Marc Lachièze-Rey

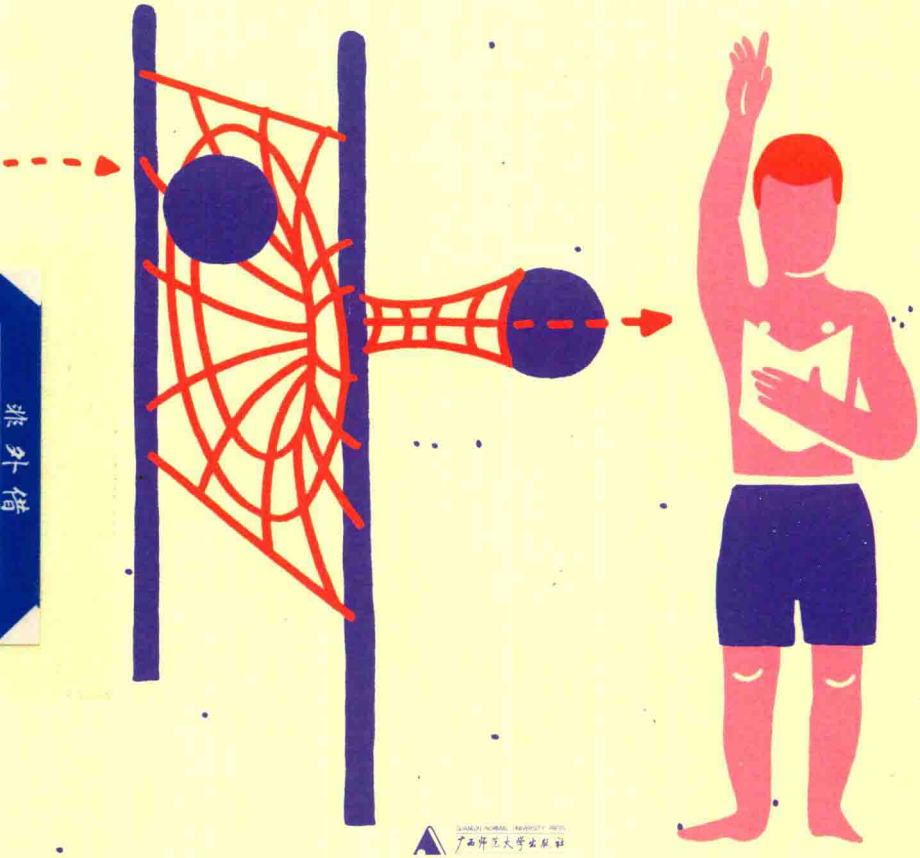
EINSTEIN À LA PLAGE

海滩上的爱因斯坦

带上相对论去度假

[法] 马克·拉谢兹－雷伊 著

龚蕾 译 张松波 审读



非外借

广西师范大学出版社

Marc Lachièze-Rey

EINSTEIN À LA PLAGE

海滩上的爱因斯坦

带上相对论去度假

[法] 马克·拉谢兹－雷伊 著

龚蕾 译 张松波 审读

安徽师范大学图书馆

藏书

广西师范大学出版社

·桂林·

Original title:
***Einstein à la plage. La relativité dans un transat*, second edition**
by Marc LACHIÈZE-REY
© DUNOD Editeur, Malakoff, 2017
Simplified Chinese language translation rights arranged through Divas International, Paris
巴黎迪法国际版权代理 (www.divas-books.com)
All rights reserved.

图书在版编目(CIP)数据

海滩上的爱因斯坦 /（法）马克·拉谢兹－雷伊著；
龚蕾译．—桂林：广西师范大学出版社，2017.11

ISBN 978-7-5598-0385-6

Ⅰ．①海… Ⅱ．①马… ②龚… Ⅲ．①相对论－普及
读物 Ⅳ．① O412.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 245893 号

广西师范大学出版社出版发行
桂林市中华路22号　邮政编码：541001
网址：www.bbtpress.com

出 版 人：张艺兵
全国新华书店经销
发行热线：010-64284815
山东鸿君杰文化发展有限公司印刷
山东省淄博市桓台县　邮政编码：256401

开本：880mm×1230mm　1/32
印张：6.25　字数：100千字
2017年11月第1版　2017年11月第1次印刷
定价：39.00元

如发现印装质量问题，影响阅读，请与印刷厂联系调换。

推荐序

在爱因斯坦肩上观看宇宙

李然（狐狸先生）
北京大学天文系博士
中科院国家天文台星云计划研究员

阅读科学家的趣闻轶事，并不能帮助我们真正理解科学家。科学家很大程度上被他的科学研究定义。《海滩上的爱因斯坦》这本书不是爱因斯坦的传记，而是对过去一百年建立在爱因斯坦相对论之上的物理世界的梳理。书的题名可能来自牛顿对科学探索的比喻：真理的大海无穷无尽，而科学家只是在海滩上拾贝壳的孩子。爱因斯坦和牛顿并称为有史以来最伟大的两位物理学家，他们恰好也对真理大海中同样的问题感兴趣：那就是引力的秘密。

人类很难天然地感受引力的存在。虽然我们知道自己跳起后总会回到地面，也知道苹果成熟只会从树上落下而不会飞上蓝天，但很少有人能够自发地意识到，这些现象

背后的原因是地球的吸引力。更少有人能够自发地意识到，这种吸引力不仅仅根源自大地，而是存在于万物之间。这是因为引力在日常生活中太微弱了。重力是引力在日常生活中几乎唯一的体现。

但在天文尺度上，引力却是最重要的力量。太阳通过引力约束它的行星围绕它运动。然而，直到牛顿发表他著名的万有引力定律前，没有人将“天庭”中的天体运动和人类世界的苹果落地联系在一起。在牛顿之前，开普勒已经给出了对行星运动的精彩描述。利用开普勒的三大定律，天文学家们可以预测行星在未来的运行。但是，开普勒并没有能够像牛顿一样看到行星运动规律之上更本质的规律：任意两个物体之间存在引力，且引力的大小反比于物体距离的平方。牛顿的发现为宇宙中天体的运动定下了普适的规则，一旦设置好天体的位置和初始的速度，天体系统的演化将完全按照万有引力制定好的脚本运行。

牛顿的万有引力定律在太阳系内取得了巨大的成功。然而在整个宇宙尺度上，牛顿的规则却会引入悖论。在牛

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

顿的世界里，宇宙时空是绝对的，万物在宇宙空间中来来去去，犹如旅店的过客。同时，牛顿相信在宇宙尺度上，天体的分布是均匀的。宇宙没有中心。这在今天被称作“宇宙学原理”。然而，牛顿自己的引力定律却无法给出这样的宇宙一个稳定的解。牛顿的宇宙会因为引力而失去平衡。

爱因斯坦的广义相对论优雅地解决了这个问题。在爱因斯坦的理论中，引力本质上是时空的弯曲。爱因斯坦的宇宙空间不是恒常不变的，引力的存在可以弯曲时空。在弯曲时空中的物体会感受到这种扭曲，运动行为因时空扭曲的不同而不同。空间和时间在这个理论中总是联系在一起。一个地方如果引力越强大，时间的膨胀也越厉害。约翰·惠勒曾经这样描述爱因斯坦的理论：物质告诉时空如何弯曲，而时空告诉物体如何运动。

从二十世纪二十年代末开始，物理学家们开始试图站在爱因斯坦的广义相对论之上，建立新的宇宙理论。人们发现爱因斯坦的宇宙可以在保持宇宙学原理的情况下展现不同的形态。根据宇宙中物质组成的不同，宇宙空间可以

处处弯曲，像是三维球面，有限而无边，也可能是平直的，无边又无限。宇宙空间有可能像面包一样膨胀，使得其中的星系相互远离对方，也有可能收缩，最终回到极高温度、极高密度的状态。

天文观测的进步使理论家们的预言有机会得到验证。利用当时最好的望远镜，埃德温·哈勃发现几乎所有的星系都在退行，远离银河系，而它们的退行速度正比于它们到银河系的距离。这个规律今天被称作哈勃定律，是广义相对论宇宙学的第一个观测基石。哈勃的发现表明如果爱因斯坦的广义相对论成立，那么我们所在的宇宙空间很可能是处处均匀膨胀的。这种膨胀方式会使得宇宙好像一块被烘焙的葡萄干面包。随着面包的膨胀，葡萄干彼此渐渐远离，开始相距越远的葡萄干，彼此远离的速度也就越快。

宇宙的膨胀同时意味着我们的宇宙可能有一个开端，因为逆着时间的箭头回溯，宇宙的早期必将是高温高密度的状态。今天人们观察到的广袤宇宙空间，完全来自于早期一小块区域的膨胀。宇宙早期一切物质结构都不存在，

宇宙中的化学元素，恒星和行星等天体，星系和星系团等结构，都是随着宇宙的膨胀演化而来的。二十世纪四十年代末到五十年代初，俄裔物理学家伽莫夫和他的学生用物理的语言第一次描述了这样的宇宙演化。今天，这一理论被冠以我们熟知的“大爆炸宇宙学”的名称。

今天不同的宇宙观测都支持大爆炸宇宙学理论。其中，1965 年，彭齐亚斯和威尔森发现的“微波背景辐射”是这个理论最坚实的支持。这一辐射处在微波波段。利用射电望远镜，这一辐射在天空各个方向都可以观察到。它的性质完全符合宇宙大爆炸理论对大爆炸的描述，几乎确定无疑就是宇宙大爆炸的余辉。

爱因斯坦是现代宇宙学的第一个推动者。他为今日的宇宙学奠基。但在宇宙学的具体构建过程中，爱因斯坦参与甚少。一个变化的宇宙对爱因斯坦本人来说有点不符合直觉。早期的爱因斯坦甚至曾试图通过在广义相对论方程中加入著名的“宇宙学常数”构造出一个稳定的宇宙模型。另一方面，爱因斯坦也许从未对宇宙具体的命运着迷，他

的后半生研究奉献给了“统一场论”，他试图创立统一的理论框架来描述引力和电磁力。爱因斯坦没能在这方面再次做出突破，但他致力的方向仍然是今天物理学家认为最重要的方面。当然，不同于爱因斯坦，今天的理论家意识到更重要的问题不在于广义相对论和电磁学，而是是广义相对论和量子力学之间的结合。

体会宇宙学的研究如何一步步建立在爱因斯坦简洁优雅的理论之上是阅读本书的最大乐趣。全书文理清晰，行文轻盈，以简洁的步调将这一过程展现给读者。我将此书推荐给对宇宙感兴趣的读者。

目录

推荐序　在爱因斯坦肩上观看宇宙　i

前　言　一位革命性的天才　001

1　狭义相对论挽救了危机中的物理学　009

延续与决裂 / 新的相对性原理 / 恼人的速度问题 / 概念革命 / 时空：物理学的新框架 / 世界线 / 没有优先的方向 / “真正的时间”不存在！ / 固有时间和协调时间 / 双生子“悖论”

2　广义相对论开创了宇宙几何学　043

牛顿眼中的引力 / 远距离运动和绝对空间的特异性 / 等效原理及其变形 / 广义相对论的框架 / 欧几里得几何及其他 / 时空的弯曲 / 宇宙的剖面 / 永别了，问题

3　验证爱因斯坦的理论　063

爱因斯坦理论的三个经典验证 / 更近期的一些验证

4　一门真正的宇宙科学　081

对宇宙的古老看法 / 牛顿及其普世框架 / 爱因斯坦引起的震动 / 难以置信的星系距离 / 宇宙膨胀的发现

5 宇宙的悠长历史 101

奠基者勒梅特 / 一种真正特殊的膨胀 / 宇宙大爆炸的基础 / 古老宇宙的年轻激情 / 暂时的矛盾 / 原始化学元素 / 当前的宇宙学及其问题

6 来自远方的光 125

及时到来的偶然发现 / 光与物质相互作用的终结 / 十分容易辨认的曲线 / 几乎是各向同性……但并不确切!

7 相对论的宇宙表现 145

中子星和脉冲星 / 黑洞，极端天体 / 时空中的幻影

8 寻找微妙的引力波 159

广义相对论惊人的预言 / 探测的尝试 / 历史性的消息 / 引力天文学诞生了!

后记 非常好……但还需超越 175

参考书目 181

译名对照表 187

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前言

一位革命性的天才

阿尔伯特·爱因斯坦——近一个世纪以来，这个名字已经成为天才的同义词。他促进了物理学在多个领域的发展，被大家一致认为是人类有史以来最伟大的科学家之一。他备受人们钦慕，主要是因为他提出了二十世纪最重要物理学理论中的两个：1905 年的狭义相对论和 1915 年的广义相对论。爱因斯坦彻底打翻了时间、空间和物质之间既定的概念，引起了一场范围极广的革命，这也许是人类科学史甚至思想史上绝无仅有的事情。

1879 年 3 月 14 日，爱因斯坦出生于德国的乌尔姆市，童年时的他并没有显得特别出色。在学习语言时，爱因斯坦甚至还遇到过一些困难。随后的学校教育也给他带来了不小的麻烦，尤其因为他藐视校方的权威。这是伴随他一生的一种态度。学校的老师们认为他是一个捣乱且冒失的人……然而，那时的他已经对科学和数学产生兴趣，并且

取得了很好的成绩。17 岁时，在第二次尝试以后，他终于如愿考入苏黎世联邦理工学院。前一年的首次尝试没有成功是因为基本常识考试没有通过。他反对墨守成规的作风继续受到批评，而在 1900 年获得毕业文凭的时候，他的成绩也并不是非常出色。

随后的两年时间里，他以自学的方式钻研理论。其间他试图在大学里取得职位却没有成功，最终放弃。1902 年，他作为“三级技术专家”进入（瑞士）伯尔尼联邦专利局。他的工作是评估各项专利申请的价值。这使他有业余时间继续自己的研究，以期获得博士学位。对于年轻的爱因斯坦来说，各项条件变得非常有利：他研究伟大的物理学家和哲学家的作品，并与他的朋友们讨论。他也许受到了某些专利申请的影响。

1905 年是他的“奇迹年”：尽管还没有拿到博士文凭，他在几个月内连续发表了五篇非常重要的文章。其中两篇形成了狭义相对论的基础，在文中，空间与时间失去了它们直到那时一直拥有的“绝对”性。人们在这些文章中看到了著名的公式 $E=mc^2$。另外一篇文章则被认为是量子力学的起点。

但是直到 1908 年爱因斯坦才获得了伯尔尼大学的一个职位。从那时开始，他的名望在科学界越来越高。他从事教学工作并做了大量讲座，同时尽力扩展狭义相对论的范围。他认为狭义相对论并不完整，因为其中没有包含万有引力。1915 年底，广义相对论终于完成，这一理论以全新的几何方法描述了万有引力，同时融入了 1905 年狭义相对论的成果。爱因斯坦那时是柏林大学的教授，柏林大学在当时被认为是世界上最负盛名的科学机构。1916 年该理论发表，1919 年 5 月 29 日日全食期间的天文观测首次证实了这一理论，它给予了爱因斯坦世界性的荣耀。爱因斯坦成了媒体和公众的宠儿，因为他兼具科学天赋和叛逆思想，风趣又上镜……1921 年访问美国时，爱因斯坦受到了热情的欢迎。

而物理学家们却难以对广义相对论产生兴趣：它是个很费解的理论，尤其是它看上去远离所有的具体应用。但从 1917 年起，爱因斯坦将之用于对宇宙整体的研究，建立了相对论宇宙学（cosmologie relativiste）。比利时物理学家乔治·勒梅特接过了这一学科的大旗，随后它又被许多其他科学家延续。但该学科后来经过了几十年才慢慢发

展起来。

其实是从 1960 年代开始，得益于多项天文观测的结果，广义相对论和相对论宇宙学才展现出它们的确切性。爱因斯坦和他的“三阶段相对论革命”有着极大的超前性，这三阶段是：狭义相对论，广义相对论，相对论宇宙学。

然而这还不是全部，因为爱因斯坦还是量子力学的奠基者之一。这个物理理论覆盖了一个不同的领域：物质与辐射之间的相互作用，特别是在无限小的领域；这与广义相对论和相对论宇宙学非常地不同……1905 年该理论首次出现在爱因斯坦发表的一篇文章里，他在其中提出了光量子假说。1921 年爱因斯坦凭借这个贡献获得诺贝尔物理学奖（而他却没有一次因为相对论而获奖！）。

矛盾的是，爱因斯坦随后对于量子力学的发展表现得非常挑剔。自 1920 年到他生命结束的那些年里，他全力研究一个“统一场论”（théorie des champs unifiés），该理论期望能够同时描述万有引力和电磁学。他的尝试均告失败，但自 1950 年代至今，物理学家们仍在继续寻找这样一个统一的理论。例如，他们当前在尝试将万有引力和量子力学在某种“万有理论”中统一。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com