

爱因斯坦全集

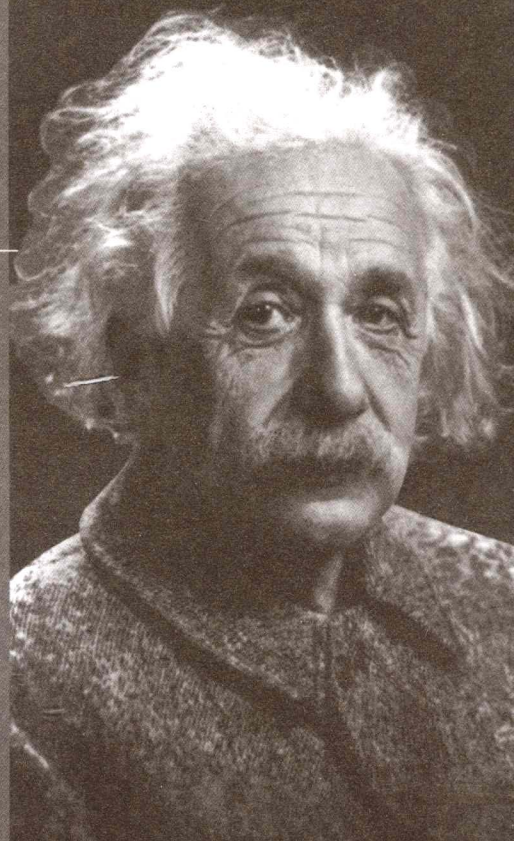
第七卷 柏林时期 (1918—1921)

Michel Janssen, Robert Schulmann, József Illy,
Christoph Lehner, and Diana Kormos Buchwald / 主编
邹振隆 / 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 7: The Berlin Years: Writings,
1918—1921



爱因斯坦全集

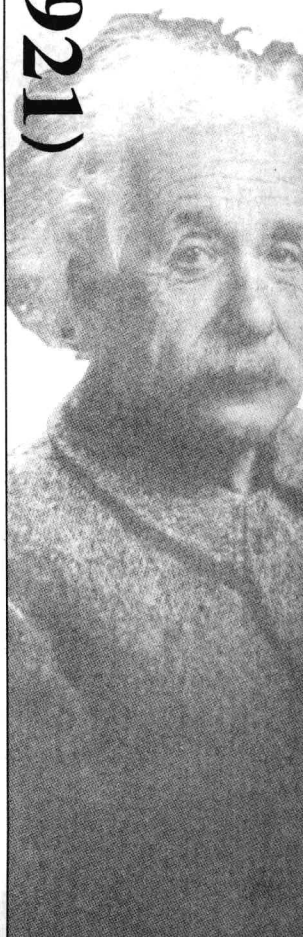
第七卷
柏林时期

(1918—1921)

The Collected Papers of
Albert Einstein

[美] 阿耳伯特·爱因斯坦 / 著 湖南科学技术出版社

Michel Janssen, Robert Schulmann, József Illy,
Christoph Lehner, and Diana Kormos Buchwald / 主编
邹振隆 / 主译 邹振隆 黄 磷 等 / 译



THE COLLECTED PAPERS OF

Albert Einstein

VOLUME 7

THE BERLIN YEARS:
WRITINGS, 1918–1921

Michel Janssen, Robert Schulmann, József Illy,
Christoph Lehner, and Diana Kormos Buchwald

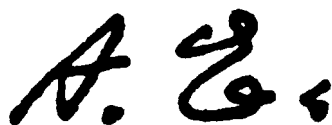
EDITORS

Daniel Kennefick, A. J. Kox, and David Rowe

ASSOCIATE EDITORS

R. Hirschmann, O. Moses, A. Mynttinen, A. Pringle, and R. Fountain

EDITORIAL ASSISTANTS

A stylized, handwritten signature of Albert Einstein, featuring a large 'A' and a cursive 'E'.

Princeton University Press

2002

The Collected Papers of Albert Einstein, Volume 7: The Berlin Years: Writings, 1918—1921
Copyright © 2002 by The Hebrew University of Jerusalem
Chinese (Simplified Characters only) Hardback copyright © 2009 by Hunan Science & Technology Press
Published by arrangement with Princeton University Press in association with Arts & Licensing International, Inc.
All Rights Reserved.

湖南科学技术出版社通过美国 Arts & Licensing International Inc. 获得本书中文简体版全球出版发行权。

著作权合同登记号: 18-2003-133

图书在版编目 (CIP) 数据

爱因斯坦全集. 第七卷 / (美) 爱因斯坦 (Einstein, A.) 著; 邹振隆, 黄磷译. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-5357-5791-3

I. 爱… II. ①爱…②邹…③黄… 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 189519 号

爱因斯坦全集

第七卷 柏林时期 (1918—1921)

著 者: [美] 阿耳伯特·爱因斯坦

主 编: Michel Janssen, Robert Schulmann, József Illy, Christoph Lehner, and Diana Kormos Buchwald

主 译: 邹振隆

策划编辑: 李永平

责任编辑: 赵 龙 林澧波

文字编辑: 陈一心

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: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2009 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 42.5

字 数: 763000

书 号: ISBN 978-7-5357-5791-3

定 价: 190.00 元

(版权所有·翻印必究)

谨以此卷纪念

Abraham Pais

(1918—2000)

主 办 者

耶路撒冷的希伯来大学
波士顿大学
加州理工学院
普林斯顿大学出版社

编辑委员会

Mara Beller	Walter Hunziker
Jed Z. Buchwald	Abraham Pais †
Robert S. Cohen	Fritz Stern
Gerald Holton	Joseph H. Taylor
Kip S. Thorne	

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

大学

波士顿大学(美国)

加州理工学院(美国)

瑞士联邦技术大学(苏黎世,瑞士)

基金会

瑞士国家科学基金会

Tomalla 博士基金会(列支敦士登公国)

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,随着资料不断地收集,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。

《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4月

I

本卷收录的著作以显著改变了爱因斯坦公众生活进程的两个重要事件为中心：魏玛共和国的建立，1919 年秋英国天文学家宣布广义相对论得到了经验的证实。这两个事件为爱因斯坦作为新德国非官方的科学文化使者登上世界舞台创造了必要条件。

1918 年 11 月 9 日，即德皇威廉二世退位日，爱因斯坦“由于革命”取消了他的广义相对论课程（文件 12, p. 90）。接着，按 Max Born 的说法，他去帝国总理府会见临时政府新首脑 Friedrich Ebert，保释被革命学生扣押的几名柏林大学教授和校长。德国帝制突然崩溃，士兵和工人委员会拥护激烈的变革。就在 4 天后的 11 月 13 日，爱因斯坦在“新祖国”同盟的一次群众集会上向 1000 多人发表了讲话。他称自己是一个无需“转变”政治观念的“老民主主义者”，主张“一切真正的民主主义者都应当提防的右的旧阶级专制被左的新阶级专制所取代”（文件 14, p. 2）。他促进民主自由事业的热忱在同事们中是少见的。Arnold Sommerfeld 在得知爱因斯坦“相信新时代并愿意为其工作”后，曾对当时发生的“极其可悲和愚蠢的一切”表示震惊（Arnold Sommerfeld 致爱因斯坦，1918 年 12 月 3 日[第八卷，文件 662]）。爱因斯坦在回信中说，他坚信“热爱文化的德国人很快就将再度为自己的祖国而骄傲，一如既往，而且比 1914 年以前有更充分的理由”（爱因斯坦致 Arnold Sommerfeld，1918 年 12 月 6 日[第八卷，文件 665]）。

一年以后，即 1919 年 11 月 6 日，英国皇家学会和皇家天文学会联席会议宣布了赴西非和巴西拍摄 1919 年 5 月 29 日日全食照片的两支英国观测队的发现。这一事件对爱因斯坦的生活和后来的职业生涯产生的突然而深刻的影响，反映在事件之后的几个文件，特别是

xxii

为英国公众所作的东西(文件 25、文件 26 和文件 58)中。爱因斯坦在 1918—1921 年这段混乱时期的著作比以往更为分散。为方便起见,这篇概述将它们分为 3 组。

第一组由爱因斯坦的科学研究著作组成,其中最重要者写于 1918 年 11 月以前,主要涉及广义相对论中令人瞩目的问题,如引力波的性质(文件 1)、理论的基础(文件 4)、奇点的状态(文件 5)和能量-动量守恒(文件 9)。1919 年初,爱因斯坦提出了一个需要修改引力场方程的统一场论框架(文件 17)。他在柏林和苏黎世讲授相对论课程的讲稿(文件 12、文件 19 和文件 20)虽然很不完整,但还是为了解他研究这一课题技巧方面的精细变化提供了有益的线索。1919 年以后,爱因斯坦几乎不再发表关于广义相对论的科学论文,转而从事向大众解释其理论的计划。在巩固广义相对论的这一时期中最重要的工作,是他为正式出版 1921 年普林斯顿讲稿而写的专著(文件 71)。他在 1920—1921 年间发表的几篇科学论文主题大多超出了相对论的范围(文件 39、文件 56、文件 68 和附录 B)。只有一篇论文(文件 54)显示爱因斯坦仍在致力统一场论计划。

第二组是为只有中等科学训练的读者详细解释相对论的基本甚至初等观念的半科普或科普著作(文件 8、文件 26、文件 28、文件 31、文件 38、文件 52、文件 53、文件 58 和附录 C)。爱因斯坦早先的教科书, *Einstein 1917a* (第六卷,文件 42),到 1922 年底已出第 14 版,仍然保持着循循善诱型的经典风格。然而,本卷中的其他著作却反映了由相对论相关的哲学或超科学问题引发的急风暴雨式的论战。这迫使爱因斯坦不仅要解释,而且还得捍卫自己的理论。在文件 13 中,他使用一种人们熟悉的文学技巧来实现这两个目标,在一个执著而聪明的批评者和一个相对论者(爱因斯坦的挚友)之间进行一场对话,一如 Galileo 在捍卫 Copernicus 日心说时所做的那样。文件 8、文件 25、文件 26、文件 28 和文件 52 讨论理论物理学中的概念和方法论问题。在他“让 Newton 退位”的通栏标题之下,爱因斯坦为伦敦《泰晤士报》所写的文章(文件 26)不仅向英国科学界表示了深深的感谢,而且也向牛顿不朽的引力理论表达了谦恭的敬意。

爱因斯坦所写的几本通俗书籍同一些公开演讲有关。两篇正式

演讲的文本(文件 38 和文件 52)曾分别在莱顿和柏林的学术听众面前散发,大概接近口头陈述。然而在其他场合,他喜欢即席演讲,例如在国王学院,他出色的临场发挥与书面讲稿(文件 58)已迥然不同。xxiii
1921 年 5 月他在普林斯顿演讲几个月之后才准备好发表的文本(文件 71)。他在头两次演讲中实际说过的内容可以从附录 C 中复制的速记员抄写本推断出来。在阅读附录 D 和附录 E 中复制的已发表的采访之后,人们可以充分欣赏爱因斯坦同记者和好刨根问底者周旋(文件 61)时所表现的幽默。

第 3 组著作,从文件 14 开始,由与政治和社会问题相关的文本组成。爱因斯坦起初只是零散地写这类东西,但从 1919 年 12 月的文件 27 开始,他写了许多文章来促进国际和解,特别是科学界的和解(文件 36、文件 40、文件 47 和文件 70)。爱因斯坦强调人权,深切关怀陷于饥饿和经济崩溃的中欧人民的苦难,赞扬像公谊会教徒那样为克服这些困难而工作的人们(文件 29 和文件 41)。最突出的是 1920—1921 年间所写的一大组文章(文件 34、文件 35、文件 37、文件 57、文件 59、文件 60 和文件 62),讨论了这些年越来越引起他深切关注的“犹太问题”的各个方面。爱因斯坦拒绝被同化,加上强烈捍卫犹太人接受高等教育的权利,使他支持犹太复国主义者在巴勒斯坦建立一所大学的努力,他把这所大学看做是所有犹太人的文化中心。

这 3 组文件涵盖了范围宽广的问题,反映了对爱因斯坦生平这一阶段有重要影响的复杂环境。

II

本卷中较早的科学论文标志着爱因斯坦从 1911 年开始大力研究广义相对论时期的结束。的确,本卷中有关广义相对论的多数论文几乎全部是在 1918 年上半年完成的,它们或者直接源自以前的工作,或者是对同事们的答复。在 1915 年 11 月开始的一段集中工作期以后,爱因斯坦从 1917 年 2 月初起就不再提交有关这个课题的原创论文。1918 年的论文基本上是他对同时进入该领域的同事们的回应。

这些论文中最重要的《论引力波》(*Einstein 1918a* [文件 1]),实质上是 1916 年关于线性近似一文(*Einstein 1916g* [第六卷,文件

xxiv

32])的修正,尽管是很重要的修正。在 *Einstein 1918e* (文件 4) 中,他给了广义相对论基础一个新的表述,反映了 1916 年 3 月他首次系统阐释该理论(*Einstein 1916e* [第六卷,文件 30])以来其观念的发展。爱因斯坦与 W. de Sitter 的书信在这一发展中起着中心作用,在 *Einstein 1918c* (文件 5) 中,他针对 De Sitter 提出的挑战捍卫了自己对于该理论基础的新观念。为了回答另一方面的批评,在 *Einstein 1918f* (文件 9) 中,他力图使持怀疑态度的同事们相信,他在广义相对论中陈述的能量-动量守恒定律是适宜的。

这一时期广义相对论领域引人注目之处是,1916—1919 年,这个为物理学,特别是其数学表述带来许多创新理论取得了巨大进展。1917 年,爱因斯坦把宇宙学带入了理论物理学工具可及的范围(*Einstein 1917b* [第六卷,文件 43])。在 *Einstein 1919a* (文件 17) 中,他试图拓展广义相对论使之既能说明宇宙的大尺度结构和历史,又能说明如电子之类基本粒子的结构。广义相对论容许对两类全新的物理现象,即引力波和“参照系曳引”进行具体的理论描述,后者也称为 Lense-Thirring 效应(*Thirring 1918, Lense and Thirring 1918*)。相当令人生畏的爱因斯坦场方程对于质点引力场的严格解业已求得(*Schwarzschild 1916*),还至少有两种不同的近似方法,即线性近似(*Einstein 1916g* [第六卷,文件 32])和后牛顿近似(*Droste 1916b*),被精心发展出来以进行理论中的实际计算。除了这些理论发展之外,学术界还进行了认真的努力来检验广义相对论 3 个著名预言中的两个。爱因斯坦做出这 3 个预言(水星近日点移动、引力场中光线的偏折和引力红移)甚至在他发现该理论的最后形式之先。

到 1918 年,爱因斯坦发现自己正在和众多同事互相影响。如果把他的早先作品比作作曲高和寡的独奏,那以后的论文就是奉献给日益扩大的广义相对论研究界的协奏了。到 1919 年,在欧洲几个研究中心,包括莱顿、格丁根、苏黎世、罗马、维也纳和剑桥,已形成一些活跃的群组。爱因斯坦密切跟踪这些同行的工作,和他们通信(参见第八卷),有时也公开回应他们的论文(*Einstein 1918b* [文件 2]、*Einstein 1918d* [文件 3]、*Einstein 1918c* [文件 5]、*Einstein 1918g* [文件 8]、*Einstein 1918f* [文件 9] 和 *Einstein 1918a* [文件 1] 的最后一节)。

爱因斯坦 1918 年的论文涉及面相当广,其中有些几十年后仍然存在争议。*Einstein 1918a* (文件 1) 特别有名,因为它导出了引力波源辐射能流的著名四极公式。爱因斯坦在 1916 年关于引力波的论文中所犯的计算错误使他未能导出引力辐射的正确公式(见 *Einstein 1916g* [第六卷,文件 32]、*Einstein 1918a* [文件 1] 和第八卷序的第八节)。文件 1 重复了早先论文的论证,但有几点重要改进。爱因斯坦在 1916 年对于有“3 种”引力波解满足其场方程的线性形式感到困惑。其中有两种似乎并不传输能量。在 1916 年论文的一个附录中他已认识到,这些波“并不真实……而像是表观的”,因为若另选坐标系它们就会消失。这些假波并不是 *Einstein 1916g* (第六卷,文件 32) 中计算错误的产物。它们仍然出现在本卷文件 1 修改后的论述中,他在那里证明,通过一个简单的坐标变换,在他发现有益于这类计算的所谓谐和坐标中,这 3 个解中有两个事实上描述的是 Minkowski 时空的度规场。尽管如此,在后来的一段时间里,其他理论家还是继续谈论这 3 类波(*Weyl 1919c*, *Eddington 1922*)。这种情况表明,广义相对论学界尚未建立足够紧密的联系以保证有效地传递重要的结果,即便这些结果已由该理论的创立者在一篇文章中清楚地予以说明。xxv

Einstein 1918a (文件 1) 中计算四极公式的一个要素成为另一争议的中心,这涉及爱因斯坦用大家称为“能量-动量张量”的量来代表与引力场联系的能量、动量和应力。爱因斯坦并没有使用这个术语,而是将该量仍旧写作标准符号 $t_{\mu\nu}$ 。爱因斯坦的能量和动量守恒定律要求,与引力场联系的能量和动量由一个非广义协变的量代表,它同具有不变张量性质的物质和非引力场的应力-能张量 $T_{\mu\nu}$ 一起,描述一个物理空间或系统的总能量和动量。但是在广义相对论的许多早期研究者看来,能量-动量张量的这种非不变性质似乎破坏了广义协变理论的整体精神。对爱因斯坦的守恒定律和能量-动量张量的批评如此广泛,使他不得不写了一整篇文章来讨论这个问题(*Einstein 1918f* [文件 9]),尽管他早先在 *Einstein 1918a* (文件 1) 中已用了一节来回答 Tullio Levi-Civita 的批评,还写了一个短篇注记(*Einstein 1918b* [文件 2])来回答 Schrödinger 的论文(*Schrödinger 1918a*)。在早些时候致 Levi-Civita 的一封信中(爱因斯坦致 Tullio Levi-Civita, 1917 年 8 月 2 日[第八

xxvi

卷,文件 368]),爱因斯坦求助于等效原理来论证引力场能量的描述必须依赖于坐标。根据等效原理,Minkowski 时空的加速系等效于引力场。这意味着可以说,在这样一个加速系中受摩擦力作用的振动摆把引力能耗散成了热。这样的能量不能由张量表示,因为在 Minkowski 时空的 Lorentz 系中没有引力能存在。更一般地说,与一个参照系内某点引力场联系的能量,在新参照系中被转移到了某个别的地方,或转变成了某种其他的形式。用直接产生于这场辩论的现代语言(例如见 *Pauli 1921*, sec. 61; *Eddington 1922*, p. 280)来说,与引力场联系的能量不能定域到一个系统的任何(充分小的)部分,尽管闭合系统的总能量仍然守恒。

在 *Einstein 1918f* (文件 9) 中,爱因斯坦没有提出这一论证,而是较一般地争辩说应当采用能量守恒定律的积分形式。他证明闭合系统总能量的积分是不变和守恒的,并且只有在离源很远的地方才能测到,这个总能量就是该系统的 Schwarzschild 质量。由于保持着对宇宙学的兴趣,该文花了大量篇幅来讨论闭合静态宇宙模型中的总能量。能量定律的爱因斯坦陈述所隐含的物理内容逐渐变得较为清楚,是借助了一些数学家如 Felix Klein(爱因斯坦 1918 年就这一问题同他进行过充分讨论,见第八卷序,第 VIII 节)在推导守恒定律方面取得的进展,其顶峰是 Emmy Noether 关于物理学中对称性和守恒定律之间关系的著名定理的提出(*Noether 1918*)。

爱因斯坦作出巨大努力来使同事们相信他的能量守恒定律的正确性,这在一定程度上表明,尽管有越来越多的物理学家和数学家对广义相对论感兴趣,而他的研究路线仍然与众不同。正如他在文件 9 开头所说的,“几乎所有的同行对我关于动量能量定理的表述提出了批评”。甚至文件 9 的发表也未能说服这些批评。Klein 觉得该文的论证清楚但难以信服(*Felix Klein 1918* 年 6 月 16 日致爱因斯坦的信[第八卷,文件 566]),尽管他不久就能把这一论证推进到使自己满意的形式(*Felix Klein 1918* 年 7 月 5 日致爱因斯坦的信[第八卷,文件 581])。广义相对论的技术语言那时尚处于幼年时期,这就妨碍了爱因斯坦向甚至最有接受能力的同事解释自己思想的努力。赝张量的争议表明,所用语言的精确性如何通过物理学家和数学家之间富有成

果的交流得到迅速改善。然而,这个初始愿望直到爱因斯坦逝世都未能实现,因为物理学家们从 20 年代中期起大多离开了该理论的持续研究。不过,爱因斯坦觉得有必要向物理学家传授他的理论,本卷末刊载的普林斯顿讲稿(*Einstein 1922c* [文件 71]),最接近他将写的一本相对论教科书,就体现着他为实现这一任务所作的努力。 xxvii

在职业生涯余下的大部分时间里,爱因斯坦的工作主要集中于他对引力和电磁统一场论的追求,这一兴趣是 Weyl 的统一场论(*Weyl 1918a*)激发起来的,其第一个例子后来以规范理论著名。在对 *Weyl 1918a* 文的一个补充(*Einstein 1918g* [文件 8])中,他赞扬了 Weyl 天才的建议,但强调他发现该理论在物理上站不住脚。这时,爱因斯坦对于使用像 Weyl 规范原理这样的形式判据来代替物理原理(如他在 *Einstein 1918e* [文件 4]中对广义相对论安排的那样)仍然非常踌躇。然而,在他后来关于统一场论的工作中,形式判据逐渐被看得较为重要。在 *Einstein 1921e* (文件 54)中也可看到 Weyl 对爱因斯坦思想的影响。在这篇论文里,他把 Weyl 的规范理论推广到现在称为共形理论的场论中,该理论中度规只确定到相差一个标量因子。虽然爱因斯坦那时认为共形变换对物理学的用处还不清楚,但它后来却变为现代广义相对论(如处理渐近行为)的一个重要工具。

在莱顿的就职演说论“以太和相对论”中(*Einstein 1920j* [文件 38]),爱因斯坦清楚地勾画了他的统一方案:通过电磁和广义相对论的统一,“整个物理学成为类似几何学、运动学和引力理论那样的一种完备的思想体系”。不过,他看到量子论有可能成为在广义相对论基础上统一引力和电磁的障碍(文件 38, p. 15),这个保留意见可能源于他关于引力波的工作。在 *Einstein 1918a* (文件 1)中,紧跟在写出四极公式之后,他重复了在 1916 年论文(*Einstein 1916g* [第六卷,文件 32])中表达过的观点,认为该结果“会要求物体由于热骚动而失去能量——[它]必然引起对理论普遍适用性的怀疑。看来,一个更完备的量子理论也会导致引力理论的修改”。他在 1916 年所写的是:“不过,由于电子在原子内部的运动,原子不仅必须辐射电磁能,也将辐射引力能,即便数量微小。因为这很难是自然界中真实的情形,看来,量子论不仅必定会修改麦克斯韦电动力学,也必将修改引力的新理论”

xxviii

(*Einstein 1916g* [第六卷, 文件 32, p. 696])。 *Einstein 1919a* (文件 17)是他对统一理论感兴趣的又一个例子,他在这篇文章中沿单一思路来统一处理基本粒子的稳定性和宇宙学问题。为了稳定电子和宇宙本身,他采用了一种存在于物体内外任何空间的普遍压强概念。Poincaré 曾在电子稳定性的场合(*Poincaré 1906*), Schrödinger 曾在宇宙学的场合(*Schrödinger 1918b*)分别采用过同样的思路。实际上,在 *Einstein 1918d* (文件 3)中,爱因斯坦对 Schrödinger 的宇宙学进行了争辩。他把自己 1919 年将极小与极大统一起来的方法看得比他早先引入的宇宙学常数项(*Einstein 1917b* [第六卷, 文件 43])更为基本,尽管这两条思路在物理上是等价的。在这一时期的讲稿和专著中,他一直使用“宇宙压强”项的语言(见文件 19、文件 63 和 *Einstein 1922c* [文件 71])。随后几十年里,虽然物理学的其他部分在寻求新量子论方面与爱因斯坦分道扬镳,宇宙学仍然是物理学中需要某些广义相对论知识的唯一领域。

爱因斯坦关于广义相对论和宇宙学的工作使他对天文学和天体物理学产生了兴趣。在 *Einstein 1921c* (文件 52)中,爱因斯坦讨论了通过引力常数的天文观测来测定宇宙学常数的可能性。*Einstein 1921f* (文件 56)使用球状星团大小的最新估计可能也产生于这类想法。不过,为了证明对于 Newton 值的偏离,只有经验数据是不够的。因而,爱因斯坦提供了一些用 Newton 理论进行的计算,其实并未涉及广义相对论或宇宙学常数。附录 A 复制了爱因斯坦为该文所作的一些笔记和计算。早先的一篇天文学论文 *Einstein 1919b* (文件 18)也与广义相对论有关:Kurt Bottlinger 基于 Hugo von Seeliger 与广义相对论不相容的引力吸收理论,对月球轨道速度的某种起伏给予了一种解释(*Bottlinger 1912b*)。爱因斯坦醒悟到这项工作可能同他的宇宙学考虑有关,试图基于地球自转的起伏给予另一种解释。不过,这种解释是基于对天文学中时间测量的误解,爱因斯坦不得不在 *Einstein 1919c* (文件 22)中将其撤回。

本卷中只有一篇论文与量子理论有关(*Einstein 1922a* [文件 68]),不过这篇论文显示,爱因斯坦自 1916 年的论文(*Einstein 1916j* [第六卷, 文件 34]和 *Einstein 1916n* [第六卷, 文件 38])发表以来根本