

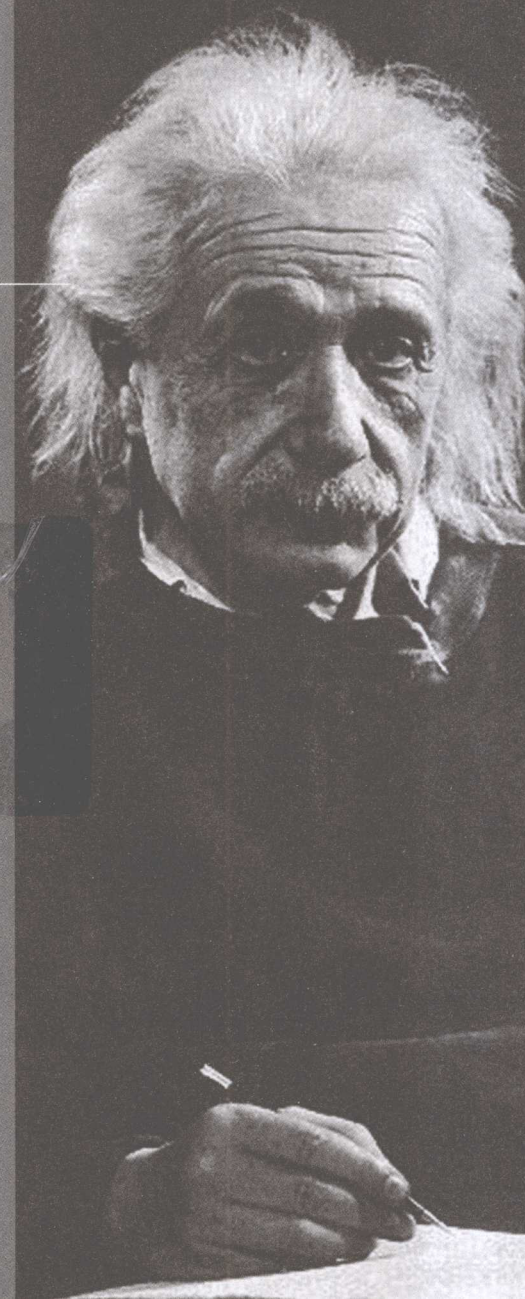
爱因斯坦全集

第三卷 | 瑞士时期 (1909—1911)

Martin J. Klein, A. J. Kox, Jürgen Renn,
and Robert Schulmann / 主编
戈 革 / 主译

[美] 阿耳伯特·爱因斯坦 / 著 K 湖南科学技术出版社

The Collected
Albert Einstein
Volume 3: The Swiss Years, Writings
1909—1911



爱因斯坦全集

第三卷 相对论与量子论



THE COMPLETE WORKS OF ALBERT EINSTEIN
VOLUME 3: RELATIVITY AND QUANTUM THEORY

THE COMPLETE WORKS OF
ALBERT EINSTEIN
VOLUME 3: RELATIVITY AND QUANTUM THEORY

爱因斯坦全集

第三卷

瑞士时期

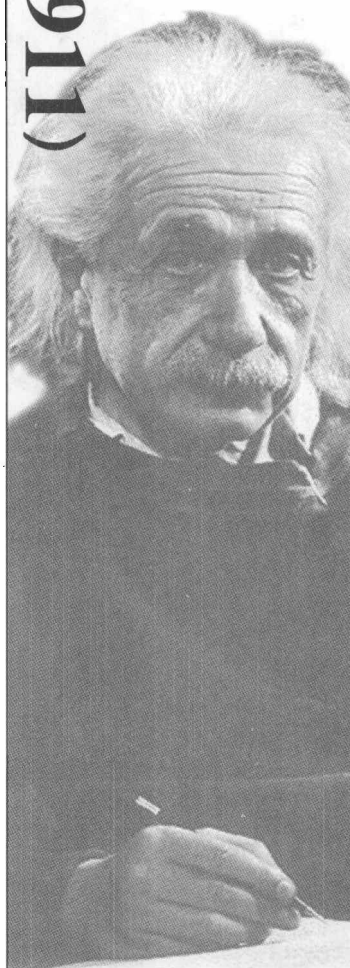
(1909—1911)

The Collected Papers of
Albert Einstein

[美] 阿耳伯特·爱因斯坦 / 著 K 湖南科学技术出版社

Martin J. Klein, A. J. Kox, Jürgen Renn,
and Robert Schulmann / 主编

戈 革 / 主译



The Collected Papers of Albert Einstein, Volume 3: The Swiss Years: Writings, 1909—1911
©1993 by The Hebrew University of Jerusalem

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publisher.

湖南科学技术出版社通过博达著作权代理有限公司获得本书中文简体版中国大陆地区出版发行权。

著作权合同登记号: 18-2009-006

图书在版编目 (C I P) 数据

爱因斯坦全集. 第三卷 / (美) 爱因斯坦 (Einstein, A.)
著; 戈革译. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2009
ISBN 978-7-5357-5790-6

I. 爱… II. ①爱…②戈… III. 爱因斯坦, A. (1879~
1955) —全集 IV. Z471.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 183350 号

爱因斯坦全集

第三卷 瑞士时期 (1909—1911)

著 者: [美] 阿耳伯特·爱因斯坦

主 编: Martin J. Klein, A. J. Kox, Jürgen Renn, and Robert Schulmann

主 译: 戈 革

策划编辑: 李永平

责任编辑: 宋文森 唐乘花

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 湖南天闻新华印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 湖南望城·湖南出版科技园

邮 编: 410219

出版日期: 2009 年 9 月第 2 版第 2 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 36.5

字 数: 655000

书 号: ISBN 978-7-5357-5790-6

定 价: 160.00 元

(版权所有·翻印必究)

THE COLLECTED PAPERS OF

Albert Einstein

VOLUME 3

THE SWISS YEARS:
WRITINGS, 1909—1911

Martin J. Klein, A. J. Kox,
Jürgen Renn, and Robert Schulmann

EDITORS

Jed Buchwald, Jean Eisenstaedt, Don Howard,

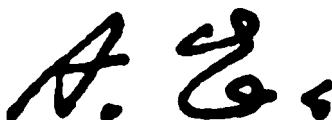
John Norton, and Tilman Sauer

CONTRIBUTING EDITORS

Ann Lehar, Rita Lübke, Annette Pringle,

and Shawn Smith

EDITORIAL ASSISTANTS



Princeton University Press
1993

谨以此卷纪念

Yoram Ben-Porath

(1937—1992)

主办者

耶路撒冷的希伯来大学
和
普林斯顿大学出版社

编辑顾问委员会

Peter G. Bergmann	Itamar Pitowsky
Aryeh Dvoretzky	Nathan Rotenstreich
Freeman J. Dyson	Charles Scribner, Jr.
Gerald Holton	John A. Wheeler
Walter Hunziker	Harry Woolf

Reuven Yaron

编辑委员会

Mara Beller	Abraham Pais
Robert S. Cohen	Gideon Rakavy
Gerald Holton	Fritz Stern

资助者

《爱因斯坦全集》(原书)之得以付梓,端赖下列资助者对编辑工作的慷慨资助,现耶路撒冷的希伯来大学以及美国普林斯顿大学出版社谨对他们表示感谢。

捐赠者

Harold W. McGraw, Jr.

资助机构

国家科学基金会(美国)

Alfred P. Sloan 基金会(美国)

国家人文科学基金会(美国)

瑞士国家科学基金会

Dr. Tomalla 基金会(瓦杜兹,列支敦士登公国)

阿尔高州(瑞士)

Pieter Zeeman 基金会(阿姆斯特丹,荷兰)

太阳微系统股份有限公司(美国)

中文版出版说明

阿耳伯特·爱因斯坦不仅是 20 世纪最杰出的物理学家,而且是一位富有哲学探索精神的思想家,同时又是一位具有高度社会责任感的真正意义上的知识分子。对他的科学成就、科学思想、政治言论及生平深入研究,势必成为科学史界普遍关注的话题。美国普林斯顿大学出版社自 1987 年出版《爱因斯坦全集》(*The Collected Papers of Albert Einstein*)第一卷以来,已陆续出版多卷,随着资料不断的收集,全集出齐将超过 25 卷。

全集不仅包括爱因斯坦的全部学术论文,还涉及有关和平、宗教、犹太人问题等社会政治言论,还有他与家人及朋友的往来书信,各种听课、备课笔记以及其他有关他个人的全部材料。这些材料是目前研究爱因斯坦最权威、最全面的资料。其中许多材料是首次公开发表。《爱因斯坦全集》的编辑出版,是国际科学史界的一项大工程,它不仅可以填补科学史上的一些空白,而且可以澄清一些广为流传的讹误,其学术价值和文化积累意义是不言而喻的。我社聘请国内科学史界和物理学界资深专家教授及年轻学者翻译出版《爱因斯坦全集》,这对我国学术界来说无疑是一件幸事。读者将最大限度地追踪爱因斯坦的思想、生活及科学活动,从中领略到科学和文化在现代社会中的深远影响。

《爱因斯坦全集》中文版是根据普林斯顿大学出版社出版的 *The Collected Papers of Albert Einstein* 德文版精装本翻译的,翻译过程中还参阅了此书的英文版平装本。为了便于前后各卷的统一,全集中除爱因斯坦以外的人名均未译。地名及专有名词在正文中第一次出现时附注了原文。各卷的边码均指示德文原版书的页码,以利读者核对

原文。全集各卷中脚注和索引中的页码除非特别说明的,均为原版书的页码,即边码。中文版将原版索引拆分为三,一是名词索引,包括社会政治经济和文化机构名称、地名和地址以及科学技术词汇。以人名命名的科技术语也在其中。二是人名索引。此外尚有引文索引。名词索引按汉语拼音顺序排,人名索引及引文索引按拉丁文字母顺序排。

《爱因斯坦全集》的翻译出版工作浩大而繁杂,这使得我们的工作难免留下某些遗憾。恳请海内外读书界、著译界和出版界的朋友、同仁提出宝贵的意见和建议,以利改进工作,促使此项翻译出版工程圆满完成。

湖南科学技术出版社

2009年5月

第三卷序

xv

(一)

本卷收有爱因斯坦从 1909 年 10 月到 1911 年年底这一期间的作品。这些材料的将近一半是以前不曾发表过的,未发表著作的很大一部分,是爱因斯坦在为若干不同课程备课时写下的讲稿。但是,对多数读者来说,收入此卷的那些已发表的科学论文,也将是充满了惊喜的。若干论文实际上未为人知,因为它们起先是发表在流通量很有限的瑞士刊物上的。本卷中的论文,只有两三篇可以被描述成曾经对物理学在这些年的发展作出了重大贡献。作为一组,这些作品和它们以前的那些著作,例如收在第二卷中的那些著作截然不同。1905 年的那些伟大论文,以及它们的某些后继作品,都给读者一种举重若轻的精通性的印象,就仿佛爱因斯坦直接洞见了当日那些最深入的问题一样。那种印象大部分化为乌有了:我们在这里见到的这个爱因斯坦,现在显然是在为了他的结果而在努力工作,并且正在和一些并不总是为他的努力所屈服的问题斗争着。物理学的许多侧面引起了他的注意,正如自从他的学生时代就已引起他的注意一样,但是并没有出现指引他的工作的任何中心主题。在本卷中,只有一篇论文证明了他对万有引力的持续关心,但是,和量子相联系着的那些梦魇似的问题却不断重复出现。把爱因斯坦只设想为普林斯顿的孤独圣贤的那些人,可能会对他在当时实验工作方面的知识的深度和广度感到惊讶。这种知识是通过他和许多实验家的密切接触而得以保持的,正如他在这一时期的那些通信所证实的那样。那些通信将收入第五卷中。

(二)

xvi 1909 年的 10 月,标志了爱因斯坦一生中的一个新时代。以 30 岁的年龄,他离开了瑞士专利局中的技师职位而开始了作为大学教授的新事业;那个技师职位本来对他是那样地合适,而且他在七年之内是非常成功地完成了任务的。^[1]平生第一次,物理学变成了他专职工作的中心(它曾经一直是他生活的中心),而不是在家中一钻研就是几个小时或是在专利局有空时才能顾及的某种东西了。当他还是一个青年学生时,爱因斯坦就曾经梦想有一种大学中的事业,而且,尽管有过一些令人丧气的经验,他却从来不曾完全放弃这一梦想。他在专利局中度过的那几年中,他对自己的工作的感觉也改变了。在 1905 年,从星期一到星期六每天工作八小时似乎不再是很大的负担了,这还剩下每天大约八小时醒着的时间,再加上星期天一整天,可以用在“课外的无聊消遣”上,而我们知道,他想出了什么样的“课外的无聊消遣”来填充这些时间,特别是在 1905 年。^[2]但是,三年以后,爱因斯坦却写道,“专利局中每天八小时的紧张工作”使他只剩下很少的时间来发展他的科学概念了。^[3]那时他就在积极地寻求一个教学职位了,他向几个中等学校申请过几个已宣布的教师空缺。^[4]他和 Alfred Kleiner

[1] 关于爱因斯坦在专利局的就职,参阅第一卷文件 129,140—142。关于他离开专利局,参阅 1909 年 7 月 6 日他致瑞士司法部的信;并参阅 *Flückiger 1974*。

[2] “请想,在一天之内,除了八小时的工作外还有八个小时醒着,而且还有一个星期天。(Bedenken Sie, dass es im Tag neben den acht Stunden Arbeit noch acht Stunden Allotria und noch einen Sonntag gibt.)”见爱因斯坦致 Conrad Habicht, 1905 年 6 月底至 9 月底。

[3] “专利局中每天八小时的紧张工作,那里有那么多的通信和研究——您也知道那是什么情况。我的工作是不能令人满意的,因为我抽不出时间来开展它。(Jeden Tag 8 Stunden anstrengende Arbeit auf dem Patentamt, dazu viele Korrespondenzen & Studien—Sie kennen ja das aus eigener Erfahrung. Mehrere Arbeiten sind unvollendet, weil ich die Zeit für deren Abfassung nicht finden kann.)”爱因斯坦致 Johannes Stark, 1908 年 12 月 14 日。

[4] 见爱因斯坦致 Marcel Grossmann, 1908 年 1 月 3 日;爱因斯坦致 Arnold Sommerfeld, 1908 年 1 月 14 日;以及爱因斯坦致苏黎世州教育委员会, 1908 年 1 月 20 日。

进行了策划,企图使他获得 Kleiner 希望在苏黎世大学设置的一个新职位。^[5]这种策划包括爱因斯坦的一次成功的再申请,他申请被任命为伯尔尼大学的“无公薪讲师”,这种任命将使他能够确立当一名教师的资历。^[6]苏黎世的职位设置起来了,而爱因斯坦就在 1909 年 5 月间被任命为理论物理学副教授(Extraordinary Professor)。^[7]他和他的家庭及时地迁到了苏黎世,以便他能在该年的 10 月中旬担负起他的教学任务。 xvii

爱因斯坦喜欢教学工作。他在 12 月间写信给一位朋友说:“我很喜欢我的新职位。教学是一大快事,即使在开始时我要做大量的工作。”^[8]爱因斯坦忙得不可开交,因为他每星期要讲 4 小时的力学和 2 小时的热力学,此外还要主持一次讨论班。事实上这是比他所预料的更多的工作,而他的空闲时间也比在伯尔尼时更少了。^[9]

我们可以根据爱因斯坦写出以供自己使用的那些讲稿来判断花在备课上的精力。本卷收有他的为力学课、分子运动论和统计力学课以及电磁学课所写的讲稿。统计力学课比力学课和电磁学课更加带有爱因斯坦的个人风格。根据学生们在他的班上在不同时间所作的笔记,我们知道爱因斯坦使这个课程跟上了时代,他引入了他认为有兴趣或有意义的近期发展,当然也包括他自己的一些研究。^[10]

[5] 见 Alfred Kleiner 致爱因斯坦,1908 年 1 月 28 日和 1908 年 2 月 8 日, Kleiner 是苏黎世大学的物理学教授,曾任爱因斯坦博士论文的导师。见第二卷,编者按:爱因斯坦论测定分子大小的博士论文。

[6] 关于爱因斯坦拟于 1907 年在伯尔尼大学获得教学资格的第一次不成功的申请,见爱因斯坦致伯尔尼州教育部的信,1907 年 6 月 17 日。关于 1908 年他的第二次成功的申请,见 Alfred Kleiner 致爱因斯坦,1908 年 2 月 8 日;以及爱因斯坦致 Paul Gruner,1908 年 2 月 11 日。

[7] 见爱因斯坦致 Anna Meyer-Schmid,1909 年 5 月 12 日;爱因斯坦致瑞士司法部,1909 年 7 月 6 日;以及爱因斯坦致伯尔尼州教育部,1909 年 8 月 3 日。

[8] “我很喜欢我的新职位。教学是一大快事,即使在开始时我要做大量的工作。(In meinem neuen Beruf gefällt es mir *sehr gut*. Das Lehren macht mir viel Freude, wenn es mir für die erste Zeit auch sehr zu thun gibt.)”爱因斯坦致 Lucien Chavan,1909 年 12 月 19 日。

[9] 见爱因斯坦致 Michele Besso,1909 年 11 月 17 日。

[10] 见编者按:爱因斯坦的讲稿,本卷 pp. 3—10。

爱因斯坦在苏黎世大学的教学必须被说成一种成功。当在 1910 年 6 月间有消息说他要离开并去布拉格当教授时,15 名苏黎世大学学生就起草了一份致苏黎世州教育当局的请愿书:要求竭尽一切可能留住“这位杰出的研究家和教师”。^[11]这些学生急于维持住这个专为理论物理学而设置的职位,而且他们认为爱因斯坦正是这一职位的适当人选。“爱因斯坦教授令人赞佩地了解怎样如此清楚易懂地提出理论物理学中那些最困难的问题,遂使听他讲课成为我们的一大快事。”尽管如此,当爱因斯坦在 1911 年 1 月间接到去布拉格的德文大学任正教授的邀请时,他立刻就接受了。^[12]两个月后,爱因斯坦一家就离开瑞士去了奥匈帝国。后来他们又在 1912 年夏季回到了苏黎世,那时爱因斯坦接受了到瑞士联邦技术大学(ETH)当教授的邀请。^[13]

(三)

当爱因斯坦于 1909 年 10 月从专利局搬进了大学时,他所思索的问题也随之而变动了。其中最首要的,肯定就是已经困扰了他好几年的辐射问题。在搬家的几个星期以前,他就在生平第一次的在萨尔茨堡的科学会议所作的重要演讲中讲到了这个课题,论证了一种新的辐射学说的必要性。^[14]光的波动学说以及为波动学说提供了基础的 Maxwell 电磁学说,并不能适当地说明某些现象,而这些现象却可以容易地被理解,如果光表现得有如许多能量颗粒一样的话。另一方

[11] “diesen hervorragenden Forscher & Dozenten...Herr Prof. Einstein versteht in bewunderungswürdiger Weise, die schwierigsten Probleme der theoretischen Physik so klar & verständlich darzustellen, dass es für uns ein grosser Genuss ist, seinen Vorlesungen zu folgen.”见苏黎世大学学生请愿书,1910 年 6 月 23 日 (SzZSa, U 110 b. 2[44])。仅仅在两年以前, Kleiner 在伯尔尼听过爱因斯坦一次讲课,并认为讲得“不是特别好”。爱因斯坦同意了那种判断:“我认为那是对的,就是讲得并非特别好。(Nachher meinte er mit Recht, es sei nicht sonderlich gut gewesen.)”见爱因斯坦致 Michele Besso, 1952 年 3 月 6 日。

[12] 见 Karl von Stürgkh 伯爵致爱因斯坦, 1911 年 1 月 13 日。

[13] 见 Robert Gnehm 致爱因斯坦, 1912 年 1 月 23 日, 以及爱因斯坦致 Ludwig Forrer, 1912 年 2 月 2 日。

[14] Einstein 1909c (第二卷, 文件 60)。

面,光的一种颗粒学说或发射学说,却无法说明干涉、衍射等等的被波动学说解释得如此漂亮的那些习见现象。爱因斯坦期望“理论物理学的下一个发展阶段”将产生“可以诠释为波动学说和发射学说之某种融合的一种光的学说”。^[15]他把这种指望建筑到了他对黑体辐射之性质的统计起伏的分析上,该辐射的性能是由得到实验证实的 Planck 分布定律来描述的。

爱因斯坦对这种起伏作出了两种独立的计算,一种用的是 Boltzmann 原理,而另一种则应用了他自己处理 Brown 运动理论的方法。二者都导致了既显示辐射中粒子式结构的存在又显示波动式结构的存在的起伏。这些结果曾使爱因斯坦确信,只预言了起伏中的波动式项的 Maxwell 电磁理论,将不得不受到某种根本性的修订。起伏论证曾使他相信,辐射的量子结构是 Planck 分布定律的一种必要的推论,而不仅仅是推导该分布定律的一种充分的假设——一种“表观上吓人的”和也许可以避免的假设。^[16]

问题就是要构造一种辐射理论,既能说明辐射的粒子结构又能说明它的波动结构,但是这应该怎么做呢? 爱因斯坦写道:“困难主要就在于一个事实,即辐射的起伏性质……几乎没有提供什么可以据以建造一种理论的线索。”^[17] xix

他曾和这一问题斗争了若干年,但是他的努力没有得到任何成就。在他 1909 年 1 月份的论文中以及在他于同年 5 月间写给 H.A. Lorentz 的一封信中,爱因斯坦提到了他寻求一个新的微分方程组的尝试,该方程组将使人能够既得出光量子又得出电荷的自然单

[15] “...daß die nächste Phase der Entwicklung der theoretischen Physik uns eine Theorie des Lichtes bringen wird, welche sich als eine Art Verschmelzung von Undulations- und Emissionstheorie des Lichtes auffassen läßt.” *Einstein 1909c* (第二卷,文件 60), pp. 482—483.

[16] “表观上吓人的假设。(ungeheuerlich erscheinenden Annahme.)” *Einstein 1909c* (第二卷,文件 60), p. 495.

[17] “Die Schwierigkeit liegt hauptsächlich darin, daß die Schwankungseigenschaften der Strahlung... wenig formale Anhaltspunkte für die Aufstellung einer Theorie bieten.” *Einstein 1909c* (第二卷,文件 60), p. 499.

位。^[18]但是,不论是在论文中提到的那些非线性方程还是在他给 Lorentz 的信中提到的那些线性方程,都没有达到他的目的。

爱因斯坦在萨尔茨堡会议上曾经提出,和辐射对应着的那些电磁场可能总是和一些奇点相联系着的,在很大程度上就像 Lorentz 电子理论中的那些静电场一样。于是,场的全部能量也许就会定域在这些奇点上,正如在古老的超距作用理论中那样。这种想法留在了爱因斯坦的头脑中,从而他在刚到苏黎世的头几个月中就对它考虑了很多。到了 1909 年 12 月底,他就已经意识到人们能够指定无限多种决定电磁场能量之空间分布的方式,而所有这些方式都是和 Maxwell 方程相容的。^[19]他写信给 Besso 说:“也许,量子问题的解答就应该到这里去寻找。”爱因斯坦把这种选取方程以按场来确定电磁能量之空间分布的自由性,看成了相对论的一种必然伴侣。他写信给 Planck 说:“在我看来,没有了以太,能量在空间中的连续分布就显得是一种无稽之谈了。”^[20]

他在辐射理论的当时状况和相对论被表述出来以前的通行形势之间看到了一种相似性。认为能量必须按照标准的 Maxwell 公式而在空间中进行分布,这种成见可能挡住了进步的道路,正如关于同时性的成见所曾作过的那样。爱因斯坦足够认真地看待了这种平行性,以致他在 1910 年初写给 Arnold Sommerfeld 的一封信中表达了它。^[21]xx 尽管他很希望“孵化这个心爱的蛋”,后来却毫无结果。^[22]

[18] *Einstein 1909b* (第二卷,文件 56) 及爱因斯坦致 H. A. Lorentz, 1909 年 5 月 23 日;并参阅 *Mc Cormmach 1970*。

[19] “我的收获不大。有趣的是,人们可以指定无限多种能量分布方式,全都和 Maxwell 方程相容。量子问题的解答很可能就在这里。(Gefunden habe ich nicht viel. Das Interessanteste ist, dass man eine unendliche Mannigfaltigkeit von Energieverteilungen angeben kann, die mit Maxwells Gleichungen vereinbar sind. Vielleicht liegt hierin die Lösung der Quantenfrage.)”爱因斯坦致 Michele Besso, 1909 年 12 月 31 日。

[20] “Ohne Aether erscheint mir continuierlich im Raume verteilte Energie ein Unding.”“对 *Planck 1910a* 一稿的答复”(本卷,文件 3);并参阅 *Einstein 1910b* (本卷,文件 5)。

[21] 见爱因斯坦致 Arnold Sommerfeld, 1910 年 1 月 19 日。

[22] “我愿看到我能否孵化这个心爱的蛋。(Ich will sehen, ob ich dieses Lieblingsei nicht doch noch ausbrüten kann.)”爱因斯坦致 Jakob Laub, 1909 年 12 月 31 日。

然而,在1910年8月间,爱因斯坦却确实完成了一篇论文,这篇论文决定性地消除了以前看来是可行的那种保存古典电磁理论的方式。^[23]这时已经很清楚,电磁理论与古典统计力学中的能量均分定理的结合,导致了令人绝望的推论——一个用于黑体辐射的分布定律导致了 Paul Ehrenfest 后来称之为“Rayleigh-Jean 紫外灾难”的结论。能够把这种灾难完全归罪于均分定理的不适当应用吗?也许,如果你避免把这一定理应用于电磁振动本身,或是避免把它应用于物质振子的高频振动,你就仍能挽救电磁理论。与 Ludwig Hopf 合写的爱因斯坦的论文堵死了这条出路。他们研究和黑体辐射相互作用着的一个物质振子的动量起伏。他们没有像爱因斯坦在1909年做过的那样根据一条给定的辐射分布定律来计算这些起伏,而是直接根据电磁理论计算了起伏,然后才确定了分布定律。均分定理只被应用到了气体分子的平移运动上,这是该定理的一种早已确立的和完全证实了的应用。结果又是那种不可接受的 Rayleigh-Jeans 定律。不经过某些根本的改变,电磁理论是不能说明辐射的性质的。

在这一期间,辐射之谜想必比其他任何问题更多地吸引了爱因斯坦的思想和精力,尽管只有很少的思维痕迹出现在他的已发表著作中。到了1910年11月间,他就又在热心地报道回答问题的另一种可能的途径了,这一次是在写给他从前的合作者 Jakob Laub 的一封信中报道的。^[24]“在目前,我对解决辐射问题抱有很大的希望,而且不需要光量子。我对将出现什么结果极感好奇。目前形式下的能量原理或将必须被放弃。”一个星期以后,他又告诉 Laub 说,这种办法也没有得到任何结果。^[25]爱因斯坦曾经准备放弃场论的某些方面,放弃光量子,乃至放弃能量守恒,但是这些拼命的办法全都没有导致所要的答案。

xxi

[23] Einstein and Hopf 1910b(本卷,文件8)。

[24] “Gegenwärtig habe ich grosse Hoffnung, das Strahlungsproblem zu lösen, & zwar ohne Lichtquanten. Ich bin riesig neugierig, wie sich die Sache macht. Auf das Energieprinzip in seiner heutigen Form müsste man verzichten.”爱因斯坦致 Jakob Laub, 1910年11月4日。

[25] 爱因斯坦致 Jakob Laub, 1910年11月11日。关于这一问题的较晚评述,见 Einstein 1914(文件26), pp. 347—348。