the fifth Solvay Conference (see Letter 414, note 1).

APPENDIX

The item in this Appendix came to light at a such a late stage in the production of this volume that it could not be included in the main text.

178a. To Arnold Sommerfeld, 23 November 1908

Handwritten letter (Deutsches Museum, Munich).

Leiden, 23 November 1908.

Verehrter Herr College,

Sie haben wirklich Grund, sich nach dem Encyklopädie-artikel zu erkundigen,^[1] und auch Grund mit mir unzufrieden zu sein, da ich mein Versprechen nicht gehalten habe. Als ich Ihnen das letzte Mal schrieb meinte ich wirklich in zwei Monaten fertig sein zu können,^[2] aber leider ging das doch nicht. Das Studium von Voigt's neuem Buche^[3] hat mich viel länger aufgehalten als ich erwartete, und es war doch unumgänglich nötig, den Inhalt desselben zu berücksichtigen; dazu kam manche andere Arbeit, auf die ich nicht gerechnet hatte.

Indes bin ich soweit gekommen, dass ich einen Entwurf meines Artikels geschrieben habe, den ich nur noch einmal umzuarbeiten und stellenweise etwas weiter zu entwickeln habe. Wenn nicht etwas ganz Unvorhergesehenes mir in den Weg kommt, so werde ich damit bis Neujahr fertig sein; darauf können Sie bestimmt rechnen. Früher geht es kaum, da ich eine Woche in England sein werde und nach meiner Rückkehr zunächst noch viele andere Arbeit habe. Indes kann ich dann mit der definitiven Redaktion des Artikels anfangen und die erste Hälfte der Weihnachtsferien grösstenteils darauf verwenden; das wird auch genügen.

Was nun die Zeit der Publikation, zugleich mit Wien's Artikel^[4] oder erst später, anbelangt, so möchte ich die Entscheidung Ihnen überlassen. Mein Beitrag wird einen ziemlich selbständigen Character haben, obgleich es sich einerseits an Wien, andererseits an meinen eigenen Encyklopädie-Artikel anschliesst. Den Umfang schätze ich auf 60–80 Seiten.

Ich möchte Sie nun bitten mir mitzuteilen, ob es Ihnen Recht ist, dass ich, ebenso wie früher, nicht versuche über allen Arbeiten über die Theorie der Magneto-optik der Reihe nach zu referieren, sondern vielmehr das Gebiet in übersichtlicher Form selbständig zu behandeln, wobei ich natürlich bemüht sein werde, alle wichtigeren Arbeiten zu berücksichtigen (ohne die Vollständigkeit verbürgen zu können). Eine selbständige Behandlung wird mir am besten gelingen; ich kann z.B., wenn Sie mir diese gestatten, viel besser das Wesentliche in Voigt's Untersuchungen hervortreten lassen, als wenn ich ängstlich über alle Einzelheiten

zu berichten hätte (dazu hätte ich eigentlich den grössten Teil seines Buches abzuschreiben).

Auch möchte ich noch um nähere Auskunft darüber bitten, wie ich das Gebiet begrenzen soll. Hauptgegenstand soll natürlich die Magneto-optik sein, also Zeeman-Effekt, Faraday-Effekt und Kerr-Effekt, aber Sie wünschen wohl, dass ich auch den elektro-optischen Erscheinungen einen kurzen Abschnitt widme. Dieser würde sich nun auch einer Darstellung der Beeinflussung optischer Erscheinungen durch mechanische Einwirkungen (accidentelle Doppelbrechung) anschliessen können. Wird nun dieser Gegenstand von anderen behandelt (Pockels)? Ist das nicht der Fall, und erwarten Sie die Behandlung von mir, dann würde am Ende mein Artikel alle Änderungen der optischen Erscheinungen durch mechanische, magnetische und elektrische Einwirkungen zu umfassen haben, was dann auch in dem Titel zum Ausdruck gelangen könnte. Ich könnte dann auch die Untersuchungen über den Einfluss des Druckes auf die Lage von Spektrallinien kurz erwähnen, die sonst wohl nirgendwo berücksichtigt werden.

Bei der Besprechung des Zeeman-Effektes werde ich auch von den Serien von Spektrallinien zu reden haben. Findet die Besprechung der empirischen Serienformeln und der versuchten Theorien irgendwo in einem anderen Artikel einen Platz? Ich möchte hierüber jedenfalls sehr kurz sein, da es mir zu viel Zeit nehmen würde, alle die einschlägigen Fragen gründlich zu studieren. Es giebt wohl noch manche andere Gegenstände (vielleicht zeigen Sie mir einige an), die wir, im Interesse der Vollständigkeit, sei es kurz und vielleicht nur in einer Anmerkung, erwähnen müssen. Hierher gehört z.B. der an Kanal- und Anodenstrahlen beobachtete Doppler-Effekt.^[5]

— — — —

Ich bin Ihnen auch immer noch die Beantwortung Ihrer Bemerkungen zum Strahlungstheorie schuldig geblieben.^[6] Zum Teil treffen diese, wie mir scheint, zu, zum Teil aber auch nicht. Ich habe nämlich in meinem Vortrag in Rom,^[7] von dem ich Ihnen anbei einen Abdruck zukommen lasse, gar nicht angenommen, die Bewegung der Elektronen sei quasi-stationär. Die Gleichung

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} (L - U) dt = 0$$

ergiebt sich in völliger Allgemeinheit aus den Grundgleichungen, und wenn ich geeignete Koordinaten einführe, so führt sie uns zu den „Lagrange’schen“ oder zu den „Hamilton’schen“ Gleichungen. Ich kan nun immer diejenigen Grössen q_2 welche die Lage der Elektronen bestimmen, zu den Koordinaten rechnen und dann noch die Koordinaten q_3 für den Äther hinzufügen^[8] (Wollte ich bei dieser Untersuchung die Elektronen als deformierbar betrachten, so hätte ich eben nur für jedes eine grössere Zahl von Koordinaten q_2 einzuführen). Dass nun, wie ich gesagt habe der Stromzustand durch die \dot{q}_2 und \dot{q}_3 bestimmt wird, dagegen ist wohl Nichts einzuwenden. Ferner wird das magnetische Feld jedesmal durch den *au-*

genblicklichen Stromzustand bestimmt (nach den Gleichungen $\text{rot}H = \frac{1}{c}C$, $\text{div}H = 0$) und ich war also, wie ich glaube, im Recht als ich die magnetische Energie als eine quadratische Funktion von \dot{q}_2 und \dot{q}_3 einführte. Das steht auch keineswegs im Widerspruch mit dem Satze, das der augenblickliche Zustand auch von \ddot{q}_2 , \ddot{q}_3 u.s.w. abhängt. Die Werte der \dot{q}_2 (und also das Feld) in einem bestimmten Augenblicke können nämlich von der Vorgeschichte abhängen. Wie es sich damit verhält, werden aber die Bewegungsgleichungen (um deren Ableitung es sich zunächst handelte) uns lehren.

Sie bemerken ferner, dass ich eigentlich, unter Ausscheidung der q_2 , das Gleichgewicht zwischen den q_1 und q_3 betrachte, und fragen ob das berechtigt sei. Ich möchte darauf antworten, dass die Schönheit der Gibbs'sen Sätze gerade darin besteht, dass sie eine solche Ausschaltung zulassen. Wenn nicht von anderer Seite der Theorie Schwierigkeiten erwachsen, so glaube ich, dass wir uns über diesen Punkt keine Sorge zu machen brauchen. Mann kann zur Erläuterung den Satz heranziehen, dass in thermodynamischen Systemen das Gleichgewicht zwischen zwei Phasen unabhängig von der speziellen Art der Wechselwirkung ist. Der Dampf, der bei gegebener Temperatur mit einem wasserhaltigen festen Körper koexistieren kann, hat eine bestimmte Dichte, einerlei ob er mit der festen Phase in direkter Berührung steht, oder durch eine zwischengelagerte Lösung des festen Körpers von diesem getrennt ist.

Ich gebe Ihnen ger zu, dass wenn die Elektronen selbst unendlich viele Freiheitsgrade besitzen, sie sehr wohl gegen die unendlich vielen Freiheitsgrade des Äthers konkurrieren können. Aber in diesem Fall würde nach dem Theorem der „equipartition“ die ponderable Materie am Ende schon alle Energie an die Elektronen abgeben müssen, es sei denn, dass wir auch den Atomen unendlich viele Freiheitsgrade zuschreiben wollten. Täten wir das, so entsänke uns aber der Grund unter den Füßen (denken Sie nur an die spezifische Wärme).

Es giebt indessen *einen* Punkt, in dem meine Darstellung unrichtig oder wenigstens unvollständig ist, und auf den mich van der Waals Jr. aufmerksam gemacht hat.^[9] Meine Schlüsse gelten nämlich nur dann, wenn die Elektronen einige materielle Masse besitzen. Haben sie aber nur elektromagnetische Masse, so muss sich aus den Bewegungsgleichungen eine Beziehung zwischen den Koordinaten und den Geschwindigkeiten ergeben, in welcher keine Beschleunigungen vorkommen. Dies geht daraus hervor, dass die resultierende Kraft auf ein Elektron Null sein muss; diese Kraft lässt sich aber in den Koordinaten des Elektrons und des elektrischen Feldes (q_2 und q_3), den Geschwindigkeiten des Elektrons und den Komponenten der magnetischen Kraft (also den \dot{q}_2 und \dot{q}_3) ausdrücken. Einer Beziehung zwischen den q und den \dot{q}_2 , \dot{q}_3 entspricht nun aber eine Beziehung zwischen den Koordinaten und den Momenten p_2 , p_3 , und wenn eine solche besteht, kann ich bei der Bildung eines Gibbs'schen Ensemble von Systemen nicht

mehr die q und alle p als unabhängige Veränderlichen einführen. Nun könnte man vielleicht geneigt sein, sich damit zufrieden zu geben, dass eine wahre Masse, die etwa der 1000^{te} Teil der elektromagnetischen ist, auf die Bewegungen der Elektronen (in der Wechselwirkung mit der Materie) und also auch auf den Strahlungszustand im Äther keinen nennenswerten Einfluss haben könne, und also zu schliessen: wenn sich bei Annahme der genannten kleinen Masse die Jeans'sche Formel ergibt, so muss sie auch dann gelten, wenn die materielle Masse Null ist. Allein ich sehe sehr wohl, dass hierin ein gefährlicher Grenzübergang liegt, und dass für $m_{(\text{materiell})} = 0$ ganz neue Zustände eintreten können. Jedenfalls wäre es interessant, die Gibbs'sche Betrachtungsweise so zu modifizieren, dass sie direkt auf den Grenzfall anwendbar wird; dazu wird es nötig sein, was leider nicht leicht sein wird, zu untersuchen, was man an die Stelle eines gewöhnlichen kanonischen Ensemble einzuführen hat, wenn die oben erwähnten Beziehungen zwischen den q und den p bestehen.

Voraussichtlich wird es sich bei diesen Fragen immer um die kürzeren Wellenlängen handeln, und Sie verfolgen daher mit Ihren sich auf diese beziehenden Betrachtungen das gleiche Ziel.

Wird es nun möglich sein, in dieser Weise, das Maximum in der Kurve der schwarzen Strahlung zu erklären, und von der physikalischen Bedeutung des konstanten Produktes $\lambda_m T$ Rechenschaft zu geben,^[10] sodass die Planck'sche Auffassung überflüssig wird? Ich wage kaum es zu hoffen. Auf den ersten Blick wird Jeder erwarten, dass Abweichungen von der Jeans'schen Formel, wenn überhaupt, sich nach der Elektronentheorie erst dann ergeben werden, wenn die Wellenlänge von der Grössenordnung der Durchmesser der Elektronen wird. Aber bewiesen ist das nicht und die Frage muss also untersucht werden. Könnte man zeigen, dass λ_m von der Grössenordnung $R \cdot \frac{c^2}{v^2}$ ist (R Radius des Elektrons, c Lichtgeschwindigkeit, v^2 mittleres Geschwindigkeitsquadrat der Elektronen (Wärmebewegung),^[11] so wäre man schon einen Schritt weiter gekommen, und hätte speziell auch erklärt, dass λ_m der Temperatur T umgekehrt proportional ist. Freilich, was die Grössenordnung betrifft, damit würde es noch nicht ganz seine Richtigkeit haben.

Ich habe mich seit langer Zeit vergeblich bemüht, einen Ausdruck für λ_m von der Gestalt $CR \frac{c^2}{v^2}$ abzuleiten.

— — — —

Was die Bucherer'schen Resultaten betrifft,^[12] so freue ich mich natürlich darüber, obgleich ich zugebe, dass die ursprüngliche Einfachheit der Theorie jetzt, da die Elektronen deformierbar geworden sind, einigermassen verloren geht. Wir müssen uns aber damit trösten, dass sich jetzt, wenigstens auf einem gewissen Gebiete, ein Gesamtbild entwerfen lässt, das keine inneren Widersprüche enthält; auch damit, dass das Relativitätsprinzip im Grunde sehr befriedigend ist, obgleich

die Ausführung und Anwendung desselben nicht eben einfach genannt werden kann. Ähnliches kommt mehr vor und wenn man sich an das Relativitätsprinzip gewöhnt hat, so wird schon Alles einfacher aussehen.

Mit herzlichen Grüßen von Haus zu Haus
treulich Ihr

H.A. Lorentz

^[1]See Letter 177 for Sommerfeld's inquiry.

^[2]See Letter 168.

^[3]*Voigt 1908c*.

^[4]Wien's *Encyklopädie* article on the electromagnetic theory of light, *Wien 1909a* (see Letter 177, note 1).

^[5]See Letter 180 for the choices made by Lorentz concerning the contents of his article.

^[6]See Letter 173 for Sommerfeld's remarks.

^[7]See Letters 170–173 and their notes for more on Lorentz's Rome lecture.

^[8]See Letter 163, note 6, for the meaning of the quantities q .

^[9]See Letter 182, note 2; see also Letter 189 for later comments by Lorentz.

^[10]It concerns Wien's displacement law; λ_m is the wavelength at which the radiation curve for temperature T reaches its maximum.

^[11]See also Letter 171, footnote on p. 245, for a similar remark.

^[12]See Letter 177, note 4, for more on Bucherer's results.

GENERAL BIBLIOGRAPHY

List of abbreviations

<i>Acta Math.</i>	Acta Mathematica
<i>Am. J. Sci.</i>	American Journal of Science
<i>Ann. Mat. Pura Appl.</i>	Annali di Matematica Pura ed Applicata
<i>Ann. Phys.</i>	Annalen der Physik und Chemie (N.F.: Neue Folge); from vol. (4) 1 (1900): Annalen der Physik
<i>Arch. Mus. Teyler</i>	Archives du Musée Teyler
<i>Arch. Néerl.</i>	Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles
<i>Astrophys. J.</i>	The Astrophysical Journal
<i>Bull. Cal. Inst. Techn.</i>	Bulletin of the California Institute of Technology
<i>Bull. Séances Soc. Fr. Phys.</i>	Bulletin des Séances de la Société Française de Physique
<i>Chem. Weekbl.</i>	Chemisch Weekblad
<i>Comm. Phys. Lab. Un. Leiden</i>	Communications from the Physical Laboratory of the University of Leiden
<i>C.P. 1–9</i>	H.A. Lorentz, <i>Collected Papers</i> , P. Zeeman and A.D. Fokker, eds. 9 vols. The Hague: Nijhoff, 1934–39
<i>CPAE</i>	<i>The Collected Papers of Albert Einstein</i> . Princeton: Princeton University Press, 1987–
<i>C. R. Ac. Sci.</i>	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences (Paris)
<i>Écl. ÉL.</i>	L'éclairage électrique: Revue hebdomadaire d'électricité
<i>Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.</i>	Handelingen van het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres
<i>Jahrb. Radioakt. Elektr.</i>	Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik
<i>J. Franklin Inst.</i>	Journal of the Franklin Institute
<i>J. Phys.</i>	Journal de Physique Théorique et Appliquée
<i>Math. Z.</i>	Mathematische Zeitschrift
<i>Math. Ann.</i>	Mathematische Annalen
<i>Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen</i>	Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-physikalische Klasse
<i>Naturw.</i>	Die Naturwissenschaften
<i>Naturw. Rundsch.</i>	Naturwissenschaftliche Rundschau
<i>N. Cim.</i>	Il Nuovo Cimento
<i>Phil. Mag.</i>	The Philosophical Magazine

- Phil. Trans. Roy. Soc.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London
- Phys. Rev.* The Physical Review
- Physik. Z.* Physikalische Zeitschrift
- Proc. Am. Phil. Soc.* Proceedings of the American Philosophical Society
- Proc. Kon. Ak. Wet.* Proceedings of the Section of Sciences, Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam
- Proc. Nat. Ac. Sci.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America
- Proc. Roy. Inst.* Proceedings of the Royal Institution of Great Britain
- Proc. Roy. Soc.* Proceedings of the Royal Society of London
- Rec. Trav. Chim.* Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas et de la Belge
- Rend. Circ. Mat. Palermo* Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo
- Rep. Br. Ass.* Reports of the British Association for the Advancement of Science
- Rev. Gén. Sci.* Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées
- Rev. Opt.* Revue d'Optique Théorique et Instrumentale
- Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wien). Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Zweite Abteilung
- Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* Sitzungsberichte der Königlichen Bayerischen Akademie der Wissenschaften (München), Mathematisch-physikalische Klasse
- Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin)
- Trans. Roy. Soc. Edinburgh* Transactions of the Royal Society of Edinburgh
- Verh. Deutschen Physik. Ges.* Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Verh. Ges. Deutscher Naturf. Ärzte* Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte
- Verh. Kon. Ak. Wet.* Verhandelingen Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam
- Versl. Kon. Ak. Wet.* Until vol. 1 (1892–93): Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen (Amsterdam), Afdeeling Natuurkunde; vols. 1 (1892–93) – 4 (1895–96): Verslagen der Zittingen van de Wis- en

	Natuurkundige Afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen (Amsterdam); from vol. 5 (1896–97): Verslagen van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling, Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam
<i>Wiad. Mat.</i>	Wiadomosci Matematyczne
<i>Z. Math. Phys.</i>	Zeitschrift für Mathematik und Physik
<i>Z. Phys.</i>	Zeitschrift für Physik
<i>Z. Physik. Chemie</i>	Zeitschrift für physikalische Chemie
<i>ZhRFO</i>	Zhurnal Russkogo Fiziko-chimicheskogo Obshchestva

Abraham, Max

- 1902 “Dynamik des Elektrons.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1902): 20–41.
- 1903 “Prinzipien der Dynamik des Elektrons.” *Ann. Phys.* 10 (1903): 105–179.
- 1904a “Zur Theorie der Strahlung und des Strahlungsdruckes.” *Ann. Phys.* (4) 14 (1904): 236–287.
- 1904b “Kritik der Erwiderung des Hrn. W. Wien.” *Ann. Phys.* (4) 14 (1904): 1039–1040.
- 1912a “Zur Theorie der Gravitation.” *Physik. Z.* 13 (1912): 1–4.
- 1912b “Das Elementargesetz der Gravitation.” *Physik. Z.* 13 (1912): 4–5.

Angerer, Ernst von

- 1907 “Ursprung der Wärmeentwicklung bei Absorption von Röntgenstrahlen.” *Ann. Phys.* (4) 24 (1907): 370–380.

Arco, Georg, et al., eds.

- 1919 Georg Arco, Albert Einstein, Walburga Geiger, Helmut von Gerlach, Maximilian Harden, Max Hodann, Luise Kautsky, Elisabeth Rotten, Erich Schlesinger and Helene Stöcker, eds., *Lille: Beiträge zur Naturgeschichte des Krieges*. Berlin: Engelmann, 1919.

Arvidsson, Gustav

- 1920 “Eine Untersuchung über die Ampèreschen Molekularströme nach der Methode von A. Einstein und W.J. de Haas.” *Physik. Z.* 21 (1920): 88–91.

Aston, Francis W.

- 1920 “The mass-spectra of chemical elements.” *Phil. Mag.* 39 (1920): 611–625.

Bach, Rudolf

- 1921 "Zur Weylschen Relativitätstheorie und der Weylschen Erweiterung des Krümmungstensorbegriffs." *Math. Z.* 9 (1921): 110–135.

Bakker, G.

- 1892 "Über eine Eigenschaft der Verdampfungswärme." *Z. Physik. Chemie* 10 (1892): 558–562.

Barkla, Charles Glover

- 1904 "Polarization in Röntgen rays." *Nature* 69 (1904): 463.
1905 "Polarized Röntgen radiation." *Phil. Trans. Roy. Soc.* 204A (1905): 467–479.

Barlow, William and William J. Pope

- 1921 "La relation entre la structure cristalline et la constitution chimique." In *Solvay 1921*, pp. 141–183.

Beck, Emil

- 1919 "Zum experimentellen Nachweis der Ampèreschen Molekularströme." *Ann. Phys.* (4) 60 (1919): 109–148.

Becquerel, Henri

- 1898 "Remarques sur la polarisation rotatoire et la dispersion anormale à l'occasion d'une expérience nouvelle de MM. D. Macaluso et D.-M. Corbino." *C. R. Ac. Sci.* 127 (1898): 647–651 (meeting of 31 Oct 1898).

Becquerel, Jean

- 1907a "Recherches sur les phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux." *Le Radium* 4 (1907): 49–57.
1907b "Influence des variations de température sur l'absorption dans les corps solides." *Le Radium* 4 (1907): 328–339.
1907c "Untersuchungen über die magneto-optischen Erscheinungen in Kristallen." *Physik. Z.* 8 (1907): 632–656.
1908 "Recherches sur les phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux et les solutions solidifiées, à la température de l'air liquide." *Le Radium* 5 (1908): 5–17.

Bédier, Joseph

- 1915 *Les crimes allemands d'après des témoignages allemands*. Paris: Colin, 1915. (*Études et documents sur la guerre.*)

Bensaude-Vincent, Bernadette

- 1987 *Langevin. Science et vigilance*. Paris: Belin, 1987.

Bird, J. Malcolm, ed.

- 1921 *Einstein's theory of relativity and gravitation*. New York: Scientific American, 1921.

Birkeland, Kr.

- 1895 "Solution générale des équations de Maxwell pour un milieu conducteur, homogène et isotrope." *Archives des Sciences Physiques et Naturelles* (Genève) 34 (1895): 5–56.

Bjerknes, Vilhelm

- 1900–02 *Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C.A. Bjerknes' Theorie*. 2 vols. Leipzig, Barth, 1900–1902.
- 1906 *Fields of force: A course of lectures in mathematical physics delivered December 1 to 23, 1905*. New York: Columbia University Press, 1906.

Bjerrum, Niels

- 1912 "Über die ultraroten Absorptionsspektren der Gase." In *Festschrift W. Nernst*, pp. 90–98. Halle a.S.: Knapp, 1912.

Bohr, Niels

- 1913 "On the constitution of atoms and molecules." *Phil. Mag.* (6) 26 (1913): 1–25.
- 1923 "L'application de la théorie des quanta aux problèmes atomiques." In *Solvay 1923*, pp. 228–247.

Bohr, Niels, Hendrik Anthony Kramers, and John Clarke Slater

- 1924a "The quantum theory of radiation." *Phil. Mag.* (6) 47 (1924): 785–822. German transl.: *Bohr, Kramers, and Slater 1924b*.
- 1924b "Über die Quantentheorie der Strahlung." *Z. Phys.* 24 (1924): 69–87. Transl. of *Bohr, Kramers and Slater 1924a*.

Boltzmann, Ludwig

- 1871 "Über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gasmolekülen." *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 63 (1871): 397–418.
- 1872 "Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen." *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 66 (1872): 275–370.
- 1877 "Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung, respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht." *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 76 (1877): 373–435.
- 1884 "Ueber die Eigenschaften monocyclischer und anderer damit verwandter Systeme." *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 98 (1884–1885): 68–94.
- 1886 "Über die zum theoretischen Beweise des Avogadro'schen Gesetzes erforderlichen Voraussetzungen." *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 94 (1886): 613–643. Transl.: "On the assumptions necessary for the theoretical proof of Avogadro's law." *Phil. Mag.* (5) 23 (1887): 305–333.
- 1887a "Neuer Beweis zweier Sätze über das Wärmegleichgewicht unter mehratomigen Gasmolekülen." *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 95 (1887): 153–164.

- 1887b “Über einige Fragen der kinetischen Gastheorie.” *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 96 (1887): 891–918. Transl.: “On some questions in the kinetic theory of gases.” *Phil. Mag.* (5) 25 (1888): 81–103.
- 1890 “Die Hypothese van ’t Hoff’s über den osmotischen Druck vom Standpunkte der kinetischen Gastheorie.” *Z. physik. Chemie* 6 (1890): 474–480.
- 1891 “Nachtrag zur Betrachtung der Hypothese van ’t Hoff’s vom Standpunkte der kinetischen Gastheorie.” *Z. physik. Chemie* 7 (1891): 88–90.
- 1895 *Vorlesungen über Gastheorie. 1. Theil, Theorie der Gase mit einatomigen Molekülen deren Dimensionen gegen die mittlere Weglänge verschwinden.* Leipzig: Barth, 1895.
- 1897 “Ueber die Unentbehrlichkeit der Atomistik in der Naturwissenschaft.” *Ann. Phys.* 60 (1897): 231–247.
- 1897–1904 *Vorlesungen über die Principe der Mechanik.* 2 vols. Leipzig: Barth, 1897–1904.
- 1898 *Vorlesungen über Gastheorie. 2. Theil, Theorie van der Waals’; Gase mit zusammengesetzten Molekülen; Gasdissociation; Schlussbemerkungen.* Leipzig: Barth, 1898.
- 1900a “Festrede, gehalten am 5. November 1899 anlässlich der Enthüllung des Denkmals des Universitätsprofessors Dr. Joseph Loschmidt.” *Physik. Z.* 1 (1899–1900): 169–171, 180–182. Repr. in *Boltzmann 1905*, pp. 240–252.
- 1900b “Gedenkrede auf Joseph Loschmidt.” *Physik. Z.* 1 (1899–1900): 254–257, 264–267. Repr. in *Boltzmann 1905*, pp. 228–240.
- 1905 *Populäre Schriften.* Leipzig: Barth, 1905.
- Boltzmann, Ludwig, and J. Nabl
- 1907 “Kinetische Theorie der Materie.” In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen.* Vol. 5, *Physik*, part 1, article 8, pp. 494–557 (issued 25 April 1907). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1903–1921.
- Born, Max
- 1969 *Albert Einstein, Hedwig und Max Born, Briefwechsel 1916–1955.* Max Born, ed. München: Nymphenburger Verlagshandlung, 1969.
- 1978 *My life: Recollections of a Nobel Laureate.* London: Taylor and Francis, 1978.
- Born, Max, and Werner Heisenberg
- 1928 “La mécanique des quanta.” In *Solvay 1928*, pp. 143–184 (pp. 182–184: discussion).
- Born, Max, Werner Heisenberg, and Pascual Jordan
- 1926 “Zur Quantenmechanik II.” *Z. Phys.* 35 (1926): 557–615.
- Born, Max, and Pascual Jordan
- 1925 “Zur Quantenmechanik.” *Z. Phys.* 34 (1925): 858–888. .

Bothe, Walther

- 1926 "Über die Kopplung zwischen elementaren Strahlungsvorgängen." *Z. Phys.* 37 (1926): 547–567.

Bothe, Walther, and Hans Geiger

- 1924 "Ein Weg zur experimenteller Nachprüfung der Theorie von Bohr, Kramers und Slater." *Z. Phys.* 26 (1924): 44.
- 1925a "Experimentelles zur Theorie von Bohr, Kramers und Slater." *Naturw.* 13 (1925): 440–441.
- 1925b "Über das Wesen des Comptoneffektes; ein experimenteller Beitrag zur Theorie der Strahlung." *Z. Phys.* 32 (1925): 639–663.

Brace, Dewitt Bristol

- 1904 "On double refraction in matter moving through the ether." *Phil. Mag.* (6) 7 (1904): 317–329.

Bragg, William Henry

- 1913 "Crystals and X-rays." *Rep. Br. Ass.* 83 (1913): 386–387.
- 1923 "L'intensité de la réflexion des rayons X par le diamant." In *Solvay 1923*, pp. 198–205.

Bragg, William Henry, and William Lawrence Bragg

- 1913 "The structure of diamond." *Proc. Roy. Soc.* 89A (1913): 277–291.

Bragg, William Lawrence

- 1928 "L'intensité de réflexion des rayons X." In *Solvay 1928*, pp. 1–53 (pp. 44–53: discussion).

Brotherus, Hjalmar

- 1911 "Photometrische Untersuchung der Struktur einiger Spektrallinien." *Physik. Z.* 12 (1911): 193–196.
- 1912a "Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Spektrallinien D_1 und D_2 ." *Ann. Phys.* (4) 38 (1912): 397–433.
- 1912b "Das Emissions und Absorptionsvermögen einer inhomogenen Lichtquelle." *Physik. Z.* 13 (1912): 540–544.

Brush, Stephen G.

- 1976 *The kind of motion we call heat: A history of the kinetic theory of gases in the 19th century.* Amsterdam [etc.]: North-Holland, 1976.

Bryan, George Hartley

- 1903 "Allgemeine Grundlegung der Thermodynamik." In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen.* Vol. 5, *Physik*, part 1, article 3, pp. 73–162 (issued 23 April 1903). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1903–1921.

Bucherer, Alfred Heinrich

- 1908 "Messungen an Becquerelstrahlen. Die experimentelle Bestätigung der Lorentz-Einsteinschen Theorie." *Physik. Z.* 9 (1908): 755–762.
 1909 "Die experimentelle Bestätigung des Relativitätsprinzips." *Ann. Phys.* (N.F.) 28 (1909): 513–536.

Budde, Emil Arnold

- 1880 "Das Clausius'sche Gesetz und die Bewegung der Erde im Raume." *Ann. Phys.* (N.F.) 10 (1880): 553–560.
 1881 "Das Clausius'sche Gesetz und die Bewegung der Erde im Raume. II." *Ann. Phys.* (N.F.) 12 (1881): 644–647.

Bumstead, Henry Andrews

- 1906 "The heating effects produced by Röntgen rays in different metals, and their relation to the question of change in the atom." *Phil. Mag.* (6) 11 (1906): 292–317.
 1908 "Bemerkung zu der Abhandlung des Hrn. Angerer: „Ursprung der Wärmeentwicklung bei Absorption von Röntgenstrahlen“." *Ann. Phys.* (4) 25 (1908): 152–154.

Campbell, Norman

- 1912 "Relativitätsprinzip und Äther. Eine Entgegnung an Herrn Wiechert." *Physik. Z.* 13 (1912): 120–128.

Compton, Arthur Holly

- 1928 "Discordances entre l'expérience et la théorie électromagnétique du rayonnement." In *Solvay 1928*, pp. 55–104 (pp. 86–104: discussion).

Cotton, Aimé

- 1909a "Remarques sur le phénomène de Zeeman." *Bull. Séances Soc. Fr. Phys.* (1909): 55*–59*.
 1909b "Remarques théoriques sur le phénomène de Zeeman." *Bull. Séances Soc. Fr. Phys.* (1909): 83*–85*.

Crawford, Elisabeth

- 1984 *The beginnings of the Nobel Institution: The science prizes, 1901–1915*. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 1984.

Crawford, Elisabeth, et al.

- 1987 Elisabeth Crawford, J.L. Heilbron, and Rebecca Ullrich, *The Nobel population 1901–1937: A census of the nominators and nominees for the prizes in physics and chemistry*. Berkeley: Office for History of Science and Technology; Uppsala: Office for History of Science, 1987. (Berkeley Papers in History of Science, 11; Uppsala Studies in History of Science, 4.)

Crookes, William

1881 "On heat conduction in highly rarified air." *Proc. Roy. Soc.* 31 (1880–81): 239–243.

Dahl, Per

1984 "Kamerlingh Onnes and the discovery of superconductivity: The Leyden years, 1911–1914." *Historical Studies in the Physical Sciences* 15 (1984): 1–37.

Darrigol, Olivier

1995 "Henri Poincaré's criticism of *Fin de Siècle* electrodynamics." *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics* 26 (1995): 1–44.

Davisson, Clinton J. and Lester H. Germer

1927 "The scattering of electrons by a single crystal of nickel." *Nature* 119 (1927): 558–560.

De Broglie, Louis

1924 *Recherche sur la théorie des quanta*. Paris: Masson, 1924. (Doctoral Dissertation, Paris, 25 Nov 1924.) Also published as *Broglie 1925*.

1925 "Recherche sur la théorie des quanta." *Annales de physique* 3 (1925): 22–128.

1928 "La nouvelle dynamique des quanta." In *Solvay 1928*, pp. 105–141 (pp. 133–141: discussion).

De Broglie, Maurice

1923 "La relation $h\nu = \varepsilon$ dans les phénomènes photo-électriques; Production de la lumière dans le choc des atomes par les électrons et production des rayons de Röntgen." In *Solvay 1923*, pp. 80–130 (pp. 101–130: discussion).

Debye, Peter

1915 "Die Konstitution des Wasserstoffmoleküls." *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* (1915): 1–26.

De Donder, Théophile Ernst

1916 "Les équations différentielles du champ gravifique d'Einstein créé par un champ électromagnétique de Maxwell–Lorentz." *Versl. Kon. Ak. Wet.* 25 (1916–17): 153–156.

1917 "Sur les équations différentielles du champ gravifique". *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 101–104. Also: *Proc. Kon. Ak. Wet.* 20 (1917–18): 97–100.

De Haas, Marc

1894 *Metingen in absolute maat van wrijvingscoëfficiënten van vloeistoffen tusschen het kookpunt en den kritischen toestand*. Leiden: Los, 1894. (Doctoral dissertation, Leiden, 10 Jul 1894.)

De Haas, Wander Johannes

- 1912 *Metingen over de compressibiliteit van waterstof, in het bijzonder van waterstofdamp bij en beneden het kookpunt.* Leiden: IJdo, 1912. (Doctoral dissertation, Leiden, 11 Jul 1912.)
- 1915 “Verdere proeven over het in een magneet aanwezige moment van hoeveelheid van beweging.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 24 (1915–16): 638–657. Transl.: *De Haas 1916a, 1916b.*
- 1916a “Further experiments on the moment of momentum existing in a magnet.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 18 (1915–16): 1281–1299. Transl. of *De Haas 1915.*
- 1916b “Weitere Versuche über die Realität der Ampère’schen Molekularströme.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 18 (1916): 423–443. Transl. of *De Haas 1915.*
- 1918a “Over het diffractieverschijnsel, voortgebracht door een groot aantal onregelmatig verspreide openingen of ondoorschijnende lichamen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 1109–1119. Transl.: *De Haas 1918b, 1918c.*
- 1918b “Die Beugungserscheinungen, welche an einer grossen Anzahl unregelmässig verstreuter Öffnungen oder undurchlässiger Teilchen auftreten.” *Ann. Phys.* (4) 57 (1918): 568–580. Transl. of *De Haas 1918a.*
- 1918c “On the diffraction phenomena caused by a great number of irregularly distributed apertures or opaque particles.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 20 (1918): 1278–1288. Transl. of *De Haas 1918a.*
- 1923 “Le moment de la quantité de mouvement dans un corps magnétique.” In *Solvay 1923*, pp. 206–227 (pp. 216–222: discussion; pp. 222–227: “Note ajoutée après l’exposé et la discussion du rapport”).

De Haas-Lorentz, Geertruida Luberta, ed.

- 1957a *H.A. Lorentz: Impressions of his life and work.* Amsterdam: North-Holland, 1957.
- 1957b “Reminiscences.” In *De Haas-Lorentz 1957a*, pp. 15–47, 82–120, 145–153, 160–164.

Dirac, Paul Adrien Maurice

- 1925 “The fundamental equations of quantum mechanics.” *Proc. Roy. Soc.* A109 (1925): 642–653.
- 1926 “Quantum mechanics and a preliminary investigation of the hydrogen atom.” *Proc. Roy. Soc.* A110 (1926): 561–579.

Dorn, Ernst

- 1900 “Versuche über Sekundärstrahlen.” In *Recueil 1900*, pp. 595–608.

Drude, Paul

- 1900–02 “Zur Elektronentheorie der Metalle.” *Ann. Phys.* (4) 1 (1900): 566–613; 3 (1900): 369–402; 7 (1902): 687–692 (“Berichtigung”).

- 1904 "Optische Eigenschaften und Elektronentheorie." *Ann. Phys.* (4) 14 (1904): 677–725; 936–961.
- Droste, Johannes
- 1915a "Over het veld van een enkel centrum in Einstein's theorie der zwaartekracht." *Versl. Kon. Ak. Wet.* 23 (1914–15): 968–981. Transl.: *Droste 1915b*.
- 1915b "On the field of a single centre in Einstein's theory of gravitation." *Proc. Kon. Ak. Wet.* 17 (1914–15): 998–1011.
- Dymond, E.G.
- 1926 "Scattering of electrons in helium." *Nature* 118 (1926): 336–337.
- Eddington, Arthur Stanley
- 1920 *Space, time and gravitation: An outline of the general relativity theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1920.
- 1921 "A generalisation of Weyl's theory of the electromagnetic and gravitational fields." *Proc. Roy. Soc.* A99 (1921): 104–122.
- Eger, Heinrich
- 1908 "Untersuchungen über das Durchströmen von Gasen durch Kapillaren bei niederen Drucken." *Ann. Phys.* (4) 27 (1908): 819–843.
- Egoroff, N. and N. Georgiewsky
- 1897a "Sur la polarisation partielle des radiations émises par quelques sources lumineuses, sous l'influence du champ magnétique." *C. R. Ac. Sci.* 124 (1897): 748–749.
- 1897b "Sur la polarisation partielle des radiations émises par quelques sources lumineuses sous l'influence du champ magnétique." *C. R. Ac. Sci.* 124 (1897): 949–951.
- Ehrenfest, Paul
- 1923 "Le principe de correspondance." In *Solvay 1923*, pp. 248–271 (pp. 255–271: discussion).
- 1956 *Collected scientific papers*. Martin J. Klein, ed. Amsterdam: North-Holland, 1956.
- Ehrenfest, Paul, and Ehrenfest, Tatiana
- 1911 "Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik." In *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 4, *Mechanik*, part 4, article 32, pp. 1–90 (separately paginated; issued 12 December 1911). Felix Klein and Conrad Müller, eds. Leipzig: Teubner, 1907–1914.
- Eichenwald, Aleksandr
- 1903 "Über die magnetischen Wirkungen bewegter Körper im elektrostatischen Felde." *Ann. Phys.* 11 (1903): 1–30, 421–441.

- 1904 "Über die magnetischen Wirkungen bewegter Körper im elektrostatischen Felde (Nachtrag)." *Ann. Phys.* 13 (1904): 919–943.
- Einstein, Albert
- 1905a "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt." *Ann. Phys.* 17 (1905): 132–148.
- 1905b "Zur Elektrodynamik bewegter Körper." *Ann. Phys.* (4) 17 (1905): 891–921.
- 1907a "Die Planck'sche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme." *Ann. Phys.* (4) 22 (1907): 180–190, 800 ("Berichtigung").
- 1907b "Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen." *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 4 (1907): 411–462, 5 (1908): 98–99 ("Berichtigungen").
- 1909a "Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems." *Physik. Z.* 6 (1909): 185–193.
- 1909b "Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung." *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 11 (1909): 482–500. Reprinted in *Physik. Z.* 10 (1909): 817–825.
- 1912a "Thermodynamische Begründung des photochemischen Äquivalentgesetzes." *Ann. Phys.* (4) 37 (1912): 832–838, 38 (1912): 881–884 ("Nachtrag").
- 1912b "Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes." *Ann. Phys.* (4) 38 (1912): 355–369.
- 1912c "Zur Theorie des statischen Gravitationsfeldes." *Ann. Phys.* 38 (1912): 443–458.
- 1912d "L'état actuel du problème des chaleurs spécifiques." In *Solvay 1912*, pp. 407–450 (pp. 436–450: "Discussion").
- 1913 "Zum gegenwärtigen Stand des Gravitationsproblems." *Physik. Z.* 14 (1913): 1249–1266.
- 1914 "Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1914): 1030–1085.
- 1915a "Die Relativitätstheorie." In *Die Kultur der Gegenwart*. Vol. III.3.1, *Physik*, pp. 703–713. E. Warburg, ed. Leipzig; Berlin: Teubner, 1915.
- 1915b "Experimenteller Nachweis der Ampèreschen Molekularströme." *Naturw.* 3 (1915): 237–238.
- 1915c "Zur allgemeinen Relativitätstheorie." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1915): 778–786, 799–801 ("Nachtrag").
- 1915d "Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1915): 831–839.
- 1915e "Die Feldgleichungen der Gravitation." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1915): 844–847.
- 1916a "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie." *Ann. Phys.* (4) 49 (1916): 769–822.

- 1916b “Ein einfaches Experiment zum Nachweis der Ampèreschen Molekularströme.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 18 (1916): 173–177.
- 1916c “Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1916): 688–696.
- 1916d “Hamiltonsches Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1916): 1111–1116.
- 1917 “Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1917): 142–152.
- 1918 “Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie.” *Ann. Phys.* (4) 55 (1918): 241–244.
- 1920a “Meine Antwort. Ueber die antirelativitätstheoretische G.m.b.H.” *Berliner Tageblatt*, 27 Aug 1920.
- 1920b *Äther und Relativitätstheorie. Rede gehalten am 5. Mai 1920 an der Reichs-Universität zu Leiden*. Berlin: Springer, 1920. (Lecture actually delivered on 27 Oct 1920.)
- 1921a “Über eine naheliegende Ergänzung des Fundaments der allgemeinen Relativitätstheorie.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1921): 261–264.
- 1921b “Über ein den Elementarprozess der Lichtemission betreffendes Experiment.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1921): 882–883.
- 1923a *Grundgedanken und Probleme der Relativitätstheorie*. Stockholm: Imprimerie royale, 1923.
- 1923b “Zur allgemeinen Feldtheorie.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1923): 32–38, 76–77 (“Bemerkung”).
- 1923b “Zur affinen Feldtheorie.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1923): 137–140.
- 1923d “Bietet die Feldtheorie Möglichkeiten für die Lösung des Quantenproblems?” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1923): 359–364.
- 1925a “Quantentheorie des einatomigen idealen Gases. 2. Abhandlung.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1925): 414–419.
- 1925b “Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1925): 3–14.
- 1926a “Vorschlag zu einem die Natur des elementaren Strahlungs-Emissionsprozesses betreffenden Experiments.” *Naturw.* 14 (1926): 300–301.
- 1926b “Interferenzeigenschaften des durch Kanalstrahlen emittierten Lichtes.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1926): 334–340.
- Einstein, Albert, and Wander Johannes de Haas
- 1915a “Experimenteller Nachweis der Ampèreschen Molekularströme.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 17 (1915): 152–170, 203 (“Berichtigung”), 420 (“Notiz”).
- 1915b “Proefondervindelijk bewijs voor het bestaan der moleculaire stroom van Ampère.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 23 (1914–15): 1449–1464. Transl.: *Einstein and De Haas 1916*.

- 1916 "Experimental proof of the existence of Ampère's molecular currents." *Proc. Kon. Ak. Wet.* 18 (1915–16): 696–711. Transl. of *Einstein and De Haas 1915b*.
- Einstein, Albert, and Marcel Grossmann
 1913 *Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation*. Leipzig; Berlin: Teubner, 1913. (Separatum.) Also: *Z. Math. Phys.* 62 (1914): 225–261 (with an addendum not occurring in the separatum).
- Einstein, Albert, and Ludwig Hopf
 1910 "Statistische Untersuchung der Bewegung eines Resonators in einem Strahlungsfeld." *Ann. Phys.* (4) 33 (1910): 1105–1115.
- Eisenstaedt, Jean, and A.J. Kox, eds.
 1992 *Studies in the history of general relativity*. Boston: Birkhäuser, 1992.
- Ekman, Vagn Walfrid
 1904 "On dead water." *The Norwegian North Polar expedition 1893–1896. Scientific Results*, Vol. 5, No. 15. Christiania, 1904.
- Elsasser, Walter
 1925 "Bemerkungen zur Quantenmechanik freier Elektronen." *Naturw.* 13 (1915): 711.
- Emden, Robert
 1899 "Ueber die Ausströmungserscheinungen permanenter Gase." *Ann. Phys.* 69 (1899): 246–289, 426–453.
 1921 "Über Lichtquanten." *Physik. Z.* 22 (1921): 513–517.
- Epstein, Paul S.
 1916 "Zur Theorie des Stark-Effektes." *Ann. Phys.* 50 (1916): 489–520.
- Etingshausen, Albert von, and Walther Nernst
 1886 "Ueber das Auftreten elektromotorischer Kräfte an Metallplatten, welche von einem Wärmestrom durchflossen werden und sich im magnetischen Felde befinden." *Ann. Phys.* 29 (1886): 343–347.
 1887 "Ueber die elektromotorischen Kräfte, welche durch den Magnetismus in von einem Wärmestrome durchflossenen Metallplatten geweckt werden." *Ann. Phys.* 31 (1887): 760–789.
- Evershed, J., and T. Royds
 1914 "On the displacements of the spectrum lines at the sun's limb." *Bulletin of the Kodaikanal Observatory* 39 (1914): 71–81.
- Festschrift
 1899 *Festschrift zur Feier der Enthüllung des Gauss-Weber-Denkmal in Göttingen*. Leipzig: Teubner, 1899. Contains: *Hilbert 1899*, *Wiechert 1899*.

FitzGerald, George Francis

1889 "The ether and the earth's atmosphere." *Science* 13 (1889): 390.

Fizeau, Hippolyte

1851 "Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux, et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur." *C. R. Ac. Sci.* 33 (1851): 349–355.

1859 "Sur un méthode propre à rechercher si l'azimut de polarisation du rayon réfracté est influencé par le mouvement du corps réfringent." *C. R. Ac. Sci.* 49 (1859): 717–723.

Fock, Vladimir

1926 "Über die invariante Form der Wellen- und der Bewegungsgleichungen für einen geladenen Massenpunkt." *Z. Phys.* 39 (1926): 226–232.

Fölsing, Albrecht

1993 *Albert Einstein. Eine Biographie.* Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1993.

Fokker, Adriaan Daniel

1920 "De geodetische precessie: een uitvloeiing van Einstein's gravitatie-theorie." *Versl. Kon. Ak. Wet.* 29 (1920–21): 611–621. Transl.: *Fokker 1921.*

1921 "The geodesic precession: A consequence of Einstein's theory of gravitation." *Proc. Kon. Ak. Wet.* 23 (1920–21): 729–738. Transl. of *Fokker 1920.*

Forbes, Eric G.

1961 "A history of the solar red shift problem." *Annals of Science* 17 (1961): 131–164.

Friedrich, Walter, Knipping, Paul and Laue, Max

1912 "Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen." *Königlich Bayerische Akademie der Wissenschaften zu München. Mathematisch-physikalische Klasse. Sitzungsberichte* (1912): 303–322.

Fuehr, Alexander

1915 *The neutrality of Belgium: a study of the Belgian case under its aspects in political history and international law.* New York [etc.]: Funk & Wagnalls, 1915.

Galison, Peter

1987 *How experiments end.* Chicago: University of Chicago Press, 1987.

Galli, N., and Karl Försterling

1911 "Theoretische und experimentelle Untersuchungen über das optische Verhalten dünnster Metallschichten." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1911): 58–70.

Gedenkboek

- 1904 *Het Natuurkundig Laboratorium der Rijks-Universiteit te Leiden in de jaren 1882–1904. Gedenkboek aangeboden aan den hoogleeraar H. Kamerlingh Onnes, Directeur van het Laboratorium, bij gelegenheid van zijn 25-jarig doctoraat op 10 Juli 1904.* Leiden: IJdo, 1904.
- 1922 *Het Natuurkundig Laboratorium der Rijksuniversiteit te Leiden in de jaren 1904–1922. Gedenkboek aangeboden aan H. Kamerlingh Onnes, Directeur van het Laboratorium, bij gelegenheid van zijn veertigjarig professoraat op 11 November 1922.* Leiden: IJdo, 1922.

Geiger et al.

- 1920 Geiger, Walburga, et al. *Lille: Beiträge zur Naturgeschichte des Krieges.* 2d rev. ed. Berlin: Engelmann, 1920.

Goudsmit, Samuel, and George E. Uhlenbeck

- 1926 “Die Kopplungsmöglichkeiten der Quantenvektoren im Atom.” *Z. Phys.* 35 (1926): 618–625.

Grebe, Leonhard, and Albert Bachem

- 1919 “Über den Einsteineffekt im Gravitationsfeld der Sonne”, *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 21 (1919): 454–464.
- 1920a “Über die Einsteinverschiebung im Gravitationsfeld der Sonne.” *Z. Phys.* 1 (1920): 51–54.
- 1920b “Die Einsteinsche Gravitationsverschiebung im Sonnenspektrum der Stickstoffbande $\lambda = 3883$ AE.” *Z. Phys.* 2 (1920): 415–422.

Grüneisen, Eduard

- 1921 “Théorie moléculaire des corps solides.” In *Solvay 1921*, pp. 243–301 (pp. 281–301: discussion).

Haas, Arthur Erich

- 1910a “Über die elektrodynamische Bedeutung des Planckschen Strahlungsgesetzes und über eine neue Bestimmung des elektrischen Elementarquantums und der Dimensionen des Wasserstoffatoms.” *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 119 (1910): 119–144.
- 1910b “Über eine neue theoretische Methode zur Bestimmung des elektrischen Elementarquantums und des Halbmessers des Wasserstoffatoms.” *Physik. Z.* 11 (1910): 537–538.
- 1910c “Der Zusammenhang des Planckschen elementaren Wirkungsquantums mit den Grundgrößen der Elektronentheorie.” *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 7 (1910): 261–268.

Haga, Herman

- 1907 “Over de polarisatie van Röntgen-stralen en secundaire stralen.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 11 (1907): 190–193.

Haga, Herman, and Cornelis Harm Wind

- 1899a “De buiging der Röntgenstralen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 7 (1898–99): 500–507. Transl.: “Diffraction of Röntgen rays.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 1 (1898–99): 420–426. German version: *Haga and Wind 1899b*.
- 1899b “Die Beugung der Röntgenstrahlen.” *Ann. Phys.* (N.F.) 68 (1899): 884–895. German version of *Haga and Wind 1899a*.
- 1902 “De buiging der Röntgenstralen, 2de mededeeling.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 11 (1902–03): 350–356. Transl.: “Diffraction of Röntgen-rays.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 5 (1902–03): 247–254. German version: *Haga and Wind 1903*.
- 1903 “Die Beugung der Röntgenstrahlen. Zweite Mitteilung.” *Ann. Phys.* (4) 10 (1903): 305–312. German version of *Haga and Wind 1902*.

Hagen, Ernst, and Heinrich Rubens

- 1903 “Über die Beziehungen zwischen dem Reflexionsvermögen der Metalle und ihrem elektrischen Leitvermögen.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1903): 269–277.

Heaviside, Oliver

- 1889 “Deflection of an electromagnetic wave by motion of the medium.” *The Electrician*, 12 April 1889, p. 663. Reprinted in *Electrical Papers*, vol. 2, pp. 519–521. London, New York: Macmillan, 1892.

Heilbron, John L.

- 1986 *The dilemmas of an upright man: Max Planck as spokesman for German science*. Berkely [etc.]: University of California Press, 1986.

Heisenberg, Werner

- 1925 “Über die Quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen.” *Z. Phys.* 33 (1925): 879–893.
- 1927 “Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik.” *Z. Phys.* 43 (1927): 172–198.

Hentschel, Klaus

- 1992 “Grebe/Bachems photometrische Analyse der Linienprofile und die Gravitations-Rotverschiebung: 1919 bis 1922.” *Annals of Science* 49 (1992): 21–46.
- 1997 *The Einstein Tower: An intertexture of dynamic construction, relativity theory, and astronomy*. Stanford, CA: Stanford University Press, 1997.

Herglotz, Gustav

- 1903 “Zur Elektronentheorie.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1903): 357–382.

Hermann, Armin

- 1969 *Frühgeschichte der Quantentheorie (1899–1913)*. Mosbach i.B.: Physik Verlag, 1969. Transl.: *Hermann 1971*.

- 1971 *The genesis of quantum theory*. Cambridge, Mass.; London: MIT Press, 1971. Transl. of *Hermann 1969*.
- Hermann, Armin, ed.
1968 *Albert Einstein / Arnold Sommerfeld: Briefwechsel*. Basel; Stuttgart: Schwabe, 1968.
- Hertz, Heinrich
1881 "Über die Berührung fester elastischer Körper." *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 92 (1881): 156–171. Reprinted in *Gesammelte Werke*, vol. 1, pp. 166–173. Leipzig: Barth, 1895.
- Hertz, Paul
1906 "Bewegung eines Elektrons unter dem Einfluss einer longitudinal wirkenden Kraft." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1906): 229–268.
- Herzfeld, Karl F.
1913 "Zur Elektronentheorie der Metalle." *Ann. Phys.* (4) 41 (1913): 27–52.
- Hettner, G.
1920 "Über Gesetzmäßigkeiten in den ultraroten Gasspektren und ihre Deutung." *Z. Phys.* 1 (1920): 345–354.
- Hicks, William Mitchinson
1902a "On the Michelson-Morley experiment relating to the drift of the ether." *Phil. Mag.* (6) 3 (1902): 9–42.
1902b "The FitzGerald-Lorentz effect." *Nature* 65 (1902): 343.
- Hilbert, David
1899 "Grundlagen der Geometrie." In *Festschrift 1899* (1st part, 92 pp.).
1915–17 "Die Grundlagen der Physik." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1915): 395–407, (1917): 53–76.
1924 "Die Grundlagen der Physik." *Math. Ann.* 92 (1924): 1–32 (rev. version of *Hilbert 1915–17*).
- Hupka, Erich
1910 "Beitrag zur Kenntnis der tragen Masse bewegter Elektronen." *Ann. Phys.* (4) 31 (1910): 169–204.
- Huygens, Christiaan
1888–1950 *Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société Hollandaise des Sciences*. 22 vols. La Haye: Nijhoff, 1888–1950.
- Huijnen, Pim, and A.J. Kox
2007 "Paul Ehrenfest's rough road to Leiden: A physicist's search for a position, 1904–1911." *Physics in Perspective* 9 (2007): 186–211.

Jammer, Max

- 1966 *The conceptual development of quantum mechanics*. New York: McGraw-Hill, 1966.

Janssen, Michel

- 1992 “H.A. Lorentz’s attempt to give a coordinate-free formulation of the general theory of relativity.” In *Eisenstaedt and Kox 1992*, pp. 344–363.
 2002 “Reconsidering a scientific revolution: The case of Einstein *versus* Lorentz.” *Physics in Perspective* 4 (2002): 421–446.

Jeans, James Hopwood

- 1905a “On the partition of energy between matter and aether.” *Phil. Mag.* (6) 10 (1905): 91–98.
 1905b “On the laws of radiation.” *Proc. Roy. Soc.* 76 (1905): 545–552.

Joos, Georg

- 1926 “Modulation und Fourieranalyse im sichtbaren Spektralbereich.” *Physik. Z.* 27 (1926): 401–402.

Julius, Victor August

- 1888 “Lineaire spektra der elementen.” *Verh. Kon. Ak. Wet.* 26 (1888).

Julius, Willem Henri

- 1899 “Ether-theorien” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 7 (1899): 53–73.

Jungnickel, Christa, and Russell McCormmach

- 1986 *Intellectual mastery of nature: Theoretical physics from Ohm to Einstein*. Vol. 2, *The now mighty theoretical physics 1870–1925*. Chicago; London: University of Chicago Press, 1986.

Kaluza, Theodor

- 1921 “Zum Unitätsproblem der Physik.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1921): 966–972.

Kamerlingh Onnes, Heike

- 1908a “Over proeven ter verdichting van het helium door expansie.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 16 (1907–08): 819–822. Transl.: “Experiments on the condensation of helium by expansion.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 10 (1907–08): 744–747.
 1908b “Het vloeibaarmaken van het helium.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 17 (1908–09): 163–179. Transl.: “The liquefaction of helium.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 11 (1908–09): 168–185.
 1923a “Le paramagnétisme aux basses températures considéré au point de vue de la constitution des aimants élémentaires et de l’action que ceux-cis subissent de la part de leurs porteurs.” In *Solvay 1923*, pp. 131–164 (pp. 158–164: discussion).
 1923b “Les supraconducteurs et le modèle de l’atome Rutherford-Bohr.” In *Solvay 1923*, pp. 165–197 (pp. 188–197: discussion).

Kaufmann, Walter

- 1905 "Über die Konstitution des Elektrons." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* 45 (1905): 949–956.
 1906 "Über die Konstitution des Elektrons." *Ann. Phys.* (4) 19 (1906): 478–553, (4) 20 (1906): 639–640 ("Nachtrag").

Kelvin, Lord (William Thomson)

- 1886 "On stationary waves in flowing water." *Phil. Mag.* 22 (1886): 353–357, 445–452, 517–530.
 1887 "On stationary waves in flowing water." *Phil. Mag.* 23 (1887): 52–58.
 1902 "Aepinus atomized." *Phil. Mag.* (6) 3 (1902): 257–283.

Ketteler, Eduard

- 1873 *Astronomische Undulationstheorie oder die Lehre von der Aberration des Lichtes*. Bonn: Neusser, 1873.

Kirchhoff, Gustav

- 1860 "Über das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht." *Ann. Phys.* (2) 109 (1860): 275–301. Repr. in *Kirchhoff 1882*, pp. 571–598.
 1882 *Gesammelte Abhandlungen*. Leipzig: Barth, 1882.

Kirsten, Christa, and Hans-Günther Körber, eds.

- 1975 *Physiker über Physiker. Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870 bis 1929 von Hermann v. Helmholtz bis Erwin Schrödinger*. Berlin: Akademie-Verlag, 1975.

Kirsten, Christa, and Hans-Jürgen Treder, eds.

- 1979 *Albert Einstein in Berlin 1913–1933*. 2 vols. Berlin: Akademie-Verlag, 1979.

Klein, Martin J.

- 1970 *Paul Ehrenfest*. Vol. 1, *The making of a theoretical physicist*. Amsterdam; London: North-Holland, 1970.

Klein, Oskar

- 1926 "Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie." *Z. Phys.* 37 (1926): 895–906.

Koch, Peter Paul

- 1912 "Über die Messung der Schwärzung photographischer Platten in sehr schmalen Bereichen. Mit Anwendung auf die Messung der Schwärzungsverteilung in einigen mit Röntgenstrahlen aufgenommenen Spaltphotogrammen von Walter und Pohl." *Ann. Phys.* 38 (1912): 507–522.

Koenigsberger, Leo

- 1902–03 *Hermann von Helmholtz*. 3 vols. Braunschweig: Vieweg, 1902–03.

Kox, A.J.

- 1982 "The correspondence between Boltzmann and H.A. Lorentz." In R. Sexl and J. Blackmore, eds., *Ludwig Boltzmann: Internationale Tagung anlässlich des 75. Jahrestages seines Todes, 5.–8. September 1981: Ausgewählte Abhandlungen*, pp. 73–86. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt; Braunschweig: Vieweg, 1982. (R. Sexl, ed., *Ludwig Boltzmann Gesamtausgabe*, Vol. 8.)
- 1988 "Hendrik Antoon Lorentz, the ether, and the General Theory of Relativity." *Archive for History of Exact Sciences* 38 (1988): 67–78.
- 1990 "H.A. Lorentz's contributions to kinetic gas theory." *Annals of Science* 47 (1990): 591–606.
- 1993a "Boltzmann's influence on H.A. Lorentz." In Giovanni Battimelli, Maria Grazia Ianniello and Otto Kresten, eds., *Proceedings of the International Symposium on Ludwig Boltzmann* (Rome, February 9–11, 1989), pp. 95–111. Vienna: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1993.
- 1993b "Einstein and Lorentz: More than just good colleagues." *Science in Context* 6 (1993): 181–194.
- 1997 "The discovery of the electron: II. The Zeeman effect." *European Journal of Physics* 18 (1997): 139–144.

Kries, J. von

- 1906 "Über die zur Erregung des Sehorgans erforderlichen Energiemengen." *Zeitschrift für Sinnesphysiologie* 41 (1906–07): 373–394.

Kuonen, Johan P.

- 1922 "Het Cryogeen Laboratorium als internationale instelling voor het natuurkundig onderzoek bij lage temperaturen." In *Gedenkboek 1922*, pp. 9–35.

Kuhn, Thomas S.

- 1978 *Black-body theory and the quantum discontinuity, 1894–1912*. Oxford: Clarendon Press; New York: Oxford University Press, 1978.

Kuttner, Max

- 1915 *Deutsche Verbrechen? Wider Joseph Bédier, Les crimes allemands d'après les témoignages allemands. Zugleich eine Antwort aus französischen Dokumenten*. Bielefeld; Leipzig: Velhagen und Klasing, 1915.

Langevin, Paul

- 1905 "La physique des électrons." *Rev. Gén. Sci.* 16 (1905): 257–276.
English version: "The relations of physics of electrons to other branches of science." In *Congress of Arts and Science: Universal Exposition, St. Louis, 1904*, Vol. 1, pp. 121–156 (lecture delivered 22 September 1904). Howard J. Rogers, ed. Boston; New York: Houghton, Mifflin, 1905. (Reprinted in *Physics for a new century: Papers presented at the 1904 St. Louis Congress*, pp. 195–230. Katherine R. Sopka

and Albert E. Moyers, eds. Tomash; American Institute of Physics, 1986.)

Larmor, Joseph

1900 *Aether and matter*. Cambridge: Cambridge University Press, 1900.

Laub, Jakob

1907 "Zur Optik bewegter Körper." *Ann. Phys.* (4) 23 (1907): 738–744.

1908 "Über die durch Röntgenstrahlen erzeugten sekundären Kathodenstrahlen." *Ann. Phys.* (4) 26 (1908): 712–726.

Laue, Max (von)

1911 *Das Relativitätsprinzip*. Braunschweig: Vieweg, 1911.

1912a "Zwei Einwände gegen die Relativitätstheorie und ihre Widerlegung." *Physik. Z.* 13 (1912): 118–120.

1912b "Eine quantitative Prüfung der Theorie für die Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen." *Königlich Bayerische Akademie der Wissenschaften zu München. Mathematisch-physikalische Klasse. Sitzungsberichte* (1912): 363–373.

1921 "Les phénomènes d'interférences des rayons de Röntgen produits par le réseau tridimensionnel des cristaux." In *Solvay 1921*, pp. 75–112 (pp. 103–112: discussion).

Lecher, Ernst

1890 "Eine Studie über elektrische Resonanzerscheinungen." *Ann. Phys.* (N.F.) 41 (1890): 850–870.

Lehmann-Russbüldt, Otto

1927 *Der Kampf der Deutschen Liga für Menschenrechte, vormals Bund Neues Vaterland, für den Weltfrieden 1914–1927*. Berlin: Hensel, 1927.

Lenard, Philipp

1902a "Ueber die lichtelektrische Wirkung." *Ann. Phys.* 8 (1902): 149–198.

1902b "Ueber die Elektrizitätsleitung in Flammen." *Ann. Phys.* (4) 9 (1902): 642–650.

Lenard, Philipp, and V. Klatt

1904 "Über die Erdkaliphosphore." *Ann. Phys.* (4) 15 (1904): 226–282, 426–484, 633–672.

Levi-Civita, Tullio

1897 "Sulla riducibilità delle equazioni elettrodinamiche di Helmholtz alla forma hertziana." *N. Cim.* 6 (1897): 93–108.

Liénard, Alfred M.

1898 "La théorie de Lorentz et celle de Larmor." *Écl. Él.* 16 (1898): 320–334, 360–365.

- Livingston, Dorothy Michelson
1973 *The master of light: A biography of Albert A. Michelson*. Chicago; London: University of Chicago Press, 1973.
- Lobry de Bruyn, C.A., and L.K. Wolf
1904 “L'application de la méthode optique de Tyndall permet-elle la démonstration de la présence des molécules dans les dissolutions?” *Rec. Trav. Chim.* 23 (1904): 155–168.
- Lodge, Oliver
1893 “Aberration problems. – A discussion concerning the motion of the ether near the Earth, and concerning the connexion between ether and gross matter; with some new experiments. *Phil. Trans. Roy. Soc.* A184 (1893): 727–804.
- Lohuizen, Teunis van
1919 “Het anormale Zeeman-effect.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 27 (1918–19): 53–63.
- Lohmeier, Dieter, and Bernhard Schell, eds.
1992 *Einstein, Anschütz und der Kieler Kreiselkompaß. Der Briefwechsel zwischen Albert Einstein und Hermann Anschütz-Kaempfe und andere Dokumente*. Heide in Holstein: Boyens & Co., 1992.
- Loschmidt, Josef
1865 “Zur Grösse der Luftmoleküle.” *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 52 (1865): 395–413.
- Love, Augustus Edward Hough
1901 “Hydrodynamik: Physikalische Grundlegung.” In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 4, *Mechanik*, part 3, article 15, pp. 48–83 (issued 6 June 1901). Felix Klein and Conr. Müller, eds. Leipzig: Teubner, 1901–1908.
1927 *A treatise on the mathematical theory of elasticity*. Cambridge: Cambridge University Press, 1927.
- Lummer, Otto, and Ernst Pringsheim
1899a “Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* (2) 1 (1899): 23–41.
1899b “1. Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers und des blanken Platins. 2. Temperaturbestimmung fester glühender Körper.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* (2) 1 (1899): 215–235.
1900 “Über die Strahlung des schwarzen Körpers für lange Wellen.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* (2) 2 (1900): 163–180.
1908 “Über die Jeans-Lorentzsche Strahlungsformel.” *Physik. Z.* 9 (1908): 449–450.

Macaluso, D., and O.M. Corbino

- 1898 "Sur une nouvelle action subie par la lumière traversant certaines vapeurs métalliques dans un champ magnétique." *C. R. Ac. Sci.* 127 (1898): 548–551.

McCormmach, Russell

- 1970 "H.A. Lorentz and the electromagnetic view of nature." *Isis* 61 (1970): 459–497.

Mach, Ernst

- 1883 *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt.* Leipzig: Brockhaus, 1883.

Madelung, E.

- 1910 "Molekulare Eigenschwingungen." *Physik. Z.* 11 (1910): 898–905.

Massart, Jean

- 1918 "Les intellectuels allemands et la recherche de la vérité." *Revue de Paris* 25 (1918): 643–672.

Maxwell, James Clerk

- 1873 *A treatise on electricity and magnetism.* 2 vols. Oxford: Clarendon Press, 1873. 2nd ed.: 1881 (W.D. Niven, ed.); 3rd ed.: 1891 (J.J. Thomson, ed.).
- 1875 "Atom." In *Encyclopedia Britannica*, 9th ed., vol. 3, pp. 36–49. Repr. in *Maxwell 1890*, vol. 2, pp. 445–484.
- 1890 *The scientific papers of J. Clerk Maxwell.* 2 vols. W.D. Niven, ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1890.

Mehra, Jagdish

- 1975 *The Solvay Conferences on Physics: Aspects of the development of physics since 1911.* Dordrecht; Boston: Reidel, 1975.

Mehra, Jagdish, and Helmut Rechenberg

- 1982 *The historical development of quantum theory.* Vol. 1, *The quantum theory of Planck, Einstein, Bohr and Sommerfeld: Its foundation and the rise of its difficulties 1900–1925.* New York [etc.]: Springer, 1982.
- 1987 *The historical development of quantum theory.* Vol. 5, *Erwin Schrödinger and the rise of wave mechanics.* New York [etc.]: Springer, 1987.

Meyer, Stefan, ed.

- 1904 *Festschrift Ludwig Boltzmann gewidmet zum sechzigsten Geburtstage 20. Februar 1904.* Leipzig: Barth, 1904.

Michelson, Albert Abraham

- 1881 "The relative motion of the earth and the luminiferous ether." *American Journal of Science* (3) 22 (1881): 120–129.

- Michelson, Albert Abraham, and Edward Williams Morley
 1886 "Influence of motion of the medium on the velocity of light." *American Journal of Science* (3) 31 (1886): 377–386.
 1887 "On the relative motion of the earth and the luminiferous ether." *American Journal of Science* (3) 34 (1887): 333–345. Also: *Phil. Mag.* (5) 24 (1887): 449–463.
- Mie, Gustav
 1912–13 "Grundlagen einer Theorie der Materie." *Ann. Phys.* (4) 37 (1912): 511–534; 39 (1912): 1–40; 40 (1913): 1–66.
- Miller, Arthur I.
 1973 "A study of Henri Poincaré's 'Sur la dynamique de l'électron'." *Archive for History of Exact Sciences* 10 (1973): 207–328.
 1980 "On some other approaches to electrodynamics in 1905." In *Some strangeness in the proportion*, pp. 66–91. Harry Woolf, ed. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1980.
 1981 *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and early interpretation (1905–1911)*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1981.
- Miller, Dayton C.
 1926 "Significance of the ether-drift experiments of 1925 at Mount Wilson." *Science* 63 (1926): 433–443.
- Minkowski, Hermann
 1908 "Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1908): 53–111. Repr. in *Minkowski 1911*, vol. 2, pp. 352–404.
 1911 *Gesammelte Abhandlungen von Hermann Minkowski*. 2 vols. Leipzig: Teubner, 1911.
- Moore, Walter
 1989 *Schrödinger: Life and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Nathan, Otto, and Heinz Norden, eds.
 1960 *Einstein on peace*. New York: Simon and Schuster, 1960; Schocken, 1968. German ed.: *Nathan and Norden 1975*.
 1975 *Albert Einstein über den Frieden*. Bern: Lang, 1975. German ed. of *Nathan and Norden 1960*.
- Nernst, Walther
 1893 *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik*. Stuttgart: Enke, 1893.
 1914 "Kinetische Theorie fester Körper." In *Planck et al. 1914*, pp. 61–86.

Norton, John D.

- 1984 "How Einstein found his field equations, 1912–1915." *Historical Studies in the Physical Sciences* 14 (1984): 253–316.

Oseen, Carl Wilhelm

- 1915 "Beiträge zur Hydrodynamik." *Ann. Phys.* (4) 46 (1915): 231–252; 623–640; 1130–1150.

Otterspeer, Willem and Schuller tot Peursum-Meijer, J.

- 1997 *Wetenschap en wereldvrede. De Koninklijke Akademie van Wetenschappen en het herstel van de internationale wetenschap tijdens het Interbellum*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 1997.

Pais, Abraham

- 1982 *'Subtle is the Lord. . .': The science and the life of Albert Einstein*. Oxford: Clarendon Press; New York: Oxford University Press, 1982.

Paschen, Friedrich

- 1904 "Über die Gamma-Strahlen des Radiums." *Phys. Z.* 5 (1904): 563–568.
 1907a "Über den Dopplereffekt im Spektrum der Kanalstrahlen des Wasserstoffs." *Ann. Phys.* 23 (1907): 247–260.
 1907b "Erwiderung auf Bemerkungen des Hrn. Stark zu meinen Arbeiten über den Dopplereffekt." *Ann. Phys.* 23 (1907): 997–1000.
 1916 "Bohr's Heliumlinien." *Ann. Phys.* 50 (1916): 901–940.

Pauli, Wolfgang

- 1926 "Über das Wasserstoffspektrum vom Standpunkt der neuen Quantenmechanik." *Z. Phys.* 36 (1926): 336–363.
 1958 *Theory of relativity*. London: Pergamon, 1958.

Planck, Max

- 1900a "Über die von einem elliptisch schwingenden Ion emittirte und absorbierte Energie." In *Recueil 1900*, pp. 164–174. Also: *Ann. Phys.* (4) 9 (1902): 619–628.
 1900b "Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum." *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 2 (1900): 237–245.
 1906 *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung*. Leipzig: Barth, 1906.
 1910a *Acht Vorlesungen über theoretische Physik*. Leipzig: Hirzel, 1910.
 1910b "Zur Theorie der Wärmestrahlung." *Ann. Phys.* (4) 31 (1910): 758–768.
 1919 "Das Wesen des Lichts." *Naturw.* 7 (1919): 903–909.
 1927 "Dankworte bei der Verleihung der Lorentz-Medaille am 28. Mai 1927." *Versl. Kon. Ak. Wet.* 36 (1927): 536–538.

Planck, Max, et al.

- 1914 Max Planck, Peter Debye, Walther Nernst, Marian von Smoluchowski, Arnold Sommerfeld and Hendrik Antoon Lorentz, *Vorträge über die*

kinetische Theorie der Materie und der Elektrizität. Gehalten in Göttingen auf Einladung der Kommission der Wolfskehlstiftung. Leipzig; Berlin: Teubner, 1914.

Pockels, Friedrich

- 1907 “Beziehungen zwischen elektrostatischen und magnetostatischen Zustandsänderungen einerseits und elastischen und thermischen andererseits.” In *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 2, article 16, pp. 350–392 (issued 12 March 1907). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1904–1922.

Poincaré, Henri

- 1900a “Relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique.” In *Rapports présentés au Congrès International de Physique réuni à Paris en 1900*. Vol. 1, pp. 1–29. Paris: Gauthier-Villars, 1900. Transl.: *Poincaré 1900b*.
- 1900b “Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik.” *Physik. Z.* 2 (1900–01): 166–171, 196–201. Transl. of *Poincaré 1900a*.
- 1900c “La théorie de Lorentz et le principe de réaction.” In *Recueil 1900*, pp. 252–278.
- 1901 *Électricité et optique*. 2nd ed. Paris: Carr et Naud, 1901.
- 1904 “L’état actuel et l’avenir de la physique mathématique.” *Bulletin des Sciences Mathématiques* 28 (1904): 302–324. English version: “The principles of mathematical physics.” In *Congress of Arts and Science: Universal Exposition, St. Louis, 1904*, Vol. 1, pp. 604–622 (lecture delivered 24 September 1904). Howard J. Rogers, ed. Boston; New York: Houghton, Mifflin, 1905. (Reprinted in *Physics for a new century: Papers presented at the 1904 St. Louis Congress*, pp. 281–299. Katherine R. Sopka and Albert E. Moyers, eds. Tomash; American Institute of Physics, 1986.)
- 1905 “Sur la dynamique de l’électron.” *C. R. Ac. Sci.* 140 (1905): 1504–1508. Repr. in *Poincaré 1934–53*, vol. 9, pp. 489–493.
- 1906 “Sur la dynamique de l’électron.” *Rend. Circ. Mat. Palermo* 21 (1906): 129–175. Repr. in *Poincaré 1934–53*, vol. 9, pp. 494–550.
- 1934–53 *Oeuvres de Henri Poincaré*. 11 vols. Paris: Gauthier-Villars, 1934–53.

Preston, Thomas

- 1890 *The theory of light*. London: Macmillan, 1890.

Ramsay, William

- 1899 “Recent researches on the gases of the atmosphere.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 7 (1899): 189–192.

Rausch von Traubenberg, Heinrich

- 1905 "Über den Halleffekt des Wismuts bei hohen Teperaturen." *Ann. Phys.* (4) 17 (1905): 78–103.

Rayleigh, Lord (John William Strutt)

- 1892 "Aberration." *Nature* 45 (1892): 499–502.
 1900a *Scientific Papers*. Vol. 2, 1881–1887. Cambridge: Cambridge University Press, 1900.
 1900b "On the stresses in solid bodies due to unequal heating, and on the double refraction resulting therefrom." In *Recueil 1900*, pp. 32–42.
 1902 "Does motion through the aether cause double refraction?" *Phil. Mag.* (6) 4 (1902): 678–683.

Recueil

- 1900 *Recueil de travaux offerts par les auteurs à H.A. Lorentz, professeur de physique à l'Université de Leiden, à l'occasion du 25me anniversaire de son doctorat le 11 décembre 1900*. La Haye: Nijhoff, 1900. Also published as: *Arch. Néerl.* (2) 5 (1900).

Reiff, R., and Arnold Sommerfeld

- 1904 "Standpunkt der Fernwirkung. Die Elementargesetze." In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 2, article 12, pp. 3–62 (issued 16 June 1904). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1904–1922.

Report

- 1919 "Joint eclipse meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society." *The Observatory* 42 (1919): 389–398.

Reinganum, Maximilian

- 1900 "Theoretische Bestimmung des Verhältnisses von Wärme- und Elektrizitätsleitung der Metalle aus der Drude'schen Elektronentheorie." *Ann. Phys.* (4) 2 (1900): 398–403.

Reynolds, Osborne

- 1883 "An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels." *Phil. Trans. Roy. Soc. A* 174 (1883): 935–982.
 1895 "On the dynamical theory of incompressible viscous fluids and the determination of the criterion." *Phil. Trans. Roy. Soc. A* 186 (1895): 123–164 (rec. 25 Mar 1894).

Righi, Augusto

- 1898 "Sur l'absorption de la lumière produite par un corps placé dans un champ magnétique." *C. R. Ac. Sci.* 127 (1898): 216–219.
 1899 "Sur l'absorption de la lumière par un corps placé dans un champ magnétique." *C. R. Ac. Sci.* 128 (1899): 45–48.

Ritz, Walther

1903 "Zur Theorie der Serienspektren." *Ann. Phys.* 12 (1903): 264–310.

Robb, Alfred Arthur

1904 "Beiträge zur Theorie des Zeemaneffektes." *Ann. Phys.* (4) 15 (1904): 107–145.

Röntgen, Wilhelm Conrad

1888 "Über die durch Bewegung eines im homogenen elektrischen Felde befindlichen Dielectricums hervorgerufene elektrodynamische Kraft." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1888): 23–28. Also: *Ann. Phys.* (N.F.) 35 (1888): 264–270.

Ruckes, W.

1908 "Untersuchungen über den Ausfluß comprimierter Luft aus Kapillaren und die dabei auftretenden Turbulenzerscheinungen." *Ann. Phys.* (4) 25 (1908): 983–1021.

Runge, Carl

1907 "Über die Zerlegung von Spektrallinien im magnetischen Felde." *Phys. Z.* 8 (1907): 232–237.

1925 "Die Seriengesetze in den Spektren der Elemente." In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 3, pp. 783–820 (issued 19 December 1925). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1909–1926.

Rupp, Emil

1926 "Über die Interferenzfähigkeit des Kanalstrahllichtes." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1926): 341–351.

Rutherford, Ernest

1919 "Collision of α particles with light atoms. IV. An anomalous effect in nitrogen." *Phil. Mag.* 37 (1919): 581–587.

1923 "La structure de l'atome." In *Solvay 1923*, pp. 36–79 (pp. 66–79: discussion).

Sagnac, Georges

1914 "Effet tourbillonnaire optique. La circulation de l'éther lumineux dans un interférographe tournant." *J. Phys.* (5) 4 (1914): 177–195.

Sayen, Jamie

1985 *Einstein in America: The scientist's conscience in the age of Hitler and Hiroshima*. New York: Crown, 1985.

Scherrer, Paul

1918 "Das Raumgitter des Aluminiums." *Physik. Z.* 19 (1918): 23–27.

Schouten, J.A.

- 1918 "Over het ontstaan eener praecessiebeweging tengevolge van het niet euklidisch zijn der ruimte in de nabijheid van de zon." *Versl. Kon. Ak. Wet.* 27 (1918–19): 214–220 (pp. 219–220: "Addendum" by W. de Sitter). Transl.: *Schouten 1919*.
- 1919 "On the arising of a precession-motion owing to the non-euclidian linear element of the space in the vicinity of the sun." *Proc. Kon. Ak. Wet.* 21 (1918–19): 533–539 (pp. 538–539: "Addendum" by W. de Sitter). Transl. of *Schouten 1918*.

Schröder-Gudehus, Brigitte

- 1966 *Deutsche Wissenschaft und internationale Zusammenarbeit 1914–1928. Ein Beitrag zum Studium kultureller Beziehungen in politischen Krisenzeiten.* Geneve: Dumaret et Golay, 1966.

Schrödinger, Erwin

- 1926a "Zur Einsteinschen Gastheorie." *Phys. Z.* 27 (1926): 95–101.
- 1926b "Quantisierung als Eigenwertproblem. (Erste Mitteilung.)" *Ann. Phys.* (4) 79 (1926): 361–376.
- 1926c "Quantisierung als Eigenwertproblem. (Zweite Mitteilung.)" *Ann. Phys.* (4) 79 (1926): 489–527.
- 1926d "Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen." *Ann. Phys.* 79 (1926): 734–756.
- 1926e "Der stetige Übergang von der Mikro-zur Makromechanik." *Naturw.* 14 (1926): 664–666.
- 1927 *Abhandlungen zur Wellenmechanik.* Leipzig: Barth, 1927.
- 1928 "La mécanique des ondes." In *Solvay 1928*, pp. 185–213 (pp. 207–213: discussion).

Schwarzschild, Karl

- 1914 "Über die Verschiebung der Bande bei 3.883 Å im Sonnenspektrum." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1914): 1201–1213.
- 1916 "Zur Quantentheorie." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1916): 548–568.

Seitz, W.

- 1905 "Die Wirkung eines unendlich langen Metallzylinders auf Hertzsche Wellen." *Ann. Phys.* (4) 16 (1905): 746–772.
- 1906 "Die Wirkung eines unendlich langen Metallzylinders auf Hertzsche Wellen. II." *Ann. Phys.* (4) 19 (1906): 554–566.

Shankland, Robert S.

- 1955 "A new analysis of the interferometer experiment of Dayton C. Miller." *Reviews of Modern Physics* 27 (1955): 167–178.

Snelders, H.A.M.

- 1987 "De bemoeienissen van Lorentz en Einstein met de Utrechtse leerstoel voor theoretische fysica (1911–1914)." *Tijdschrift voor de Geschiede-*

nis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek 10 (1987): 57–71.

Solvay

- 1912 *La théorie du rayonnement et les quanta. Rapports et discussions de la réunion tenue à Bruxelles du 30 octobre au 3 novembre 1911, sous les auspices de M. E. Solvay.* Paris: Gauthier-Villars, 1912.
- 1914 *Die Theorie der Strahlung und der Quanten. Verhandlungen auf einer von E. Solvay einberufenen Zusammenkunft (30. Oktober bis 3. November 1911), mit einem Anhang über die Entwicklung der Quantentheorie vom Herbst 1911 bis Sommer 1913.* Halle a.S.: Knapp, 1914. (Abhandlungen der Deutschen Bunsen Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie 3 (1913), nr. 7.)
- 1921 *La structure de la matière. Rapports et discussions du Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 27 au 31 octobre 1913 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay.* Paris: Gauthier-Villars, 1921.
- 1923 *Atomes et électrons. Rapports et discussions du Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 1er au 6 avril 1921 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay.* Paris: Gauthier-Villars, 1923.
- 1927 *Conductibilité électrique des métaux et problèmes connexes. Rapports et discussions du quatrième Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 24 au 29 avril 1924 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay.* Paris: Gauthier-Villars, 1927.
- 1928 *Électrons et photons. Rapports et discussions du cinquième Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 24 au 29 octobre 1927 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay.* Paris: Gauthier-Villars, 1928.

Sommerfeld, Arnold

- 1899 "Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen. (Vorläufige Mitteilung)." *Phys. Z.* 1 (1899): 105–111.
- 1892 "Mechanische Darstellung der electromagnetischen Erscheinungen in ruhenden Körpern." *Ann. Phys.* (N.F.) 46 (1892): 139–151.
- 1901 "Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen." *Z. Math. Phys.* 46 (1901): 11–97.
- 1900–04 "Randwertaufgaben in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen." In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 2, *Analysis*, part 1.1, article 7c, pp. 504–570 (issues of 31 December 1900 and 6 August 1904). Leipzig: Teubner, 1899–1904.
- 1904a "Zur Elektronentheorie. I. Allgemeine Untersuchung des Feldes eines beliebig bewegten Elektrons." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1904): 99–130.
- 1904b "Zur Elektronentheorie. II. Grundlagen für eine allgemeine Dynamik des Elektrons." *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1904): 363–439.

- 1904c “Vereenvoudigde afleiding van het veld en de krachten werkende op een electron bij willekeurige beweging.” *Verh. Kon. Ak. Wet.* 13 (1904–05): 431–452. Transl.: “Simplified deduction of the field and the forces of an electron, moving in any given way.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 7 (1904–05): 346–367.
- 1905a “Zur Elektronentheorie. III. Ueber Lichtgeschwindigkeits- und Ueberlichtgeschwindigkeits-Elektronen.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1905): 201–235.
- 1905b “Über die Mechanik der Elektronen.” *Verhandlungen des 3. Internationalen Mathematiker-Kongress, Heidelberg, August 1904*, pp. 417–432. Leipzig: Teubner, 1905.
- 1907a “Ein Einwand gegen die Relativtheorie der Elektrodynamik und seine Beseitigung.” *Physik. Z.* 8 (1907): 841–842.
- 1907b “Über die Bewegung der Elektronen.” *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* 37 (1907): 155–171.
- 1907c “Zur Diskussion über die Elektronentheorie.” *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* 37 (1907): 281.
- 1909a “Ein Beitrag zur hydrodynamischen Erklärung der turbulenten Flüssigkeitsbewegung.” In *Atti del IV Congresso Internazionale dei Matematici* (Roma, 6–11 Aprile 1908). Vol. 3, pp. 116–124. G. Castelnuovo, ed. Roma: R. Accademia dei Lincei, 1909.
- 1909b “Über die Verteilung der Intensität bei der Emission von Röntgenstrahlen.” *Phys. Z.* 10 (1909): 969–976.
- 1910a “Zur Relativitätstheorie. I. Vierdimensionale Vektoralgebra.” *Ann. Phys.* 32 (1910): 749–776.
- 1910b “Zur Relativitätstheorie. II. Vierdimensionale Vektoranalysis.” *Ann. Phys.* 33 (1910): 649–689.
- 1912a “Über die Beugung der Röntgenstrahlung.” *Ann. Phys.* 38 (1912): 473–506.
- 1912b “Sur l’application de la théorie de l’élément d’action aux phénomènes moléculaires non périodiques.” In *Solvay 1912*, pp. 313–392 (pp. 373–392: discussion).
- 1915a “Über das Spektrum der Röntgenstrahlen.” *Ann. Phys.* 46 (1915): 721–748.
- 1915b “Die Feinstruktur der Wasserstoff- und der Wasserstoff-ähnlichen Linien.” *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* (1915): 459–500.
- 1916a “Zur Quantentheorie der Spektrallinien.” *Ann. Phys.* 51 (1916): 1–94, 125–167.
- 1916b “Zur Quantentheorie der Spektrallinien. Ergänzungen und Erweiterungen.” *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* (1916): 131–182.
- 1917 “Zur Quantentheorie der Spektrallinien. Intensitätsfragen.” *Sitzungsber. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* (1917): 83–109.
- 1919 *Atombau und Spektrallinien*. Braunschweig: Vieweg, 1919.
- 1920 “Allgemeine spektroskopische Gesetze, insbesondere ein magnetooptischer Zerlegungssatz.” *Ann. Phys.* 63 (1920): 221–263.

- 1921 “Sur les photogrammes quaternaires et ternaires de la blende et le spectre du rayonnement de Röntgen.” In *Solvay 1921*, pp. 125–140 (134–140: discussion).
- 1925 “Das Reziprozitätstheorem der drahtlosen Telegraphie.” *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie* 26 (1925): 284–292.
- 1968 *Gesammelte Schriften*. 4 vols. Braunschweig: Vieweg, 1968.
- 2000 *Wissenschaftlicher Briefwechsel*. Vol. 1, 1892–1918. Michael Eckert and Karl Märker, eds. Berlin, Diepholz, München: Deutsches Museum; GNT-Verlag, 2000.

Speziali, Pierre, ed.

- 1972 *Albert Einstein, Michele Besso. Correspondance 1903–1955*. Paris: Hermann, 1972.

Stark, Johannes

- 1905 “Der Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen und die Spektren der positiven Atomionen.” *Physik. Z.* 6 (1905): 892–897.
- 1906a “Optische Effekte der Translation von Materie durch den Äther.” *Physik. Z.* 7 (1906): 353–355.
- 1906b “Zur Kenntnis des Bandenspektrums.” *Physik. Z.* 7 (1906): 355–361.
- 1907a “Die negative und die positive Elektrizität in der Spektralanalyse.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 11 (1907): 193–207.
- 1907b “Zur Diskussion über den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen.” *Physik. Z.* 8 (1907): 79–81.
- 1907c “Über Absorption und Fluoreszenz im Bandenspektrum und über ultraviolette Fluoreszenz des Benzols.” *Physik. Z.* 8 (1907): 81–85.
- 1907d “Bemerkung zu Hr. Paschens Mitteilung über den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen.” *Ann. Phys.* 23 (1907): 798–806.
- 1908 “Neue Beobachtungen an Kanalstrahlen in Beziehung zur Lichtquantenhypothese.” *Physik. Z.* 9 (1908): 767–773.
- 1909 “Zur experimentellen Entscheidung zwischen Ätherwellen- und Lichtquantenhypothese. I. Röntgenstrahlung.” *Phys. Z.* 10 (1909): 902–913.
- 1910a “Zur experimentellen Entscheidung zwischen der Lichtquantenhypothese und der Ätherimpulstheorie der Röntgenstrahlen.” *Phys. Z.* 11 (1910): 24–31.
- 1910b “Zahl der Zentren von Lichtemission und Intensitätsverhältnis verschiedener Interferenzordnungen.” *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 119 (1910): 779–797. Reprinted in *Ann. Phys.* 33 (1910): 1449–1467.
- 1910c *Prinzipien der Atomdynamik*. Vol. 1, *Die elektrischen Quanten*. Leipzig: Hirzel, 1910.
- 1910d “Folgerungen über die Natur des Lichtes aus Beobachtungen über die Interferenz.” *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 7 (1910): 386–404.
- 1913 “Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wet.* (1913): 932–946. Repr.: 1914.
- 1914 “Beobachtungen über den Effekt elektrischen Feldes auf Spektrallinien. I. Quereffekt.” *Ann. Phys.* (4) 43 (1914): 965–982.

- 1915a “Beobachtungen über den Effekt elektrischen Feldes auf Spektrallinien. VI. Polarisierung und Verstärkung einer Serie.” *Ann. Phys.* (4) 48 (1915): 210–235.
- 1915b “Die Verbreiterung von Spektrallinien.” *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 12 (1915): 349–440.
- Stark, Johannes, and Heinrich Kirschbaum
- 1914a “Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. III. Abhängigkeit von der Feldstärke.” *Ann. Phys.* (4) 43 (1914): 991–1016.
- 1914b “Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. IV. Linienarten, Verbreiterung.” *Ann. Phys.* (4) 43 (1914): 1017–1047.
- Stark, Johannes, and Richard Meyer
- 1907 “Beobachtungen über die Fluoreszenz von Benzolderivaten.” *Pysik. Z.* 8 (1907): 250–255.
- Stark, Johannes und Steubing, W.
- 1910 “Zahl der Zentren von Lichtemission und Intensitätsverhältnis verschiedener Interferenzordnungen. II. Newtonsche Interferenz.” *Ann. Phys.* 33 (1910): 1468–1483.
- Stark, Johannes, and Georg Wendt
- 1914 “Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. II. Längseffekt.” *Nachr. Kgl. Ak. Wiss. Göttingen* (1914) 63–70. Also: *Ann. Phys.* (4) 43 (1914): 983–990.
- Stewart, I.Q.
- 1918 “The moment of momentum accompanying magnetic moment in iron and nikkel.” *Phys. Rev.* (2) 11 (1918): 100–120.
- St. John, Charles E.
- 1917 “The Principle of General Relativity and the displacement of Fraunhofer Lines towards the red.” *Astrophys. J.* 46 (1917): 249–265.
- 1928 “Evidence for the gravitational displacement of lines in the solar spectrum predicted by Einstein’s theory.” *Astrophys. J.* 67 (1928): 195–239.
- Stoel, Leendert Marius Johannes
- 1891 *Metingen over den invloed van de temperatuur op de inwendige wrijving van vloeistoffen tusschen het kookpunt en den kritischen toestand*. Leiden: IJdo, 1891. (Doctoral dissertation, Leiden, 21 Feb 1891.)
- Stokes, George Gabriel
- 1845 “On the aberration of light.” *Phil. Mag.* 27 (1845): 9–15. Repr. in *Stokes 1880*, vol. 1, pp. 134–140.
- 1846 “On Fresnel’s theory of the aberration of light.” *Phil. Mag.* 28 (1846): 76–82. Repr. in *Stokes 1880*, vol. 1, pp. 141–147.

1880–1905 *Mathematical and physical papers*. 5 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1880–1905.

Suchy, Julius

1911 “Wärmestrahlung und Wärmeleitung.” *Ann. Phys.* (4) 36 (1911): 341–382.

Swenson, Loyd S.

1972 *The ethereal aether: A descriptive history of the Michelson-Morley-Miller aether-drift experiments, 1880–1930*. Austin: University of Texas Press, 1972.

Tait, Peter Guthrie

1886 “On the foundations of the kinetic theory of gases.” *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* 33 (1886): 65–95.

1887a “On the foundations of the kinetic theory of gases. II.” *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* 33 (1887): 251–277.

1887b “The assumptions required for the proof of Avogadro’s law.” *Phil. Mag.* (5) 23: 433–434.

Tetrode, Hugo Martin

1912 “Die chemische Konstante der Gase und das elementare Wirkungsquantum.” *Ann. Phys.* (4) 38 (1912): 434–442, 39 (1912) 255–256 (“Berichtigung”).

Thompson, Robert J.

1915 *England and Germany in the war: letters to the Department of State*. Boston: Chapple, 1915.

Thompson, Silvanus P.

1910 *The life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs*. London: Macmillan, 1910.

Thomson, Joseph John

1904 “On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillations of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle, with application of the results to the theory of atomic structure.” *Phil. Mag.* (6) 7 (1904): 237–265.

1907a “On the electrical origin of radiation from hot bodies.” *Phil. Mag.* (6) 14 (1907): 217–231.

1907b *On the light shown by recent investigations of electricity on the relation between matter and ether*. (Adamson Lecture, Manchester, 4 Nov 1907.)

1907c *The corpuscular theory of matter*. London: Constable; New York: Scribner’s, 1907.

1913 “On the structure of the atom.” *Phil. Mag.* 26 (1913): 792–799.

1921 “La structure de l’atome.” In *Solvay 1921*, pp. 1–74 (pp. 45–74: discussion).

Van der Waals, Johannes Diderik

- 1873 *Over de continuïteit van den gas- en vloeistofoestand.* Leiden: Sijthoff, 1873. (Doctoral dissertation, Leiden, 14 June 1873.)
 1911 “Nobel-Vortrag.” In *Les prix Nobel en 1910*. C.G. Santesson, ed. Stockholm: Norstedt, 1911.

Van der Waals Jr., Johannes Diderik

- 1907a “Zur Frage der Wellenlänge der Röntgenstrahlen.” *Ann. Phys.* (4) 22 (1907): 603–605.
 1907b “Zur Frage der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. II.” *Ann. Phys.* (4) 23 (1907): 395–396.
 1909a “Over de verdeelingswet der energie bij elektrische stelsels.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 17 (1908–09): 659–670. Transl.: *Van der Waals Jr. 1909b*.
 1909b “On the law of the partition of energy in electrical systems.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 11 (1908–09): 580–590. Transl. of *Van der Waals Jr. 1909a*.

Van Dongen, Jeroen

- 2007 “Emil Rupp, Albert Einstein, and the canal ray experiments on wave-particle duality: Scientific fraud and theoretical bias.” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 37, Supplement (2007): 73–120.

Voigt, Woldemar

- 1876 “Bestimmung der Elasticitätsconstanten des Steinsalzes.” *Ann. Phys. Ergänzungsband* 7 (1876): 1–53, 177–214.
 1882a “Ueber das Verhältniss der Quercontraction zur Längsdilatation bei Stäben von isotropem Glas.” *Ann. Phys.* (N.F.) 15 (1882): 497–513.
 1882b “Allgemeine Formeln für die Bestimmung des Elasticitätsconstanten von Krystallen durch die Beobachtung der Biegung und Drillung von Prismen.” *Ann. Phys.* (N.F.) 16 (1882): 273–321, 398–416.
 1883 “Bestimmung der Elasticitäts-Constanten des Kupfers.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* 37 (1883): 961–973.
 1884 “Neue Bestimmung der Elasticitäts-Constanten von Steinsalz und Flussspath.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* 42 (1884): 989–1004.
 1887a “Ueber das Doppler’sche Princip.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1887): 41–51. Repr.: *Voigt 1915b*.
 1887b “Theorie des Lichtes für bewegte Medien.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1887): 177–238. Also (slightly abbr.): *Ann. Phys.* (N.F.) 35 (1888): 370–396, 524–551.
 1889 *Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik.* Leipzig: Veit, 1889.
 1895 *Kompendium der theoretischen Physik.* Vol. 1, *Mechanik starrer und nichtstarrer Körper. Wärmelehre.* Leipzig: Veit, 1895.
 1896a *Kompendium der theoretischen Physik.* Vol. 2, *Elektricität und Magnetismus. Optik.* Leipzig: Veit, 1896.

- 1896b “Einige kinetische Betrachtungen, die mit der Theorie der Verdampfung und verwandter Vorgänge im Zusammenhang zu stehen scheinen.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1896): 341–364.
- 1897a “Zur kinetischen Theorie idealer Flüssigkeiten.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1897): 19–47.
- 1897b “Weiteres zur kinetischen Theorie des Verdampfungsprocesses.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1897): 261–272.
- 1898a *Die fundamentalen physikalischen Eigenschaften der Krystallen*. Leipzig: Veit, 1898.
- 1898b “Ueber den Zusammenhang zwischen dem Zeeman’schen und dem Faraday’schen Phänomen.” *Verh. Ges. Deutscher Naturf. Ärzte* 70 (1898) II.1: 43–47.
- 1898c “Ueber das bei der sogenannten totalen Reflexion in das zweite Medium eindringende Licht.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1898): 294–308. Also (with addendum): *Ann. Phys.* (N.F.) 67 (1899): 185–200.
- 1898d “Ueber den Zusammenhang zwischen dem Zeeman’schen und dem Faraday’schen Phänomen.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1898): 329–344.
- 1898e “Zur Theorie der von den Herren Macaluso und Corbino entdeckten Erscheinungen.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1898): 349–354.
- 1898f “Doppelbrechung von im Magnetfelde befindlichem Natriumdampf in der Richtung normal zu den Kraftlinien.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1898): 355–359.
- 1899a “Zur Theorie der magneto-optischen Erscheinungen.” *Ann. Phys.* (N.F.) 67 (1899): 345–365.
- 1899b “Doppelbrechung in Natriumdampf normal zu den Kraftlinien eines auf ihn wirkenden Magnetfeldes.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 7 (1899): 219–222.
- 1899c “Weiteres zur Theorie des Zeemaneffectes.” *Ann. Phys.* (N.F.) 68 (1899): 352–362, 363–364 (“Nachtrag”).
- 1899d “Weiherede.” *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* 43 (1899).
- 1899e “Zur Theorie der Einwirkung eines elektrostatischen Feldes auf die optischen Eigenschaften der Körper.” *Ann. Phys.* (N.F.) 69 (1899): 297–318.
- 1900a “Ueber eine Dissymmetrie des Zeeman’schen normalen Triplets.” *Ann. Phys.* (4) 1 (1900): 376–388.
- 1900b “L’état actuel de nos connaissances sur l’élasticité des cristaux.” In *Rapports présentés au Congrès International de Physique réuni Paris en 1900 sous les auspices de la Société française de Physique*, vol. 1, pp. 277–347. Ch.-Éd. Guillaume and L. Poincaré, eds. Paris: Gauthier-Villars, 1900. German version: *Voigt 1900c*.
- 1900c “Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse der Krystallelasticität.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1900): 117–176. German version of *Voigt 1900b*.

- 1900d “Ueber das electrische Analogon des Zeeman-Effectes.” In *Recueil 1900*, pp. 366–376. Also: *Ann. Phys.* (4) 4 (1901): 197–208.
- 1901a *Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik*. 2nd rev. ed. Leipzig: Veit, 1901.
- 1901b “Electronenhypothese und Theorie des Magnetismus.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1901): 169–200.
- 1901c “Zur Theorie der Fluoreszenzerscheinungen.” *Arch. Néerl.* (2) 6 (1901): 352–366.
- 1902a “Electronenhypothese und Theorie des Magnetismus.” *Ann. Phys.* (4) 9 (1902): 115–146 (rec. 13 May 1902). (Modified version of *Voigt 1901b*.)
- 1903 *Thermodynamik*. Vol. 1. Leipzig: Gösschen, 1903.
- 1904a *Thermodynamik*. Vol. 2. Leipzig: Gösschen, 1904.
- 1904b “An effect of electrical vibrations in an optically active medium.” *Rep. Br. Ass.* 74 (1904): 466–467.
- 1905 “Über die Wellenfläche zweiachsiger aktiver Kristalle und über ihre konische Refraktion.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 7 (1905): 340–345.
- 1906 “Rede.” In *Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. Festschrift im Anschluss an die Einweihung der Neubauten am 9. December 1905. Herausgegeben von der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik*, pp. 37–43. Leipzig; Berlin: Teubner, 1906.
- 1907a “Ludwig Boltzmann.” *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Geschäftliche Mitteilungen* (1907): 69–82.
- 1907b “Betrachtungen über die komplizierteren Formen des Zeemaneffektes.” *Ann. Phys.* (4) 24 (1907): 193–224.
- 1907c “Ueber die kristallographisch zulässigen Zähligkeiten der Symmetrieachsen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 16 (1907–08): 406–411. Transl.: “On the permissible orders of the axes of symmetry in crystallography.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 10 (1907–08): 408–413.
- 1908a “Bemerkungen zu neueren magneto-optischen Beobachtungen.” *Physik. Z.* 9 (1908): 120–124.
- 1908b “Zur Erklärung der Dissymmetrien Zeemanscher Triplets.” *Physik. Z.* 9 (1908): 353–354.
- 1908c *Magneto- und Elektrooptik*. Leipzig: Teubner, 1908.
- 1909 “Der Kampf um die Dezimale in der Physik.” *Deutsche Revue* 34 (1909): 71–85.
- 1910a *Lehrbuch der Kristallphysik (Mit Ausschluss der Kristalloptik)*. Leipzig; Berlin: Teubner, 1910.
- 1910b “Konzentrationsänderungen der Lösung eines magnetisierbaren Salzes in einem inhomogenen Magnetfeld. Nach Beobachtungen von C. Statecu.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1910): 545–553.
- 1911a “Beiträge zu Lord Rayleigh’s Theorie der Gitterbeugung.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1911): 41–57.

- 1911b “Allgemeines über Emission und Absorption in Zusammenhang mit der Frage der Intensitätsmessungen beim Zeeman-Effekt. Nach Beobachtungen von C. Försterling. Mit einem Zusatz von H.A. Lorentz in Leiden.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1911): 71–97 (89–97: “Zusatz”).
- 1911c “Zur Theorie der komplizierteren Zeemaneffekte.” *Ann. Phys.* (4) 36 (1911): 873–906.
- 1912a “Das Versagen des Kirchhoffschen Satzes über Emissions- und Absorptionsvermögen bei inhomogenen Körpern.” *Physik. Z.* 13 (1912): 848–852, 977 (“Nachtrag”).
- 1912b “Über Emission und Absorption schichtenweise stetig inhomogener Körper.” *Ann. Phys.* (4) 39 (1912): 1381–1407.
- 1913a “Weiteres zum Ausbau der Koppelungstheorie der Zeemaneffekte.” *Ann. Phys.* (4) 41 (1913): 403–440.
- 1913b “Über die Intensitätsverteilung innerhalb einer Spektrallinie.” *Physik. Z.* 14 (1913): 377–381.
- 1913c “Die anormalen Zeemaneffekte der Spektrallinien vom D-Typus.” *Ann. Phys.* (4) 42 (1913): 210–230.
- 1914a “Theoretische Bemerkungen zu den neuen Beobachtungen des Herrn J. Stark.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1914): 71–84.
- 1914b *Erinnerungsblätter aus dem deutsch-französischen Kriege 1870/71*. Göttingen: Dieterich, 1914.
- 1915a “Ueber die Dispersion der magneto-optischen Effekte bei Stahl und Kobalt im Ultraroten.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 24 (1915–16): 149–158.
- 1915b “Das Dispensionsgesetz der magneto-optischen Effekte im Ultraroten bei Eisen und Kobalt.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1915): 193–208. Also: *Physik. Z.* 16 (1915): 298–306.
- 1915c “Über das Dopplersche Prinzip.” *Physik. Z.* 16 (1915): 381–386. Repr. (with commentary) of Voigt 1887a.
- 1915d *Zur Deutung der Erscheinungen der sogenannten konischen Refraktion*. Stuttgart, 1915.
- 1915e “Die Grundschwingungen kreisförmiger Klangplatten aus Kristallen.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1915): 345–391.
- 1918a “Struktur und Elastizitätstheorie regulärer Kristalle I.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1918): 121–152.
- 1918b “Struktur und Elastizitätstheorie regulärer Kristalle II.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1918): 152–170.
- 1921 “Sur la relation entre la pyro-électricité et la température.” In *Solvay 1921*, pp. 235–241 (pp. 240–241: discussion).

Voigt, Woldemar, and Hans Marius Hansen

- 1912 “Das neue Gitterspektroskop des Göttinger Institutes und seine Verwendung zur Beobachtung der magnetischen Doppelbrechung im Gebiete von Absorptionslinien.” *Physik. Z.* 13 (1912): 217–224.

Walter, Bernhard and R. Pohl

- 1908 "Zur Frage der Beugung der Röntgenstrahlen." *Ann. Phys.* 25 (1908): 715–724.
 1909 "Weitere Versuche über die Beugung der Röntgenstrahlen." *Ann. Phys.* 29 (1909): 331–354.

Wangerin, Albert

- 1909 "Elektrizität und Optik." In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 3, article 21, pp. 1–94 (issued 26 January 1909). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1909–1926.

Warburg, Emil, et al., eds.

- 1918 *Zu Max Plancks sechzigstem Geburtstag*. Karlsruhe: Müller, 1918.

Waterstone, John James

- 1892 "On the physics of media that are composed of free and perfectly elastic molecules in a state of motion." *Phil. Trans. Roy. Soc.* A183 (1892): 1–79.

Wehberg, Hans

- 1920 *Wider den Aufruf der 93! Das Ergebnis einer Rundfrage an die 93 Intellektuellen über die Kriegsschuld*. Charlottenburg: Deutsche Verlagsgesellschaft für Politik und Geschichte, 1920.

Wentzel, Gregor

- 1926a "Die mehrfach periodischen Systeme in der Quantenmechanik." *Z. Phys.* 37 (1926): 80–94.
 1926b "Zur Theorie des photoelektrischen Effektes." *Z. Phys.* 40 (1926): 574–589.
 1927 "Über die Richtungsverteilung der Photoelektronen." *Z. Phys.* 41 (1927): 828–832.

Weyl, Hermann

- 1918a "Gravitation und Elektrizität." *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1918): 465–480. Repr. in *Weyl 1986*, vol. 2, pp. 29–42.
 1918b "Reine Infinitesimalgeometrie." *Math. Z.* 2 (1918): 384–411. Repr. in *Weyl 1968*, vol. 2, pp. 1–28.
 1919 "Eine neue Erweiterung der Relativitätstheorie." *Ann. Phys.* (4) 59 (1919): 101–133. Repr. in *Weyl 1968*, vol. 2, pp. 55–87.
 1920a "Elektrizität und Gravitation." *Physik. Z.* 21 (1920): 649–650. Repr. in *Weyl 1968*, vol. 2, pp. 141–142.
 1920b *Raum-Zeit-Materie*. 3rd ed. Berlin: Springer, 1920.
 1968 *Gesammelte Abhandlungen*. 4 vols. Berlin [etc.]: Springer, 1968.

Wheaton, Bruce R.

- 1983 *The tiger and the shark: Empirical roots of wave-particle dualism*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

Wiechert, Emil

- 1896a “Die Theorie der Elektrodynamik und die Röntgen’sche Entdeckung.” *Abhandlungen der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg* 37 (1896): 1–48, [29]–[30] (“Erläuterungen”).
- 1896b “Ueber die Grundlagen der Elektrodynamik.” *Ann. Phys.* (N.F.) 59 (1896): 283–323.
- 1899 “Grundlagen der Elektrodynamik.” In *Festschrift 1899* (2nd part; 112 pp.).
- 1911 “Relativitätsprinzip und Äther.” *Physik. Z.* 12 (1911): 698–707, 737–758.
- 1920 “Die Gravitation als elektrodynamische Erscheinung.” *Ann. Phys.* 63 (1920): 301–381.
- 1921 *Der Äther im Weltbild der Physik. Eine Begründung der Notwendigkeit der Äthervorstellung für die Physik mit besonderer Berücksichtigung des Gedankenkreises der Relativitätstheorie.* Berlin, 1921. Also published as “Der Äther im Weltbild der Physik.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1921): 29–70.

Wien, Karl, ed.

- 1930 *Wilhelm Wien. Aus dem Leben und Wirken eines Physikers.* Leipzig: Barth, 1930.

Wien, Wilhelm

- 1897 “Die electrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 16 (1897): 165–172.
- 1898a “Die electrostatische und magnetische Ablenkung der Canalstrahlen.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 17 (1898): 110–12.
- 1898b “Ueber die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen.” *Ann. Phys.* 65 (1898) Beilage: I–XVII.
- 1898c “Ueber die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen.” *Verh. Ges. Deutscher Naturf. Ärzte* 70 (1898) II.1: 49–56.
- 1900 “Über die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik.” In *Recueil 1900*, pp. 96–107. Also: *Ann. Phys.* (4) 5 (1901): 501–513.
- 1901 “Untersuchungen über die electriche Entladung in verdünnten Gasen. (Zweite Abhandlung.)” *Ann. Phys.* (4) 5 (1901): 421–435.
- 1902 “Untersuchungen über die electriche Entladung in verdünnten Gasen. Dritte Abhandlung.” *Ann. Phys.* (4) 8 (1902): 244–266 (rec. 27 Mar 1902).
- 1904a “Theorie eines bewegten leuchtenden Punktes.” In *Meyer 1904*, pp. 174–182 (rec. 2 Aug 1903).
- 1904b “Über die Differentialgleichungen der Elektrodynamik für bewegte Körper.” *Ann. Phys.* (4) 13 (1904): 641–662, 663–668.
- 1904c “Erwiderung auf die Kritik des Hr. M. Abraham.” *Ann. Phys.* (4) 14 (1904): 635–637 (rec. 8 Jun 1904).

- 1904d “Experiments to decide whether the ether moves with the earth.” *Rep. Br. Ass.* 74 (1904): 433–434.
- 1904e “Über einen Versuch zur Entscheidung der Frage, ob sich der Lichtäther mit der Erde bewegt oder nicht.” *Physik. Z.* 5 (1904): 585–586.
- 1904f “Poyntingscher Satz und Strahlung.” *Ann. Phys.* (4) 15 (1904): 412–414.
- 1905a “Über die Energie der Kathodenstrahlen im Verhältnis zur Energie der Röntgen- und Sekundärstrahlen.” In *Festschrift Adolph Wüllner gewidmet zum siebzigsten Geburtstag 13. Juni 1905*, pp. 1–14. Leipzig: Teubner, 1905. Repr. with add.: *Wien 1905c*.
- 1905b *Über Elektronen*. Leipzig: Teubner, 1905. Also: *Verh. Ges. Deutscher Naturf. Ärzte* 77 (1905) I: 23–38.
- 1905c “Über die Energie der Kathodenstrahlen im Verhältnis zur Energie der Röntgen- und Sekundärstrahlen.” *Ann. Phys.* (4) 18 (1905): 991–1007. Repr. with add. of *Wien 1905a*.
- 1906 “Über die partiellen Differentialgleichungen der Physik.” *Physik. Z.* 7 (1906): 16–23.
- 1907a “Über die Berechnung der Impulsbreite der Röntgenstrahlen aus ihrer Energie.” *Ann. Phys.* (4) 22 (1907): 793–797.
- 1907b “Über die absolute, von positiven Ionen ausgestrahlte Energie und die Entropie der Spektrallinien.” *Ann. Phys.* (4) 23 (1907): 415–438.
- 1907c “Über turbulente Bewegung der Gase.” *Physik. Z.* 8 (1907): 908–909. Also: *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 9 (1907): 445–448.
- 1907d “Ueber eine Berechnung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen aus dem Planckschen Energieelement.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1907): 598–601.
- 1908a “Über die Natur der positiven Strahlen.” *Sitzungsber. math. phys. Kl. Kgl. Bayer. Ak. Wiss.* 38 (1908): 55–65.
- 1908b “Über positive Strahlen. Erste Abhandlung.” *Ann. Phys.* (4) 27 (1908): 1025–1042.
- 1909a “Elektromagnetische Lichttheorie.” In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 3, article 22, pp. 95–198 (issued 26 January 1909). A. Sommerfeld, ed. Leipzig, Teubner: 1909–1926.
- 1909b “Theorie der Strahlung.” In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 3, article 23, pp. 282–357 (issued 28 September 1909). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1909–1926.
- 1909c “Über positive Strahlen. Zweite Abhandlung.” *Ann. Phys.* (4) 30 (1909): 349–368.
- 1910 “Über positive Strahlen. Dritte Abhandlung.” *Ann. Phys.* (4) 33 (1910): 871–927.
- 1912 “Über positive Strahlen. Vierte Abhandlung.” *Ann. Phys.* (4) 39 (1912): 519–544.

- 1913a “Zur Theorie der elektrischen Leitung in Metallen.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1913): 184–200.
- 1913b *Vorlesungen über neue Probleme der theoretischen Physik, gehalten an der Columbia-Universität in New York im April 1913.* Leipzig; Berlin: Teubner, 1913.
- 1914 “Über eine von der elektromagnetischen Lichttheorie geforderte Einwirkung des magnetischen Feldes auf die von Wasserstoffkanalstrahlen ausgestreuten Spektrallinien.” *Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss.* (1914): 70–74.
- 1916 “Die elektrodynamische Spaltung der Serienlinien des Wasserstoffs.” *Ann. Phys.* (4) 49 (1916): 842–850.
- Wilsar, H.
- 1914 “Beobachtungen über die Abhängigkeit des Stark-Effekts von der Spannung, Feldrichtung und Wellenlänge.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1914): 85–94.
- Wind, Cornelis Harm
- 1910 “Buiging van een stootgolf door een spleet, volgens de theorie van Kirchhoff.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 19 (1910–11): 427–437.
- Zeeman, Pieter
- 1896a “Over den invloed eener magnetisatie op den aard van het door een stof uitgezonden licht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 5 (1896–97): 181–184. Transl. (with Zeeman 1896b): *Zeeman 1897*.
- 1896b “Over den invloed eener magnetisatie op den aard van het door eene stof uitgezonden licht, II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 5 (1896–97): 242–248. Transl. (with Zeeman 1896a): *Zeeman 1897*.
- 1897 “On the influence of magnetism on the nature of the light emitted by a substance.” *Phil. Mag.* (5) 43 (1897): 226–237; *Astrophysical Journal* 5 (1897): 332–347; *Comm. Phys. Lab. Un. Leiden* 33, 36 (1897).
- 1899 “Straling in een magnetisch veld.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 7 (1899): 192–199.
- 1905 “Strahlung des Lichtes im magnetischen Felde.” In *Les prix Nobel en 1902*. Stockholm: Norstedt, 1905.
- 1913 *Researches in magneto-optics. With special reference to the magnetic resolution of spectrum lines.* London: Macmillan, 1913.

BIBLIOGRAPHY OF WRITINGS BY
HENDRIK ANTOON LORENTZ

- 1875a ["Oplossing van een prijsvraag."] *Nieuw Archief voor Wiskunde* (1) 1 (1875): 189–193.
Solution of a prize question. – English transl.: 1937a.1 (*C.P.* 4, pp. 1–6).
- 1875b *Over de theorie der terugkaatsing en breking van het licht*. Arnhem: Van der Zande, 1875.
Doctoral diss., Leiden, 11 Dec 1875. – repr.: 1935d.1 (*C.P.* 1, pp. 1–192). – French transl.: 1935d.2 (*C.P.* 1, pp. 193–383). – English transl.: 1997. – German summary: 1877a, 1877b, 1878b.
- 1877a "Ueber die Theorie der Reflexion und Refraction des Lichtes. Erste Mittheilung." *Z. Math. Phys.* 22 (1877): 1–30.
Summary of part of 1875b. – see also 1877b, 1878b.
- 1877b "Ueber die Theorie der Reflexion und Refraction des Lichtes. Zweite Mittheilung." *Z. Math. Phys.* 22 (1877): 205–219.
Summary of part of 1875b. – see also 1877a, 1878b.
- 1878a *De moleculaire theoriën in de natuurkunde. Redevoering, bij de aanvaarding van het hoogleeraarsambt aan de Rijksuniversiteit te Leiden den 25sten Januari 1878 uitgesproken*. Arnhem: Van der Zande, 1878.
Inaugural lecture, Leiden, 25 Jan 1878. – repr.: 1939a.1 (*C.P.* 9, pp. 1–25). – English transl.: 1939a.2 (*C.P.* 9, pp. 26–49).
- 1878b "Ueber die Theorie der Reflexion und Refraction des Lichtes. Dritte Mittheilung." *Z. Math. Phys.* 23 (1878): 197–210.
Summary of part of 1875b. – see also 1877a, 1877b.
- 1879a "Over het verband tusschen de voortplantingssnelheid van het licht en de dichtheid en samenstelling der middenstoffen." *Verh. Kon. Ak. Wet.* 18 (1879) (112 pp., separately paginated).
Abbr. German transl.: 1880b. – English transl.: 1936b.1 (*C.P.* 2, pp. 1–119). – see also 1905s.
- 1880a "De bewegingsvergelijkingen der gassen en de voortplanting van het geluid volgens de kinetische gastheorie." *Versl. Kon. Ak. Wet.* (2) 15 (1879–80): 350–393.
French transl.: 1881d. – transl. repr.: 1906g.4 (rev.), 1938a.1 (*C.P.* 6, pp. 1–39).
- 1880b "Ueber die Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Körperdichte." *Ann. Phys.* (N.F.) 9 (1880): 641–665.
Issue dated 1 Apr 1880. – abbr. transl. by Lorentz of 1879a. – see also 1905s.
- 1881a "Ueber die Anwendung des Satzes vom Virial in der kinetischen Theorie der Gase." *Ann. Phys.* (N.F.) 12 (1881): 127–136, 660–661 ("Nachtrag").

- Issues dated 15 Jan 1881 and 15 Mar 1881. – Nachtrag dated 15 Jan 1881. – repr.: 1906g.5, 1938a.2 (*C.P.* 6, pp. 40–50).
- 1881b “De grondformules der electrodynamicca.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (2) 17 (1881–82): 144–161.
French transl.: 1882a. – transl. repr.: 1936b.2 (*C.P.* 2, pp. 120–135).
- 1881c “Over de bewegingen, die onder den invloed der zwaartekracht, ten gevolge van temperatuurverschillen, in eene gasmassa optreden.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (2) 17 (1881–82): 179–205.
French transl.: 1882b. – transl. repr.: 1938a.3 (*C.P.* 6, pp. 51–73).
- 1881d “Les équations du mouvement des gaz, et la propagation du son suivant la théorie cinétique des gaz.” *Arch. Néerl.* 16 (1881): 1–46.
Transl. of 1880a. – repr.: 1906g.4 (rev.), 1938a.1 (*C.P.* 6, pp. 1–39).
- 1882a “Les formules fondamentales de l’électrodynamique.” *Arch. Néerl.* 17 (1882): 83–100.
Transl. of 1881b. – repr.: 1936b.2 (*C.P.* 2, pp. 120–135).
- 1882b “Sur les mouvements qui se produisent dans une masse gazeuse, sous l’influence de la pesanteur, à la suite de différences de température.” *Arch. Néerl.* 17 (1882): 193–219.
Transl. of 1881c. – repr.: 1938a.3 (*C.P.* 6, pp. 51–73).
- 1882c *Leerboek der differentiaal- en integraalrekeningen van de eerste beginselen der analytische meetkundemet het oog op de toepassingen in de natuurwetenschap.* Leiden: Brill, 1882.
Russian transl.: 1898j. – German transl.: 1900i. – Japanese transl. of 1900i: 1920e.
- 1883a “De door Hall ontdekte werking van een magneet op een electrischen stroom en de electromagnetische draaiing van het polarisatievlak van het licht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (2) 19 (1883–84): 217–248.
French transl.: 1884a. – transl. repr.: 1936b.3 (*C.P.* 2, pp. 136–163).
- 1884a “Le phénomène découvert par Hall et la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière.” *Arch. Néerl.* 19 (1884): 123–152.
Transl. of 1883a. – repr.: 1936b.3 (*C.P.* 2, pp. 136–163).
- 1885a “Over de toepassing van de tweede wet der mechanische warmtetheorie op de thermo-electrische verschijnselen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (3) 1 (1884–85): 327–358.
Subm. 31 Jan 1885. – French transl.: 1886b. – transl. repr.: 1938a.11 (*C.P.* 6, pp. 184–219).
- 1886a “Over den invloed, dien de beweging der aarde op de lichtverschijnselen uitoefent.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (3) 2 (1885–86): 297–372.
Subm. 27 Mar 1886. – French transl.: 1887c. – transl. repr.: 1907i.3, 1937a.12 (*C.P.* 4, pp. 153–214).
- 1886b “Sur l’application aux phénomènes thermo-électriques, de la seconde loi de la théorie mécanique de la chaleur.” *Arch. Néerl.* 20 (1886): 129–170.
Dated Apr 1885. – transl. of 1885a. – repr.: 1938a.11 (*C.P.* 6, pp. 184–219).

- 1887a “Über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft unter Gasmolekülen.” *Sitzungsber. Kaiserl. Ak. Wiss.* 95 (1887): 115–152.
Subm. 20 Jan 1887. – repr.: 1906g.6 (rev.), 1938a.4 (C.P. 6, pp. 74–111).
- 1887b “De tegenwoordige stand der mechanische warmtetheorie, in het bijzonder wat de toepassing van de tweede wet dezer theorie betreft.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 1 (1887): 116–117.
Lecture, Amsterdam, 1 Oct 1887, at the 1st Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 30 Sep–1 Oct 1887. – repr.: 1939a.3 (C.P. 9, pp. 50–52).
- 1887c “De l’influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux.” *Arch. Néerl.* 21 (1887): 103–176.
Transl. of 1886a. – repr.: 1907i.3, 1937a.12 (C.P. 4, pp. 153–214).
- 1888a *Beginselen der natuurkunde. Leidraad bij de lessen aan de Universiteit te Leiden.* 2 vols. Leiden: Brill, 1888–1890.
Later eds.: 2nd rev. ed., 1893–1894; 3rd rev. ed., 1899; 4th rev. ed., 1904–1906; 5th rev. ed., 1908–1909; 6th rev. ed., 1914; 7th rev. ed., 1918–1919; 8th rev. ed., 1921–1922; 9th rev. ed., 1929; 4th and later eds. in coll. with L.H. Siertsema. – title of 5th and later eds.: *Beginselen der natuurkunde.* – German transl.: 1906i. – Russian transl. of 1906i: 1910j. – Japanese transl. of 1906i: 1913l. – cf. 1910i.
- 1889a “Zur Theorie der Thermoelectricität.” *Ann. Phys.* (N.F.) 36 (1889): 593–624 (p. 624: “Zusatz”).
Dated Sep 1888 and Jan 1889 (“Zusatz”). – issue dated 1 Feb 1889. – French transl.: 1889c. – transl. repr.: 1938a.12 (C.P. 6, pp. 220–251).
- 1889b “Over de moleculaire beweging van opgeloste stoffen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* (3) 6 (1888–89): 337–338.
Subm. 25 May 1889. – English transl.: 1938a.5 (C.P. 6, pp. 112–113).
- 1889c “Sur la théorie des phénomènes thermo-électriques.” *Arch. Néerl.* 23 (1889): 115–150.
Transl. of 1889a. – repr.: 1938a.12 (C.P. 6, pp. 220–251).
- 1891a “Zur Molekulartheorie verdünnter Lösungen.” *Z. Physik. Chem.* 7 (1891): 36–54.
Issue dated 27 Jan 1891. – French transl.: 1892e. – transl. repr.: 1906g.9 (slightly abbr.): 1938a.6 (C.P. 6, pp. 114–133).
- 1891b “Over electriciteit en ether.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 3 (1891): 40–50.
Lecture, Utrecht, 4 Apr 1891, at the 3rd Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 3–4 Apr 1891. – repr.: 1939a.6 (C.P. 9, pp. 89–101).
- 1892a “Ueber die Brechung des Lichtes durch Metallprismen.” *Ann. Phys.* (N.F.) 46 (1892): 244–259.
Dated Feb 1892. – issue dated 1 Jun 1892. – repr.: 1937a.7 (C.P. 4, pp. 87–103).

- 1892b “Over de terugkaatsing van licht door lichamen, die zich bewegen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 1 (1892–93): 28–31.
Subm. 25 Jun 1892. – English transl.: 1937a.13 (*C.P.* 4, pp. 215–218).
- 1892c “De relatieve beweging van de aarde en den aether.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 1 (1892–93): 74–79.
Subm. 26 Nov 1892. – German transl.: 1907i.6. – English transl.: 1937a.14 (*C.P.* 4, pp. 219–223).
- 1892d “De aberratietheorie van Stokes.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 1 (1892–93): 97–103.
Subm. 24 Dec 1892. – German transl.: 1907i.7. – English transl.: 1937a.15 (*C.P.* 4, pp. 224–231).
- 1892e “Sur la théorie moléculaire des dissolutions diluées.” *Arch. Néerl.* 25 (1892): 107–130.
Transl. of 1891a. – repr.: 1906g.9 (slightly abbr.): 1938a.6 (*C.P.* 6, pp. 114–133).
- 1892f “La théorie électromagnétique de Maxwell et son application aux corps mouvants.” *Arch. Néerl.* 25 (1892): 363–552.
Dated Jun 1892. – repr.: 1936b.4 (*C.P.* 2, pp. 164–343). – see also 1905s.
- 1893a “Over den invloed van de beweging der aarde op de voortplanting van het licht in dubbelbrekende lichamen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 1 (1892–93): 149–154.
Subm. 25 Feb 1893. – English transl.: 1937a.16 (*C.P.* 4, pp. 232–236).
- 1895a “Het theorema van Poynting over de energie in het electromagnetisch veld en een paar algemeene stellingen over de voortplanting van het licht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 4 (1895–96): 176–187.
Subm. 30 Nov 1895. – English transl.: 1936c.1 (*C.P.* 3, pp. 1–11).
- 1895b *Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern.* Leiden: Brill, 1895.
Later ed.: 2nd ed., Leipzig: Teubner, 1906. – repr.: 1937b.1 (*C.P.* 5, pp. 1–138). – repr. of secs. 89–92: 1913k.1. – English transl. of secs. 1–3: 1972a. – English transl. of secs. 89–92: 1923g.2. – Russian transl. of secs. 89–92: 1935a.1, 1970a.1, 1973a. – see also 1905s.
- 1896a “De door Prof. Röntgen ontdekte stralen.” *De Gids* 60 (1896) I: 510–528.
Dated 19 Feb 1896. – issue dated Mar 1896. – repr.: 1939a.10 (*C.P.* 9, pp. 149–166).
- 1896b “Over het evenwicht der warmtestraling bij dubbelbrekende lichamen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 4 (1895–96): 305–311.
Subm. 18 Apr 1896. – English transl.: 1938a.13 (*C.P.* 6, pp. 252–258).
- 1896c “Eene algemeene stelling omtrent de beweging eener vloeistof met wrijving en eenige daaruit afgeleide gevolgen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 5 (1896–97): 168–175.
Subm. 31 Oct 1896. – rev. German transl.: 1906g.2. – English transl.: 1937a.2 (*C.P.* 4, pp. 7–14).

- 1896d “Over de entropie eener gasmassa.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 5 (1896–97): 252–261.
Subm. 28 Nov 1896. – issue dated 9 Dec 1896. – rev. German transl.: 1906g.8. – English transl.: 1938a.7 (*C.P.* 6, pp. 134–142).
- 1897a “Over den weerstand dien een vloeistofstroom in eene cilindrische buis ondervindt.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 28–49.
Subm. 29 May 1897. – issue dated 10 Jun 1897. – rev. German transl.: 1906g.3. – English transl.: 1937a.3 (*C.P.* 4, pp. 15–35).
- 1897b [“Opmerkingen.”] *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 94–98.
Comment on: C.H. Wind, “Over de dispersie der magnetische draaiing van het polarisatievlak.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 92–94. – subm. 26 Jun 1897. – issue dated 7 Jul 1897. – English transl.: 1936c.2 (*C.P.* 3, pp. 12–16).
- 1897c “Over de gedeeltelijke polarisatie van het licht dat door eene lichtbron in een magnetisch veld wordt uitgestraald.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 193–208.
Subm. 25 Sep 1897. – issue dated 6 Oct 1897. – French transl.: 1899k. – transl. repr.: 1936c.6 (*C.P.* 3, pp. 47–66).
- 1897d “Over de vraag of de aarde bij hare jaarlijksche beweging den aether al dan niet medesleept.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 266–274.
Subm. 30 Oct 1897. – issue dated 10 Nov 1897. – rev. German transl.: 1907i.9. – English transl.: 1937a.17 (*C.P.* 4, pp. 237–244).
- 1897e “Ueber den Einfluss magnetischer Kräfte auf die Emission des Lichtes.” *Ann. Phys.* (N.F.) 63 (1897): 278–284.
Dated Sep 1897. – French transl.: 1898b. – transl. repr.: 1936c.5 (*C.P.* 3, pp. 40–46).
- 1898a “Verallgemeinerung der in vorstehender Abhandlung mitgetheilten Betrachtung über den Einfluss von Fremdkörpern auf die Uebergangstemperatur.” *Z. Physik. Chem.* 25 (1898): 332–336.
Comment on: F.A.H. Schreinemakers, “Gleichgewichte in Systemen von drei Komponenten, wobei zwei flüssige Phasen auftreten können. III.” *Z. Physik. Chem.* 25 (1898): 305–331. – dated Dec 1897. – issue dated 25 Feb 1898. – French transl.: 1899l. – transl. repr.: 1938a.14 (*C.P.* 6, pp. 259–264).
- 1898b “Influence du champ magnétique sur l’émission lumineuse.” *Écl. Él.* 14 (1898): 435–438.
Issue dated 15 Mar 1898. – transl. of 1897e. – repr.: 1936c.5 (*C.P.* 3, pp. 40–46).
- 1898c “Optische verschijnselen die met de lading en de massa der ionen in verband staan. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 506–519.
Subm. 26 Mar 1898. – issue dated 6 Apr 1898. – English transl.: 1936c.3 (*C.P.* 3, pp. 17–29). – see also 1898d.
- 1898d “Optische verschijnselen die met de lading en de massa der ionen in verband staan. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 6 (1897–98): 555–565.

- Subm. 23 Apr 1898. – issue dated 4 May 1898. – English transl.: 1936c.4 (*C.P.* 3, pp. 30–39). – see also 1898c.
- 1898e “Prof. Van der Waals.” *Eigen Haard* (1898): 407–408.
Issue dated 25 Jun 1898.
- 1898f “Beschouwingen over den invloed van een magnetisch veld op de uitstraling van licht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 7 (1898–99): 113–122.
Subm. 25 Jun 1898. – issue dated 8 Jul 1898. – English transl.: 1898g. – transl. repr.: 1899a.
- 1898g “Considerations concerning the influence of a magnetic field on the radiation of light.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 1 (1898–99): 90–98.
Issue dated 9 Aug 1898. – transl. of 1898f. – repr.: 1899a.
- 1898h “Die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen.” *Verh. Ges. Deutscher Naturf. Ärzte* 70 (1898) II.1, 56–65.
Lecture, Düsseldorf, 20 Sep 1898, at the 70th meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 19–24 Sep 1898. – repr.: 1934b.5 (*C.P.* 7, pp. 101–115).
- 1898i *Aanteekeningen op J.J. Thomson, Elements of the mathematical theory of electricity and magnetism*. Leiden: IJdo, [s.a.].
Dated Feb 1898.
- 1898j *Éléments vysshei matematiki*. 2 vols. Moskva: Sytin, 1898–1901.
Transl. by V.P. Sheremetevskii of 1882c. – includes much add. material not by Lorentz. – later eds.: 2nd ed., 1903–1908; 3rd ed., 1910–1926 (2nd. vol.: Moskva; Leningrad: Gosizdat, 1926; authors: G.A. Lorents, V.P. Sheremetevskii; ed. by V.A. Kostitsyn); 4th ed., 1919 (1st. vol. only).
- 1899a “Considerations concerning the influence of a magnetic field on the radiation of light.” *Astrophys. J.* 9 (1899): 37–46.
Issue dated Jan 1899. – repr. of 1898g.
- 1899b “Trillingen van electrisch geladen stelsels in een magnetisch veld.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 7 (1898–99): 320–340.
Subm. 26 Jan 1899. – issue dated 8 Feb 1899. – English transl.: 1899c. – French transl.: 1899m. – French transl. repr.: 1936c.9 (*C.P.* 3, pp. 91–112).
- 1899c “On the vibrations of electrified systems, placed in a magnetic field.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 1 (1898–99): 340–359.
Issue dated 22 Mar 1899. – transl. of 1899b.
- 1899d “Vereenvoudigde theorie der electrische en optische verschijnselen in lichamen die zich bewegen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 7 (1898–99): 507–522.
Subm. 25 Feb 1899. – issue dated 6 Apr 1899. – slightly rev. English transl.: 1899f. – slightly rev. French transl.: 1902j. – French transl. repr.: 1937b.2 (*C.P.* 5, pp. 139–155). – English transl. repr.: 1972b.
- 1899e “De aberratietheorie van Stokes in de onderstelling van een aether die niet overal dezelfde dichtheid heeft.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 7 (1898–99): 523–529.

- Subm. 25 Feb 1899. – issue dated 6 Apr 1899. – English transl.: 1899g. – French transl.: 1902k. – English transl. repr.: 1907i.8 (slightly rev.). – French transl. repr.: 1937a.18 (*C.P.* 4, pp. 245–251).
- 1899f “Simplified theory of electrical and optical phenomena in moving systems.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 1 (1898–99): 427–442.
Issue dated 22 Apr 1899. – slightly rev. transl. of 1899d.
- 1899g “Stokes's theory of aberration in the supposition of a variable density of the aether.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 1 (1898–99): 443–448.
Issue dated 22 Apr 1899. – transl. of 1899e. – slightly rev. repr.: 1907i.8.
- 1899h “De elementaire theorie van het verschijnsel van Zeeman. Antwoord op eene bedenking van Poincaré.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 8 (1899–1900): 69–86.
Subm. 24 Jun 1899. – issue dated 5 Jul 1899. – English transl.: 1899i. – French transl.: 1902l. – French transl. repr.: 1936c.8 (*C.P.* 3, pp. 73–90).
- 1899i “The elementary theory of the Zeeman-effect. Reply to an objection of Poincaré.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 2 (1899–1900): 52–69.
Issue dated 9 Aug 1899. – transl. of 1899h.
- 1899j “Zur Theorie des Zeemaneffektes.” *Physik. Z.* 1 (1899–1900): 39–41.
Dated Aug 1899. – subm. 4 Sep 1899. – issue dated 14 Oct 1899. – repr.: 1936c.7 (*C.P.* 3, pp. 67–72).
- 1899k “Sur la polarisation partielle de la lumière émise par une source lumineuse dans un champ magnétique.” *Arch. Néerl.* (2) 2 (1899): 1–20.
Transl. of 1897c. – repr.: 1936c.6 (*C.P.* 3, pp. 47–66).
- 1899l “De l'influence des corps étrangers sur la température de transformation. Généralisation des considérations du précédent travail.” *Arch. Néerl.* (2) 2 (1899): 174–179.
Comment on: F.A.H. Schreinemakers, “De l'équilibre dans les systèmes de trois constituants, avec deux phases liquides possibles. III. Deux phases solides (deux constituants).” *Arch. Néerl.* (2) 2 (1899): 144–173. – transl. of 1898a. – repr.: 1938a.14 (*C.P.* 6, pp. 259–264).
- 1899m “Sur les vibrations de systèmes portant des charges électriques et placés dans un champ magnétique.” *Arch. Néerl.* (2) 2 (1899): 412–434.
Transl. of 1899b. – repr.: 1936c.9 (*C.P.* 3, pp. 91–112).
- 1900a “Electromagnetische theorieën van natuurkundige verschijnselen. Rede, uitgesproken door den Rector Magnificus op den 325sten verjaardag der Rijksuniversiteit te Leiden, 8 Februari 1900.” In *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Leiden 1899–1900*, pp. 3–28 (3rd section).
Leiden: Brill, 1900.
Lecture, Leiden, 8 Feb 1900, at the 325th anniversary of the university. – German transl.: 1900f. – Russian transl.: 1903e. – German transl. repr.: 1935e.14 (*C.P.* 8, pp. 333–352).
- 1900b “Beschouwingen over de zwaartekracht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 8 (1899–1900): 603–620.

- Subm. 31 Mar 1900. – issue dated 11 Apr 1900. – English transl.: 1900c. – French transl.: 1902m. – French transl. repr.: 1937b.6 (*C.P.* 5, pp. 198–215).
- 1900c “Considerations on gravitation.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 2 (1899–1900): 559–574.
Issue dated 25 Apr 1900. – transl. of 1900b.
- 1900d “De universiteit en de maskerade.” *Minerva*, 18 Juni 1900.
- 1900e “Théorie des phénomènes magnéto-optiques récemment découverts.” In *Rapports présentés au Congrès International de Physique réuni à Paris en 1900 sous les auspices de la Société française de Physique*. Vol. 3, pp. 1–33. Ch.-Éd. Guillaume and L. Poincaré, eds. Paris: Gauthier–Villars, 1900.
Lecture, Paris, 7 Aug 1900, at the Congrès International de Physique, 6–12 Aug 1900. – repr.: 1934b.2 (*C.P.* 7, pp. 35–65).
- 1900f “Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.” *Physik. Z.* 1 (1899–1900): 498–501, 514–519.
Issues dated 11 Aug 1900, 18 Aug 1900. – transl. by G.C. Schmidt of 1900a. – repr.: 1935e.14 (*C.P.* 8, pp. 333–352).
- 1900g “Verslag van de lotgevallen der Universiteit in het afgelopen jaar.” In *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Leiden 1899–1900*, pp. 27–62 (2nd section). Leiden: Brill, 1900.
Annual report of Leiden University, read on 17 Sep 1900.
- 1900h “Über die scheinbare Masse der Ionen.” *Physik. Z.* 2 (1900–01): 78–80 (79–80: discussion).
Subm. 30 Sep 1900. – issue dated 3 Nov 1900. – lecture, Aachen, 20 Sep 1900, at the 72nd meeting of the Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 16–22 Sep 1900. – repr. (without discussion): 1936c.10 (*C.P.* 3, pp. 113–116).
- 1900i *Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung und der Anfangsgründe der analytischen Geometrie mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Studierenden der Naturwissenschaften*. G.C. Schmidt, transl. Leipzig: Barth, 1900.
Transl. of 1882c. – later eds.: 2nd ed., 1907; 3rd ed., 1915; 4th ed., 1922. – title 2nd and 3rd eds.: *Lehrbuch [...] Integralrechnung nebst einer Einführung in andere Teile der Mathematik mit besonderer ... Naturwissenschaften*. – title 4th ed.: *Lehrbuch [...] Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften*. – Japanese transl.: 1920e.
- 1901a “De theorie der straling en de tweede wet der thermodynamica.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 9 (1900–01): 418–434.
Subm. 29 Dec 1900. – issue dated 10 Jan 1901. – English transl.: 1901b. – transl. repr.: 1938a.15 (*C.P.* 6, pp. 265–279).
- 1901b “The theory of radiation and the second law of thermodynamics.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 3 (1900–01): 436–450.
Issue dated 23 Jan 1901. – transl. of 1901a. – repr.: 1938a.15 (*C.P.* 6, pp. 265–279).

- 1901c “De stralingswetten van Boltzmann en Wien.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 9 (1900–01): 572–585.
Subm. 23 Feb 1901. – issue dated 6 Mar 1901. – English transl.: 1901f. – transl. repr.: 1938a.16 (*C.P.* 6, pp. 280–292).
- 1901d *Zichtbare en onzichtbare bewegingen. Voordrachten, op uitnoodiging van het bestuur van het Departement Leiden der Maatschappij tot Nut van ’t Algemeen (Cursus van Hooger Onderwijs buiten de Universiteit), in Februari en Maart 1901.* Leiden: Brill, 1901.
Lectures, Leiden, Feb, Mar 1901. – German transl.: 1902o. – Russian transl. of chap. 6: 1902n. – Russian transl. of 1902o: 1904i, 1905w. – Polish transl.: 1904j.
- 1901e “De electronen-theorie.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 8 (1901): 35–44.
Lecture, Rotterdam, 12 Apr 1901, at the 8th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 11–14 Apr 1901. – repr.: 1939a.7 (*C.P.* 9, pp. 102–111).
- 1901f “Boltzmann’s and Wien’s laws of radiation.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 3 (1900–01): 607–620.
Issue dated 18 May 1901. – transl. of 1901c. – repr.: 1938a.16 (*C.P.* 6, pp. 280–292).
- 1901g “Sur la méthode du miroir tournant pour la détermination de la vitesse de la lumière.”
Arch. Néerl. (2) 6 (1901): 303–318. – [Vol. (2) 6 of *Arch. Néerl.* is titled: *Recueil de travaux offerts par les auteurs à J. Bosscha, secrétaire de la Société Hollandaise des Sciences à Harlem, à l’occasion de son 70me anniversaire le 18 novembre 1901.* La Haye: Nijhoff, 1901.]
Repr.: 1907i.10, 1937a.8 (*C.P.* 4, pp. 104–118).
- 1902a “De draaiing van het polarisatievlak in lichamen die zich bewegen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 10 (1901–02): 793–804.
Subm. 29 Mar 1902. – issue dated 11 Apr 1902. – English transl.: 1902d. – transl. repr.: 1937b.6 (*C.P.* 5, pp. 156–166).
- 1902b “De intensiteit der straling in verband met de beweging der aarde.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 10 (1901–02): 804–808.
Subm. 29 Mar 1902. – issue dated 11 Apr 1902. – English transl.: 1902e. – transl. repr.: 1937b.4 (*C.P.* 5, pp. 167–171).
- 1902c “Eenige beschouwingen over de grondstellingen der mechanica, naar aanleiding van “Die Prinzipien der Mechanik” van Hertz.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 10 (1901–02): 876–895.
Subm. 19 Apr 1902. – issue dated 30 Apr 1902. – English transl.: 1902f. – transl. repr.: 1906g.1 (rev.), 1937a.4 (*C.P.* 4, pp. 36–58).
- 1902d “The rotation of the plane of polarization in moving media.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 4 (1901–02): 669–678.
Issue dated 28 May 1902. – transl. of 1902a. – repr.: 1937b.3 (*C.P.* 5, pp. 156–166).
- 1902e “The intensity of radiation and the motion of the earth.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 4 (1901–02): 678–681.

- Issue dated 28 May 1902. – transl. of 1902b. – repr.: 1937b.4 (*C.P.* 5, pp. 167–171).
- 1902f “Some considerations on the principles of dynamics, in connexion with Hertz's “Prinzipien der Mechanik.”” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 4 (1901–02): 713–732.
Issue dated 28 May 1902. – transl. of 1902c. – repr.: 1906g.1 (rev.), 1937a.4 (*C.P.* 4, pp. 36–58).
- 1902g [“Rede over de laatste vorderingen van de leer der electriciteit.”] In *Herdenking van het honderdvijftigjarig bestaan van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen op 7 Juni 1902*, pp. 36–53.
’s-Gravenhage: Nijhoff, 1902.
Lecture, Haarlem, 7 Jun 1902, at the Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, at the celebration of its 150th anniversary. – repr.: 1939a.8 (*C.P.* 9, pp. 112–126).
- 1902h “De grondvergelijkingen voor electromagnetische verschijnselen in ponderabele lichamen, afgeleid uit de electronentheorie.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 11 (1902–03): 305–318.
Subm. 27 Sep 1902. – issue dated 8 Oct 1902. – English transl.: 1902i. – transl. repr.: 1936c.11 (*C.P.* 3, pp. 117–131).
- 1902i “The fundamental equations for electromagnetic phenomena in ponderable bodies, deduced from the theory of electrons.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 5 (1902–03): 254–266.
Issue dated 22 Oct 1902. – transl. of 1902h. – repr.: 1936c.11 (*C.P.* 3, pp. 117–131).
- 1902j “Théorie simplifiée des phénomènes électriques et optiques dans des corps en mouvement.” *Arch. Néerl.* (2) 7 (1902): 64–80.
Slightly rev. transl. of 1899d. – repr.: 1937b.2 (*C.P.* 5, pp. 139–155).
- 1902k “La théorie de l’aberration de Stokes dans l’hypothèse d’un éther qui n’a pas partout la même densité.” *Arch. Néerl.* (2) 7 (1902): 81–87.
Transl. of 1899e. – repr.: 1937a.18 (*C.P.* 4, pp. 245–251).
- 1902l “La théorie élémentaire du phénomène de Zeeman. Réponse à une objection de M. Poincaré.” *Arch. Néerl.* (2) 7 (1902): 299–317.
Transl. of 1899h. – repr.: 1936c.8 (*C.P.* 3, pp. 73–90).
- 1902m “Considérations sur la pesanteur.” *Arch. Néerl.* (2) 7 (1902): 325–342.
Transl. of 1900b. – repr.: 1937b.6 (*C.P.* 5, pp. 198–215).
- 1902n “Éлектрические явленіиа.” *Fizicheskoe obozrenie (Varshava)* 3 (1902): 284–302.
Transl. of chap. 6 of 1901d.
- 1902o *Sichtbare und unsichtbare Bewegungen. Vorträge auf Einladung des Vorstandes des Departements Leiden der Maatschappij tot Nut van ’t Algemeen in Februar und März 1901.* G. Siebert, transl. Braunschweig: Vieweg, 1902.
Transl. of 1901d. – later ed.: 2nd rev. ed.: 1910. – Russian transl.: 1904i, 1905w.

- 1903a “Bijdragen tot de electronentheorie. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 11 (1902–03): 729–747.
Subm. 28 Mar 1903. – issue dated 8 Apr 1903. – English transl.: 1903b. – transl. repr.: 1936c.12 (*C.P.* 3, pp. 132–154).
- 1903b “Contributions to the theory of electrons. I.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 5 (1902–03): 608–628.
Issue dated 24 Apr 1903. – transl. of 1903a. – repr.: 1936c.12 (*C.P.* 3, pp. 132–154).
- 1903c “Het emissie- en absorptievermogen der metalen in het geval van groote golf lengten.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 11 (1902–03): 787–807.
Subm. 24 Apr 1903. – issue dated 6 May 1903. – English transl.: 1903d. – French transl. of 1903d: 1905u. – English transl. repr.: 1936c.13 (*C.P.* 3, pp. 155–176).
- 1903d “On the emission and absorption by metals of rays of heat of great wave-lengths.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 5 (1902–03): 666–685.
Issue dated 27 May 1903. – transl. of 1903c. – repr.: 1936c.13 (*C.P.* 3, pp. 155–176). – French transl.: 1905u.
- 1903e “Électromagnitnye teorii fizicheskikh iavlenii.” *Fizicheskoe obozrenie (Varshava)* 4 (1903): 103–118.
Transl. of 1900a.
- 1904a *Nobel-Vorlesung*. Stockholm: Norstedt, 1904.
Nobel-lecture, Stockholm, 11 Dec 1902. – repr.: 1905v, 1934b.3 (*C.P.* 7, pp. 66–86). – English transl.: 1967a. – Russian transl.: 1970a.2.
- 1904b “Bemerkungen zum Virialtheorem.” In *Festschrift Ludwig Boltzmann gewidmet zum sechzigsten Geburtstag 20. Februar 1904*, pp. 721–729. Leipzig: Barth, 1904.
Dated Sep 1903. – subm. 30 Sep 1903. – repr.: 1906g.10, 1938a.8 (*C.P.* 6, pp. 143–151).
- 1904c “Electromagnetische verschijnselen in een stelsel dat zich met willekeurige snelheid, kleiner dan die van het licht, beweegt.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 12 (1903–04): 986–1009.
Subm. 23 Apr 1904. – issue dated 5 May 1904. – English transl.: 1904d. – French transl. of 1904d: 1905t. – German transl. of 1904d: 1913k.2 (sec. 14 omitted). – Russian transl.: 1935a.2, 1970a.3, 1973b. – English transl. repr.: 1923g.2 (sec. 14 omitted), 1970c (sec. 14 and last 4 paragraphs of sec. 13 omitted), 1937b.5 (*C.P.* 5, pp. 172–197).
- 1904d “Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 6 (1903–04): 809–831.
Issue dated 27 May 1904. – transl. of 1904c. – repr.: 1923g.2, (sec. 14 omitted), 1970c (sec. 14 and last 4 paragraphs of sec. 13 omitted), 1937b.5 (*C.P.* 5, pp. 172–197). – French transl.: 1905s. – German transl.: 1913k.2 (sec. 14 omitted).
- 1904e “Maxwells elektromagnetische Theorie.” In *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5,

- Physik*, part 2, pp. 63–144 (chap. V.13). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1904–1922.
Dated Jun 1903. – publ. in 1st issue, dated 16 Jun 1904.
- 1904f “Weiterbildung der Maxwellschen Theorie. Elektronentheorie.” In *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 2, pp. 145–280 (chap. V.14). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1904–1922.
Dated Dec 1903. – publ. in 1st issue, dated 16 Jun 1904.
- 1904g “Optische en magneto-optische onderzoekingen.” In *Het Natuurkundig Laboratorium der Rijks-Universiteit te Leiden in de jaren 1882–1904. Gedenkboek aangeboden aan den hoogleeraar H. Kamerlingh Onnes, Directeur van het Laboratorium, bij gelegenheid van zijn 25-jarig doctoraat op 10 Juli 1904*, pp. 179–258. [W.H. Julius, ed.] Leiden: IJdo, 1904.
Written with the collaboration of E. van Everdingen, L.H. Siertsema, R. Sissingh, C.H. Wind and P. Zeeman.
- 1904h “Remarques au sujet de la note précédente.” *Arch. Néerl.* (2) 9 (1904): 380b–380d.
Comment on: J.A. Vollgraff, “Critique de l’article intitulé: “Considérations sur l’induction unipolaire, etc.”.” *Arch. Néerl.* (2) 9 (1904): 380a. – repr.: 1936c.14 (*C.P.* 3, pp. 177–179).
- 1904i *Vidimye i nevidimye dvizheniia*. Odessa: Raspopov, 1904.
Transl. by S.M. Shpentser of 1902o. – ed. by B.P. Beĭnberg.
- 1904j *Poglady i teorye fizyki wspólczesnej. Ruchy widoczne i niewidoczne*. Warszawa: Wende, 1904.
Transl. by S. Tolloczko of 1901d.
- 1905a *Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. Vortrag, gehalten am 20. Dezember 1904 im Elektrotechnischen Verein zu Berlin*. Berlin: Springer, 1905.
Lecture, Berlin, 20 Dec 1904, at the Elektrotechnischer Verein. – later ed.: 2nd ed., 1906. – repr.: 1935e.5 (*C.P.* 8, pp. 76–124). – French transl.: 1906f. – Russian transl. of 1st ed.: 1905r, 1906h. – Russian transl. of 2nd ed.: 1910k.
- 1905b “De beweging der electronen in de metalen. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 13 (1904–05): 493–508.
Subm. 24 Dec 1904. – issue dated 5 Jan 1905. – English transl.: 1905d. – slightly rev. French transl. of 1905b, 1905e, 1905g: 1905q. – French transl. repr.: 1936c.15 (*C.P.* 3, pp. 180–214). – see also 1905e, 1905g.
- 1905c *De wegen der theoretische natuurkunde*. [S.l.]: [s.n.], [s.a.]. (Vereeniging Secties voor Wetenschappelijken Arbeid: Voordrachten gehouden voor de medische en natuurphilosophische studenten der Universiteit van Amsterdam).
Lecture, Amsterdam, 20 Jan 1905, at the Vereeniging Secties voor Wetenschappelijken Arbeid. – repr.: 1939a.4 (*C.P.* 9, pp. 53–76).

- 1905d “The motion of electrons in metallic bodies. I.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 7 (1904–05): 438–453.
Issue dated 25 Jan 1905. – transl. of 1905b. – see also 1905f, 1905i.
- 1905e “De beweging der electronen in de metalen. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 13 (1904–05): 565–573.
Subm. 28 Jan 1905. – issue dated 8 Feb 1905. – English transl.: 1905f. – slightly rev. French transl. of 1905b, 1905e, 1905g: 1905q. – French transl. repr.: 1936c.15 (*C.P.* 3, pp. 180–214). – see also 1905b, 1905g.
- 1905f “The motion of electrons in metallic bodies. II.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 7 (1904–05): 585–593.
Issue dated 22 Mar 1905. – transl. of 1905e. – see also 1905d, 1905i.
- 1905g “De beweging der electronen in de metalen. III.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 13 (1904–05): 710–719.
Subm. 25 Mar 1905. – issue dated 5 Apr 1905. – English transl.: 1905i. – slightly rev. French transl. of 1905b, 1905e, 1905g: 1905q. – French transl. repr.: 1936c.15 (*C.P.* 3, pp. 180–214). – see also 1905b, 1905e.
- 1905h “La thermodynamique et les théories cinétiques.” *Bull. Séances Soc. Fr. Phys.* 1905, 35–63.
Lecture, Paris, 27 Apr 1905, at the Société Française de Physique. – repr.: 1905k, 1934b.14 (*C.P.* 7, pp. 290–316). – German transl.: 1905p. – Polish transl.: 1906e.
- 1905i “The motion of electrons in metallic bodies. III.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 7 (1904–05): 684–691.
Issue dated 25 May 1905. – transl. of 1905g. – see also 1905d, 1905f.
- 1905j “Prof. van Geer en de theoretische natuurkunde.” *De Nederlandsche Spectator* (1905): 187–188.
Dated May 1905. – issue dated 17 Jun 1905.
- 1905k “La thermodynamique et les théories cinétiques.” *J. Phys.* (4) 4 (1905): 533–560.
Repr. of 1905h.
- 1905l “Over de warmtestraling in een stelsel lichamen van overal gelijke temperatuur. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 14 (1905–06): 345–360.
Subm. 30 Sep 1905. – issue dated 12 Oct 1905. – English transl. of 1905l, 1905m: 1905n. – transl. repr.: 1938a.17 (*C.P.* 6, pp. 293–317). – see also 1905m.
- 1905m “Over de warmtestraling in een stelsel lichamen van overal gelijke temperatuur. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 14 (1905–06): 408–412.
Subm. 28 Oct 1905. – issue dated 8 Nov 1905. – English transl. of 1905l, 1905m: 1905n. – transl. repr.: 1938a.17 (*C.P.* 6, pp. 293–317). – see also 1905l.
- 1905n “On the radiation of heat in a system of bodies having a uniform temperature.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 8 (1905–06): 401–421.
Issue dated 22 Nov 1905. – transl. of 1905l, 1905m. – repr.: 1938a.17 (*C.P.* 6, pp. 293–317).

- 1905o “Over de absorptie- en emissiebanden van gasvormige lichamen. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 14 (1905–06): 518–533.
Subm. 25 Nov 1905. – issue dated 6 Dec 1905. – English transl. of 1905o, 1906a: 1906b. – transl. repr.: 1936c.16 (*C.P.* 3, pp. 215–238). – see also 1906a.
- 1905p “Die Thermodynamik und die kinetischen Theorien.” *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 2 (1905): 363–391.
Subm. 11 Dec 1905. – transl. by M. Iklé of 1905h.
- 1905q “Le mouvement des électrons dans les métaux.” *Arch. Néerl.*(2) 10 (1905): 336–371.
Slightly rev. transl. of 1905b, 1905e, 1905g. – repr.: 1936c.15 (*C.P.* 3, pp. 180–214).
- 1905r “Vыводы i zadachy élektronnoï teorii.” *ZhRFO* 37 (1905): 35–50, 51–71.
Transl. by A. Trambitskiĭ of 1st ed. of 1905a.
- 1905s “Sur la théorie des électrons.” In *Les quantités élémentaires d'électricité. Ions, électrons, corpuscules*, pp. 430–476. H. Abraham and P. Langevin, eds. Paris: Gauthier-Villars, 1905.
Transl. of parts of 1880b, parts of 1892f, parts of 1895b, with additional comments by Lorentz.
- 1905t “Phénomènes électromagnétiques dans un système qui se meut avec une vitesse quelconque inférieure à celle de la lumière.” In *Les quantités élémentaires d'électricité. Ions, électrons, corpuscules*, pp. 477–499. H. Abraham et P. Langevin, eds. Paris: Gauthier-Villars, 1905.
Transl. of 1904d.
- 1905u “Émission et absorption par les métaux de rayons calorifiques de grande longueur d'onde.” In *Les quantités élémentaires d'électricité. Ions, électrons, corpuscules*, pp. 500–512. H. Abraham et P. Langevin, eds. Paris: Gauthier-Villars, 1905.
Transl. of 1903d.
- 1905v “Nobel-Vorlesung.” In *Les prix Nobel en 1902*, pp. 1–20 (2nd section). [C.-G. Santesson, ed.] Stockholm: Norstedt, 1905.
Repr. of 1904a.
- 1905w *Vidimye i nevidimye dvizheniia*. Moskva: [s.n.], 1905.
Transl. by R.A. Kotliar of 1902o. – ed. by N.P. Kasterin.
- 1906a “Over de absorptie- en emissiebanden van gasvormige lichamen. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 14 (1905–06): 577–581.
Subm. 30 Dec 1905. – issue dated 10 Jan 1906. – English transl. of 1905o, 1906a: 1906b. – transl. repr.: 1936c.16 (*C.P.* 3, pp. 215–238). – see also 1905o.
- 1906b “The absorption and emission lines of gaseous bodies.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 8 (1905–06): 591–611.
Issue dated 25 Jan 1906. – transl. of 1905o, 1906a. – repr.: 1936c.16 (*C.P.* 3, pp. 215–238).

- 1906c "On positive and negative electrons." *Proc. Am. Phil. Soc.* 45 (1906): 103–109.
Dated Apr 1906. – subm. 17 Apr 1906. – issue dated May–Sep 1906. – repr.: 1935e.7 (*C.P.* 8, pp. 152–158). – German transl.: 1907b. – Italian transl.: 1907h.
- 1906d "Vereinfachte Ableitung der Fresnelschen Mitführungskoeffizienten aus der elektromagnetischen Lichttheorie." *Naturw. Rundschau* 21 (1906): 487–490.
Issue dated 20 Sep 1906.
- 1906e "Thermodynamika i teorye kinetyczne." *Wiad. Mat.* 10 (1906): 53–79.
Transl. of 1905h.
- 1906f "Résultats et problèmes de la théorie des électrons." *Arch. Néerl.* (2) 11 (1906): 1–52.
Transl. by J. E. Verschaffelt of 1905a.
- 1906g *Abhandlungen über theoretische Physik*. Vol. 1, part 1. Leipzig; Berlin: Teubner, 1906.
Contents: 1906g.1–1906g.11. – see also 1907i.
- 1906g.1 "Some considerations on the principles of dynamics, in connexion with Hertz's "Prinzipien der Mechanik"." – pp. 1–22. – rev. repr. of 1902f.
- 1906g.2 "Ein allgemeiner Satz, die Bewegung einer reibenden Flüssigkeit betreffend, nebst einigen Anwendungen desselben." – pp. 23–42. – rev. transl. by Lorentz of 1896c.
- 1906g.3 "Über die Entstehung turbulenter Flüssigkeitsbewegungen und über den Einfluss dieser Bewegungen bei der Strömung durch Röhren." – pp. 43–71. – rev. transl. by Lorentz of 1897a.
- 1906g.4 "Les équations du mouvement des gaz et la propagation du son suivant la théorie cinétique des gaz." – pp. 72–113. – rev. repr. of 1881d.
- 1906g.5 "Über die Anwendung des Satzes vom Virial in der kinetischen Theorie der Gase." – pp. 114–123. – repr. of 1881a.
- 1906g.6 "Über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft unter Gasmolekülen." – pp. 124–150. – rev. repr. of 1887a.
- 1906g.7 "Über die Grösse von Gebieten in einer n-fachen Mannigfaltigkeit." – pp. 151–163. – dated 1905.
- 1906g.8 "Über die Entropie eines Gases." – pp. 164–174. – rev. transl. by Lorentz of 1896d.
- 1906g.9 "Sur la théorie moléculaire des dissolutions diluées." – pp. 175–191. – slightly abbr. repr. of 1892e.
- 1906g.10 "Bemerkungen zum Virialtheorem." – pp. 192–201. – repr. of 1904b.
- 1906g.11 "Über den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und dessen Beziehung zu den Molekulartheorien." – pp. 202–298.

- 1906h “Teoriia élektronov.” *Fizicheskoe obozrenie (Kiev)* 7 (1906): 38–55, 93–105.
Transl. of 1st ed. of 1905a.
- 1906i *Lehrbuch der Physik zum Gebrauche bei akademischen Vorlesungen*. 2 vols. G. Siebert, transl. Leipzig: Barth, 1906–1907.
Transl. of 4th ed. of 1888a. – Russian transl.: 1910j. – Japanese transl.: 1913l.
- 1907a [“Openingsrede.”] *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 11 (1907): 1–21.
Opening lecture, Leiden, 4 Apr 1907, at the 11th Nederlandsch Natuur-en Geneeskundig Congres, 4–7 Apr 1907. – abbr. repr.: 1907e, 1939a.11 (*C.P.* 9, pp. 167–181). – abbr. German transl.: 1907d. – Russian transl. of 1907d: 1970a.4. – German transl. repr.: 1935e.1 (*C.P.* 8, pp. 1–16).
- 1907b “Über positive und negative Elektronen.” *Jahrb. Radioakt. Elektr.* 4 (1907): 125–131.
Subm. 4 May 1907. – transl. by M. Iklé of 1906c.
- 1907c “Ludwig Boltzmann.” *Verh. Deutschen Physik. Ges.* 9 (1907): 206–238.
Issue dated 15 Jun 1907. – memorial lecture, Berlin, 17 May 1907, at the Deutsche Physikalische Gesellschaft. – repr.: 1939a.28 (*C.P.* 9, pp. 359–390). – Russian transl.: 1970b.
- 1907d “Das Licht und die Struktur der Materie.” *Physik. Z.* 8 (1907): 542–549.
Subm. 28 Jun 1907. – issue dated 15 Aug 1907. – abbr. transl. by F. Conrat of 1907a. – repr.: 1935e.1 (*C.P.* 8, pp. 1–16). – Russian transl.: 1970a.4.
- 1907e “Het licht en de bouw der materie.” *De Gids* 71 (1907) II: 303–318.
Abbr. repr. of 1907a. – repr.: 1939a.11 (*C.P.* 9, pp. 167–181).
- 1907f *Over de tweede hoofdwet der thermodynamica*. [S.l.]: [s.n.], [s.a.].
Lecture, Amsterdam, 10 Dec 1907, at the Natuurfilosofische Faculteit.
- 1907g “Lord Kelvin 1824–1907.” *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 24 Dec 1907.
Dated 23 Dec 1907. – repr.: 1939a.27 (*C.P.* 9, pp. 349–358). – Russian transl.: 1970a.15.
- 1907h “Sugli elettroni positivi e negativi.” *l’Elettricista* (2) 6 (1907): 166–168.
Transl. of 1906c.
- 1907i *Abhandlungen über theoretische Physik*. Vol. 1, part 2. Leipzig; Berlin: Teubner, 1907.
Contents: 1907i.1–1907i.10. – see also 1906g.
1907i.1 “Über die Symmetrie der Kristalle.” – pp. 299–322.
1907i.2 “Die Begrenzung der Kristalle.” – pp. 323–340. – dated 1906.
1907i.3 “De l’influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux.” – pp. 341–394. – repr. of 1887c.

- 1907i.4 “Über die Fortpflanzung des Lichtes in einem sich in beliebiger Weise bewegenden Medium.” – pp. 395–414.
- 1907i.5 “Die Fortpflanzung von Wellen und Strahlen in einem beliebigen nicht absorbierenden Medium.” – pp. 415–442. – dated 1906.
- 1907i.6 “Die relative Bewegung der Erde und des Äthers.” – pp. 443–447. – transl. by Lorentz of 1892c.
- 1907i.7 “Stokes’ Aberrationstheorie.” – pp. 448–453. – transl. by Lorentz of 1892d.
- 1907i.8 “Stokes’ s theory of aberration in the supposition of a variable density of the aether.” – pp. 454–460. – slightly rev. repr. of 1899g.
- 1907i.9 “Über die Frage, ob die Erde in ihrer jährlichen Bewegung den Äther mitführe.” – pp. 461–469. – rev. transl. by Lorentz of 1897d.
- 1907i.10 “Sur la méthode du miroir tournant pour la détermination de la vitesse de la lumière.” – pp. 470–483. – repr. of 1901g.
- 1907j [“Anmerkungen.”] In C. Doppler, *Abhandlungen*, pp. 165–194. H.A. Lorentz, ed. Leipzig: Engelmann, 1907. (Ostwald’s Klassiker der exakten Wissenschaften, nr. 161).
Editorial notes.
- 1908a “Experimenteele grondslagen der tegenwoordige electriciteitsleer.” *De Ingenieur* 23 (1908): 86–96.
Issue dated 8 Feb 1908. – lecture, ’s-Gravenhage, 19 Oct 1907, at the Vakafdeeling voor Electrotechniek, Koninklijk Instituut van Ingenieurs. – English transl.: 1935e.6 (*C.P.* 8, pp. 125–151).
- 1908b *Le partage de l’énergie entre la matière pondérable et l’éther*. Roma: R. Accademia dei Lincei, 1908.
Lecture, Rome, 8 Apr 1908, at the 4th Congresso Internazionale dei Matematici, 6–11 Apr 1908. – slightly rev. repr.: 1908e, 1909g. – repr. with add. note: 1909h. – 1909h repr.: 1934b.15 (*C.P.* 7, pp. 317–343).
- 1908c “De vloeibaarmaking van het Helium.” *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 4 Aug 1908.
Dated 1 Aug 1908. – French transl.: 1908f. – transl. repr.: 1935e.17 (*C.P.* 8, pp. 379–389).
- 1908d “Zur Strahlungstheorie.” *Physik. Z.* 9 (1908): 562–563.
Dated 19 Jul 1908. – subm. 21 Jul 1908. – issue dated 1 Sep 1908. – repr.: 1934b.16 (*C.P.* 7, pp. 344–346).
- 1908e “Le partage de l’énergie entre la matière pondérable et l’éther.” *N. Cim.* (5) 16 (1908): 5–34.
Issue dated Jul/Aug 1908. – slightly rev. repr. of 1908b.
- 1908f “La liquéfaction de l’hélium.” *Arch. Néerl.* (2) 13 (1908): 492–502.
Transl. of 1908c. – repr.: 1935e.17 (*C.P.* 8, pp. 379–389).

- 1909a “Toeval en waarschijnlijkheid bij natuurkundige verschijnselen.” *Jaarverslag van het Technologisch Gezelschap te Delft* 18 (1908–09): 123–138.
Lecture, Delft, 1 Apr 1909, at the Technologisch Gezelschap. – repr.: 1939a.5 (C.P. 9, pp. 77–88).
- 1909b “De hypothese der lichtquanta.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 12 (1909): 129–139.
Lecture, Utrecht, 17 Apr 1909, at the 12th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 15–17 Apr 1909. – German transl.: 1910c. – transl. repr.: 1934b.18 (C.P. 7, pp. 374–384).
- 1909c “Over de theorie van het Zeeman-effect bij waarneming in willekeurige richting.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 18 (1909–10): 126–145.
Subm. 26 Jun 1909. – issue dated 13 Jul 1909. – English transl.: 1909f. – French transl.: 1911g. – French transl. repr.: 1912c, 1936c.18 (C.P. 3, pp. 258–280).
- 1909d “De beschouwingswijzen van de theorie der gassen, op ander gebied toegepast.” *Chem. Weekbl.* 6 (1909): 655–678.
Issue dated 28 Aug 1909. – lecture, Leiden, 12 Jun 1909, at the Natuurkundig Gezelschap. – English transl.: 1935f.8 (C.P. 8, pp. 159–182).
- 1909e “Theorie der magneto-optischen Phänomene.” In *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Vol. 5, *Physik*, part 3, pp. 199–281 (2nd part of chap. V.22, W. Wien, “Elektromagnetische Lichttheorie. Mit einem Beitrag über magneto-optische Phänomene von H.A. Lorentz in Leiden,” pp. 95–281). A. Sommerfeld, ed. Leipzig: Teubner, 1909–1926.
Dated Mar 1909. – publ. in 2nd issue, dated 28 Sep 1909.
- 1909f “On the theory of the Zeeman-effect in a direction inclined to the lines of force.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 12 (1909–10): 321–340.
Issue dated 25 Nov 1909. – transl. of 1909c.
- 1909g “Le partage de l’énergie entre la matière pondérable et l’éther.” *Rev. Gén. Sci.* 20 (1909): 14–26.
Repr. of 1908e.
- 1909h “Le partage de l’énergie entre la matière pondérable et l’éther.” In *Atti del IV Congresso Internazionale dei Matematici (Roma, 6–11 Aprile 1908)*. Vol. 1, pp. 145–165. G. Castelnuovo, ed. Roma: R. Accademia dei Lincei, 1909.
Repr. of 1908b with add. note. – repr.: 1934b.15 (C.P. 7, pp. 317–343).
- 1909i *The theory of electrons and its applications to the phenomena of light and radiant heat. A course of lectures delivered in Columbia University, New York, in March and April 1906*. Leipzig: Teubner, 1909. (B.G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen, nr. 29).
Also: New York: Columbia University Press, 1909 (Publication number two of the Ernest Kempton Adams Fund For Physical Research). – later ed.: 2nd rev. ed., 1916. – repr. of 2nd ed.: New York: Dover, 1952;

- 1987.2. – Russian transl. of 2nd ed.: 1934a. – Russian transl. of secs. 194: 1973d.
- 1910a “Over de verstrooiing van het licht door moleculen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 18 (1909–10): 650–666.
Subm. 29 Jan 1910. – issue dated 9 Feb 1910. – English transl.: 1910d. – transl. repr.: 1936c.17 (*C.P.* 3, pp. 239–257).
- 1910b “Prof. Dr. J. Bosscha.” *Elseviers Geïllustreerd Maandschrift* 39 (1910): 73–75.
Dated Dec 1909. – issue dated Feb 1910.
- 1910c “Die Hypothese der Lichtquanten.” *Physik. Z.* 11 (1910): 349–354.
Subm. 23 Mar 1910. – issue dated 15 Apr 1910. – transl. by H. Barkhausen of 1909b. – repr.: 1934b.18 (*C.P.* 7, pp. 374–384).
- 1910d “On the scattering of light by molecules.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 13 (1910–11): 92–107.
Issue dated 1 Sep 1910. – transl. of 1910a. – repr.: 1936c.17 (*C.P.* 3, pp. 239–257).
- 1910e “Nieuwe uitkomsten op het gebied der moleculaire theorieën.” *Chem. Weekbl.* 7 (1910): 811–838.
Dated Aug 1910. – issue dated 7 Sep 1910. – lecture, Haarlem, 2 Apr 1910, at Teyler’s Stichting. – French transl.: 1912d. – transl. repr.: 1935e.9 (*C.P.* 8, pp. 183–213).
- 1910f “Prof. Van der Waals’ bekroning met den Nobel prijs.” *Nieuwe Rotterdamse Courant*, 22 Nov 1910.
Dated Nov 1910. – repr.: 1939a.20 (*C.P.* 9, pp. 308–314).
- 1910g “Alte und neue Fragen der Physik.” *Physik. Z.* 11 (1910): 1234–1257.
Subm. 2 Nov 1910. – issue dated 15 Dec 1910. – Wolfskehl-lectures, Göttingen, 24–29 Oct 1910. – repr.: 1934b.11 (*C.P.* 7, pp. 205–257). – repr. of 2nd and 3rd lecture: 1913k.3. – Russian transl.: 1970a.5.
- 1910h “Over de zichtbaarheid van kleine deeltjes.” In *Gedenboek aangeboden aan J.M. van Bemmelen*, pp. 423–429. [W.P. Jorissen, ed.] Helder: De Boer, 1910.
English transl.: 1937a.9 (*C.P.* 4, pp. 119–124).
- 1910i *Electriciteit en magnetisme, ontleend aan Beginselen der Natuurkunde door H.A. Lorentz, vijfde druk.* H.A. Lorentz and L.H. Siertsema, eds. Leiden: Brill, 1910.
Contains chaps. 14–18 of the 5th ed. of 1888a and some additional material (also separately included in 5th ed.).
- 1910j *Kurs fiziki.* 2 vols. Odessa: Mathesis, 1910.
Transl. by N.P. Kasterin of 1906i (with some revisions and additions by Lorentz). – later ed.: 2nd ed., 1912–1915.
- 1910k *Élektronnaia teoriia.* Sankt Petersburg: Obrazovanie, 1910.
Transl. by R.A. Kotliar of 2nd ed. of 1905a.
- 1911a “Elisa van der Ven 1833–1909.” *Arch. Mus. Teyler* (2) 12 (1911): 3 unnumbered pp. before p. 1.
- 1911b “Zusatz.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1911): 89–97.

- Subm. 28 Jan 1911. – appendix to: W. Voigt, “Allgemeines über Emission und Absorption in Zusammenhang mit der Frage der Intensitätsmessungen beim Zeeman-Effekt.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1911): 71–89 (subm. 26 Nov 1910).
- 1911c “In memoriam J.M. van Bemmelen.” *Chem. Weekbl.* 8 (1911): 261–265.
Issue dated 1 Apr 1911. – funeral oration, Leiden, 18 Mar 1911.
- 1911d “J.H. van ’t Hoff† en J.M. van Bemmelen†.” *Chem. Weekbl.* 8 (1911): 279–286.
Issue dated 8 Apr 1911. – memorial speech, Amsterdam, 25 Mar 1911, at the Koninklijke Akademie van Wetenschappen.
- 1911e [“Rede over J. Bosscha.”] In *Programma van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem voor het jaar 1911*, pp. 2–8. [S.l.]: [s.n.], [s.a.].
Memorial speech, Haarlem, 20 May 1911, at the Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen. – repr.: 1939a.29 (*C.P.* 9, pp. 391–403).
- 1911f “Over de massa der energie.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 20 (1911–12): 87–98.
Subm. 24 Jun 1911. – issue dated 12 Jul 1911. – French transl.: 1912f. – transl. repr.: 1937b.7 (*C.P.* 5, 216–228).
- 1911g “Sur la théorie de l’effet Zeeman observé dans une direction quelconque.” *Arch. Néerl.* (2) 15 (1911): 429–452.
Transl. of 1909c. – repr.: 1936c.18 (*C.P.* 3, pp. 258–280).
- 1911h “Nature of light.” In *Encyclopaedia Britannica*, 11th ed. Vol. 16, pp. 617–723. Cambridge: Cambridge University Press, 1911.
- 1912a “Quelques remarques sur la théorie du magnétisme.” *Revue Scientifique* 50 (1912): 1–6.
Issue dated 6 Jan 1912. – repr.: 1912e, 1935e.16 (*C.P.* 8, pp. 367–378).
- 1912b “Over de theorie der energie-elementen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 20 (1911–12): 1103–1117.
Subm. 24 Feb 1912. – issue dated 8 Mar 1912. – French transl.: 1912g. – transl. repr.: 1938a.9 (*C.P.* 6, pp. 152–167).
- 1912c “Sur la théorie de l’effet Zeeman observé dans une direction quelconque.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 1 (1912): 1–24.
Repr. of 1911g.
- 1912d “Nouveaux résultats dans le domaine des théories moléculaires.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 1 (1912): 43–74.
Transl. of 1910e. – repr.: 1935e.9 (*C.P.* 8, pp. 183–213).
- 1912e “Quelques remarques sur la théorie du magnétisme.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 1 (1912): 75–86.
Repr. of 1912a.
- 1912f “Sur la masse de l’énergie.” *Arch. Néerl.* (3A) 2 (1912): 139–153.
Transl. of 1911f. – repr.: 1937b.7 (*C.P.* 5, pp. 216–228).
- 1912g “Sur la théorie des éléments d’énergie.” *Arch. Néerl.* (3A) 2 (1912): 176–191.

- Transl. of 1912b. – repr.: 1938a.9 (*C.P.* 6, pp. 152–167).
- 1912h “Discours d’ouverture de M. Lorentz.” In *Solvay 1912*, pp. 6–9.
German transl.: 1914n. – Russian transl.: 1970a.6.
- 1912i “Sur l’application au rayonnement du théorème de l’équipartition de l’énergie.” In *Solvay 1912*, pp. 12–48 (pp. 40–48: discussion).
Repr. of pp. 12–39: 1934b.17 (*C.P.* 7, pp. 347–373). – German transl.: 1914o. – Russian transl. of pp. 40–48: 1970a.7.
- 1912j [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1912*, passim.
German transl.: 1914p. – cf. 1970a.8, 1975a.
- 1913a “De internationale wetenschap bevordert de vrede.” *Orgaan van den Algemeenen Nederlandschen Bond “Vrede Door Recht”* 14 (1913): 5–7.
Issue dated Jan 1913.
- 1913b “Grondwaterbeweging in de nabijheid van bronnen.” *De Ingenieur* 28 (1913): 24–26.
Issue dated 11 Jan 1913. – English transl.: 1937a.5 (*C.P.* 4, pp. 59–66).
- 1913c “Anwendung der kinetischen Theorien auf Elektronenbewegung.” *Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen* (1913): 152–156.
Summary of 1914q.
- 1913d “Over den aard der Röntgen-stralen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 21 (1912–13): 911–923.
Subm. 28 Dec 1912. – issue dated 19 Feb 1913. – English transl.: 1936c.19 (*C.P.* 3, pp. 281–294).
- 1913e “Over het warmtetheorema van Nernst.” *Chem. Weekbl.* 10 (1913): 621–627.
Issue dated 12 Jul 1913. – Russian transl.: 1914l. – English transl.: 1938a.18 (*C.P.* 6, pp. 318–324).
- 1913f “The relation between entropy and probability.” *Rep. Br. Ass.* 83 (1913): 374–375.
Lecture, Birmingham, 11 Sep 1913, at the 83rd meeting of the British Association for the Advancement of Science, 10–17 Sep 1913.
- 1913g [“Discussion remarks,”] *Rep. Br. Ass.* 83 (1913): 381–383, 385.
Birmingham, at the 83rd meeting of the British Association for the Advancement of Science, 10–17 Sep 1913.
- 1913h H.A. Lorentz and C. Lely, “Het onderzoek van Prof. Dr. H.G. Van de Sande Bakhuyzen c.i. over het dalen of rijzen van den bodem van Nederland en de daarover door R.P.J. Tutein Nolthenius c.i. gemaakte opmerkingen.” *De Ingenieur* 28 (1913): 864–866.
Issue dated 11 Oct 1913.
- 1913i “Nieuwe richtingen in de natuurkunde.” *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 57 (1913) II: 2172–2183.
Issue dated 20 Dec 1913. – lecture, Amsterdam, 22 Oct 1913, at the Genootschap ter Bevordering van Genees-, Heel- en Verloskunde. – repr.: 1939a.13 (*C.P.* 9, pp. 214–232). – Russian transl.: 1970a.9.

- 1913j “Sur un théorème général de l’optique.” *Ann. Mat. Pura Appl.* (3) 20 (1913): 185–192.
Slightly rev. repr.: 1914i, 1937a.11 (*C.P.* 4, pp. 144–152).
- 1913k H.A. Lorentz, A. Einstein, H. Minkowski, *Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen*. A. Sommerfeld, notes, O. Blumenthal, preface. Leipzig; Berlin: Teubner, 1913. (Fortschritte der mathematischen Wissenschaften in Monographien, vol. 2. O. Blumenthal, ed.)
Contents: 1913k.1–1913k.3. – later eds.: 2nd ed., 1915; 3rd corr. ed., 1920 (1913k.3 omitted); 4th enl. ed., 1922; 5th ed., 1923; many id. later eds. – English transl. of 4th ed.: 1923g. – Russian transl.: 1935a.
1913k.1 “Der Interferenzversuch Michelsons.” – pp. 1–5. – repr. of secs. 89–92 of 1895b.
1913k.2 “Elektromagnetische Erscheinungen in einem System, das sich mit beliebiger, die des Lichtes nicht erreichender Geschwindigkeit bewegt.” – pp. 6–26 (3rd and later eds.: pp. 6–25). – transl. of 1904d (sec. 14 omitted) with add. note by Lorentz.
1913k.3 “Das Relativitätsprinzip und seine Anwendung auf einige besondere physikalische Erscheinungen.” – pp. 74–89. – repr. of 2nd and 3rd lecture of 1910g. – omitted in 3rd and later eds.
- 1913l *Butsurigaku*. 2 vols. Tokyo: Fusambo, 1913.
Transl. by A. Kuwaki (vol. 1) and H. Nagaoka (vol. 2) of 1906i (with some revisions and additions by Lorentz).
- 1914a “Considérations élémentaires sur le principe de relativité.” *Rev. Gén. Sci.* 25 (1914): 179–186.
Issue dated 15 Mar 1914. – repr.: 1914b, 1934b.7 (*C.P.* 7, pp. 147–165). – Italian transl.: 1923e, 1923l.
- 1914b “Considérations élémentaires sur le principe de relativité.” *Le Radium* 11 (1914–19): 142–147.
Repr. of 1914a.
- 1914c “De breedte van spectraallijnen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 23 (1914–15): 470–487.
Subm. 30 May 1914. – issue dated 31 Jul 1914. – English transl.: 1915e. – transl. repr.: 1936c.20 (*C.P.* 3, pp. 295–313).
- 1914cc “Ernest Solvay”. *De Amsterdammer*, 13 Sep 1914.
Dated 10 Sep 1914. – French transl.: 1914d. – French transl. repr.: 1914e. – German transl. (last sentence omitted): 1914g. – German transl. repr.: 1939a.21 (*C.P.* 9, pp. 315–317). – Russian transl.: 1970a.16.
- 1914d “Ernest Solvay.” *l’Indépendance Belge*, 4 Oct 1914.
Transl. of 1914cc.
- 1914e “Ernest Solvay.” *Revue du Mois* 18 (1914): 456–458.
Dated 21 Sep 1914. – issue dated 10 Nov 1914. – repr. of 1914d.

- 1914f “Opmerkingen over de theorie der eenatomige gassen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 23 (1914–15): 515–530.
Subm. 26 Sep 1914. – issue dated 17 Oct 1914. – Russian transl.: 1914m. – English transl.: 1917a. – English transl. repr.: 1938a.10 (*C.P.* 6, pp. 168–183).
- 1914g “Ernest Solvay.” *Naturw.* 2 (1914): 997–998.
Issue dated 20 Nov 1914. – transl. of 1914d (last sentence omitted). – repr.: 1939a.21 (*C.P.* 9, pp. 315–317).
- 1914h “Het relativiteitsbeginsel. Voordrachten gehouden in Maart 1913, bewerkt door W.H. Keesom.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 2 (1914): 1–60.
Lectures, Haarlem, Mar 1913, at Teylers Stichting. German transl.: 1914k.
- 1914i “Sur un théorème général de l’optique.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 2 (1914): 156–164.
Slightly rev. repr. of 1913j. – repr.: 1937a.11 (*C.P.* 4, pp. 144–152).
- 1914j “La gravitation.” *Scientia* 16 (1914): 28–59. Repr.: 1934b.6 (*C.P.* 7, pp. 116–146).
- 1914k *Das Relativitätsprinzip. Drei Vorlesungen gehalten in Teylers Stiftung zu Haarlem.* W.H. Keesom, ed. Leipzig; Berlin: Teubner, 1914. (Beihefte zur Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen, nr. 1. W. Lietzmann und E. Grimsehl, eds.)
Transl. of 1914h. – later ed.: 2nd ed., 1920.
- 1914l “O teplovoï teoreme Nernsta.” *ZhRFO* 46 (1914): 4–11.
Transl. of 1913e.
- 1914m “K teorii odnoatomnykh gazov.” *ZhRFO* 46 (1914): 282–299.
Transl. of 1914f.
- 1914n “Ansprache von H.A. Lorentz.” In *Solvay 1914*, pp. 5–7.
Transl. of 1912h.
- 1914o “Die Anwendung des Satzes von der gleichmässigen Energieverteilung auf die Strahlung.” In *Solvay 1914*, pp. 10–40 (pp. 34–40: discussion).
Transl. of 1912i.
- 1914p [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1914*, passim.
Transl. of 1912j.
- 1914q “Anwendung der kinetischen Theorien auf Elektronenbewegung.” In M. Planck et al., *Vorträge über die kinetische Theorie der Materie und der Elektrizität, gehalten in Göttingen auf Einladung der Kommission der Wolfskehlstiftung*, pp. 167–193. Leipzig; Berlin: Teubner, 1914. (Mathematische Vorlesungen an der Universität Göttingen, vol. 6.)
Lectures, Göttingen, Apr 1913. – repr.: 1935e.10 (*C.P.* 8, pp. 214–243). – cf. 1913c.
- 1915a “Het beginsel van Hamilton in Einstein's theorie der zwaartekracht.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 23 (1914–15): 1073–1089.

- Subm. 30 Jan 1915. – issue dated 12 Feb 1915. – Russian transl.: 1915g.
– English transl.: 1917b. – English transl. repr.: 1937b.8 (*C.P.* 5, pp. 229–245).
- 1915b “Hydrodynamische vraagstukken.” *De Ingenieur* 30 (1915): 206–217.
Issue dated 13 Mar 1915. – lecture, The Hague, 12 Dec 1914, at the Koninklijk Instituut van Ingenieurs. – English transl.: 1934b.1 (*C.P.* 7, pp. 1–34).
- 1915c “De lichtaether en het relativiteitsbeginsel.” *Onze Eeuw* 15 (1915) II: 365–377.
Lecture, Amsterdam, 24 Apr 1915, at the Koninklijke Akademie van Wetenschappen. – repr.: 1916a, 1939a.14 (*C.P.* 9, pp. 233–243).
- 1915d “Van ’t Hoff’s vertrek uit Nederland.” *Chem. Weekbl.* 12 (1915): 515–516.
Dated 19 May 1915. – issue dated 29 May 1915.
- 1915e “The width of spectral lines.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 18 (1915–16): 134–150.
Issue dated 8 Sep 1915. – transl. of 1914c. – repr.: 1936c.20 (*C.P.* 3, pp. 295–313).
- 1915f “De uitzetting van vaste lichamen door warmte.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 24 (1915–16): 661–678; 25 (1916–17): 162 (Erratum).
Subm. 30 Oct 1915 and 27 May 1916. – issues dated 24 Nov 1915 and 10 Aug 1916. – rev. English transl.: 1917f. – transl. repr.: 1937a.6 (*C.P.* 4, pp. 67–86).
- 1915g “Nachalo Gamil’tona v ěinshteĭnovskoĭ teorii tiagoteniĭa.” *ZhRFO* 47 (1915): 516–534.
Transl. by Iu.A. Krutkov of 1915a.
- 1915h “Die Maxwellsche Theorie und die Elektronentheorie.” In *Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele*. P. Hinneberg, general ed. Part 3, sec. 3, vol. 1, *Physik*, pp. 311–333. E. Warburg, ed. Leipzig; Berlin: Teubner, 1915.
Later ed.: 2nd rev. ed., 1925. (E. Lecher, ed.; art. Lorentz unrev. on pp. 343–367.)
- 1916a “De lichtaether en het relativiteitsbeginsel.” In *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, gevestigd te Amsterdam*, pp. 1–10 (2nd section). Amsterdam: Müller, 1916.
Book dated Feb 1916. – repr. of 1915c.
- 1916b “Over Einstein’s theorie der zwaartekracht. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 24 (1915–16): 1389–1402.
Subm. 26 Feb 1916. – issue dated 8 Apr 1916. – English transl.: 1917g. – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – English transl. repr. (with 1917h–1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – see also 1916c, 1916d, 1917d.
- 1916c “Over Einstein’s theorie der zwaartekracht. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 24 (1915–16): 1759–1774.

- Subm. 25 Mar 1916. – issue dated 23 May 1916. – English transl.: 1917h. – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – English transl. repr. (with 1917g, 1917i, 1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – see also 1916b, 1916d, 1917d.
- 1916d “Over Einstein’s theorie der zwaartekracht. III.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 25 (1916–17): 468–486.
Subm. 28 Apr 1916. – issue dated 26 Sep 1916. – English transl.: 1917i. – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – English transl. repr. (with 1917g, 1917h, 1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – see also 1916b, c, 1917d.
- 1916e *Les théories statistiques en thermodynamique. Conférences faites au Collège de France en novembre 1912.* L. Dunoyer, ed. Leipzig; Berlin: Teubner, 1916.
Lectures, Paris, Nov 1912, at the Collège de France. – Russian transl.: 1935b.
- 1917a “Some remarks on the theory of monatomic gases.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 19 (1916–17): 737–751.
Issue dated Mar 1917. – transl. of 1914f. – repr.: 1938a.10 (*C.P.* 6, pp. 168–183).
- 1917b “On Hamilton’s principle in Einstein’s theory of gravitation.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 19 (1916–17): 751–765.
Issue dated Mar 1917. – transl. of 1915a. – repr.: 1937b.8 (*C.P.* 5, pp. 229–245).
- 1917c “De gravitatiethorie van Einstein en de grondbegrippen der natuurkunde.” *Hand. Ned. Nat. Gen. Congr.* 16 (1917): 23–43.
Lecture, The Hague, 12 Apr 1917, at the 16th Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 12–14 Apr 1917. – repr.: 1917e, 1939a.15 (*C.P.* 9, pp. 244–263).
- 1917d “Over Einstein’s theorie der zwaartekracht. IV.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 25 (1916–17): 1380–1396.
Subm. 28 Oct 1916. – issue dated 31 May 1917. – English transl.: 1917j. – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – English transl. repr. (with 1917g, 1917h, 1917i): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – see also 1916b, 1916c, 1916d.
- 1917e “De gravitatiethorie van Einstein en de grondbegrippen der natuurkunde.” *De Ingenieur* 32 (1917): 649–655.
Issue dated 1 Sep 1917. – repr. of 1917c.
- 1917f “The dilatation of solid bodies by heat.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 19 (1916–17): 1324–1341.
Issue dated Sep 1917. – rev. transl. of 1915f. – repr.: 1937a.6 (*C.P.* 4, pp. 67–86).
- 1917g “On Einstein’s theory of gravitation. I.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 19 (1916–17): 1341–1354.

- Issue dated Sep 1917. – transl. of 1916b. – repr. (with 1917h–1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – see also 1917h, 1917i, 1917j.
- 1917h “On Einstein’s theory of gravitation. II.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 19 (1916–17): 1354–1369.
Issue dated Sep 1917. – transl. of 1916c. – repr. (with 1917g, 1917i, 1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – see also 1917g, 1917i, 1917j.
- 1917i “On Einstein’s theory of gravitation. III.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 20 (1917–18): 2–19.
Transl. of 1916d. – repr. (with 1917g, 1917h, 1917j): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – see also 1917g, 1917h, 1917j.
- 1917j “On Einstein’s theory of gravitation. IV.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 20 (1917–18): 20–34.
Transl. of 1917d. – repr. (with 1917g, 1917h, 1917i): 1937b.9 (*C.P.* 5, pp. 246–313). – Russian transl. of 1917g–1917j: 1985. – see also 1917g, 1917h, 1917i.
- 1917k H.A. Lorentz and J. Droste, “De beweging van een stelsel lichamen onder den invloed van hunne onderlinge aantrekking, behandeld volgens de theorie van Einstein. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 392–403.
Subm. 27 Jan 1917. – issue dated 25 Oct 1917. – English transl. of 1917k, 1917l: 1937b.11 (*C.P.* 5, pp. 330–355). – see also 1917l.
- 1917l H.A. Lorentz and J. Droste, “De beweging van een stelsel lichamen onder den invloed van hunne onderlinge aantrekking, behandeld volgens de theorie van Einstein. II.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 649–660.
Subm. 29 Sep 1917. – issue dated 13 Dec 1917. – English transl. of 1917k, 1917l: 1937b.11 (*C.P.* 5, pp. 330–355). – see also 1917k.
- 1917m “Röntgen-stralen en structuur van kristallen. Voordrachten gehouden in Mei 1916, bewerkt door W.H. Keesom.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 3 (1917): 180–255.
Lectures, Haarlem, May 1916, at Teyler’s Stichting.
- 1918a “Het verband tusschen hoeveelheid van beweging en energiestroom: Opmerkingen over den bouw van electronen en atomen. I.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 981–995.
Subm. 29 Dec 1917. – issue dated 22 Mar 1918. – English transl.: 1937b.10 (*C.P.* 5, pp. 314–329).
- 1918b “Over de wisselingen der intensiteit in het buigingsbeeld van een groot aantal onregelmatig verspreide openingen of lichaampjes.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 26 (1917–18): 1120–1135.
Subm. 29 Sep 1917. – issue dated 22 Mar 1918. – English transl.: 1937a.10 (*C.P.* 4, pp. 125–143).
- 1918c [“Rede.”] *De Ingenieur* 33 (1918): 211–213.

- Issue dated 23 Mar 1918. – speech, Delft, 7 Mar 1918, at the Technische Hoogeschool, at the awarding of a honorary doctorate. – repr.: 1939a.22 (C.P. 9, pp. 318–325). – Russian transl.: 1970a.13.
- 1918d “Prof. D.J. Korteweg.” *Algemeen Handelsblad*, 12 Jul 1918.
- 1919a “Ter herinnering aan H.E.J.G. du Bois.” *De Ingenieur* 34 (1919): 2–3. Issue dated 4 Jan 1919.
- 1919b “De elektrische stroom. Oude en nieuwe denkbeelden.” In *Herdenking van het 150-jarig bestaan van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam: 1769–17 Augustus – 1919*, pp. 24–49. [S.l.]: [s.n.], [s.a.].
Lecture, Rotterdam, 20 Sep 1919, at the Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte, at the celebration of its 150th anniversary. – repr.: 1939a.9 (C.P. 9, pp. 127–148).
- 1919c “De zwaartekracht en het licht. Een bevestiging van Einstein’s gravitatie-theorie.” *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 19 Nov 1919.
Dated 13 Nov 1919. – repr.: 1939a.16 (C.P. 9, pp. 264–275). – English transl.: 1919d. – transl. repr.: 1920c.
- 1919d “Dutch colleague explains Einstein [...]” *The New York Times*, 21 Dec 1919.
Transl. of 1919c. – repr.: 1920c.
- 1919e “Uitkomsten der spectroscopie en theorie der atomen.” *De Gids* 83 (1919) II: 278–310.
Repr.: 1939a.12 (C.P. 9, pp. 182–213).
- 1919f *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 1, *Stralingstheorie (1910–1911)*. A.D. Fokker, ed. Leiden: Brill, 1919.
Later ed.: 2nd ed., 1926 (slightly rev.). – German transl. of 2nd ed.: 1927g. – English transl. of 2nd ed.: 1927i.3. – Russian transl. of 1927g: 1935c.
- 1919g *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 2, *Theorie der quanta (1916–1917)*. G.L. de Haas-Lorentz, ed. Leiden: Brill, 1919.
English transl.: 1927i.4.
- 1920a “Augusto Righi.” *l’Arduo*, Jul 1920, p. 73.
In commemoration of A. Righi.
- 1920b “De tonen van de Aeolusharp.” In *Willem Mengelberg Gedenkboek 1895–1920*, pp. 143–151. [R.A.D. Cort van der Linden, P. Cronheim, and H.J. de Marez Oyens, eds.] ’s-Gravenhage: Nijhoff, 1920.
Repr.: 1939a.18 (C.P. 9, pp. 283–290).
- 1920c “The Einstein Theory of Relativity.” In *The Einstein Theory of Relativity. A concise statement by Prof. H.A. Lorentz of the University of Leiden*, pp. 25–64. New York: Brentano, 1920.
Repr. of 1919d.

- 1920d *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 3, *Aethertheorieën en aethermodellen (1901–1902)*. H. Bremekamp, ed. Leiden: Brill, 1920.
Later ed.: 2nd ed., 1926 (slightly rev.). – English transl.: 1927h.1. – German transl.: 1928g. – Russian transl. of 1927h.1: 1936a. – English transl. repr.: 1987.1.
- 1920e *Bibun sekibungaku*. [Tokyo:] Uchida Rokakuho, 1920.
Transl. by M. Yamada of 1900i.
- 1921a “The Michelson-Morley experiment and the dimensions of moving bodies.” *Nature* 106 (1921): 793–795.
Issue dated 17 Feb 1921. – repr.: 1934b.8 (*C.P.* 7, pp. 166–172); 1937b.12 (*C.P.* 5, pp. 356–362).
- 1921b “Positieve en negatieve electriciteit.” *De Ingenieur* 36 (1921): 212–220.
Issue dated 19 Mar 1921. – lecture, The Hague, 26 Oct 1920, at the Afdeling voor Electrotechniek, Koninklijk Instituut van Ingenieurs. – English transl.: 1935e.4 (*C.P.* 8, pp. 48–75).
- 1921c “La prévision scientifique.” *Revue de l’Université de Bruxelles* 26 (1921): 445–460.
Issue dated IV.1921. – lecture, Brussels, 28 Mar 1914, at the Université de Bruxelles. – repr.: 1935e.18 (*C.P.* 8, pp. 390–403). – Russian transl.: 1970a.10.
- 1921d “De theoretische beteekenis van het Zeeman-effect.” *Physica* 1 (1921): 228–241.
Issue dated 31 Oct 1921. – English transl.: 1934b.4 (*C.P.* 7, pp. 87–100).
- 1921e “Deux mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique.” *Acta Math.* 38 (1921): 293–308.
Dated 9 Mar 1915. – repr.: 1934b.12 (*C.P.* 7, pp. 258–273), *Oeuvres de Henri Poincaré*, vol. 9, pp. 683–695 (Paris: Gauthier-Villars, 1954). – Russian transl.: 1970a.11, 1973c.
- 1921f “Dubbele breking bij regulaire kristallen.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 30 (1921): 362–368.
Subm. 26 Nov 1921. – issue dated 19 Jan 1922. – English transl.: 1922b. – transl. repr.: 1936c.21 (*C.P.* 3, pp. 314–320).
- 1921g [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1921*, passim.
Cf. 1972c.
- 1921h *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 4, *Thermodynamica*. T.C. Clay-Jolles, ed. Leiden: Brill, 1921.
Later ed.: 2nd rev. ed., 1929. – English transl.: 1927i.1. – Russian transl. of 1927i.1: 1941a.
- 1921i *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 5, *Kinetische problemen (1911–1912)*. E.D. Bruins and J. Reudler, eds. Leiden: Brill, 1921.
English transl.: 1927h.2. – German transl.: 1928f.

- 1922a “Congratulations.” *Bull. Cal. Inst. Techn.* 31 (1922): 33–35.
Issue dated Feb 1922. – speech, Pasadena, 28 Jan 1922, at the dedication of the Norman Bridge Laboratory of Physics of the California Institute of Technology.
- 1922b “Double refraction by regular crystals.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 24 (1921–22): 333–339.
Transl. of 1921f. – repr.: 1936c.21 (*C.P.* 3, pp. 314–320).
- 1922c “Het in rekening brengen van den weerstand bij schommelende vloeistofbewegingen.” *De Ingenieur* 37 (1922): 695.
Issue dated 8 Sep 1922. – German transl.: 1937a.19 (*C.P.* 4, pp. 252–254).
- 1922d “Proof of a theorem due to Heaviside.” *Proc. Nat. Ac. Sci.* 8 (1922): 333–338.
Subm. 7 Aug 1922. – issue dated 15 Nov 1922. – repr.: 1936c.23 (*C.P.* 3, pp. 331–337).
- 1922e “Over Whittaker’s quantummechanisme in het atoom.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 31 (1922): 453–461.
Subm. 28 Oct 1922. – issue dated 11 Dec 1922. – English transl.: 1923a. – transl. repr.: 1936c.22 (*C.P.* 3, pp. 321–330).
- 1922f “Kuenen als natuurkundige.” *De Gids* 86 (1922) IV: 209–215.
- 1922g “De electronentheorie. Voordrachten gehouden in October 1918, bewerkt door W.H. Keesom.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 5 (1922): 1–76.
Lectures, Haarlem, Oct 1918, at Teyler’s Stichting.
- 1922h “Het magnetisme. Voordrachten gehouden in Januari 1921, bewerkt door W.H. Keesom.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 5 (1922): 77–134.
Lectures, Haarlem, Jan 1921, at Teyler’s Stichting.
- 1922i “Opdracht.” In *Het Natuurkundig Laboratorium der Rijksuniversiteit te Leiden in de jaren 1904–1922. Gedenkboek, aangeboden aan H. Kamerlingh Onnes, directeur van het Laboratorium, bij gelegenheid van zijn veertigjarig professoraat op 11 November 1922*, pp. 1–6. [C.A. Crommelin, ed.] Leiden: IJdo, 1922.
Dated 4 Sep 1922.
- 1922j *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 6, *Het relativiteitsbeginsel voor eenparige translaties (1910–1912)*. A.D. Fokker, ed. Leiden: Brill, 1922.
German transl.: 1929b. – English transl.: 1931b.2.
- 1923a “On Whittaker’s quantum mechanism in the atom.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 25 (1922–23): 414–422.
Transl. of 1922e. – repr.: 1936c.22 (*C.P.* 3, pp. 321–330).
- 1923b “De bepaling van het g-velde in de algemeene relativiteitstheorie met behulp van de wereldlijnen van lichtsignalen en stoffelijke punten, met eenige opmerkingen over de lengte van staven en den duur van tijdsintervallen en over de theorieën van Weyl en Eddington.” *Versl. Kon. Ak. Wet.* 32 (1923): 383–402.

- Subm. 24 Mar 1923. – issue dated 10 May 1923. – English transl.: 1926d. – transl. repr.: 1937b.13 (*C.P.* 5, pp. 363–382).
- 1923c “The rotation of the earth and its influence on optical phenomena.” *Nature* 112 (1923): 103–104.
Issue dated 21 Jul 1923. – lecture, London, 17 May 1923, at University College. – repr.: 1934b.9 (*C.P.* 7, pp. 173–178).
- 1923d H.A. Lorentz and E. Herzen, “Les rapports de l’énergie et de la masse d’après Ernest Solvay.” *C. R. Ac. Sci.* 177 (1923): 925–929.
Subm. 12 Nov 1923.
- 1923e “Considerazioni elementari sul principio di relatività.” *l’Arduo* 3 (1923): 127–142.
Transl. by S. Timpanaro of 1914a. – also publ. as 1923l.
- 1923f *Clerk Maxwell’s electromagnetic theory. The Rede Lecture for 1923.* Cambridge: Cambridge University Press, 1923.
Lecture, Cambridge, 15 May 1923. – repr.: 1935e.15 (*C.P.* 8, pp. 353–366).
- 1923g H.A. Lorentz, A. Einstein, H. Minkowski and H. Weyl, *The principle of relativity: A collection of original memoirs on the special and general theory of relativity.* A. Sommerfeld, notes; W. Perrett and G.B. Jeffery, transl. London: Methuen, 1923.
Contents: 1923g.1, 1923g.2. – transl. of 4th ed. of 1913k. – many later eds. – repr.: New York: Dover, 1952.
- 1923g.1 “Michelson’s interference experiment.” – pp. 1–7. – transl. of secs. 89–92 of 1895b.
- 1923g.2 “Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light.” – pp. 9–34. – repr. of 1904d (sec. 14 omitted).
- 1923h “À la mémoire d’Ernest Solvay.” In *Solvay 1923*, p. VII.
- 1923i “Notes sur la théorie des électrons.” In *Solvay 1923*, pp. 1–35 (pp. 20–35: discussion).
Repr. of pp. 1–19: 1935e.11 (*C.P.* 8, pp. 244–262).
- 1923j [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1923*, passim.
- 1923k *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven.* Vol. 7, *Entropie en waarschijnlijkheid (1910–1911).* C.A. Crommelin, ed. Leiden: Brill, 1923.
English transl.: 1927i.2.
- 1923l *Considerazioni elementari sul principio di relatività.* S. Timpanaro, ed. Torino: Gobetti, 1923. (Piccola Biblioteca di Scienza, nr. 1).
Transl. of 1914a. – also publ. as 1923e.
- 1924a “The radiation of light.” *Nature* 113 (1924): 608–611.
Issue dated 26 Apr 1924. – also publ. as 1925a.
- 1924b “On the motion of electricity in a spherical shell placed in a magnetic field.” In *Fourth International Congress of Refrigeration, London June 1924. First International Commission of the International Institute of*

- Refrigeration. Reports and Communications presented by the President H. Kamerlingh Onnes*, pp. 207–210 (1st section) Leiden: IJdo, 1924.
Repr.: 1924c. – French transl.: 1925g. – transl. repr.: 1936c.24 (C.P. 3, pp. 338–341).
- 1924c “On the motion of electricity in a spherical shell placed in a magnetic field.” *Comm. Phys. Lab. Un. Leiden* 15 (Suppl.): 35–40.
Repr. of 1924b.
- 1925a [“Toespraak tot P. Zeeman.”] *Physica* 5 (1925): 73–77.
Issue dated Mar 1925. – speech, Amsterdam, 12 Mar 1925. – repr.: 1939a.24 (C.P. 9, pp. 335–339).
- 1925b “The radiation of light.” *Proc. Roy. Inst.* 24 (1925): 158–167.
Issue dated Apr 1925. – lecture, London, 1 Jun 1923, at the Royal Institution. – also publ. as 1924a. – repr.: 1935e.2 (C.P. 8, pp. 17–27).
- 1925c “The motion of electricity in metals.” *Journal of the Institute of Metals* 33 (1925): 257–278.
Lecture, London, 6 May 1925, at the Institute of Metals. – repr.: 1935e.13 (C.P. 8, pp. 307–332).
- 1925d “Discurso del Prof. Hendrik A. Lorentz.” In *Discursos leídos en la solemne sesión celebrado bajo la presidencia de S.M. el Rey Don Alfonso XIII, para hacer entrega de la Medalla Echegaray al Prof. H.A. Lorentz, el día 18 de Mayo de 1925*, pp. 17–22. Madrid: Voluntad, 1925.
Lecture, Madrid, 18 May 1925, on acceptance of the Echegaray Medal. – in French.
- 1925e “Max Planck und die Quantentheorie.” *Naturw.* 13 (1925): 1077–1082.
Issue dated 18 Dec 1925. – repr.: 1934b.19 (C.P. 7, pp. 385–399). – Russian transl.: 1926e, 1970a.18.
- 1925f [“Dankbrief.”] *Versl. Kon. Ak. Wet.* 34 (1925): 1194.
- 1925g “Le mouvement de l’électricité dans une couche sphérique placée dans un champ magnétique.” *Arch. Néerl.* (3A) 9 (1925): 171–174.
Transl. of 1924b. – repr.: 1936c.24 (C.P. 3, pp. 338–341).
- 1925h “l’Ancienne et la nouvelle mécanique.” In *Le livre du cinquantenaire de la Société française de Physique*, pp. 99–114. Paris: éditions de la Revue d’Optique Théorique et Instrumentale, 1925.
Lecture, Paris, 10 Dec 1923, at the Sorbonne. – repr.: 1934b.13 (C.P. 7, pp. 274–289).
- 1925i “Die Theorie des Zeemaneffektes.” In *Handbuch der Radiologie*. E. Marx, ed. Vol. 6, Die Theorien der Radiologie, pp. 141–188. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1925.
- 1925j *Lessen over theoretische natuurkunde aan de Rijks-Universiteit te Leiden gegeven*. Vol. 8, *De theorie van Maxwell (1900–1902)*. H. Bremekamp, ed. Leiden: Brill, 1925.
German transl.: 1931a. – English transl.: 1931b.1. – Russian transl. of 1931a: 1933a.
- 1926a “Antwoord van Professor Lorentz.” *Physica* 6 (1926): 21–29.

- Issue dated Jan 1926. – speech, Leiden, 11 Dec 1925, at the university, on acceptance of a honorary doctorate in medicine, at the celebration of the 50th anniversary of his doctorate. – repr.: 1939a.23 (*C.P.* 9, pp. 326–334). – Russian transl.: 1970a.14.
- 1926b [“Grafrede H. Kamerlingh Onnes.”] *Chem. Weekbl.* 23 (1926): 146–147.
- Issue dated 6 Mar 1926. – funeral oration, Leiden, 25 Feb 1926. – repr.: 1926f, 1939a.31 (*C.P.* 9, pp. 407–410).
- 1926c “Het proefschrift van Prof. Kamerlingh Onnes, door H.A. Lorentz besproken op zijn college van 1 Maart 1926.” *Physica* 6 (1926): 165–180.
- Issue dated 10 Jul 1926. – lecture, Leiden, 1 Mar 1926. – repr.: 1939a.19 (*C.P.* 9, pp. 291–307).
- 1926d “The determination of the potentials in the general theory of relativity, with some remarks about the measurement of lengths and intervals of time and about the theories of Weyl and Eddington.” *Proc. Kon. Ak. Wet.* 29 (1926): 383–399.
- Transl. of 1923b. – repr.: 1937b.13 (*C.P.* 5, pp. 363–382).
- 1926e “Maks Plank i teoriia kvantov.” *Uspekhi fizicheskikh nauk* 6 (1926): 81–92.
- Transl. of 1925e.
- 1926f “Rede, uitgesproken aan het graf van Prof. Kamerlingh Onnes, den 25sten Februari 1926.” In *In memoriam Heike Kamerlingh Onnes. 21 September 1853 – 21 Februari 1926*, pp. 1–4. Leiden: IJdo, 1926.
- Repr. of 1926b.
- 1926g “Physics in the new and the old world.” In *Lectures on physics and physiology delivered in the University of Leyden during the second Netherlands week for American students July 5–10, 1926*, pp. 1–13. [C.A. Crommelin, ed.] Leiden: Sijthoff, 1926.
- Lecture, Leiden, 5 Jul 1926. – repr.: 1935e.19 (*C.P.* 8, pp. 404–417).
- 1927a [“Toespraak tot M. Planck.”] *Versl. Kon. Ak. Wet.* 36 (1927): 532–536.
- Speech, Amsterdam, 28 May 1927, at the Koninklijke Akademie van Wetenschappen, at the awarding of the Lorentz Medal to Max Planck. – in German. – repr.: 1939a.26 (*C.P.* 9, pp. 343–348). – Russian transl.: 1970a.19.
- 1927b “Allocution de M. H.-A. Lorentz, au nom des délégations étrangères.” *Rev. Opt.* 6 (1927): 515–516.
- Speech, Paris, at the Centenaire d’Augustin Fresnel, 27 Oct 1927. – repr.: 1939a.25 (*C.P.* 9, pp. 340–342). – Russian transl: 1970a.12.
- 1927c “Notice nécrologique.” In *Solvay 1927*, p. V.
- 1927d “Application de la théorie des électrons aux propriétés des métaux.” In *Solvay 1927*, pp. 1–66 (pp. 46–66: discussion).
- Repr. (without discussion): 1929a, 1935e.12 (*C.P.* 8, pp. 263–306).
- 1927e [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1927*, passim.

- 1927f *Problems of modern physics. A course of lectures delivered in the California Institute of Technology.* H. Bateman, ed. Boston [etc.]: Ginn, 1927.
Lectures, Pasadena, 1922. – repr.: New York: Dover, 1967.
- 1927g *Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden.* Vol. 1, *Theorie der Strahlung.* A.D. Fokker, ed.; G.L. de Haas-Lorentz, transl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1927.
Transl. of 2nd ed. of 1919f. – Russian transl.: 1935c.
- 1927h *Lectures on theoretical physics delivered at the University of Leiden.* Vol. 1. L. Silberstein and A.P.H. Trivelli, transl. London: MacMillan, 1927.
Contents: 1917h.1, 1927h.2.
1927h.1 “Aether theories and aether models (1901–1902).” – pp. 1–71. – transl. of 1920d. – repr.: 1987.1. – Russian transl.: 1936a.
1927h.2 “Kinetical problems (1911–1912).” – pp. 73–195. – transl. of 1921i.
- 1927i *Lectures on theoretical physics delivered at the University of Leiden.* Vol. 2. L. Silberstein and A.P.H. Trivelli, transl. London: MacMillan, 1927.
Contents: 1927i.1–1927i.4.
1927i.1 “Thermodynamics.” – pp. 1–137. – transl. of 1921h. – Russian transl.: 1941a.
1927i.2 “Entropy and probability (1910–1911).” – pp. 139–205. – transl. of 1923k.
1927i.3 “The theory of radiation (1910–1911).” – pp. 207–275. – transl. of 1919f.
1927i.4 “The theory of quanta (1916–1917).” – pp. 277–410. – transl. of 1919g.
- 1928a “How can atoms radiate?” *J. Franklin Inst.* 205 (1928): 449–471.
Issue dated Apr 1928. – lecture, Philadelphia, 31 Mar 1927, at the Franklin Institute. – repr.: 1935e.3 (*C.P.* 8, pp. 28–47).
- 1928b [“Conference paper.”] *Astrophys. J.* 68 (1928): 345–351.
Issue dated Dec 1928. – lecture, Pasadena, at the Conference on the Michelson-Morley Experiment, Mount Wilson Observatory, 4–5 Feb 1927.
- 1928c “Sur la rotation d'un électron qui circule autour d'un noyau.” In *Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, 11–20 Settembre 1927-V, Como – Pavia – Roma. Onoranze ad Alessandro Volta nel primo centenario della morte.* Vol. 2, pp. 3–32. Bologna: Zanichelli, 1929.
Lecture, Como, 14 Sep 1927, at the Congresso Internazionale dei Fisici, Como, Pavia, Rome, 11–20 Sep 1927. – repr.: 1934b.10 (*C.P.* 7, pp. 179–204).
- 1928d “Discorso del Prof. H.A. Lorentz.” In *Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, 11–20 Settembre 1927-V, Como – Pavia – Roma. Onoranze*

- ad Alessandro Volta nel primo centenario della morte*. Vol. 2, pp. 621–630. Bologna: Zanichelli, 1928.
Speech, Pavia, 17 Sep 1927, at the Congresso Internazionale dei Fisici, Como, Pavia, Rome, 11–20 Sep 1927.
- 1928e [“Discussion remarks.”] In *Solvay 1928*, passim.
- 1928f *Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden*. Vol. 2, *Kinetische Probleme*. E.D. Bruins and J. Reudler, eds.; G.L. de Haas-Lorentz, transl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1928.
Transl. of 1921i. – publ. in one vol. with 1928g.
- 1928g *Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden*. Vol. 3, *Aethertheorien und Aethermodelle*. H. Bremekamp, ed. G.L. de Haas-Lorentz, transl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1928.
Transl. of 2nd ed. of 1920d. – publ. in one vol. with 1928f.
- 1929a “Application de la théorie des électrons aux propriétés des métaux.” *Arch. Mus. Teyler* (3) 6 (1929): 1–39.
Repr. (without discussion) of 1927d.
- 1929b *Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden*. Vol. 4, *Relativitätstheorie für gleichförmige Translationen (1910–1912)*. A.D. Fokker, ed.; H. Stücklen, transl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1929.
Transl. of 1922j.
- 1931a *Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden*. Vol. 5, *Die Maxwellsche Theorie (1900–1902)*. H. Bremekamp, ed.; H. Stücklen, transl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1931.
Transl. of 1925j. – Russian transl.: 1933a.
- 1931b *Lectures on theoretical physics at the University of Leiden*. Vol. 3. L. Silberstein and A.P.H. Trivelli, transl. London: MacMillan, 1931.
Contents: 1931b.1, 1931b.2.
- 1931b.1 “Maxwell’s theory (1900–1902).” – pp. 1–178. – transl. of 1925j.
- 1931b.2 “The principle of relativity for uniform translations (1910–1912).” – pp. 179–326. – transl. of 1922j.
- 1933a *Teoriia élektromagnitnogo polia*. Moskva; Leningrad: GTTI, 1933.
Transl. by K.F. Teodorchik of 1931a.
- 1934a *Teoriia élektronov i ee primenenie k iavleniiam sveta i teplovogo izlucheniia*. Leningrad; Moskva: GTTI, 1934.
Transl. by M.V. Savost’ianova of 2nd ed. of 1909i. – ed. by T.P. Kravets. – later eds.: 2nd ed., 1953; 3rd ed., 1954; 4th ed., Moskva: Gostekhizdat, 1956. – repr. of sec. 194: 1973d.
- 1934b *Collected Papers*. Vol. 7. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1934.
Contents: 1934b.1–1934b.19
- 1934b.1 “Hydrodynamic problems.” – pp. 1–34. – transl. of 1915b.
- 1934b.2 “Sur la théorie des phénomènes magnéto-optiques récemment découverts.” – pp. 35–65. – repr. of 1900e.

- 1934b.3 “Nobel-Vorlesung.” – pp. 66–86. – repr. of 1904a.
- 1934b.4 “The theoretical significance of the Zeeman-effect.” – pp. 87–100. – transl. of 1921d.
- 1934b.5 “Die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen.” – pp. 101–115. – repr. of 1898h.
- 1934b.6 “La gravitation.” – pp. 116–146. – repr. of 1914j.
- 1934b.7 “Considérations élémentaires sur le principe de relativité.” – pp. 147–165. – repr. of 1914a.
- 1934b.8 “The Michelson-Morley experiment and the dimensions of moving bodies.” – pp. 166–172. – repr. of 1921a.
- 1934b.9 “The rotation of the earth and its influence on optical phenomena.” – pp. 173–178. – repr. of 1923c.
- 1934b.10 “Sur la rotation d’un électron qui circule autour d’un noyau.” – pp. 179–204. – repr. of 1928c.
- 1934b.11 “Alte und neue Fragen der Physik.” – pp. 205–257. – repr. of 1910g.
- 1934b.12 “Deux mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique.” – pp. 258–273. – repr. of 1921e.
- 1934b.13 “L’Ancienne et la nouvelle mécanique.” – pp. 274–289. – repr. of 1925h.
- 1934b.14 “La thermodynamique et les théories cinétiques.” – pp. 290–316. – repr. of 1905h.
- 1934b.15 “Le partage de l’énergie entre la matière pondérable et l’éther.” – pp. 317–343. – repr. of 1909h.
- 1934b.16 “Zur Strahlungstheorie.” – pp. 344–346. – repr. of 1908d.
- 1934b.17 “Sur l’application au rayonnement du théorème de l’équipartition de l’énergie.” – pp. 347–373. – repr. of pp. 12–39 of 1912i.
- 1934b.18 “Die Hypothese der Lichtquanten.” – pp. 374–384. – repr. of 1910c.
- 1934b.19 “Max Planck und die Quantentheorie.” – pp. 385–399. – repr. of 1925e.
- 1935a *Printsip otnositel’nosti*. Leningrad: ONTI, 1935.
Transl. of 1913k. – ed. by V.K. Frederiks and D.D. Ivanenko. – contents: 1935a.1, 1935a.2.
- 1935a.1 “Interferentsionnyiopyt Maikel’sona.” – pp. 9–15. – transl. of secs. 89–92 of 1895b.
- 1935a.2 “Électromagnitnye iavleniia v sisteme, dvizhushcheisia s liuboi skorost’iu, men’shei skorosti sveta.” – pp. 16–48. – transl. of 1904c.
- 1935b *Statisticheskie teorii v termodinamike*. Leningrad; Moskva: ONTI, 1935.
Transl. of 1916e. – ed. by Iu.A. Krutkov.
- 1935c *Lektsii po teoreticheskoi fizike*. Vol. 1, Teoriia izlucheniia. Moskva; Leningrad: ONTI, 1935.

- Transl. by E.L. Starokadomskaia of 1927g.
- 1935d *Collected Papers*. Vol. 1. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1935.
 Contents: 1935d.1, 1935d.2.
 1935d.1 “Over de theorie der terugkaatsing en breking van het licht.” – pp. 1–192. – repr. of 1875b.
 1935d.2 “Sur la théorie de la réflexion et de la réfraction de la lumière.” – pp. 193–383. – transl. of 1875b.
- 1935e *Collected Papers*. Vol. 8. P. Zeeman and A.D. Fokker, eds. The Hague: Nijhoff, 1935.
 Contents: 1935e.1–1935e.19
 1935e.1 “Das Licht und die Struktur der Materie.” – pp. 1–16. – repr. of 1907d.
 1935e.2 “The radiation of light.” – pp. 17–27. – repr. of 1925a.
 1935e.3 “How can atoms radiate?” – pp. 28–47. – repr. of 1928a.
 1935e.4 “Positive and negative electricity.” – pp. 48–75. – transl. of 1921b.
 1935e.5 “Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie.” – pp. 76–124. – repr. of 1905a.
 1935e.6 “The experimental foundations of the theory of electricity.” – pp. 125–151. – transl. of 1908a.
 1935e.7 “On positive and negative electrons.” – pp. 152–158. – repr. of 1906c.
 1935e.8 “The methods of the theory of gases extended to other fields.” – pp. 159–182. – transl. of 1909d.
 1935e.9 “Nouveaux résultats dans le domaine des théories moléculaires.” – pp. 183–213. – repr. of 1912d.
 1935e.10 “Anwendung der kinetischen Theorien auf Elektronenbewegung.” – pp. 214–243. – repr. of 1914q.
 1935e.11 “Notes sur la théorie des électrons.” – pp. 244–262. – repr. of pp. 1–19 of 1923i.
 1935e.12 “Application de la théorie des électrons aux propriétés des métaux.” – pp. 263–306. – repr. of pp. 1–45 of 1927d.
 1935e.13 “The motion of electricity in metals.” – pp. 307–332. – repr. of 1925c.
 1935e.14 “Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.” – pp. 333–352. – repr. of 1900f.
 1935e.15 “Clerk Maxwell’s electromagnetic theory.” – pp. 353–366. – repr. of 1923f.
 1935e.16 “Quelques remarques sur la théorie du magnétisme.” – pp. 367–378. – repr. of 1912a.
 1935e.17 “La liquéfaction de l’hélium.” – pp. 379–389. – repr. of 1908f.
 1935e.18 “La prévision scientifique.” – pp. 390–403. – repr. of 1921c.

- 1935e.19 "Physics in the new and the old world." – pp. 404–417. – repr. of 1926g.
- 1936a *Teorii i modeli éfira*. Moskva; Leningrad: ONTI, 1936.
Transl. of 1927h.1. – ed. by A.K. Timipiazev and É.A. Tseïlin.
- 1936b *Collected Papers*. Vol. 2. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1936.
Contents: 1936b.1–1936b.4.
- 1936b.1 "Concerning the relation between the velocity of propagation of light and the density and composition of media." – pp. 1–119. – transl. of 1879a.
- 1936b.2 "Les formules fondamentales de l'électrodynamique." – pp. 120–135. – repr. of 1882a.
- 1936b.3 "Le phénomène découvert par Hall et la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière." – pp. 136–163. – repr. of 1884a.
- 1936b.4 "La théorie électromagnétique de Maxwell et son application aux corps mouvants." – pp. 164–343. – repr. of 1892f.
- 1936c *Collected Papers*. Vol. 3. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague, Nijhoff, 1936.
Contents: 1936c.1–1936c.24.
- 1936c.1 "The theorem of Poynting concerning the energy in the electromagnetic field and two general propositions concerning the propagation of light." – pp. 1–11. – transl. of 1895a.
- 1936c.2 "Remark concerning a paper by Wind: "Dispersion of the magnetic rotation of the plane of polarisation"." – pp. 12–16. – transl. of 1897b.
- 1936c.3 "Optical phenomena connected with the charge and mass of the ions. I." – pp. 17–29. – transl. of 1898c.
- 1936c.4 "Optical phenomena connected with the charge and mass of the ions. II." – pp. 30–39. – transl. of 1898d.
- 1936c.5 "Influence du champ magnétique sur l'émission lumineuse." – pp. 40–46. – repr. of 1898b.
- 1936c.6 "Sur la polarisation partielle de la lumière émise par une source lumineuse dans un champ magnétique." – pp. 47–66. – repr. of 1899k.
- 1936c.7 "Zur Theorie des Zeemaneffektes." – pp. 67–72. – repr. of 1899j.
- 1936c.8 "La théorie élémentaire du phénomène de Zeeman. Réponse à une objection de M. Poincaré." – pp. 73–90. – repr. of 1902l.
- 1936c.9 "Sur les vibrations de systèmes portant des charges électriques et placés dans un champ magnétique." – pp. 91–112. – repr. of 1899m.
- 1936c.10 "Über die scheinbare Masse der Ionen." – pp. 113–116. – repr. of 1900h (discussion omitted).

- 1936c.11 “The fundamental equations for electromagnetic phenomena in ponderable bodies, deduced from the theory of electrons.” – pp. 117–131. – repr. of 1902i.
- 1936c.12 “Contributions to the theory of electrons.” – pp. 132–154. – repr. of 1903b.
- 1936c.13 “On the emission and absorption by metals of rays of heat of great wave-lengths.” – pp. 155–176. – repr. of 1903d.
- 1936c.14 “Remarques au sujet d’induction unipolaire.” – pp. 177–179. – repr. of 1904h.
- 1936c.15 “Le mouvement des électrons dans les métaux.” – pp. 180–214. – repr. of 1905q.
- 1936c.16 “The absorption and emission lines of gaseous bodies.” – pp. 215–238. – repr. of 1906b.
- 1936c.17 “On the scattering of light by molecules.” – pp. 239–257. – repr. of 1910d.
- 1936c.18 “Sur la théorie de l’effet Zeeman observé dans une direction quelconque.” – pp. 258–280. – repr. of 1912c.
- 1936c.19 “On the nature of Röntgen rays.” – pp. 281–294. – transl. of 1913d.
- 1936c.20 “The width of spectral lines.” – pp. 295–313. – repr. of 1915e.
- 1936c.21 “Double refraction by regular crystals.” – pp. 314–320. – repr. of 1922b.
- 1936c.22 “On Whittaker’s quantum mechanism in the atom.” – pp. 321–330. – repr. of 1923a.
- 1936c.23 “Proof of a theorem due to Heaviside.” – pp. 331–337. – repr. of 1922d.
- 1936c.24 “Le mouvement de l’électricité dans une couche sphérique placée dans un champ magnétique.” – pp. 338–341. – repr. of 1925g.
- 1937a *Collected Papers*. Vol. 4. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1937.
Contents: 1937a.1–1937a.19.
- 1937a.1 “Concerning the motion of a circular cylinder on a plane.” – pp. 1–6. – transl. of 1875a.
- 1937a.2 “A general theorem concerning the motion of a viscous fluid and a few consequences derived from it.” – pp. 7–14. – transl. of 1896c.
- 1937a.3 “On the resistance experienced by a flow of liquid in a cylindrical tube.” – pp. 15–35. – transl. of 1897a.
- 1937a.4 “Some considerations on the principles of dynamics, in connexion with Hertz’s “Prinzipien der Mechanik”.” – pp. 36–58. – repr. of 1902f.
- 1937a.5 “The motion of underground water in the vicinity of wells.” – pp. 59–66. – transl. of 1913b.

- 1937a.6 “The dilatation of solid bodies by heat.” – pp. 67–86. – repr. of 1917f.
- 1937a.7 “Über die Brechung des Lichtes durch Metallprismen.” – pp. 87–103. – repr. of 1892a.
- 1937a.8 “Sur la méthode du miroir tournant pour la détermination de la vitesse de la lumière.” – pp. 104–118. – repr. of 1901g.
- 1937a.9 “On the visibility of small particles.” – pp. 119–124. – transl. of 1910h.
- 1937a.10 “On the changes in intensity in the diffraction pattern of a large number of irregularly arranged holes or particles.” – pp. 125–143. – transl. of 1918b.
- 1937a.11 “Sur un théorème général de l’optique.” – pp. 144–152. – repr. of 1914i.
- 1937a.12 “De l’influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux.” – pp. 153–214. – repr. of 1887c.
- 1937a.13 “On the reflection of light by moving bodies.” – pp. 215–218. – transl. of 1892b.
- 1937a.14 “The relative motion of the earth and the ether.” – pp. 219–223. – transl. of 1892c.
- 1937a.15 “Stokes’ theory of aberration.” – pp. 224–231. – transl. of 1892d.
- 1937a.16 “On the influence of the earth’s motion on the propagation of light in doubly refracting bodies.” – pp. 232–236. – transl. of 1893a.
- 1937a.17 “Concerning the problem of the dragging along of the ether by the earth.” – pp. 237–244. – transl. of 1897d.
- 1937a.18 “La théorie de l’aberration de Stokes dans l’hypothèse d’un éther n’ayant pas partout la même densité.” – pp. 245–251. – repr. of 1902k.
- 1937a.19 “Ein Rechnungsansatz für den Widerstand bei Flüssigkeitsschwingungen.” – pp. 252–254. – transl. of 1922c.
- 1937b *Collected Papers*. Vol. 5. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1937.
Contents: 1937b.1–1937b.13.
- 1937b.1 “Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern.” – pp. 1–138. – repr. of 1895b.
- 1937b.2 “Théorie simplifiée des phénomènes électriques et optiques dans des corps en mouvement.” – pp. 139–155. – repr. of 1902j.
- 1937b.3 “The rotation of the plane of polarization in moving media.” – pp. 156–166. – repr. of 1902d.
- 1937b.4 “The intensity of radiation and the motion of the earth.” – pp. 167–171. – repr. of 1902e.

- 1937b.5 “Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light.” – pp. 172–197. – repr. of 1904d.
- 1937b.6 “Considérations sur la pesanteur.” – pp. 198–215. – repr. of 1902m.
- 1937b.7 “Sur la masse de l’énergie.” – pp. 216–228. – repr. of 1912f.
- 1937b.8 “On Hamilton’s principle in Einstein’s theory of gravitation.” – pp. 229–245. – repr. of 1917b.
- 1937b.9 “On Einstein’s theory of gravitation.” – pp. 246–313. – repr. of 1917g–1917j.
- 1937b.10 “The connection between momentum and flow of energy. Remarks concerning the structure of electrons and atoms.” – pp. 314–329. – transl. of 1918a.
- 1937b.11 “The motion of a system of bodies under the influence of their mutual attraction, according to Einstein’s theory.” – pp. 330–355. – transl. of 1917k,l.
- 1937b.12 “The Michelson–Morley experiment and the dimensions of moving bodies.” – pp. 356–362. – repr. of 1921a.
- 1937b.13 “The determination of the potentials in the general theory of relativity, with some remarks about the measurement of lengths and intervals of time and about the theories of Weyl and Eddington.” – pp. 363–382. – repr. of 1926d.
- 1938a *Collected Papers*. Vol. 6. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague: Nijhoff, 1938.
Contents: 1938a.1–1938a.18.
- 1938a.1 “Les équations du mouvement des gaz, et la propagation du son suivant la théorie cinétique des gaz.” – pp. 1–39. – repr. of 1881d.
- 1938a.2 “Über die Anwendung des Satzes vom Virial in der kinetischen Theorie der Gase.” – pp. 40–50. – repr. of 1881a.
- 1938a.3 “Sur les mouvements qui se produisent dans une masse gazeuse, sous l’influence de la pesanteur, à la suite de différences de température.” – pp. 51–73. – repr. of 1882b.
- 1938a.4 “Über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft unter Gasmolekülen.” – pp. 74–111. – repr. of 1887a.
- 1938a.5 “On the molecular motion of dissolved substances.” – pp. 112–113. – transl. of 1889b.
- 1938a.6 “Sur la théorie moléculaire des dissolutions diluées.” – pp. 114–133. – repr. of 1892e.
- 1938a.7 “On the entropy of a mass of gas.” – pp. 134–142. – transl. of 1896d.
- 1938a.8 “Bemerkungen zum Virialtheorem.” – pp. 143–151. – repr. of 1904b.
- 1938a.9 “Sur la théorie des éléments d’énergie.” – pp. 152–167. – repr. of 1912g.

- 1938a.10 "Some remarks on the theory of monatomic gases." – pp. 168–183. – repr. of 1917a.
- 1938a.11 "Sur l'application aux phénomènes thermo-électriques, de la seconde loi de la théorie mécanique de la chaleur." – pp. 184–219. – repr. of 1886b.
- 1938a.12 "Sur la théorie des phénomènes thermo-électriques." – pp. 220–251. – repr. of 1889c.
- 1938a.13 "On the equilibrium of radiant heat in the case of doubly refracting bodies." – pp. 252–258. – transl. of 1896b.
- 1938a.14 "De l'influence des corps étrangers sur la température de transformation." – pp. 259–264. – repr. of 1899l.
- 1938a.15 "The theory of radiation and the second law of thermodynamics." – pp. 265–279. – repr. of 1901b.
- 1938a.16 "Boltzmann's and Wien's laws of radiation." – pp. 280–292. – repr. of 1901f.
- 1938a.17 "On the radiation of heat in a system of bodies having a uniform temperature." – pp. 293–317. – repr. of 1905n.
- 1938a.18 "On Nernst's heat-theorem." – pp. 318–324. – transl. of 1913e.
- 1939a *Collected Papers*. Vol. 9. [P. Zeeman and A.D. Fokker, eds.] The Hague, Nijhoff, 1939.
Contents: 1939a.1–1939a.31.
- 1939a.1 "De moleculaire theoriën in de natuurkunde." – pp. 1–25. – repr. of 1887a.
- 1939a.2 "Molecular theories in physics." – pp. 26–49. – transl. of 1887a.
- 1939a.3 "De tegenwoordige stand der mechanische warmtetheorie, in het bijzonder wat de toepassingen van de tweede wet dezer theorie betreft." – pp. 50–52. – repr. of 1887b.
- 1939a.4 "De wegen der theoretische natuurkunde." – pp. 53–76. – repr. of 1905c.
- 1939a.5 "Toeval en waarschijnlijkheid bij natuurkundige verschijnselen." – pp. 77–88. – repr. of 1909a.
- 1939a.6 "Electriciteit en ether." – pp. 89–101. – repr. of 1891b.
- 1939a.7 "De electronen-theorie." – pp. 102–111. – repr. of 1901e.
- 1939a.8 "De laatste vorderingen der electriciteitsleer." – pp. 112–126. – repr. of 1902g.
- 1939a.9 "De electrische stroom, oude en nieuwe denkbeelden." – pp. 127–148. – repr. of 1919b.
- 1939a.10 "De door Prof. Röntgen ontdekte stralen." – pp. 149–166. – repr. of 1896a.
- 1939a.11 "Het licht en de bouw der materie." – pp. 167–181. – repr. of 1907e.
- 1939a.12 "Uitkomsten der spectroscopie en theorie der atomen." – pp. 182–213. – repr. of 1919e.

- 1939a.13 “Nieuwe richtingen in de natuurkunde.” – pp. 214–232. – repr. of 1913i.
- 1939a.14 “De lichtaether en het relativiteitsbeginsel.” – pp. 233–243. – repr. of 1915c.
- 1939a.15 “De gravitatie-theorie van Einstein en de grondbegrippen der natuurkunde.” – pp. 244–263. – repr. of 1917c.
- 1939a.16 “De zwaartekracht en het licht, een bevestiging van Einstein’s gravitatie-theorie.” – pp. 264–275. – repr. of 1919c.
- 1939a.17 “Über das Ringsystem der Cyclophanie bei zweimaliger innerer Reflexion in besonders geschliffenen Kalkspathprismen.” – pp. 276–282. – unpublished note, ~1879.
- 1939a.18 “De tonen van de Aeolusharp.” – pp. 283–290. – repr. of 1920b.
- 1939a.19 “Het proefschrift van Prof. Kamerlingh Onnes.” – pp. 291–307. – repr. of 1926c.
- 1939a.20 “Prof. van der Waals’ bekroning met den Nobelprijs.” – pp. 308–314. – repr. of 1910f.
- 1939a.21 “Ernest Solvay.” – pp. 315–317. – repr. of 1914g.
- 1939a.22 “Rede bij de aanvaarding van het doctoraat in de technische wetenschappen, honoris causa. 7 Maart 1918.” – pp. 318–325. – repr. of 1918c.
- 1939a.23 “Rede bij de aanvaarding van het doctoraat in de geneeskunde, honoris causa, bij de herdenking van het 50-jarig doctoraat 11 December 1925.” – pp. 326–334. – repr. of 1926a.
- 1939a.24 “Prof. Dr. P. Zeeman 1900–1925.” – pp. 335–339. – repr. of 1925a.
- 1939a.25 “Centenaire d’Augustin Fresnel (1788–1827).” – pp. 340–342. – repr. of 1927b.
- 1939a.26 “Ansprache, anlässlich der Überreichung der Lorentz-Medaille an Professor Max Planck 28 Mei 1927.” – pp. 343–348. – repr. of 1927a.
- 1939a.27 “Lord Kelvin (1824–1907).” – pp. 349–358. – repr. of 1907g.
- 1939a.28 “Ludwig Boltzmann.” – pp. 359–390. – repr. of 1907c.
- 1939a.29 “Johannes Bosscha (1831–1911).” – pp. 391–403. – repr. of 1911e.
- 1939a.30 “Johan Kuenen (1866–1922).” – pp. 404–406. – funeral oration.
- 1939a.31 “Heike Kamerlingh Onnes (1853–1926).” – pp. 407–410. – repr. of 1926b.
- 1941a *Leksii po termodinamike*. Moskva; Leningrad: Gostekhizdat, 1941. Transl. by M.E. Gintsburg of 1927i.1 – ed. by K.V. Astakhov. – later ed.: 2nd ed., Moskva; Leningrad: GITTL, 1946.

- 1967a “The theory of electrons and the propagation of light.” In *Nobel lectures including presentation speeches and laureates’ biographies. Physics 1901–1921*, pp. 14–29. Amsterdam etc.: Elsevier, 1967. – XII, 498 pp. Transl. of 1904a.
- 1970a *Starye i novye problemy fiziki*. Moskva: Nauka, 1970.
Ed. by U.I. Frankfurt. – contents: 1970a.1–1970a.19 and much add. material not by Lorentz.
- 1970a.1 “Interferentsionnyiopyt Maikel’sona.” – pp. 3–8. – transl. of secs. 89–92 of 1895b.
- 1970a.2 “Nobelevskaia rech’.” – pp. 9–27. – transl. by A.M. Frenk of 1904a.
- 1970a.3 “Élektromagnitnye iavleniia v sisteme, dvizhushcheisia s liuboiskorost’iu, men’sheiskorosti sveta.” – pp. 28–54. – transl. of 1904c.
- 1970a.4 “Svet i struktura materii.” – pp. 55–68. – transl. by A.M. Frenk of 1907d.
- 1970a.5 “Starye i novye problemy fiziki.” – pp. 69–97. – transl. by A.M. Frenk of 1910g.
- 1970a.6 “Vstupitel’noe slovo na I Sol’veevskom kongresse.” – pp. 98–100. – transl. by A.M. Frenk of 1912h.
- 1970a.7 “Iz diskussii na I Sol’veevskom kongresse. Diskussii po dokladu G.A. Lorentsa “O primenenii teoremy énergii ravnornernogo raspredeleniia k izlucheniiu.”” – pp. 101–108. – transl. by A.G. Baranov of – pp. 40–48 of 1912i.
- 1970a.8 “Iz diskussii na I Sol’veevskom kongresse. Diskussii po dokladu M. Planka. Zakon izlucheniia chernogo tela.” – pp. 109–125. – transl. by A.G. Baranov of: “Discussion du Rapport de M. Planck.” in *Solvay 1912*, – pp. 115–132. – cf. 1912j.
- 1970a.9 “Novye napravleniia v fizike.” – pp. 126–143. – transl. by Iu.S. Pamfilov of 1913i.
- 1970a.10 “Nauchnoe predvidenie.” – pp. 144–154. – transl. by A.G. Baranov of 1921c.
- 1970a.11 “Dve stat’i Anri Puankare o matematicheskoi fizike.” – pp. 155–170. – transl. by A.G. Baranov of 1921e.
- 1970a.12 “Stoletniaia godovshchina Ogiustena Frenelia.” – pp. 171–173. – transl. by A.M. Frenk of 1927b.
- 1970a.13 “Rech’, proiznesennaia po sluchaiu prisuzhdeniia stepeni doktora tekhnicheskikh nauk v Del’fte.” – pp. 174–180. – transl. by Iu.S. Pamfilov of 1918c.
- 1970a.14 “Rech’, proiznesennaia po sluchaiu prisuzhdeniia stepeni doktora meditsiny v sviazi 50–letiem professorskoi deiatel’nosti 11 Dekabria 1925g.” – pp. 181–189. – transl. by Iu.S. Pamfilov of 1926a.

- 1970a.15 "Lord Kel'vin." – pp. 190–198. – transl. by Iu.S. Pamfilov of 1907g.
- 1970a.16 "Érnest Sol've." – pp. 199–201. – transl. by A.M. Frenk of 1914d.
- 1970a.17 "Piter Zeeman." – pp. 202–206. – transl. by Iu.S. Pamfilov of 1925a.
- 1970a.18 "Maks Plank i teoriia kvantov." – pp. 207–220. – transl. of 1925e.
- 1970a.19 "Rech' pri vruchenii profesoru M. Planku medalii Lorentsa." – pp. 221–224. – transl. by A.M. Frenk of 1927a.
- 1970b "Liudvig Bol'tsman." In *L. Bol'tsman, Stat'i i rechi*, pp. 203–234. Moskva: Nauka, 1970.
Transl. by A.L. Shipov of 1907c. – ed. by D.N. Zubarev.
- 1970c "Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light." In C.W. Kilmister, *Special theory of relativity*, pp. 119–143. Oxford [etc.]: Pergamon, 1970.
Repr. of 1904d (sec. 14 and last 4 paragraphs of sec. 13 omitted).
- 1972a "An inquiry into the electrical and optical phenomena in moving systems." In K.F. Schaffner, *Nineteenth-century aether theories*, pp. 247–254. Oxford [etc.]: Pergamon, 1972.
Transl. by K.F. Schaffner of secs. 1–3 of 1895b.
- 1972b "Simplified theory of electrical and optical phenomena in moving systems." In K.F. Schaffner, *Nineteenth-century aether theories*, pp. 255–273. Oxford [etc.]: Pergamon, 1972.
Repr. of 1899f.
- 1972c "Iz diskussii na Sol'veevskom kongresse 27–31 oktiabria 1913 v Brussele." In *Éinshteinovskii sbornik 1971*, pp. 323–348. Moskva: Nauka, 1972.
Transl. by L.N. Liubinskaia of "Discussions" in *Solvay 1921*. – cf. 1921g.
- 1973a "Interferentsionnyi opyt Maikel'sona." In *Printsip otноситel'nosti*, pp. 8–12. Moskva: Atomizdat, 1973.
Transl. of secs. 89–92 of 1895b. – ed. by A.A. Tiapkin.
- 1973b "Élektromagnitnye iavleniia v sisteme, dvizhushcheisia s liuboi skost'iu, men'shei skorosti sveta." In *Printsip otноситel'nosti*, pp. 67–87. Moskva: Atomizdat, 1973.
Transl. of 1904c. – ed. by A.A. Tiapkin.
- 1973c "Dve stat'i Anri Puankare o matematicheskoi fizike." In *Printsip otноситel'nosti*, pp. 189–196. Moskva: Atomizdat, 1973.
Transl. by A.G. Baranov of 1921e. – ed. by A.A. Tiapkin.
- 1973d "O printsipe otноситel'nosti." In *Printsip otноситel'nosti*, pp. 196–197. Moskva: Atomizdat, 1973.
Repr. of sec. 194 of 1934a.

- 1975a “Iz diskussii na I Sol’veevskom kongresse. Diskussiiia po dokladu M. Planka. Zakon izlucheniia chernogo tela.” In *M. Plank, Izbrannye trudy*, pp. 299–310. Moskva: Nauka, 1975.
Transl. by A.M. Frenk of: “Discussion du Rapport de M. Planck,” in *Solvay 1912*, pp. 115–132. – cf. 1912j.
- 1985 “K teorii gravitachii Éinshteina.” In *Éinshteinovskii sbornik 1980–81*, pp. 169–190. Moskva: Nauka, 1985.
Transl. by Iu.A. Danilov of 1917g–1917j.
- 1987 *Selected works of H.A. Lorentz*. Vol. 5. N.J. Nersessian and H.F. Cohen, eds. Nieuwerkerk a/d IJssel: Palm Publications, 1987.
Contents: 1987.1, 1987.2
1987.1 “Aether theories and aether models.” – repr. of 1927h.1.
- 1987.2 “The theory of electrons and its applications to the phenomena of light and radiant heat.” – repr. of 2nd ed. of 1909i.
- 1997 *On the theory of the reflection and refraction of light*. Amsterdam: Rodopi, 1997.
Transl. of 1875b. – Nancy J. Nersessian and H. Floris Cohen, eds. and transl.

INDEX

In this index Lorentz is abbreviated as HAL and World War I as WWI. A page number followed by n indicates an endnote on that page.

- Aachener Printen, 108
- Aberration
and stationarity of ether, 186
possible explanation of by Stokes's theory, 76
HAL's theory of, Planck and HAL on, 82–83
Heaviside's explanation of: HAL on, 186; Bjerknes on, 201–202
Planck's explanation of, 74, 83, 84
- Abraham, Henri, 567
- Abraham, Max, 147n, 148, 362, 576
gravitation theory of, 352
hypothesis of rigid electron of, 200n, 252n
polemic with Einstein on gravitation, 353n
- Action-reaction principle
HAL's abandonment of, 121–123, 123n
- Annalen der Physik*, Wien editor of, 204
- Anschütz Kaempfe, 557n
- Anti-War Council, 518n
- Aston, Francis William, 534
- Atoms, Boltzmann on existence of, 88n
- Aubel, Edmond van, 509, 529, 596
- Aufruf an die Kulturwelt, 426n
conversation between HAL and Planck on, 437
Einstein on, 446, 510, 512
HAL on, 437
Planck on signing of, 427
post-war revocation, Planck on, 560
statement by Planck on, 467, 468, 469–471, 472–473, 474–475, 481
Sudermann as author of, 510
Wien on, 441
- BAAS. *See* British Association for the Advancement of Science
- Bach, Rudolf
pseudonym of Rudolf Förster, 545n
unified field theory of, 545
- Bachem, Albert, 526
gravitational redshift, work on, 521, 534
- Bakhuyzen, Hendricus Gerardus van de Sande, 103, 373
- Bannerjea, Devendra Nath, 559n
- Barkla, Charles, 530
X-ray experiments of, 199
- Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte
Einstein elected member of, 518
receives Kelvin, 90n
- Becquerel, Jean
observations of Faraday effect by, Voigt on, 79
- Bédier, Joseph, booklet by on WWI
HAL on, 425
Planck on, 428, 449
Wien on, 433, 439
- Beek en Donk, Benjamin de Jong van, 517
- Behn, Ulrich, 224
- Belgium
commission to investigate cruelties in, 482; Einstein on, 483–484; HAL on, 488; Planck on, 482
German invasion and occupation of, 404n; HAL on, 425, 436; Wien justifies, 431, 440–441, 454–455
Massart's letter on investigation of cruelties in, 482, 506
- Bennett, James O'Donnell, 431
- Bergson, Henri, 559n, 571
- Berliner, Arnold, 590
- Besso, Michele, 415
- Bethmann-Hollweg, Theobald von, 404n
petition to, 457n
- Bjerknes, Vilhelm
HAL's visit to, 161
objections to electron theory, 161–163; HAL's response, 186–188
on Eichenwald's experiment, 201
on Fresnel dragging coefficient, 201

- on Heaviside's explanation of aberration, 201–202
 on immobility of ether, 200–202
 stay at Columbia University, 202
- Bjerknes, Carl Anton, 163n
- Bjerknes, Jacob, 593
- Black body, radiation emission of in flame
 HAL on, 322–330
 Voigt on, 317–319, 320, 321
- Black-body radiation
 influence of motion on intensity of:
 Planck on, 225; Wien on, 223
- Bogaerts, ?
 HAL asks Planck to intervene for, 493n, 498
- Bohr, Niels, 530, 597
 Einstein visits, 534
- Boissevin, Charles, 560
- Bolton, L., 537n
- Boltzmann, Ludwig, 95, 98, 117n, 181n, 351, 362
 asks HAL for contribution to Loschmidt monument, 47, 50
 cancellation of succession to Kirchhoff, 37n
 death of, 204
 derivation of H-theorem, 6n
 HAL meets for the first time, 72n
 invites HAL to GDNÄ meeting in Düsseldorf (1898), 60; HAL accepts, 61
 memorial lecture by HAL, 211, 214;
 Stark's comments, 217
 memorial lecture by Voigt, 214
 on existence of atoms, 88n
 on kinetic gas theory of polyatomic molecules, 5–6, 10–13, 13–16; HAL's comments, 16–19
 on lack of recognition in Germany, 5
 paper against Tait, 20
 osmotic pressure, paper on: HAL's criticism, 33–34, 39–41; Boltzmann's response, 35–38
 pleased with HAL catching his errors, 35
 sends first volume of *Gastheorie*, 47
 submits paper of HAL, 9, 20
 use of term Ergode, 20, 21n
- Bonnevie, Kristine, 559n
- Born, Max, 298n, 590, 597, 601, 602, 653, 657
- Bosscha, Johannes, 85
 70th birthday celebration, 132
- Bothe, Walther, 568, 592, 594
- Bouts, Dirck, 423
- Bragg, William Henry, 366, 382, 473, 509, 529, 543, 576, 596
- Bragg, William Lawrence, 473, 530n, 597, 653
- Brillouin, Léon, 530n, 543, 597
- Brillouin, Marcel, 366, 509n, 529, 543
- British Association for the Advancement of Science (BAAS)
 meeting in Cambridge (1904), 143n, 159n, 160
 HAL attends 1913 meeting of, 382
- Brogie, Louis de, 530, 594, 597, 599, 637, 640, 653, 654
 Einstein on dissertation of, 568
- Brogie, Maurice de, 354, 366, 530n
- Brotherus, Hjalmar Viktor, 355
 experiments of on light emission, 364
- Bryan, George Hartley
Encyklopädie article of, HAL's corrections of, 140
- Bucherer, Alfred
 experiments on electron mass, 258, 259
- Budde, Emil Arnold, 72
- Bumstead, Henry Andrews, 223
- California Institute of Technology
 Einstein's planned visit to, 570
 HAL's stays at, 570n, 641n, 642, 643
 Schrödinger's visit to, 643n, 646
- Cambridge University, honorary doctorate for Voigt at, 91
- Campbell, Norman, 349
 dispute with Wiechert, 350n
- Canal rays, 216, 303
 Einstein's proposed experiment on, 547–550
 Stark's theory for intensity of, 209, 212–213
 Stark effect of in magnetic field, 393
 Wien's experiments on, 115, 217, 219, 226, 250

- Casares, Julio, 658
- Casement, Roger
 open letter to Grey, 424
- Castro, Aloisio de, 559n
- Cauchy equation for torsion, 1
- Central Organization for a Durable Peace,
 518n
- Chodat, Robert-Hippolyte, 482
- Christiania, 203n
- Churchill, Winston, 419
- Chwolson, Orest, 473
- Cicero, 344n
- C.I.C.I. *See* Commission Internationale de
 Coopération Intellectuelle
- C.I.R. *See* Conseil International de
 Recherches (C.I.R.)
- Classen, Johannes Wilhelm
 experiments on Einstein-De Haas effect,
 542
- Cohn, Emil, 236
- Colenbrander, Herman Theodoor, 421
- Columbia University
 Bjerknes's lectures at, 188, 202
 HAL's lectures at, 188, 199
 Planck's lectures at, 267n, 268, 285
 Wien's lectures at, 372n
- Commission Internationale de
 Coopération Intellectuelle (C.I.C.I.)
 Einstein on national committees of, 658–
 659
 Einstein's reappointment to, 555n, 566
 Einstein's resignation from, 555n
 German national committee of, 568,
 569–570
 HAL as member of, 555n, 558, 563n
 members of, 559n
 submissio on bibliography of, 567
 submission on meteorology of, 592,
 593
- Compton, Arthur Holly, 597, 653
- Congrès International de Physique (1900)
 HAL's paper at, 105n
 Voigt's paper at, 105n
- Conseil International de Recherches
 (C.I.R.), 563n, 574, 596, 599, 600,
 620
 Germany invited to join, Planck on, 648
 planned special meeting of, 584n, 596,
 599, 600, 620
 possible German membership of, 575,
 576, 599, 599n
- Contraction hypothesis. *See* Lorentz-
 FitzGerald contraction
- Coordinate systems, preferred
 Einstein on, 415–416
 HAL on, 408–410
- Coriolis force, 416
- Cornell University
 HAL's lectures at, 641n, 642
- Coster, Dirk, 516
- Cotton, Aimé
 on Zeeman effect, 284
- Crookes, William, 82n
- Crystallography, Voigt's paper on, 227–
 228
- Crystals
 degrees of freedom and specific heat of,
 501, 503–504
 physics of, Voigt's book on, 66
- Curie, Marie, 366, 529, 543, 558, 559n,
 562, 563, 571, 593, 596
- Donder, Théophile de, 598n
 Einstein criticizes paper by, 493
- De la Vallée Poussin, Charles, 496, 497,
 499
- Debye, Peter, 341n, 369n, 597
 at University of Göttingen, 394, 475
 at University of Utrecht, 354, 355n
 recommended for HAL's chair in
 Leiden, 362
- Delcambre, Émile, 593
- Des Coudres, Theodor, 57
- Deslandres, Henri, 597
- Destrée, Jules, 559n
- Diffraction, experiment on by De Haas,
 503n
- Dipole, electric, Einstein on radiation of,
 340
- Dirac, Paul Adrien Maurice, 598
- Dispersion
 HAL's theory of, 172–174, 225, 230
- Donder, Théophile de, 598n
 Einstein criticizes paper by, 493
- Double refraction, magnetic, Voigt's paper
 on, 79n
- Dreyfus affair, 482

- Droste, Johannes
 collaboration with HAL, 489
- Drude, Paul, 205n
 death of, 204
 electron theory of metals, 244, 248, 293
 succeeded by Rubens, 204n
- Du Bois, Henri, 300n, 330n, 495
- Duhem, Pierre, 473
- Dutch Physical Society. *See*
 Nederlandsche Natuurkundige
 Vereeniging
- Dutch Society of Sciences
 Einstein invited to meeting of, 553
 Voigt's membership of, 135
- Dyck, Walther von, 251
- Earth
 dragging along air, Planck and HAL on,
 73–74, 75–76, 77–78, 80–81
 dragging along ether, Planck and HAL
 on, 74, 83, 84
- Eddington, Arthur Stanley, 513n, 514
Space, time and gravitation: Einstein on,
 534; HAL on, 533
 unified theory of, Einstein on, 545
- Eeden, Frederik van, 297, 421
- Egoroff, N.
 experiment with Georgiewsky on
 magneto-optics, 364
- Ehrenfest, Paul, 354n, 461, 487, 522, 525,
 530, 558, 561, 597, 601, 655
 address of in Petersburg, 353
 candidate for HAL's chair in Leiden,
 362, 362n, 363
 Einstein's comment to on possible
 succession of HAL, 352n
 HAL asks Voigt information on, 363n
 invited by HAL, 560
 Planck on, 362
 possible successor of Einstein in Prague,
 361
 Sommerfeld on, 353, 361–362
 succeeds HAL, 352n
 trip to USA, 565
 urges Einstein to accept call to Leiden,
 512n
- Ehrenfest-Afanassjewa, Tatiana, 362
- Eichenwald, Aleksandr
 experiment of, Bjercknes on, 201
- Eidgenössische Technische Hochschule
 (ETH)
 Einstein's appointment at, 351
 Laue's candidacy for Einstein's chair at,
 378
- Einstein, Albert, 359, 366, 530, 572, 597
 appointed at ETH, 351
 appointed member of Bataafsch
 Genootschap der Proefondervindelijke
 Wijsbegeerte, 518
 appointed member of Royal Dutch
 Academy of Sciences, 528, 529
 appointed member of Prussian Academy
 of Sciences, 380
 asks HAL to help restore international
 relations, 443–444
 attacked in Berlin, 535
 awarded gold medal of Genootschap ter
 Bevordering van Natuur- Genees- en
 Heelkunde, 563n
 awarded Nobel Prize, 552
 calculational error of, 345, 346
 cancels lecture at fifth Solvay
 Conference, 651–652
 collaboration with De Haas, 413
- Commission Internationale de
 Coopération Intellectuelle (C.I.C.I.):
 resignation from, 555n; reappointed to,
 555n, 566
- commission to investigate WWI war
 crimes: asks HAL's help with, 505,
 505–507, 508–509
- congratulates HAL on 70th birthday, 555
- criticizes paper by De Donder, 493
- criticizes Lorentz-FitzGerald contraction
 hypothesis, 410
- debate with Lenard at Bad Nauheim
 meeting, 538n
- declines call to Leiden, 512n, 515
- defends light quantum, 280
- Einstein-Grossmann theory of
 gravitation: on covariance of, 379, 381;
 on mistake in, 458–459; on reasons for
 abandoning, 461; on relativity of inertia
 in, 380; response to HAL's critique of,
 414–415
- energy momentum tensor, on symmetry
 of: in Einstein-Grossmann theory of

- gravitation, 381; in special relativity, 381
- ether, 517; on metric field as , 480–481; rejection of, 410
- finds covariant theory of gravitation, 461, 462
- first to formulate Lorentz transformation, HAL on, 357
- first to postulate general validity of principle of relativity, HAL on, 347, 358, 360
- HAL, on admiration for, 340
- HAL on friendship with, 558
- HAL on health of, 487
- HAL sends program of fourth Solvay Conference, 554
- HAL sends program of third Solvay Conference, 541
- hatches scientific eggs, 351
- health of, Planck on, 495, 498, 503
- ill with stomach trouble, 488n
- in southern Germany with sons, 538
- inaugural lecture in Leiden, 521, 526, 538
- invited as member of Solvay Committee, 596; accepts, 599
- invited by HAL to succeed him, 348; comment to Ehrenfest on, 352n; declines, 351
- invited to fifth Solvay Conference, 597
- invited to fourth Solvay Conference, 553; declines, 557; HAL's reaction, 559
- invited to Netherlands by HAL for relaxation, 487
- invited to third Solvay Conference, 529; accepts, 531; declines, 541
- lecture in Leiden, 330, 334n
- Maxwell's equations, on modification of, 281, 283
- may help De Haas in Berlin, 378
- meets with Kamerlingh Onnes, 333
- mother: illness of, 515, 521; death of, 525, 526
- nominated for Nobel Prize by Wien, 390n
- on Abraham's theory of gravitation, 352
- on Aufbruch an die Kulturwelt, 446, 510, 512
- on boundary conditions in gravitation theory, 416
- on commission to investigate cruelties in Belgium, 483–484
- on death of Kamerlingh Onnes, 592
- on dipole radiation, 340
- on dissertation of Louis de Broglie, 568
- on Eddington's *Space, time and gravitation*, 534
- on Einstein tower, 565
- on Einstein-De Haas effect, 456
- on energy exchange between ether and matter, 280
- on energy fluctuations of quantized resonators, 333
- on ETH appointment, 346
- on experiment by Bothe, 592
- on experiment by Hertz, 564
- on German national committee of C.I.C.I., 568, 569–570
- on gravitational waves, 480
- on HAL's paper on absorption and dispersion of light, 456
- on Hall effect, 539
- on Hamiltonian formulation of general relativity, 463–464, 465
- on Hasenöhr as Boltzmann's successor, 351
- on health of Langevin, 564
- on infrared proper frequencies and Bohr's theory, 531
- on light quantum as singularity in vector field, 281–282
- on Lille publication of war crimes commission, 511, 521, 526
- on Lorentz-FitzGerald contraction, 417
- on matrix mechanics, 592
- on Miller's experiments, 638
- on mistake in paper on Einstein-De Haas effect, 434
- on mystery of wave mechanics, 649
- on national committees of C.I.C.I., 658–659
- on nationalism, 446
- on needed generalization of Planck's approach, 280
- on own abilities and achievements, 523
- on own health, 489
- on photochemical equivalence, 351–352

- on photoelectric effect and light quantum hypothesis, 282
- on planned special meeting of C.I.R., 599, 600
- on possible appointment in Utrecht, 340
- on possible German membership of C.I.R., 599
- on postwar mood in Germany, 511–512
- on preferred coordinate systems, 415–416
- on quantum theory from
 - overdetermination in field theory, 564
- on Rupp's experiments, 638
- on spatially closed universe, 517
- on special meeting of C.I.R., 600
- on Stokes's rule and light quantum hypothesis, 282
- on superconductivity in plate, 539
- on theory of static gravitational field, 352
- on unified theories of Eddington and Bach, 545
- on zero-point energy, 447
- paper on unified field theory, 585–586; HAL on, 577–582, 582–584
- planned visit to California Institute of Technology, 570
- polemic with Abraham on gravitation, 353n
- popular lecture in Leiden, 527, 528
- possible appointment in Utrecht, 341n, 341n, 344
- praises HAL's Rome lecture, 267
- proposed electron model, 586–588
- proposed experiment on canal rays, 547–550
- sends paper on radiation theory, 265
- signs peace petition by Europeesche Statenbond, 422n
- Sommerfeld on personality of, 297
- special professorship in Leiden: HAL on, 524, 525; offered, 518–519, 522–523; accepted, 520, 523; appointment delayed, 527n, 529, 531, 532, 533; appointment, 535
- special relativity, Sommerfeld's comments on, 206
- stay in Leiden because of death threat, 562n
- thanks HAL for telegram, 418
- trip to Japan, 553n
- trip to South America, 572n
- trip to USA, 542, 544
- Van Suchtelen, on brochure by, 457
- visits Bohr, 534
- visits Kristiania, 533n
- visits Sweden, 554
- wants Ehrenfest as successor in Prague, 361
- worries about teaching in Leiden, 520
- Einstein Tower, 565, 566
- Einstein, Eduard, 457n, 538n
- Einstein, Hans Albert, 457n, 538n
- Einstein-De Haas effect, 418n
 - Classen's experiments on, 542
 - differring values for, 542n
 - experiment in Haarlem on, 456
 - mistake in paper on, 435n
- Einstein-Grossmann theory. *See* Gravitation, Einstein-Grossmann theory of
- Eisler, Robert, 571, 573, 582, 586
- Ekman, Vagn Walfrid, 188
- Elasticity, Poisson's theory of, 1, 3
- Electric force, induced by motion of magnet in ether
 - HAL on, 72
 - Wien on, 71
- Electrodynamics, Wiechert's theory of (*see* Wiechert)
- Electron
 - Bucherer's experiments on mass of, 258, 259
 - deformable: HAL ready to abandon, 203; HAL's comment on Kaufmann's experiments on, 198
 - Einstein's model of, HAL on, 586–588
 - free oscillations of, 251
 - in magnetic field, Einstein on, 340
 - massless, Van der Waals Jr. on, 270
 - quasi-stationary motion of, Sommerfeld on, 251
 - rigid, Abraham's hypothesis of, 200n, 252n
- Electron spin, Goudsmit's and Uhlenbeck's hypothesis of, 640
- Electron theory
 - and quantum hypothesis, Wien on, 249
 - Bjerknes's objections to, 161–163;

- HAL's response, 186–188
 of metals, Drude's, 244, 293; Wien on, 248, 371
 Sommerfeld's papers on, 148, 165, 167; Wien on, 170
 seeming incompatibility with relativity principle, HAL on, 221
 Elias, Gerhard Joan, 479n
 appointed *Conservator* at Teyler's Foundation, 300, 302
 Emden, Robert, 108
Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften
 Bryan's article for, HAL's corrections of, 140
 funding of, 99n
 HAL's article on magneto-optics for, 238, 239, 257, 261–262, 266
 HAL's planned articles for, 92–93, 93–94, 94–95, 98–99, 125–127; notation and units in, 137–138
 Love's article for, 192
 plans for, 93n
 Pockels's article for, 99n
 Reiff's article for, 140
 Runge's article for, 144
 Wien's planned article for, 114; connection with HAL's articles, 127, 129; HAL's collaboration on, 124, 126, 143, 144
 Energy fluctuations, of quantized resonators, 333
 Energy element, Wien's interpretation of, 222
 Energy-momentum tensor, symmetry of, Einstein on, 381
 England
 accused by Voigt of lies, 423
 accused by Voigt of wanting to destroy Germany, 419, 422; HAL's response, 421
 HAL on visit to, 554
 Entropy, of radiation
 HAL on, 291, 293
 Planck on, 288
 Epstein, Paul Sophus, 643
 Equipartition theorem, HAL on validity of, 245
 ETH. *See* Eidgenössische Technische Hochschule
 Ether
 and hypothesis of distant masses, HAL on, 478
 choice between stationary and moving, Planck on, 81
 degrees of freedom, limitation of: HAL on, 276; Planck on, 287
 Einstein on, 517
 Einstein's rejection of, HAL on, 410
 energy equilibrium with matter: HAL on, 245–247; Jeans's theory for, 240, 241; Planck on, 240–241, 255–256, 387, 503; Sommerfeld on, 252
 energy exchange with matter: Einstein on, 280; HAL on mechanism of, 291; HAL on role of free electrons in, 271, 291, 293; HAL's theory for quantized ether, 272–273; Planck on, 259, 285–286, 287–288, 295–296; Planck on role of free electrons in, 286, 287–288, 295
 Fresnel's theory for, 23, 24n
 fundamental equations of, modification of, 277
 immobility of: HAL on, 186; Bjerknes on, 200–202
 incompressibility of, abandoned to explain aberration, 76
 Laue on existence of, 342n
 mechanical explanation of phenomena in, HAL on possibility of, 187
 metric field as, Einstein on, 480–481
 motion of, Wien and HAL on, 68, 69–70
 motion of charged body in, magnetic field induced by, 68, 69
 motion of magnet in, electric force induced by, 71, 72
 Stokes's theory of, 43, 74, 76, 84
 thought experiment by HAL on existence of, 476–478; Einstein on, 480–481
 Wiechert's paper on, 341, 544
 Etingshausen, Albert von, 9, 10n, 13
 Etingshausen-Nernst effect, 10n
 Europeesche Statenbond, peace petition by, 419–420, 420n, 421, 422n
 Evaporation of fluids, Voigt on theory for, 57–59
 Everdingen, Ewoud van, 593
 Evershed, J., 521

- Faraday effect
 connection with Zeeman effect, Voigt's paper on, 79
 in sodium vapor, demonstrated by Righi, 86
 observed by Macaluso/Corbino and Becquerel, 79
- Fermi, Enrico, 652
- Fischer, Emil, 446
- FitzGerald, George Francis, 45n
 on priority of contraction hypothesis, 45
- Fizeau, Hippolyte
 experiment of, 32, 74
 experiment on rotation of plane of polarization of light, 43
- Fluid motion
 Wien's question on, 189–190; HAL's reply, 192–198
 HAL's paper on, error in, 106–108, 109, 112–114; 192
- Fluids, evaporation of (*see* Evaporation, of fluids)
- Force, intermolecular, Voigt on, 501
- Förster, Rudolf. *See* Bach, Rudolf
- Fowler, Ralph H., 597
- France, feelings on WWI in, HAL on, 436
- Franck, James, 601, 602
- Fresnel, Augustin Jean
 ether theory of, 23, 24n
 ether-dragging hypothesis of, 43
- Fresnel dragging coefficient
 Bjerknes on, 201
 Wien's criticism of HAL's derivation of, 228, 230, 234, 235; HAL's response, 231–232
- Freundlich, Erwin, 565
- Galizin, Boris, 473
- Gambetta, Léon, 430
- Gamma rays
 Paschen's experiments on, 167
- Gauss-Weber celebration, 87, 90, 91, 92
 HAL invited to by Voigt, 87; declines, 89
- GDNÄ meeting in Aachen (1900), 136
 HAL's attendance of, 105n, 109n, 114n
 Wien's attendance of, 114n
- GDNÄ meeting in Bad Nauheim (1920)
 Einstein's debate with Lenard at, 538n
- GDNÄ meeting in Düsseldorf (1898)
 HAL invited to give lecture at, 60, 61, 61n
 HAL's lecture at, 68n
 Wien's lecture at, 68
- GDNÄ meeting in Hamburg (1901), 130n
- GDNÄ meeting in Merano (1905)
 HAL declines invitation to attend, 184
- Gehlhoff, Georg, 569n
- Geiger, Hans
 experiment with Bothe, 568
- Genootschap ter Bevordering van Natuur-Genees- en Heelkunde, awards gold medal to HAL and Einstein, 563n
- Geodetic precession, 526
 HAL on, 524
- Georgiewsky, N.
 experiment with Egoroff on magneto-optics, 364
- Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. *See* GDNÄ
- Goethe, Johann Wolfgang von, 354
- Goldschmidt, Robert, 366, 382
 discharged from Solvay Committee, 509
- Goot, D.H. van der, statement by, 396, 432n
 role of HAL and Ehrenfest in, 396n
 Stark's angry reaction, 401–402; HAL's response, 402
- Goudsmit, Samuel, 640
- Gouy, Louis Georges, 366
- Gravitation
 Einstein finds covariant theory of, 461, 462
- Gravitation, Einstein-Grossmann theory of
 Einstein on boundary conditions in, 416
 Einstein on mistake in, 458–459
 Einstein on reasons for abandoning, 461
 Einstein on relativity of inertia in, 380
 HAL on covariance properties of, 379, 381, 406–408; Einstein's response, 414–415
- Gravitation, theory of, polemic between Einstein and Abraham on, 353n
- Gravitational field, static, Einstein on theory of, 352
- Gravitational light deflection
 observed, 513n, 514, 516
 predicted by general relativity, 513n

- Gravitational redshift
 Einstein on, 521
 Grebe's and Bachem's work on, 521, 534
- Gravitational waves, Einstein on, 480
- Grebe, Leonhard, 526
 work on gravitational redshift, 521, 534
- Grey, Edward
 cited by Wien on destruction of
 Germany, 441
 open letter from Casement, 424
- Grommer, Jakob, 579
- Group velocity, and speed of light, 219n
- Grüneisen, Eduard, 366
 lecture at second Solvay Conference, 373
- Guye, Philippe, 496, 596
- Haarlem
 1899 meeting in, 85
 HAL's planned move to, 363n
- Haas, Albert de, 338, 370n
- Haas, Aletta C. de, 383n
- Haas, Arthur Erich
 atomic model of, 335n
- Haas, Hendrik Antoon de, 508n
- Haas, Marc de, 55n, 508n
- Haas, Wander Johannes de, 330n, 370n,
 503n, 530
 appointed *Conservator* of Teyler's
 laboratory, 478, 479n
 appointed professor in Delft, 491
 appointed professor in Leiden, 574n
 collaboration with Einstein, 413
 diffraction experiment of, 503n
 doctorate of, 330n
 Einstein may help in Berlin, 378
 engaged to Geertruida Luberta Lorentz,
 270n
 move from Berlin to Netherlands, 438n
 move to Deventer with family, 456
 paper at third Solvay Conference, 542
 wedding with Geertruida Luberta
 Lorentz, 319n
- Haber, Fritz, 596, 599, 600
- Haga, Herman, 117n, 123, 209, 558
 X-ray experiments of, 99n, 198, 249
- Hagen, Ernst, 244, 293n
- Haldane, Richard Burton, 554
- Hale, George Ellery, 559n
- Hall effect, Einstein on, 539
- Hallock, William, 188, 202
- Harnack, Adolf von, 468
- Harvard University, Voigt's planned
 lectures at, 394
- Hasenöhrl, Friedrich, 351, 366
- Heaviside, Oliver, explanation of
 aberration by
 Bjerknæs on, 201–202
 HAL on, 186
- Hebrew University of Jerusalem, planned
 creation of, 541
- Heger, Paul, 506
- Heine, Heinrich, 418
- Heisenberg, Werner, 597, 601, 602, 638,
 653, 654, 657
- Helium
 erroneously claimed to be solidified by
 Kamerlingh Onnes, 237
 liquified by Kamerlingh Onnes, 253
- Helmholtz, Hermann von
 monument for, 48
- Henriot, Émile, 598n
- Herglotz, Gustav, 148, 251
- Hertz, Gustav
 Einstein on experiment of, 564
- Hertz, Paul, 251, 564n
- Herzfeld, Karl, 371
- Hettner, G., 531
- Heymans, Gerard, 421
- Hicks, William Mitchinson
 paper on Michelson-Morley experiment:
 HAL on, 148–150; Wien on, 145, 147
- Hilbert, David, 88n, 298, 311, 484
 choice of Lagrangian in gravitation
 theory by, 485n
 invites HAL to Göttingen, 392n
- Hitler, Adolf, 570n
- Hoff, Jacobus Henricus van 't
 health of, 224
- Hoff, Johanna Francina van 't, 224
- Hole argument against general covariance,
 413n
- Horace, 49n
- Hostelet, Georges, 459
- H-theorem, 13n
 Boltzmann's derivation of, 6n
- Hydrodynamics
 critical velocity in, 109, 110

- mechanical analogy to, Sommerfeld on, 109–110
See also Fluid motion
- Ibels, Willem Alfons, 403n
- Induction, unipolar, 71
- Inertia, relativity of
 in Einstein-Grossmann theory of gravitation, 380
 Mach on, 413n
- Institut International de Coopération Intellectuelle, 582
 HAL on, 571–572
 Luchaire director of, 571
- International Research Council. *See* Conseil International de Recherches (C.I.R.)
- Ions
 HAL's use of term, 70n
 rotation of in magnetic field: HAL on, 111–112; Wien on, 114
- Japan, Einstein's trip to, 553n
- Jeans, James Hopwood, 366, 382, 530
 theory for energy equilibrium between ether and matter, 240; HAL on, 245, 246; Wien on, 241
- Jordan, Pascual, 590
- Juliana, Princess, birth of, 270
- Julius, Willem Henri, 341n, 345
 lecture at 1899 Haarlem meeting, 85
- Julius, Victor A., 611n
- Kaiser, Johan Wilhelm
 death of, 118n
- Kaiser, Elisabeth Louise, 403n, 507n
- Kamerlingh Onnes, Heike, 117n, 117, 118n, 123, 131, 133, 300, 334n, 348, 366, 509n, 522, 526, 529
 25th anniversary of doctorate, 150, 159n
 death of, 591; Einstein on, 592
 erroneous claim of solidification of helium, 237
 HAL on health of, 491
 hosts Stark, 207
 liquifies helium, 253
 meets with Einstein, 333
- Kapp Putsch, 526
- Kaufmann, Walter, experiments with electrons, 220
 HAL on, 198
 Sommerfeld on, 206
- Keesom, Willem Hendrik, 333, 334n
 possible candidate for Laue's chair at University of Zurich, 378
- Kelvin, Lord (William Thomson), 108, 160
 HAL on conversation with, 90
 visits Rotterdam, 90
- Kinetic gas theory, of polyatomic molecules
 Boltzmann on, 10–13, 13–16; HAL's comments, 16–19
 HAL's manuscript on, 5–6, 7–9
 Wolfskehl lectures on, 369n
- Kirchhoff, Gustav
 Boltzmann's cancellation as successor of, 37n
- Kirchhoff's law
 Voigt on validity of, 364, 369
- Klein, Felix, 95, 361
 HAL meets, 57
 invites HAL to GDNÄ meeting in Düsseldorf (1898), 61n
 plans for *Encyklopädie*, 93n
 Schrödinger on work of, 640
- Klein, Oskar, 638, 639
 stay in Leiden, 621
- Klinkhamer, Jacob Frederik, 565n
- Knudsen, Martin, 366, 509n, 529, 596
- Koch, Peter Paul, 353
- Koppel, Leopold
 donates money to Prussian Academy of Sciences, 380n
- Kramers, Hendrik Anthony, 597
- Kristiania, 203n
 Einstein's visit to, 533n
- Krüß, Hugo, 497
- Kruyt, Hugo, 599n
- Kuenen, Johannes, 181n, 348, 522
- Kuttner, Max
 rebuttal of Bédier's booklet on WWI, 449

- Lagrangian, for system of planets, HAL on, 487–488
- Langevin, Paul, 178, 366, 530, 543, 592, 596, 652
 health of: HAL on, 562; Einstein on, 564
- Langmuir, Irving, 598
- Larmor, Joseph, 94, 160, 473, 530
Aether and Matter, Wien on, 129
 on rotation of plane of polarization, 129
- Lasareff, Peter, 590
- Laue, Max (von), 116n, 362, 366, 572, 573
 candidate for Einstein's chair at ETH, 378
 dispute with Wiechert, 349
 lecture at second Solvay Conference, 373
 on existence of ether, 342n
 paper against Wiechert, 341
- Lebedew, Piotr, 353
- Lecher, Ernst
 experiment by, 479n
- Leemhorst, H.C., 491
 engaged to Johanna Wilhelmina Lorentz, 336n
- Lenard, Philipp, 366
 debate with Einstein at Bad Nauheim meeting, 538n
- Levi-Civita, Tullio, 166
- Leiden University Fund, 519n
- Light
 absorption and dispersion of, Einstein on
 HAL's paper on, 456
 emission of, Brothrus's experiments on, 364
- Light absorption, and light quantum, 275
- Light quantum
 and light absorption, 275
 as singularity in vector field, 281–282
 HAL on behavior of, 548–550
 HAL on indivisibility of, 307
 HAL on size of, 274–275, 305, 306
 HAL's paper on, 305; Stark on, 304
 Stark and HAL on aggregates of, 304, 305–307, 309–310
- Light quantum hypothesis
 Einstein's defense of, 280
 HAL rejects, 266
 HAL's objections to, 274–276
 Planck prefers wave theory over, 500
 Planck rejects, 285, 295
 and Stark's interference experiment, HAL on, 313
 Sommerfeld rejects, 297
 Wien rejects, 268
- Light refraction, in solar atmosphere
 HAL's calculation on, 514–515
- Light, scattering of, in atmosphere, HAL's ideas on, 224
- Lille
 publication on by war crimes commission, 511, 521, 526; HAL on, 524
- Lindemann, Carl Louis Ferdinand
 controversy with Sommerfeld, 236
- Lindemann, Frederick A., 366
- Lithium, Stark effect of, 444–445, 447–448, 450–452, 452–453, 460
- Lloyd George, David, 431, 454
- Local time, HAL on, 357
- Locarno-Pact, 582
- Lodge, Oliver, 473
 paper on aberration, 45
- Lohuizen, Teunis van, 540
- Lorentz, Hendrik Antoon, 392n, 529
 70th birthday, 555, 556, 558
 action-reaction principle, abandonment of, 121–123
 allowed to continue lecturing, 558
 appointed corresponding member Prussian Academy, 180
 appointed foreign member of Göttingen Academy, 211
 appointment at Teyler's Foundation, 300, 301
 at end of Latin, 203
 attends 1913 meeting of BAAS, 382
 attends Volta Congress, 641, 647
 awarded gold medal of Genootschap ter Bevordering van Natuur- Genees- en Heelkunde, 563n
 awarded order Pour le mérite, 257n
 becomes extraordinary professor in Leiden, 363n
 California Institute of Technology, stays at, 570n, 642, 643
 called dogmatic by Stark, 309; protests, 313; Stark retracts, 315
 condemns invasion of Belgium, 403
 conversation with Kelvin, 90

- death of father-in-law, 118n, 119, 123, 125
 declines offer of professorship in Munich, 181n
 doctorate, 25th anniversary of, 117n; congratulations, 116, 117; *Festschrift*, 117n, 118, 119, 120, 121, 123, 125
 doctorate, 50th anniversary of, 589n, 589, 590, 591
 edits Solvay proceedings, 343
 failed attempt at theory for viscosity, 54
 introduces contraction hypothesis, 43
 invited for lecture at Prussian Academy, 546
 invited to Gauss-Weber celebration, 87; declines, 89
 invited to Göttingen by Hilbert, 392n
 invited to present paper at GDNÄ meeting in Düsseldorf (1898), 60, 61, 61n
 invited to stay with Voigt, 298, 299
 invites Voigt to Haarlem meeting, 85, 86, 87
 lectures at Columbia University, 188, 199
 lectures at Cornell University, 642
 lectures on general relativity, 476
 meets Boltzmann, 72n
 meets Planck, 72n
 C.I.C.I.: member of, 555n; meeting of, 558
 memorial lecture on Boltzmann, 211, 214; Stark on, 217
 nominated for Nobel Prize by Wien, 390n
 nominates Planck for Nobel Prize, 389
 on friendship with Einstein, 558
 on history of Lorentz transformation, 356–358
 on possible appointment in Munich, 48
 on possible reform of university curriculum, 102
 on priority of contraction hypothesis, 45
 on visit to England, 554
 planned move to Haarlem, 348, 363n
 presides first Solvay Conference, 337n
 reviews Voigt's book on magneto-optics, 253
 role in peace petition, 420n
 shocked and saddened by WWI, 402, 424–426; Planck's response, 427–429; Wien's response, 429–432
 succeeded by Ehrenfest, 352n
 University of Göttingen, honorary doctorate from, 89
 USA, stay in, 641n
 visits Stark, 213, 214, 215, 216
 visits Voigt, 54, 55, 56, 211, 214
 Wolfskehl lectures in Göttingen, 298n, 299, 311, 316, 317
 Lorentz Fund, 621n
 Lorentz Medal, awarded to Planck, 647
 Lorentz transformation
 HAL on Einstein's priority of, 357
 HAL on history of, 356–358
 Voigt's early formulation of, 347, 350; HAL on, 358
 Wiechert on possible error in, 350; HAL's reply, 356
 Lorentz, Geertruida Luberta (Berta), 370n
 accompanies HAL to New York, 200n
 engaged to De Haas, 270
 move from Berlin to Netherlands, 438n
 receives gift from Voigt, 88
 wedding with De Haas, 319n
 Lorentz, Johanna Wilhelmina (Hannie), 221n, 299, 363
 engagement of, 336n
 receives gift from Voigt, 88
 Lorentz, Rudolf, 185, 221n, 363
 Lorentz-FitzGerald contraction
 as ad hoc hypothesis, 410
 due to molecular forces, HAL on, 411
 Einstein on, 410, 417
 HAL's introduction of, 43
 HAL and FitzGerald on priority of introduction of, 45–46
 Poincaré's critique of, 410
 Loschmidt, Johann Josef
 planned monument for, 47, 50
 Louvain, German war actions in, 423, 508
 Love, Augustus Edward Hough
 Encyklopädie article of, 192
 Luçhaire, Julien, 571, 593
 director of Institut International de Coopération Intellectuelle, 572n

- Lüders, Heinrich, 599n
- Macaluso, D. and O.M. Corbino
 observations of Faraday effect, Voigt on, 79
- Mach, Ernst, 261n, 415
 hypothesis of distant masses, HAL on, 478
 critique of Newton, 380
 on relativity of inertia, 413n
- Magnetic field, induced by motion of
 charged body in ether, 68, 69
- Magneto-optics
 Egoroffs and Georgiewsky's experiment
 on, 364
 Voigt's approach in, 88n
 Voigt's book on, 239
- Marić, Mileva, 457n, 538n
- Martin, Johann Karl Ludwig, 269
- Massart, Jean
 letter on investigation of cruelties in
 Belgium, 482, 506
- Matrix mechanics
 Einstein on, 592
 HAL on, 594
 Planck on, 590
 relation with wave mechanics,
 Schrödinger on, 594–595
- Maxwell stresses on ether, HAL on, 187
- Maxwell's equations, Einstein on
 modification of, 281, 283
- Mechanics, electromagnetic foundation of,
 HAL on, 124
- Meitner, Lise, 560
 trip to Netherlands, 561
- Mendelsohn, Erich
 architect of Einstein Tower, 566
- Mendenhall, Charles Elwood, 643
- Merck, Marie
 death of, 294n
- Merritt, Ernest George, 641, 647
- Metals, electron theory of. *See* Electron
 theory, of metals
- Michelson, Albert Abraham, 22, 23, 32,
 91, 543, 646
 visits Göttingen, 336
- Michelson-Morley streaming water
 experiment, Planck on, 74, 81
- Michelson-Morley ether-drift experiment,
 22, 23, 31
 contradiction with Fresnel's hypothesis,
 HAL on, 43
 HAL's calculation on, 24–30
 in water, HAL on, 150, 165
 paper by Hicks on: HAL on, 148–150;
 Wien on, 145, 147
 Wien on, 145
- Mie, Gustav
 choice of Lagrangian in gravitation
 theory, 485n
- Miller, Dayton C.
 Einstein on experiments of, 638
- Millikan, Robert A., 530, 544, 559n, 571,
 643, 646
 possible invitation to fifth Solvay
 Conference, 646, 649
 attends Volta Congress, 646
- Minkowski, Hermann
 death of, 263
 four-dimensional formulation of special
 relativity, Sommerfeld's use of, 297n
- Molecules, influence of finite size of on
 pressure, 51, 52–54, 55
- Morocco, crisis in, 424n
- Motion, absolute and relative
 thought experiment by HAL on, 476–
 478; Einstein on, 480–481
- Murray, Gilbert, 559n
- Nabl, Josef, 96n
- Nederlandsche Natuurkundige
 Vereeniging (Dutch Physical
 Society)
 refuses to join Union internationale de
 physique, 563n
- Nernst, Walther, 9, 10n, 13, 55n, 57, 224,
 337n, 366, 369n, 468, 483
 discharged from Solvay Committee, 509
 HAL meets, 57
 mastery of French, Einstein on, 510
- Neumann, Franz, 3n, 4
- Newton, Isaac
 bucket experiment of, 479n
 Mach's critique of, 380
 on existence of absolute space, 413n
- Nichols, Ernest Fox, 269

- Nobel Prize
 awarded to Einstein, 552
 awarded to HAL and Zeeman, 139n, 140, 139, 141
 awarded to Planck, 519
 criteria for, Wien on, 390
 Einstein and HAL nominated by Wien, 390n
 Planck nominated by HAL, 389
 Planck nominated by Wien, 390
 Noyons, Adriaan Karel Marie, 507, 508
- Oppenheim, Jacques, 532
 Oslo, 203n
 Osmotic pressure, in dilute solutions,
 HAL's criticism of Boltzmann's
 paper on, 33–34, 35–38, 39–41
 Ostwald, Wilhelm, 42n
- Painlevé, Paul, 592, 594, 596, 599n, 600
 Paschen, Friedrich,
 experiments on gamma-rays, 167
 paper on canal rays, Stark on, 216
 Pauli, Wolfgang, 597, 601, 602
 Pegram, George Braxton, 224
 Périgord, Paul Hélié, 558, 559n
 Perrin, Jean, 366, 530
 Photochemical equivalence, Einstein on
 law of, 351–352
 Photoelectric effect
 and light quantum hypothesis, Einstein
 on, 282
 triggering hypothesis for, 277
 Picard, Émile, 584n, 600
 Piccard, Auguste, 598n
 Planck, Max, 117n, 366, 369n, 446, 483, 488, 596, 597, 599, 599n, 600, 601
 60th birthday of, 502, 503n
 aberration: on HAL's theory of, 82–83;
 explanation of by dragging of ether by
 Earth, 74, 83, 84
 attends Volta Congress, 641
 Aufruf an die Kulturwelt: conversation
 with HAL on, 437; statement on, 467,
 468, 469–471, 472–473, 474–475, 481
 awarded Lorentz medal, 647
 awarded Nobel Prize, 519
 calculation on dragging of air by Earth,
 73–74, 75–76, 77–78, 80–81
 celebration of 25th anniversary of
 quantum theory, 590
 congratulates HAL on 70th birthday, 556
 congratulates HAL on 25th anniversary
 of doctorate, 117
 congratulates HAL on golden doctorate,
 590, 591
 death of daughter Emma, 490n, 520
 death of daughter Grete, 489
 death of wife, 294n
 expresses pleasure about meeting HAL,
 74
 HAL meets for the first time, 72n
 intervenes for Bogaerts, 498
 intervenes for De la Vallée Poussin, 496,
 497, 499
 intervenes for Solvay Sociology
 Institute, 496, 497, 498
 invites HAL for lecture at Prussian
 Academy, 546
 lecture in Leiden, 261n
 lectures at Columbia University, 267n,
 268, 285
 loses relatives in WWI, 428
 nominated by HAL for Nobel Prize, 389
 nominated by Wien for Nobel Prize, 390
 on meeting of C.I.R., 574
 on choice between stationary and moving
 ether, 81
 on commission to investigate cruelties in
 Belgium, 482
 on Ehrenfest, 362
 on Einstein's health, 495, 498, 503
 on energy equilibrium between ether and
 matter, 240–241, 255–256, 503
 on energy exchange between ether and
 matter, 259, 285–286, 287–288; role of
 free electrons in, 286, 287–288
 on entropy of radiation, 288
 on exchange of scientific literature, 528
 on explanation of Michelson-Morley
 streaming water experiment, 74, 81
 on fate of Solvay, 398
 on Fizeau experiment, 74
 on HAL's ideas on discontinuity in
 energy equilibrium between ether and
 matter, 387

- on influence of motion on intensity of black-body radiation, 225
- on interpretation of uncertainty relation, 650
- on invitation to Germany to join C.I.R., 648
- on isolation of German scientists after WWI, 573
- on Kuttner's rebuttal of Bedier's booklet on WWI, 449
- on limitation of degrees of freedom of ether, 287
- on matrix mechanics, 590
- on possible German membership of C.I.R., 576, 599
- on post-war revocation of Aufruf an die Kulturwelt, 560
- on problems of Stokes's ether theory, 74, 84
- on radiation theory, 254–256
- on restoration of scientific relations, 561
- on signing Aufruf an die Kulturwelt, 427
- on special meeting of Conseil International de Recherches, 620
- on visit to Netherlands, 650
- on wave mechanics, 619
- on WWI, 427–429
- prefers wave theory over light quantum hypothesis, 500
- radiation theory of: HAL on, 246; Wien on, 248
- rector of University of Berlin, 383
- rejects light quantum hypothesis, 285, 295
- role in German national committee of C.I.C.I., 568, 569–570
- Solvay Conference, first: recollections of, 384
- Solvay Conference, second: cannot attend, 383
- Solvay Conference, fifth: hesitates to accept invitation to, 618–620, 648; attends, 659
- support of request by Solvay, 490, 492, 502
- thanks HAL for sending picture, 128
- trip to Soviet Union, 575, 576
- visit to Leiden, 257, 258, 260
- visits HAL in Haarlem, 649
- Planck, Emma
 - death of, 490n, 520
- Planck, Erwin
 - prisoner of war, 429n, 483n, 493, 495
- Planck, Grete
 - death of, 489
- Planck, Karl
 - killed in WWI, 482
- Planck, Werner, 406n
- Planck's constant
 - as property of ether, 273, 285
 - possible relation with elementary charge, 265n, 277, 278, 282
- Pockels, Friedrich, 98
 - Encyklopädie* article of, 99n, 126
- Poincaré, Henri, 117n
 - criticizes HAL's abandonment of action-reaction principle, 123n; HAL's response, 121–123
 - criticizes HAL's 1904 paper, 176–177, 178–179
 - criticizes Lorentz-FitzGerald contraction hypothesis, 410
- Pol, Balthasar van der, 513n, 514
- Polarization, rotation of plane of, 129, 129n
- Polyatomic molecules. *See* Kinetic gas theory, of polyatomic molecules
- Pope, William J.
 - lecture at second Solvay Conference, 373
- Pottier, Edmond
 - resigns from Prussian Academy of Sciences, 431
- Precession, geodetic. *See* Geodetic precession
- Principle of relativity. *See* Relativity, principle of
- Proper frequencies, infrared, and Bohr's theory, Einstein on, 531
- Prussian Academy of Sciences
 - Einstein's appointment at, 380
 - HAL invited for lecture at, 546
 - Koppel donates money to, 380n
- Quantum hypothesis
 - and electron theory, Wien on, 249
 - HAL doubts no longer, 266
 - HAL's comments on, 220

- Quantum theory
 25th anniversary, Planck on celebration of, 590
 from overdetermination in field theory, Einstein on, 564
- Radiation, emission and absorption of by metals, 244–245
- Radiation theory
 for quantized ether, HAL on, 272–273
 of HAL, 132, 134
 Planck on, 254–256
 of Planck, 246, 248
 role of entropy in: HAL on, 291, 293; Planck on, 288
 Thomson's paper on, Wien's criticism of, 226
 Van der Waals jr. on, 264n
- Radioactivity
 transformation theory for, 224n
 Wien on, 223
- Radium, celebration of discovery of, Einstein not invited for, 562, 563
- Ramsay, William, 160n
 lecture at 1899 Haarlem meeting, 85
 Wien cites on international relations severed by WWI, 441
- Rayleigh, Lord (John William Strutt), 43, 117n, 120, 160, 473
- Reciprocity theorem, HAL's, 589
- Reiff, R.
Encyklopädie article of, 140
- Relativity, prize contest on, 536–537
- Relativity, general theory of
 derivation of field equations of from variational principle, 476
 HAL's lectures on, 476
 Hamiltonian formulation of, Einstein on, 463–464, 465
 Lagrangian for many-body system in, HAL on, 487–488
See also Gravitational light deflection; Gravitational redshift
- Relativity, principle of
 HAL on Einstein's priority in postulating general validity of, 347, 358, 360
 HAL on seeming incompatibility with electron theory of, 221
- Relativity, special theory of
 HAL on perceived difficulty in, 220, 223
 Sommerfeld's conversion to, 297
 Sommerfeld's disparaging remark on, 236
 Sommerfeld's use of Minkowski's formulation, 297n
 Wiechert's manuscript on, 349, 359; HAL's corrections, 360–361
- Reynold, Gonzague de, 559n
- Richardson, Owen, 530, 596
- Riecke, Eduard
 HAL meets, 57
- Righi, Augusto, 509, 529
 experiment on Faraday effect performed by Zeeman, 86
- Rijckevorssel, Elie van, 90
- Ritz, Walter, 361
- Robb, Alfred Arthur
 dissertation on Zeeman effect, 168
- Rocksalt, Voigt's experiments on elasticity of
 HAL on, 1–3
 Voigt on, 4
- Rome, 1908 congress in
 HAL's attendance of, 238, 239
 HAL's lecture at, 240, 252n; conclusions in, 243n; Einstein praises, 267; Sommerfeld on, 251; Van der Waals Jr. on, 270, 271; Wien's criticism of, 241–243; HAL corrects, 244–247
- Röntgen, Wilhelm Conrad, 181n, 366
 condenser experiment of, 68, 70, 71
 death of, 551
 Sommerfeld on, 206
 succeeded by Sommerfeld, 206n
- Rotor, 62, 65n
- Royal Dutch Academy of Sciences
 Einstein appointed member of, 528, 529
- Rubens, Heinrich, 244, 293n, 366, 483
 succeeds Drude, 204n
- Rubner, Max, 599n, 620
- Ruffini, Francesco, 559n
- Rümelin, Gustav, 406n
- Runge, Carl
Encyklopädie article of, 144

- Rupp, Emil
 Einstein on experiments of, 638
- Rutherford, Ernest, 366, 509n, 529, 534
- Sagnac experiment, 479n
- Saint Venant, Adhémar de, 1, 2
- Scheel, Karl, 567, 573, 574
- Scherrer, Paul, 500
- Schouten, Jan A., 524
- Schreinemakers, Franciscus A.H., 184
- Schrödinger, Erwin, 597, 599, 601, 619, 638
 declines invitation to Leiden, 639
 wave mechanics, work on, 594–595, 611–618; HAL on, 603–611 (*see also* Wave mechanics)
 lecturing tour in USA, 643n
 on interpretation of wave function, 655
 on new method to solve radial wave equation, 644–646
 on relation between wave function and electric four-current, 595
 on relation between wave mechanics and matrix mechanics, 594–595
 on work of Klein, 640
 reply to HAL's comments on wave mechanics, 640
- Solvay Conference, fifth: invited to, 642, 644; paper at, 652, 654–656, 657
 visit to California Institute of Technology, 643n, 646
 visit to University of Wisconsin, 643n
- Schuster, Arthur, 473, 648
- Schwarzschild, Karl, 521
- Scientific American, prize contest of on relativity, 536–537
- Second Netherlands Week for American Students, 640n
- Secondary rays, Wien on, 190
- Senart, Émile
 resigns from Prussian Academy of Sciences, 431
- Siegbahn, Karl Manne, 530
- Silver, visibility of in dark, HAL on, 245
- Simpson, George Clarke, 596
- Simultaneity, relativity of
 HAL on, 411–413
- Sitter, Willem de, 558
- Smoluchowski, Marian von, 369n
- Snouck Hurgronje, Christiaan, 376n
- Société de Physique
 50th anniversary of, 563n
- Sodium, Faraday effect in vapor of,
 demonstrated by Righi, 86
- Solvay, Ernest, 343, 382, 506, 510
 HAL on condition of, 509
 Planck on fate of, 398
 Planck's support of request by, 490, 492, 502
 visits Netherlands, 492
- Solvay Committee
 Einstein invited as member, 596, 599
 German members discharged from, 509
 members of, 529, 596
- Solvay Conference, first
 HAL presides, 337n
 Planck's recollections of, 384
 Sommerfeld's lecture at, 354
 HAL edits proceedings, 343
- Solvay Conference, second
 Grüneisen's lecture at, 373
 J.J. Thomson's lecture at, 373
 Laue's lecture at, 373
 Pope's lecture at, 373
 theme of, 367n
 Planck cannot attend, 383
 Voigt invited to, 366, 368, 373, 376, 384
 Voigt's attendance of, 385
 Wien's attendance of, 382
- Solvay Conference, third
 De Haas's lecture at, 542
 Einstein invited to, 529, 531; declines, 541
 HAL send program to Einstein, 541
 theme and program of, 530
- Solvay Conference, fourth
 Einstein invited to, 553; declines, 557, 559
 HAL sends program to Einstein, 554
- Solvay Conference, fifth
 choice of speakers for, 602, 601
 Einstein invited to, 597
 Einstein's possible lecture at, 601, 602; cancelled, 651–652
 Germans invited to, 597
 HAL on program and participants of, 596–598, 642, 653–654

- Millikan's possible invitation to, 646, 649
- Planck invited to; hesitates to accept, 618–620, 648; attends, 659
- Schrödinger's lecture at, 652, 654–656, 657
- Schrödinger invited to, 642, 644
- Sommerfeld's lecture at, 354
- Solvay Institute, 366
creation of, 343
resumes work after WWI, 509
supports research, 372, 389
Wien on, 344
- Solvay Sociology Institute
WWI problems, Planck's help on, 496, 497, 498
- Sommerfeld, Arnold, 63n, 112, 136, 218, 266, 366, 369n, 485, 557, 559, 620
appointed in Munich, 181n
comments on Einstein's special relativity, 206
congratulates HAL on 25th anniversary of doctorate, 116
congratulates HAL on golden doctorate, 589
congratulates HAL on Nobel Prize, 140
controversy with Lindemann, 236
explanation of fine structure of spectral lines, 485n
HAL meets, 57
lecture at first Solvay Conference, 354
on Ehrenfest, 353, 361–362
on Einstein's personality, 297
on energy equilibrium between ether and matter, 252
on HAL's contributions to *Encyclopädie*, 92–93, 94–95, 98–99, 238; HAL on, 93–94, 98
on HAL's Rome paper, 251
on Kaufmann's experiments, 206
on mechanical analogy to hydrodynamics, 109–110
on quasi-stationary electron motion, 251
on Röntgen, 206
on work on quantum theory of spectral lines, 486
paper on light propagation, 236
papers on electron theory, 148, 165, 167; Wien on, 170
points out error in paper by HAL, 192
receives Helmholtz prize, 485
recommends Debye for HAL's chair in Leiden, 362
rejects light quantum hypothesis, 297
report on *Encyclopädie*, 353
special relativity: disparaging remark about, 236; converted to, 297; on Minkowski's formulation of, 297
submits paper on electron theory, 167
succeeds Röntgen in Munich, 206n
thanked by HAL for hospitality, 108
thanks HAL for gift, 205
- Sommerfeld, Arnold Lorenz, 205, 297
death of, 540
gets St. Nicholas present, 236
- Space, absolute, Newton on existence of, 413n
- Spectral lines
fine structure of, Sommerfeld's explanation of, 485n
quantum theory of, Sommerfeld on work on, 486
- Sphere, motion of in fluid, HAL on, 516
- St. John, Charles E., 521, 564
- Stark, Johannes, 386
aggregates of light quanta, postulate of, 304, 305–307, 309–310
angry reaction on statement by Van der Goot, 401–402; HAL's response, 402
annoyed with HAL on application for money, 386n; HAL's response, 386
attends meeting in Leiden, 207–208
calls HAL dogmatic, 309; HAL protests, 313; Stark retracts, 315
hosted by Kamerlingh Onnes, 207
interference experiment of, 308, 312, 313, 314; relation with light quantum hypothesis, 313, 314
invited by HAL, 207
lecture in Leiden by, 386
on explanation of Stokes's law, 210
on HAL's paper on light quanta, 304
on intensity of canal rays, 209; HAL on, 212–213
visit by HAL, 213, 214, 215, 216
- Stark effect
discovery of, 386n
in canal rays in magnetic field, Wien on,

- 393
of lithium, 444–445, 447–448, 450–452, 452–453, 460
Voigt on, 388–389, 391–392
- Stoel, Leendert Marius Johannes, 55n
- Stokes, George Gabriel, 91n
celebration of 50-year occupancy of Lucasian chair, 91
ether theory of, 43, 74, 76, 84
- Stokes's law
Stark on explanation of, 210
and light quantum hypothesis, Einstein on, 282
- Suchtelen, Nico van, 419, 421
Einstein on brochure by, 457
- Suchy, Julius, 337
paper by, 337
- Sudermann, Hermann
as author of *Aufruf an die Kulturwelt*, 510
- Superconductivity in plate, Einstein on, 539
- Sweden, Einstein's visit to, 554
- Tait, Peter Guthrie
criticized by Boltzmann, 20
- Tassel, Émile, 506
- Teyler's Foundation
De Haas's appointment at, 478, 479n
Elias's appointment at, 300, 302
HAL's appointment at, 300, 301
- Thirring, Hans, 569n
on international cooperation, 568
- Thompson, Robert John, 431
- Thomson, Joseph John, 117n, 160n, 366, 382, 473, 530
lecture at second Solvay Conference, 373
paper on radiation theory, Wien on, 226
- Time, HAL on, 411–413
- Torres-Quevedo, Leonardo de, 559n
- Transformation theory for radioactivity, 224n
- Treitschke, Heinrich von, 488
- Uhlenbeck, George, 640
- Uncertainty relation, Planck on interpretation of, 650
- Unified field theory
paper by Einstein on, 585–586; HAL on, 577–582, 582–584
- Union internationale de physique pure et appliquée
meeting of, 563n, 576
Dutch Physical Society refuses to join, 563n
- Universe, spatially closed, Einstein on, 517
- University of Berlin
Planck rector of, 383
- University of Göttingen
bestows honorary doctorate on HAL, 89
Debye's appointment at, 394
HAL invited to by Hilbert, 392n
HAL's Wolfskehl lectures at, 298n, 299, 311, 316, 317
Voigt rector of, 338, 364, 368
- University of Leiden
Einstein invited by HAL to succeed him at, 348; declines, 351
Einstein's inaugural lecture at, 521, 538
Einstein's lecture at, 330, 334n
Einstein's special professorship at:
offered, 518–519, 522–523; accepted, 520, 523; appointment delayed, 527n, 529, 531, 532, 533; appointment, 535; HAL on, 524, 525
professorial salary at, 349
- University of Utrecht
Debye's candidacy for chair at:
appointment, 355n; Sommerfeld on, 354
Einstein's possible appointment at, 340, 341n, 344
- University of Wisconsin
Schrödinger's visit to, 643n
- University of Zurich
Keesom's possible candidacy for chair at, 378
- Van de Sande Bakhuyzen, Hendricus Johannes, 103, 373
- Van der Waals equation of state, 59n
- Van der Waals Fund, 67n
- Vegard, Lars, 530
- Verschaffelt, Jules Émile, 530n, 643n

- Viscosity, HAL's failed attempt at theory for, 54
- Voigt, Woldemar, 114n, 116, 209, 475
 1914 address in Göttingen, 420n
 accuses England of: lies, 423; wanting to destroy Germany, 419, 422, HAL's response, 421
 appointed foreign member of Royal Dutch Academy of Sciences, 336n
 approach in magneto-optics, 88n
 attends 1899 Haarlem meeting, 85, 86, 87
 book on crystal physics, 298
 book on magneto-optics, 239; reviewed by HAL, 253
 congratulates HAL on Nobel Prize, 139; HAL thanks, 141
 congratulates HAL on 25th anniversary doctorate, 117
 on problem in theory of evaporation of fluids, 57–59
 defends WWI, 397, 398–400, 404–406, 501; HAL's response, 403
 denies damaging of Bouts painting, 423
 early formulation of Lorentz transformation, 347, 350; HAL on, 358
 experiments on elasticity of rocksalt: HAL on, 1–3; Voigt on, 4
 Faraday effect: on observations of by Macaluso and Becquerel, 79; paper on, 79
 finite size of molecules, influence of on pressure of, Voigt and HAL on, 51, 52–54, 55
 HAL stays with, 54, 55, 56, 316, 298, 299, 311, 312
 illness of, 270
 invited for second Solvay Conference, 366, 373; accepts, 368, 376; cancels, 384; only attends part, 385
 invites HAL to Gauss-Weber celebration, 87; declined, 89
 invites HAL to inauguration new laboratory, 169
 laments lack of achievements, 336
 lectures in Amsterdam and Leiden, 263
 member of Dutch Society of Sciences, 135
 memorial lecture on Boltzmann, 214
 Michelson's ether-drift experiment, Voigt and HAL on, 22, 23, 24–30, 31
 on degrees of freedom and specific heat of crystals, 501; HAL on, 503–504
 on Fizeau's experiment, 32
 on German war actions in Louvain, 423
 on HAL's Wolfskehl lectures, 317
 on intensities in Zeeman effect, 317
 on intermolecular forces, 501
 on paper on Zeeman effect by HAL, 96–97, 103–104; HAL's reply, 100–102
 on radiation emission of black body in flame, 317–319, 320, 321; HAL on, 322–330
 on Stark effect, 388–389, 391–392
 on validity of Kirchhoff's law, 364, 369
 overburdened with work, 332, 334
 paper at Congrès International de Physique, 105n
 paper on anomalous Zeeman effect, HAL on, 91
 paper on crystallography, HAL on, 227–228
 paper on dissymmetries in Zeeman effect, 237
 paper on Doppler principle, HAL apologizes for overlooking, 254
 paper on magnetization, 133; error in, 134
 paper on theory of Zeeman effect, 377; HAL on, 373–375, 377
 planned lectures at Harvard University, 394
 receives honorary doctorate from Cambridge University, 91
 rector of University of Göttingen, 338, 364, 368
 refuses to sign peace petition, 419–420
 retracts addendum to paper, 443n
 sends book on Franco-German war, 398; HAL doesn't want to read, 403
 sends gift to HAL's children, HAL's thanks, 88
 theory of Zeeman effect, Cotton's criticism of, 284
 travels to Italy, 130
 visits and annoys Van der Waals, 87; HAL on, 89
 Vollenhoven, Cornelis van, 523n

- Volta Congress
 HAL's attendance of, 641, 647
 Hall's attendance of, 647
 Millikan's attendance of, 646
 Planck's attendance of, 641, 647
- Volterra, Vito, 473
- Vos van Steenwijk, Jacob Evert de, 582
- Waals, Johannes Diderik van der, 47
 25th anniversary of doctorate, 67
 attends Stokes celebration, 91n
 annoyed by Voigt, 87; HAL on, 89
- Waals Jr., Johannes Diderik van der, 264n
 comment on HAL's Rome lecture, 270, 271, 279
 hypothesis on X-rays, 200n
 on radiation theory, 264n
- Waldeyer, Wilhelm, 468, 483, 488
- Wangerin, Friedrich Heinrich Albert, 95
- Warburg, Emil, 366
 discharged from Solvay Committee, 509
- Washington, George, 440
- Waterston, John James
 manuscript by discovered by Rayleigh, 44n
 paper of, HAL thanks Rayleigh for sending, 43
- Wave mechanics
 Einstein on mystery of, 649
 HAL on connection between wave function and charge density in, 634
 HAL on contraction of wave packets in, 623–634
 HAL on emission of radiation in, 621–623
 HAL on remaining difficulties in, 637
 HAL's summary of results of, 635–637
 new method to solve radial wave equation, Schrödinger on, 644–646
 Planck on, 619
 relation with matrix mechanics, Schrödinger on, 594–595
 Schrödinger on first papers on, Schrödinger on interpretation of wave function of, 655
 Schrödinger on relation between wave function and electric four-current, 595
 Schrödinger's first papers on:
 Schrödinger on, 594–595, 611–618;
 HAL on, 603–611
 Schrödinger's reply to HAL's comments, 640
- Weiss, Pierre, 366, 530
- Went, Friedrich A.F.C., 599n
- Wiechert, Emil, 88n, 94, 135
 appointed professor of geophysics, 67
 dispute with Campbell, 350n
 dispute with Laue, 349
 electrodynamics of, HAL gives opinion on, 62–65
 HAL meets, 57
 manuscript on special relativity, 349, 359; HAL's corrections, 360–361
 misunderstanding of HAL's work, 350n
 on paper on relativity and ether, 341
 on possible error in Lorentz transformation, 350; HAL on, 356
 paper by Laue against, 341
 requests papers from HAL, 342; HAL's reply, 347
 sends paper on ether, 544
- Wiedemann-Franz law, 372n
- Wien, Wilhelm, 94n, 94, 98, 366
 accuses England and France of lies, 429
 accuses HAL of favoring England and France over Germany, 430
 appendectomy of, 297
 asks HAL's opinion on motion of ether, 68; HAL replies, 69–70
 attends second Solvay Conference, 382
 awarded Nobel Prize, 342, 343
 canal rays, experiments on, 115, 226, 250
 cites Grey on destruction of Germany, 441
 cites Ramsay on international relations severed by WWI, 441
Encyklopädie, planned article in, 114;
 connection with HAL's articles, 127, 129; HAL's collaboration on, 124, 126, 143, 144, 199; HAL's theory of dispersion in, 225, 230
 criticism of derivation of dragging coefficient, 228, 230, 234, 235; HAL's response, 231–232
 criticism of HAL's Rome lecture, 241–243; HAL concedes, 244–247
 criticism of paper by HAL on energy

- flow, 146, 151–153, 157; HAL's response, 153–156
 declines call to Berlin, 204, 205, 552n
 defends Germany's actions in WWI, 430
 editor of *Annalen der Physik*, 204
 experiments on gas flow in tubes, 226, 232–234
 hypothesis on origin of spectral lines, 223
 interpretation of energy element, 222
 invites HAL to Bavaria, 176, 180, 218, 219, 264; HAL declines, 182, 266
 justifies German invasion and occupation of Belgium, 431, 440–441, 454–455
 lecture on differential equations, 198
 lecture on electrons, 198
 lectures at Columbia University, 372n
 nominates Einstein and HAL for Nobel Prize, 390n
 nominates Planck for Nobel Prize, 390
 on *Aufruf an die Kulturwelt*, 441
 on black-body radiation, 223
 on booklet by Bédier on WWI, 433, 439
 on collisions of canal rays with molecules, 303
 on death of Röntgen, 551
 on Drude's electron theory of metals, 371
 on electric force induced by motion of magnet in ether, 71
 on French accusations of cruelties, 438–440
 on Larmor's *Aether and Matter*, 129
 on magnetic field induced by motion of charged body in ether, 68
 on Nobel Prize criteria, 390
 on perceived difficulty in special relativity, 223
 on post-war situation, 552
 on radioactivity, 223
 on rotation of plane of polarization, 129
 on secondary rays, 190
 on Solvay Institute, 344
 on Sommerfelds papers on electron theory, 170
 on Stark effect in canal rays in magnetic field, 393
 on theory of X-rays, 182–183
 paper on canal rays: HAL on, 219; Stark on, 217
 paper on X-rays, 198, 249
 planned lecture on motion of ether, 60
 proposed experiment on speed of light, 151, 157, 170, 175; HAL on, 171–172
 question on fluid flow in tubes, 189–190; HAL's reply, 192–198
 refutes Bumstead's hypothesis on X-rays, 223
 rejects light quantum hypothesis, 268
 Wien, Gerda, 302n
 Wien, Hildegard, 302
 Wien, Karl, 204, 302n
 Wigmore, John H., 559n
 Wilamowitz-Moellendorff, Ulrich von, 468
 William of Orange, 440
 Wilson, Charles T.R., 597
 Wind, Cornelis Harm, 160, 341n, 353
 X-ray experiments of, 99n, 198, 249
 Wolfskehl lectures on kinetic gas theory, 369n
 Wood, Robert W., 646
 World-spirit, HAL's consideration of, 412
 World War I
 alleged maltreatment of German soldiers in, 396
 booklet by Bédier on, 425, 428, 433, 439
 commission to investigate war crimes committed in, 505; HAL on, 505–507, 508–509; members of, 512n; publication on Lille of, 511, 521, 524, 526
 defended by Voigt, 397, 398–400, 404–406; HAL's response, 403
 Einstein asks HAL to help restore international relations, 443–444
 England accused by Voigt of: lies, 423; wanting to destroy Germany, 419, 422
 England and France accused of lies by Wien, 429
 French accusations of cruelties, Wien on, 438–440
 HAL on feelings in France on, 436
 HAL shocked and saddened by, 402, 424–426; Planck's response, 427–429; Wien's response, 429–432

- international relations severed by, Wien
 cites Ramsay on, 441
 isolation of German scientists after, 573
 open letter from Casement to Grey, 424
 petition to Bethmann-Hollweg, 457n
 Planck loses relatives in, 428
 Planck on restoration of scientific
 relations after end of, 561
 Voigt on, 501
 Wien accuses HAL of favoring England
 and France over Germany, 430
 Wien cites Grey on destruction of
 Germany, 441
 Wien defends Germany's actions in, 430
 Wien on, 395
See also Aufruf an die Kulturwelt;
 Belgium
- X-rays
 Barkla's experiments on, 199
 Bumstead's hypothesis on, refuted by
 Wien, 223
 experiments on by Haga and Wind,
 99n, 198, 249
 HAL's comments on Wien's paper on,
 198
 theory of, Wien on, 182–183
 Van der Waals Jr.'s hypothesis for, 200n
 Wien's paper on, 249
- Zaandam, 215
 Zangger, Heinrich, 346n
 Zeeman, Pieter, 50n, 254, 394, 421, 530,
 558, 649
 lecture at 1899 Haarlem meeting, 85
 performs Righi experiment, 86
 Zeeman effect
 Voigt's paper on, 91
 electrical analogy of, HAL on, 102
 paper by HAL on, Voigt on, 96–97, 103–
 104; HAL on, 100–102
 Voigt on intensities in, 317
 Voigt's paper on connection with
 Faraday effect, 79
 Voigt's paper on dissymmetries in, 237
 Voigt's paper on theory of, 377; HAL on,
 373–375
- Zermelo, Ernst
 HAL meets, 57
 Zero-point energy, Einstein on, 447