

七堂极筒
物理课

[意] 卡洛·罗韦利 著

文铮 陶思慧 译



七堂极简物理课

[意] 卡洛·罗韦利 著

文铮 陶慧慧 译



图书在版编目 (CIP) 数据

七堂极简物理课 / (意) 罗韦利 (Rovelli, C.) 著; 文铮, 陶慧慧译.
—长沙: 湖南科学技术出版社, 2016.5
ISBN 978-7-5357-8927-3

I. ①七… II. ①罗… ②文… ③陶… III. ①物理学—普及读物
IV. ①O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 048172 号

著作权合同登记号: 图字 18-2016-024

© 中南博集天卷文化传媒有限公司。本书版权受法律保护。未经权利人许可, 任何人不得以任何方式使用本书包括正文、插图、封面、版式等任何部分内容, 违者将受到法律制裁。

上架建议: 畅销·科普

七堂极简物理课

作者: [意] 卡洛·罗韦利

译者: 文铮 陶慧慧

审校: 李森

封面艺术: 科拉莉·比克福德-史密斯

内文插图: 马岱姝

出版人: 张旭东

责任编辑: 林澧波

监制: 吴文娟

策划编辑: 董卉

版权支持: 辛艳

营销编辑: 刘宁远 仇悦

装帧设计: 索迪

封面设计: 索迪 利锐

出版发行: 湖南科学技术出版社 (长沙市湘雅路276号)

经销: 新华书店

印刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开本: 880mm × 1230mm 1/32

印张: 3.5

版次: 2016年5月第1版

印次: 2016年5月第1次印刷

书号: 978-7-5357-8927-3

定价: 39.00元

质量监督电话: 010-59096394 团购电话: 010-59320018

关于作者

卡洛·罗韦利，1956 年生于意大利，是一名理论物理学家，也是圈量子引力理论的开创者之一。曾在美国、意大利工作，现在法国马赛理论物理研究中心主持量子引力研究项目。

《七堂极简物理课》在意大利出版之后，立刻荣登畅销书榜首，现已被翻译成 34 种语言出版发行。

写给中国读者的话

这本小书能在中国出版，我感到很荣幸。在我小的时候，中国对西方来说还是个遥不可及的所在。我读过老子、李白、曹雪芹和毛泽东的作品，深深地痴迷于这一遥远又丰富神秘的文化。后来，我开始到中国访问，结识了中国的合作伙伴、朋友，以及中国学生。我渐渐意识到，中西方的差异远没有我想象中那么巨大，两者之间的相似之处却远比我想象的多。两种文化中，人们对美、知识和探索的痴迷是一样的。我们处在一个幸福的时代，世界上不同的文化正彼此融合，成为更加丰富多彩的全球文明。这本小书正是我对这种融合的微小努力：一个科学家眼中的宇宙，它的广袤无垠，它的奇妙瑰丽，它的神秘莫测。我很骄傲地将这些想法分享给你们，我的中国朋友！

卡洛·罗韦利

Carlo Rovelli

自序

《七堂极简物理课》是写给那些对现代科学一无所知或知之甚少的朋友们的。这七堂课将带领读者领略 20 世纪物理学革命中最令人着迷的领域，以及这场革命开启的疑问和奥秘。因为科学不仅告诉我们如何更深入地理解这个世界，也会向我们展示未知的世界有多么广阔。

我们第一课要献给爱因斯坦的广义相对论，这个“最美的理论”。第二课讲量子力学，其中潜藏着现代物理学最令人困惑的部分。第三课探究宇宙：我们所栖居的宇宙的构造。第四课讲宇宙中的基本粒子。第

五课探讨量子引力：旨在综合 20 世纪物理学重大发现的一些尝试。第六课讲概率和黑洞的热（heat）。本书的最后一课则回到人类自身，提出面对物理学为我们展示的这个奇异世界，我们应当如何反思自己的存在。

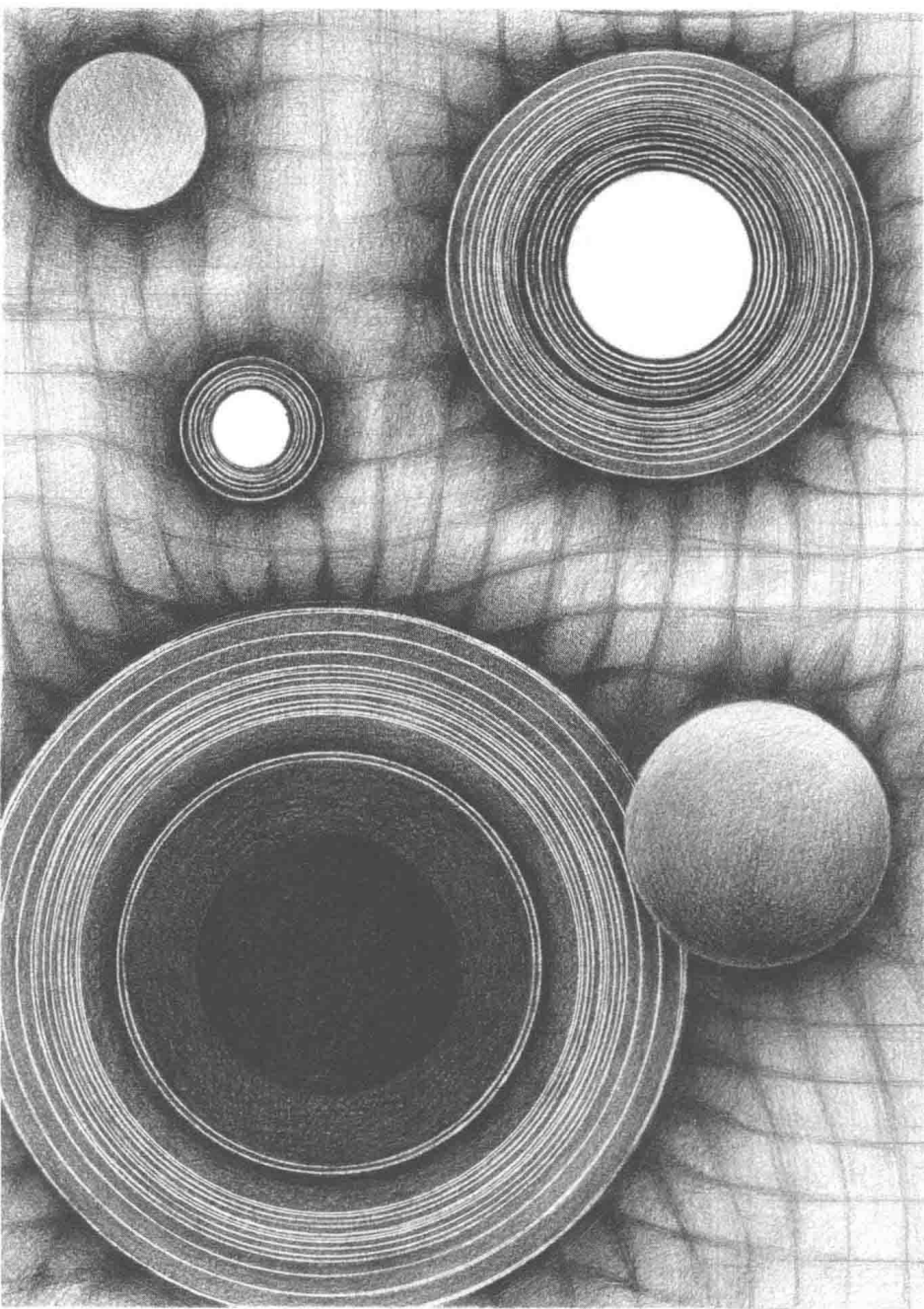
本书是由我发表在《24 小时太阳报》（*Sole 24 Ore*）“周日特刊”中的一系列文章扩展而来的。在此我要特别感谢阿尔曼多·马萨伦蒂先生（Armando Massarenti），正是因为他在周日文化版中开辟了科学板块，才得以彰显科学之于文化不可或缺的重要意义。同时也衷心感谢马永革教授、韩慕辛、丁优，特别是张鸣一对本书中文版的帮助。他们的才华让书中的科学描述增色不少。

目 录

| | |
|----------------|----|
| 自 序 | ix |
| 第一课 最美的理论 | 1 |
| 第二课 量子 | 15 |
| 第三课 宇宙的构造 | 27 |
| 第四课 粒子 | 37 |
| 第五课 空间的颗粒 | 47 |
| 第六课 概率、时间和黑洞的热 | 61 |
| 尾 声 我们 | 77 |
| 索 引 | 95 |

第一课

最美的理论



少年时代的爱因斯坦曾度过一年无所事事的时光。很可惜，现在很多青少年的父母经常会忘记这样一个道理：一个没有“浪费”过时间的人终将一事无成。那时候，爱因斯坦因为受不了德国高中的严苛教育而中途辍学，回到了他位于意大利帕维亚的家中。那个时候正是 20 世纪初，意大利工业革命刚刚开始，他的工程师父亲正在波河平原上建造第一批发电站。而爱因斯坦则在阅读康德的著作，偶尔去旁听帕维亚大学的课程——他听课只是为了好玩，既不注册学籍，也不参加考试。但正是这看似儿戏的行为使他成为真正的科学家。

后来，他去了苏黎世大学读书，开始全身心地投入到物理学的研究中。几年后的 1905 年，他向当时

最负盛名的科学期刊《物理学年鉴》投寄了三篇文章，这三篇文章中的任何一篇都足以让他获得诺贝尔奖。其中第一篇指出了原子的存在，第二篇则奠定了量子力学的基础——我在下一课里会细说，而在第三篇中他提出了第一个相对论，也就是我们今天所说的“狭义相对论”。这个理论说明了对每个人来说，时间的流逝速度可以不一样——如果一对双胞胎中的一个人以高速运动，那么两人的年龄将不再相同。

爱因斯坦很快成为著名的科学家，收到了很多大学的聘书。即便是这样，仍然有些事让他心绪不宁——尽管他提出的相对论立刻获得了一片赞誉，但它与我们对引力的了解，也就是自由落体的认知产生了矛盾。他在写一篇总结相对论的论文时发现了这个问题，于是对伟大的物理学之父牛顿那著名的“万有引力”学说提出了质疑：我们能否修正一下这个理论，让它不再与新生的相对论水火不容？为此他陷入了深思，并花了十年时间来解决问题。在这十年里，他疯狂研究，反复尝试，不断犯错，陷入混沌。他发表过错

误的论文，有过各种灵光乍现的想法，也曾误入歧途。终于，在1915年11月，他发表了一篇论文，给出了完整的解答——这是一个全新的引力理论，他称之为“广义相对论”，这是他的杰作。伟大的苏联物理学家列夫·朗道（Lev Landau）称之为“最美的理论”。

世界上有许多感人至深、无与伦比的伟大作品，比如莫扎特的《安魂曲》、荷马的《奥德赛》、西斯廷礼拜堂的穹顶画、莎士比亚的《李尔王》……想要领悟这些作品的妙处，都要经历一个从头学起的过程，但最终获得的回报将是百分之百美的享受。其实，除了美感之外，这些作品还能为我们提供一个观察世界的全新视角。广义相对论，这颗爱因斯坦的明珠，正是这样一件杰作。

我还记得自己对这个理论初有心得时的激动心情。那是大学最后一年的夏天，在卡拉布里亚大区孔多弗里城的一片海滩上，我沐浴在希腊风情的地中海艳阳下。因为没有学校课业的打扰，学生在假期里往往能更专注地学习。我当时正在研读一本书，书页的

边缘都被老鼠咬烂了。每当我忍受不了博洛尼亚大学那些无聊的课程时，就会跑回位于翁布里亚山区的家中。我的家不成样子，有点嬉皮风格，我每天晚上都会用这本书堵住那些可怜的小动物的洞口。此刻，我时不时地从书页中抬起头来，看看面前波光粼粼的大海，我仿佛看到了爱因斯坦想象中弯曲的时空。

这简直就像魔法一样：宛如一位朋友在我耳边低声细语，告诉我一个不同凡响却又不为人知的真相，瞬间揭开了遮蔽真实的面纱，展现出一个更简洁、更深刻的秩序。自从得知地球是圆的，像疯狂的陀螺一样旋转之后，我们就认识到事实并非如表面所见。每当我们瞥见事实新的一面时，都会激动不已，这意味着又有一层面纱要被揭开了。

在历史的长河中，我们的知识领域里先后出现过很多次飞跃，但爱因斯坦完成的这次飞跃或许是无与伦比的。这是为什么呢？首先是因为一旦我们掌握了其精髓，这个理论便简洁得惊人。下面我来简要地叙述一下：

牛顿试图解释物体下落和行星运转的原因。他假设在万物之间存在一种相互吸引的“力量”，他称之为“引力”。那么这个力是如何牵引两个相距甚远，中间又空无一物的物体的呢？这位伟大的现代科学之父对此显得谨慎小心，未敢大胆提出假设。牛顿想象物体是在空间中运动的，他认为空间是一个巨大的空容器，一个能装下宇宙的大盒子，也是一个硕大无朋的框架，所有物体都在其中做直线运动，直到有一个力使它们的轨道发生弯曲。至于“空间”，或者说牛顿想象的这个可以容纳世界的容器是由什么做成的，牛顿也没有给出答案。

就在爱因斯坦出生前的几年，英国的两位大物理学家——法拉第（Michael Faraday）和麦克斯韦（James Maxwell）——为牛顿冰冷的世界添加了新鲜的内容：电磁场。所谓“电磁场”，是一种无处不在的真实存在，它可以传递无线电波，可以布满整个空间；它可以振动，也可以波动，就像起伏的湖面一样；它还可以将电力“四处传播”。爱因斯坦从小就

对电磁场十分着迷，这种东西可以让爸爸修建的发电厂里的发电机运转起来。很快他想到，就像电力一样，引力一定也是由一种场来传播的，一定存在一种类似于“电场”的“引力场”。他想弄明白这个“引力场”是如何运作的，以及怎样用方程对其进行描述。

就在这时，他灵光一闪，想到了一个非同凡响的点子，一个百分百天才的想法：引力场不“弥漫”于空间，因为它本身就是空间。这就是广义相对论的思想。

其实，牛顿的那个承载物体运动的“空间”与“引力场”是同一个东西。

这是一个惊世骇俗的理论，对宇宙做了惊人的简化：空间不再是一种有别于物质的东西，而是构成世界的“物质”成分之一，一种可以波动、弯曲、变形的实体。我们不再身处一个看不见的坚硬框架里，而更像是深陷在一个巨大的容易形变的软体动物中。太阳会使其周围的空间发生弯曲，所以地球并不是在某种神秘力量的牵引下绕着太阳旋转，而是在一个倾斜

的空间中行进，就好像弹珠在漏斗中滚动一样：漏斗中心并不会产生什么神秘的“力量”，是弯曲的漏斗壁使弹珠滚动的。所以无论是行星绕着太阳转，还是物体下落，都是因为空间发生了弯曲。

那么我们该如何描述这种空间的弯曲呢？19世纪最伟大的数学家、“数学王子”卡尔·弗里德里希·高斯（Carl Friedrich Gauss）已经写出了描述二维曲面（比如小山丘的表面）的公式。他还让自己的得意门生将这一理论推广到三维乃至更高维的曲面。这位学生就是波恩哈德·黎曼（Bernhard Riemann），他就此问题写了一篇重量级的博士论文，但当时看起来全然无用。黎曼论文的结论是，任何一个弯曲空间的特征都可以用一个数学量来描述，如今我们称之为“黎曼曲率”，用大写的“ R ”来表示。后来爱因斯坦也写了一个方程，将这个 R 与物质的能量等价起来，也就是说：空间在有物质的地方会发生弯曲。就这么简单。这个方程只有半行的长度，仅此而已。空间弯曲这个观点，现在变成了一个方程。