

爱因斯坦全集

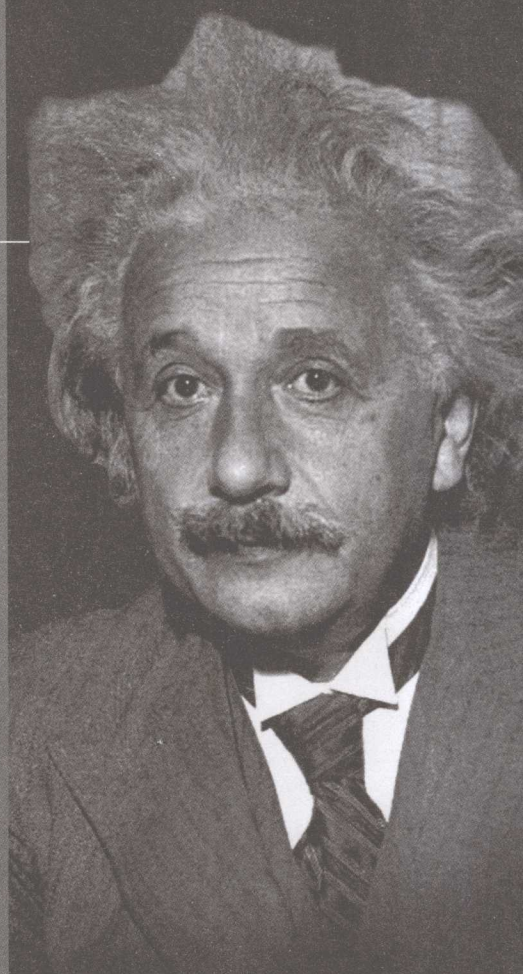
第二卷 | 瑞士时期 (1900—1909)

John Stachel, David C. Cassidy, Jürgen Renn,
and Robert Schulmann / 主编
范岱年 / 主译

[美] 阿耳伯特·爱因斯坦 / 著 湖南科学技术出版社

The Collected Papers of
Albert Einstein

Volume 2: The Swiss Years: Writings,
1900—1909



爱因斯坦全集

第二卷

瑞士时期

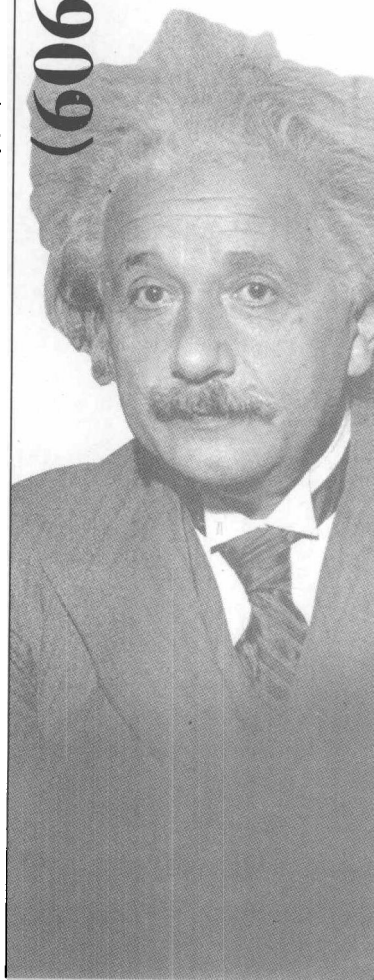
(1900—1909)

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

John Stachel, David C. Cassidy, Jürgen Renn,
and Robert Schulmann / 主编

范岱年 / 主译 范岱年 许良英 刘 兵 吴忠超 / 译



The Collected Papers of Albert Einstein Volume 2: The Swiss Years: Writings 1900—1909

©1989 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：18-2009-005

图书在版编目（C I P）数据

爱因斯坦全集. 第二卷 / (美) 爱因斯坦 (Einstein, A.)
著; 范岱年主译. —2 版. —长沙: 湖南科学技术出版社,
2009. 7

ISBN 978-7-5357-5785-2

I. 爱… II. ①爱…②范… 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 123165 号

爱因斯坦全集

第二卷 瑞士时期 (1900—1909)

著 者: [美]阿耳伯特·爱因斯坦

主 编: John Stachel, David C. Cassidy, Jürgen Renn, and Robert Schulmann

主 译: 范岱年

策划编辑: 李永平

责任编辑: 戴 涛

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: 40

字 数: 718000

书 号: ISBN 978-7-5357-5785-2

定 价: 170.00 元

(版权所有·翻印必究)

THE COLLECTED PAPERS OF

Albert Einstein

VOLUME 2

THE SWISS YEARS:
WRITINGS, 1900—1909

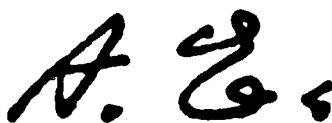
John Stachel, EDITOR

DAVID C. CASSIDY, JÜRGEN RENN, AND
ROBERT SCHULMANN, ASSOCIATE EDITORS

DON HOWARD, ASSISTANT EDITOR

A. J. KOX, CONTRIBUTING EDITOR

ANN LEHAR, EDITORIAL ASSISTANT

A stylized, handwritten signature of Albert Einstein, consisting of the letters 'A', 'E', and a small flourish.

Princeton University Press
1989

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

Valentine Bargmann	Martin J. Klein
Peter G. Bergmann	Itamar Pitowsky
Aryeh Dvoretzky	Freeman J. Dyson
Yehuda Elkana	Shmuel Sambursky
Peter Havas	Charles Scribner, Jr.
Gerald Holton	John A. Wheeler
Walter Hunziker	Harry Woolf
Reuven Yaron	

编辑委员会

Peter G. Bergmann	Martin J. Klein
Robert S. Cohen	Abraham Pais
Gerald Holton	Nathan Rais
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)

国家人文学科基金会(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)

瑞士阿尔高州

个人资助

Louise R. Berman 遗产事务所

Albert Einstein 遗产事务所

Robert A. Hefner III

William H. Schwartz 遗产事务所

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、政治言论及生平的深入研究,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,随着资料的不断收集,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。全集各卷注释及索引中的页码除特别指明外,均指德文原版书页码,即中文版的边码。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。索引中的页码均指示边码。

《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

第二卷序

xvi

本卷所收录的论著树立了爱因斯坦作为 20 世纪理论物理学中的一个中心人物的形象。他提交第一篇论文时,还是苏黎世的瑞士联邦技术大学(ETH)刚毕业的尚无职业的学生。本卷最后的一篇重要论文是一篇印刷出版的讲演稿,这是爱因斯坦作为苏黎世大学新聘的、理论物理学方面的无公薪教授(Außerordentlicher Professor),向德国自然研究者和医生协会的 1909 年会议的物理学组所作的讲演。^[1]应邀参加萨尔茨堡会议并作为德国物理学会的贵宾(“Ehrengast”)在会议上作讲演表明说德语的物理学共同体正式承认了爱因斯坦的地位。推荐他到苏黎世任职的推荐信上写道:“爱因斯坦现在已列入最重要的理论物理学家之中(Einstein gehört gegenwärtig zu den bedeutendsten theoretischen Physikern)。”^[2]

在 1909 年,爱因斯坦积极主动地和 H.A. Lorentz, Max Planck, Arnold Sommerfeld, Johannes Stark 和 Wilhelm Wien 这样一些著名物理学家通信。爱因斯坦这一时期的通信(将在第五卷发表)提供了有关他的思想发展的重要补充文件。只要这些信件能帮助理解爱因斯坦的论著及其历境,它们就被引用在本卷的编者按和脚注之中。^[3]

导致爱因斯坦被广泛承认为理论物理学中的一个重要人物的工作体现在他于 1905 年所写的三篇论文之中,当时他是瑞士专利局的一位技术专家。前两篇论文探讨当时物理学的重要问题,而第三篇论

xvii

[1] *Einstein 1909c*(文件 60)。

[2] 苏黎世大学哲学系主任 Otto Stoll 给苏黎世行政区的教育局长 Heinrich Ernst 的信,1909 年 3 月 4 日, SzZSa, U110b2(44)。

[3] 本卷的序和编者按只涉及爱因斯坦的那些与他的论著直接有关的活动。爱因斯坦在这一时期的生活经历,将在第五卷中介绍。

文阐述了这样一个问题,即如果不推翻当时物理学的基础,这个问题是不能解决的。爱因斯坦的第一篇关于相对性的论文解决了一些在他试图把许多动体电动力学和光学的实验结果纳入 Lorentz 的电子理论时产生的佯谬。^[4]这是通过引入一种容易被纳入今天称之为物理学的经典传统的新运动学而解决的,^[5]可是当时有些本可以发现这种运动学的物理学家却难以接受相对论。爱因斯坦的第一篇论 Brown 运动的论文引发了一些实验,它们有助于说服当时对热的分子运动论的有效性的怀疑,同时开创了物理学中对随机过程的理论研究。^[6]他的第一篇关于量子假说的论文指出,电磁辐射与物质相互作用时,就像辐射具有一种颗粒性结构似的,而这种结构既不能根据 Maxwell 的理论,也不能根据经典力学来做出说明。^[7]

到 1909 年,相对论即使不被充分理解,也已接近被普遍接受,而爱因斯坦关于辐射本性的观点则日益成为剧烈争论的课题。爱因斯坦在他的萨尔茨堡演讲中,明确指出了他的关于量子假说、关于相对论以及关于 Brown 运动和统计物理学的工作之间的许多相互联系,这些相互联系在他的早期论文中一般只是隐含的。这次讲演采纳了一个未被立即接受的命题。^[8]尽管一般人相信光的波动说已完全战胜了微粒说(发射说),爱因斯坦仍主张“理论物理学发展的下一阶段将带给我们一种光学理论,它可以被设想为一种光的波动说和发射说的融合(die nächste Phase der Entwicklung der theoretischen Physik uns eine Theorie des Lichtes bringen wird, welche sich als eine Art Ver-

[4] 参见 *Einstein 1905r* (文件 23)。为了讨论爱因斯坦在这一领域中的工作,可参见编者按:爱因斯坦论相对论, pp. 253—274。

[5] “经典的”一词的这种用法当时已开始流行。爱因斯坦在 1908 年谈到“经典热力学”(这段话已在后面引用)。差不多与此同时,Planck 谈到了“经典电动力学”,Herglotz 谈到了“经典力学”,参见 *Jungnickel 和 McCormach 1986b*, p. 313。

[6] 参见 *Einstein 1905k* (文件 16)。为了讨论他在这一领域内的工作,参见编者按:爱因斯坦论 Brown 运动, pp. 206—222。

[7] 参见 *Einstein 1905i* (文件 14)。为了讨论爱因斯坦在这一领域内的工作,参见编者按:爱因斯坦关于量子假说的早期工作, pp. 134—148。

[8] 参见,例如,在爱因斯坦讲演后的讨论中,Planck 的评论, *Einstein et al. 1909c* (文件 61), pp. 825—826(本卷 pp. 585—586)。

schmelzung von Undulations-und Emissionstheorie des Lichtes auffassen läßt)”。^[9]在充分承认 Maxwell 的光的电磁说在说明许多光学效应方面的成功的同时,爱因斯坦审阅了有关他的光量子假说的日益增多的证据。他强调在光的发射和吸收的基元过程之间存在着一种对称性,这不能由任何波动说来说明,却具有发射说的特性。他又指出,相对论使得人们有可能避免在波动说和发射说之间做出非此即彼的选择的两难困境。不再需要把光看做是“一种假想媒质的状态序列(als Folge von Zuständen eines hypothetischen Mediums)”^{xviii};而是可以把光当做是“某种独立存在的物质(als etwas wie die Materie selbständig Bestehendes)”,某种在光的发射体和吸收体之间传递质量的东西。^[10]把他的关于辐射展示颗粒性面貌以及波动性面貌的论点作为压顶石,爱因斯坦吸取了他早期研究统计物理和 Brown 运动过程中发展出来的思想和方法,分析了辐射场中能量和动量的涨落。^[11]

爱因斯坦对辐射的关注要追溯到他的学生时代。^[12]早在 1899 年,他就在思考它的本性;两年后他阅读了 Planck 关于这个课题的论文。爱因斯坦对辐射的结构的研究形成了他几年之后的探索工作的一部分,即他所谓的物理学的“元基础(elementare Grundlagen)”,^[13]这种探索开始于他还是一个学生的时候。他看来从不怀疑物质的原子结构,他也很快接受了关于电的新电子论。^[14]在现存的他关于电动力学的最早评论中,他建议它是“关于动电荷和动磁荷在空虚空间中

[9] Einstein 1909c (文件 60), pp. 482—483 (本卷 pp. 564—565)。

[10] Einstein 1909c (文件 60), p. 490 (本卷 p. 572)。

[11] 爱因斯坦对涨落的分析将在下面讨论。并参见编者按:爱因斯坦论统计物理学基础, pp. 41—45; 爱因斯坦论 Brown 运动, pp. 206—222。

[12] 参见第一卷编者按:爱因斯坦论及热、电和辐射现象, pp. 235—237。

[13] 在 1908 年,爱因斯坦强调指出,他认为一个物理理论,只有当“它在元基础上建立起它的结构(wenn sie aus elementaren Grundlagen ihre Gebilde zusammensetzt)”,才是令人满意的,并指出:“我们距拥有关于电和力学过程的令人满意的元基础仍很遥远(dass wir noch weit davon entfernt sind, befriedigende elementare Grundlagen für die elektrischen und mechanischen Vorgänge zu besitzen)。”参见爱因斯坦给 Arnold Sommerfeld 的信,1908 年 1 月 14 日。

[14] 参见第一卷编者按:爱因斯坦论及动体的电动力学, pp. 223—225; 爱因斯坦论及热、电和辐射现象, pp. 235—237; 爱因斯坦论及分子力, pp. 264—266。

的运动理论(die Lehre von den Bewegungen bewegter Elektrizitäten und Magnetismen...im leeren Raum)”。^[15]他欢迎 Drude 的金属电子论,并探索了说明物质的热、电和光学性质以及它们的相互联系的新模型。^[16]

试图根据详细的原子论假设来说明许多现象,也是爱因斯坦在 1901 年和 1902 年发表的头两篇论分子间力的本性的文章的特征。^[17]爱因斯坦认为原子、分子和离子的存在是理所当然的,在此基础上,他试图借助于有关毛细作用和电解质电导这类现象的经验数据来决定它们之间的吸引力的强度。这些论文和当时的通信表明他熟悉物理化学,特别是溶液理论,并且关注寻找支持他的假说的实验证据。在 1901 年底,爱因斯坦试图用一篇论分子间力的论文从苏黎世大学获得博士学位,但未成功。^[18]

爱因斯坦对涉及物质和电的原子结构的多种问题的兴趣导致他去研究热力学和各种系统的微观结构之间的关系。^[19]例如,在他的论液体中的分子间力的工作中,他广泛使用了热力学方法,甚至设想推广热力学第二定律的有效范围。爱因斯坦于 1902 年和 1904 年发表的后三篇论文都是论统计物理学基础的,它们的目的是要以尽可能少的有关系统的组分元素或它们的相互作用的本性的假设,来建立任何宏观系统必须具有的主要热力学性质。

可能是由于他为 *Annalen der Physik* 写了热学方面的文章,爱因斯坦开始为 *Annalen der Physik* 的增刊(*Beiblätter zu den Annalen der Physik*)写热学方面的评论。^[20]他做评论员的工作并不久,他所写的所有评论除两篇外全发表于 1905 年。

[15] 爱因斯坦给 Mileva Marić 的信,1899 年 8 月 10 日,参见第一卷,文件 52。

[16] 参见第一卷编者按:爱因斯坦论及热、电和辐射现象,pp. 235—237。

[17] 参见第一卷编者按:爱因斯坦论及分子力,pp. 264—266;以及在本卷中的编者按:爱因斯坦论分子力的本性,pp. 3—8。

[18] 关于爱因斯坦第一次申请博士学位的论述,参见编者按:爱因斯坦论测定分子大小的博士论文,(三),pp. 173—176。

[19] 参见编者按:爱因斯坦论统计物理学基础,pp. 45—46。

[20] 参见编者按:爱因斯坦为 *Beiblätter zu den Annalen der Physik* 所写的评论,pp. 109—111。

在他最后一篇关于统计物理学的论文中,爱因斯坦指出,热力学量平衡值附近的涨落必须作为热的运动论的推论而出现。他推导出了由一正则系综表示的系统的能量的均方涨落的表示式。这个表示式只与系统的热力学状态有关,这就使得他能够把 Boltzmann 常数解释为一个系统固定的热稳定性的标度。爱因斯坦关于涨落的公式成为他以后研究的重要工具。除了以平衡统计力学为基础的热力学方法,他精心设计了第二种独特的研究涨落现象的方法——随机方法,这是以对涨落—耗散机制的分析为基础的。

爱因斯坦最早发展出后一种方法是在 1905 年,当时他认识到,悬浮在液体中的微观粒子由于流体的分子结构必然显示可见的涨落。爱因斯坦在研究 Brown 运动时所用的方法结合了他当时新研究的统计物理概念和他从研究分子力时所通晓的扩散理论的概念。^[21]结果是,他不仅令人满意地把 Brown 运动说明为一个随机过程,而且也发展出一套基于有关技术测定分子大小的新方法,从而完成了他的论述这一课题的博士论文。^[22]爱因斯坦强调指出,随机涨落的存在及其性质是对仍受到许多科学家挑战的分子运动论的判决性检验。他的理论研究有助于激励 Perrin 和其他人的许多实验工作,这些实验工作有效地平息了对他的理论研究的一些怀疑。

起初,爱因斯坦相信黑体辐射是仅有的一种其能量涨落是经验上有意义的系统。在 1904 年,他把为力学系统发展出来的热力学方法应用于“一个充满辐射的空间(ein Strahlungsraum)”的能量涨落,取得令人鼓舞的结果。^[23]第二年,爱因斯坦回到了黑体辐射问题,利用热力学方法并结合 Boltzmann 原理,证明在高 ν/T 极限下,辐射的熵随其体积的变化而变化的方式同一个粒子系统的熵随其体积的变化而变化的方式一样。这样一种考虑导致他提出了辐射能与物质和电—

[21] 参见编者按:爱因斯坦论 Brown 运动, pp. 206—222; 编者按:爱因斯坦论分子力的本性, pp. 3—8。

[22] 参见编者按:爱因斯坦论测定分子大小的博士论文, pp. 170—182。

[23] 参见 *Einstein 1904* (文件 5), pp. 360—362 (本卷 pp. 105—107)。把为有限自由度系统发展起来的方法应用于辐射取得的成功可能鼓励了爱因斯坦把辐射本身当做这样一个系统来处理[参见 *Einstein 1905 i* (文件 14), pp. 132—133, 即本卷 pp. 150—151]。

样,也是量子化的这种试探性观点。^[24]

1907年,他把量子假说推广应用于固体的振动能,从而能够说明固体比热容理论中长期存在的反常。这个反常曾导致对分子运动论的严重怀疑。大约从1911年开始,随着对爱因斯坦比热容理论的第一批实验确认,这项工作说服许多物理学家相信量子假说的基本意义方面起了重要的作用。^[25]1909年,他应用他的两种处理涨落的方法研究基于Planck定律的黑体辐射。他使用一种基于Boltzmann原理的反演的热力学方法去研究能量涨落;又使用一种考察一个与辐射平衡的小镜子的Brown运动的随机方法去研究压力涨落。正如前面所指出的那样,两种计算都表明,需要把辐射的波动说与发射说融合起来。

尽管他取得了许多成功,爱因斯坦仍感到他并没有更接近于找到一个合适的关于物质、辐射和电的理论的“元基础”。他十分确信,不管是经典力学或是Maxwell的电动力学都不能说明导致他提出量子假说的现象,^[26]但是“在任何地方都找不到人们可以在其上面进行建筑的坚固基础(ohne dass sich irgendwo fester Grund zeigte, auf dem man hätte bauen können)”。^[27]许多年后,他描述了他在这个时期的观点:

渐渐地我对那种根据已知事实通过建构性的努力去发现真实的定律的可能性感到绝望了。我努力得愈久,就愈加绝望,也就愈加确信,只有发现一个普遍的形式原理,才能使我们得到可靠的结果。我所看到的我面前的一个范例就是热力学。

[24] 参见编者按:爱因斯坦关于量子假说的早期工作,pp. 134—148。

[25] 为了讨论关于比热容的量子论的重要作用,参见Klein 1965和Kuhn 1978, pp. 210—220。

[26] 爱因斯坦后来回忆了他关于量子假说的工作的起源:“为Wien和Planck的研究所激励,我认识到力学和电动力学与实验事实之间有着不可解决的矛盾(Angeregt durch Wiens und Plancks Forschungen erkannte ich, daß Mechanik und Elektrodynamik in einem unlösbaren Widerspruch zu den Erfahrungstatsachen stehen)。”根据1924年2月6日的录音,文稿印于Herneck 1966a, p. 134。

[27] Einstein 1979, p. 42;英译本, p. 43。

Nach und nach verzweifelte ich an der Möglichkeit die wahren Gesetze durch auf bekannte Tatsachen sich stützende konstruktive Bemühungen herauszufinden. Je länger und verzweifelter ich mich bemühte, desto mehr kam ich zu der Überzeugung, dass nur die Auffindung eines allgemeinen formalen Prinzipes uns zu gesicherten Ergebnissen führen könnte. Als Vorbild sah ich die Thermodynamik vor mir.^[28]

爱因斯坦对热力学定律树立了极大的信心。他的关于统计物理基础的研究使他相信,热力学原理在其限度内,对具有许多自由度的所有系统,不管它们细节的微观结构如何,热力学原理都有效,而且这些热力学原理甚至能应用于热辐射。^[29]是否还有其他这样的原理,以便人们在探索“元基础”时可以依靠它们?

xxii

回顾起来,不管当时爱因斯坦是否用这样的观点看,人们可以把相对论的发展看做是他在寻求一个“普适形式原理”方面的首次巨大成就。有好几年,他一直试图发展一种动体的电动力学,它并不要求一个以太的参照架。^[30]在徒劳地尝试修正 Maxwell-Lorentz 方程或用光的发射说取代它们之后,他发现正确的逼近问题的方式是从原理出发,它们的作用类似于热力学定律。1907 年,他总结了所得理论的本性:

[28] *Einstein 1979*, p. 48; 英译本, p. 49。10 年以后,爱因斯坦把相对论和热力学都描述为“原理理论”,而与“建构的理论”相对立。关于后者,他写道:“这些人试图从一个比较简单的基本的形式体系出发,为更复杂的现象建构一个图像……当我们说我们已成功地理解了一组自然过程,则这意味着一个概括所研究的过程的建构性理论已被发现(Diese suchen aus einem relativ einfachen zu grunde gelegten Formalismus ein Bild der komplexeren Erscheinungen zu konstruieren... Wenn man sagt, es sei gelungen, eine Gruppe von Naturvorgängen zu begreifen, so meint man damit immer, dass eine konstruktive Theorie gefunden sei, die die betreffenden Vorgänge umfasst)。”参见 *Einstein 1919*, 德文文本引自手稿。

[29] 爱因斯坦在许多年以后描述热力学给他的深刻印象时,说道:“它是唯一具有普适内容的物理理论,关于它,我深信,在其基本概念可适用的框架内,它将永远不会被推翻(Es ist die einzige physikalische Theorie allgemeinen Inhaltes, von der ich überzeugt bin, dass sie im Rahmen der Anwendbarkeit ihrer Grundbegriffe niemals umgestossen werden wird)。”参见 *Einstein 1979*, p. 30; 英译本, p. 31。

[30] 参见第一卷编者按:爱因斯坦论及动体的电动力学, pp. 223—225。

这里绝不讨论……这样的“系统”，其中暗含着一些个别的定律，并且从中可以仅仅通过演绎而发现这些定律，而仅仅讨论这样的原理，它（多少类似于热力学第二定律）允许某些定律可从其他定律演绎出来。

Es handelt sich hier ... keineswegs um ein “System,” in welchem implizite die einzelnen Gesetze enthalten wären, und nur durch Deduktion daraus gefunden werden könnten, sondern nur um ein Prinzip, das (ähnlich wie der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie) gewisse Gesetze auf andere zurückzuführen gestattet. [31]

理论证明，相对性原理结合光速不变原理，要求给全部物理学一个新的运动学基础。应用这种运动学于静体的 Maxwell-Lorentz 方程，爱因斯坦能够提出与实验相符的动体电动力学。

爱因斯坦 1905 年的论文讨论了空虚空间中的 Maxwell 方程。1907 年，Minkowski 首次讨论了关于表述动媒质中的电磁场的相对论性不变的方程问题。[32] 1908 年，爱因斯坦与 Jakob Laub 合作，论述了这个问题。[33]

爱因斯坦关于相对论的工作不仅因它成功地应用了形式原理方法而著名，而且也因为它明显地关注基础问题而著名。[34] 他关于这一课题的第一篇论文的导言的结论是：

这里所要阐明的理论——像其他各种电动力学一样——是

[31] *Einstein 1907g* (文件 44), p. 207 (本卷 p. 411)。

[32] 参见 *Minkowski 1908*。

[33] 参见编者按：爱因斯坦和 Laub 论运动媒质的电动力学，pp. 503—507。

[34] 爱因斯坦后来回忆说：“从我青年时代以来，我的全部科学努力都是指向深化物理学的基础 (Von der Jugend an war mein ganzes wissenschaftliches Streben auf die Vertiefung der Grundlagen der Physik gerichtet)。”引自 1924 年 2 月 6 日的录音，文本见 *Herneck 1966a*, p. 134。

以刚体的运动学为根据的,因为任何这种理论所讲的,都是关于刚体(坐标系)、时钟和电磁过程之间的关系。对这种情况考虑不足就是动体电动力学目前所必须克服的困难的根源。

Die zu entwickelnde Theorie stützt sich—wie jede andere Elektrodynamik—auf die Kinematik des starren Körpers, da die Aussagen einer jeden Theorie Beziehungen zwischen starren Körpern (Koordinatensystemen), Uhren und elektromagnetischen Prozessen betreffen. Die nicht genügende Berücksichtigung dieses Umstandes ist die Wurzel der Schwierigkeiten, mit denen die Elektrodynamik bewegter Körper gegenwärtig zu kämpfen hat.^[35]

爱因斯坦对这类物理学中的方法论问题的敏感在某种程度上应归功于他广泛阅读和讨论今天称之为科学哲学这个领域内的作品。^[36]后来,在讨论“时间的绝对性公理,或者更确切地说是同时性的绝对性公理(das Axiom des absoluten Charakters der Zeit, bzw. der Gleichzeitigkeit)”时爱因斯坦说:

清楚地认识这条公理以及它的任意性实际上就意味着问题的解决。对于发现这个中心点所需要的批判思想,就我的情况来说,主要是由于阅读了 David Hume 和 Ernst Mach 的哲学著作而得到决定性的进展。

Dies Axiom und seine Willkür klar erkennen bedeutet

[35] *Einstein 1905r* (文件 23), p. 892 (本卷 p. 277)。

[36] 在强调他早年关心物理学基础问题时(参见注 34),爱因斯坦立即补充说:“在更狭窄的意义上的哲学观点和要求仅对我发生次要的影响(*Philosophische Gesichtspunkte und Bedürfnisse in engerem Sinne wirkten nur sekundär auf mich*)。”引自 1924 年 2 月 6 日的录音,文本见 *Herneck 1966a*, p. 134。