



“科学的力量”科普译丛  
Power of Science

第二辑

“科学的故事”系列

The Story of  
Science series

NEILS BOHR

# 量子 革命

AND

[美] 乔伊·哈基姆 — 著

李希凡 — 译

THE

04

QUANTUM WORLD

璀璨群星与  
原子的奥秘

Stars and Atoms



上海教育出版社  
SHANGHAI EDUCATIONAL  
PUBLISHING HOUSE

化发展基金会图书出版专项基金资助出版



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“科学的力量”科普译丛  
Power of Science

第二辑

“科学的故事”系列

The Story of  
Science series

NEILS BOHR

# 量子 革命

AND

[美] 乔伊·哈基姆 — 著

李希凡 — 译

THE

04

QUANTUM WORLD

璀璨群星与  
原子的奥秘

Stars and Atoms



上海教育出版社  
SHANGHAI EDUCATIONAL  
PUBLISHING HOUSE



The Story of Science: Einstein Adds a New Dimension by Joy Hakim  
Copyright: 2007 by Joy Hakim  
This edition arranged with SUSAN SCHULMAN LITERARY AGENCY, INC  
through BIG APPLE AGENCY, LABUAN, MALAYSIA.  
Simplified Chinese edition copyright:  
2017 Shanghai Educational Publishing House  
All rights reserved.

图书在版编目(CIP)数据

量子革命：璀璨群星与原子的奥秘/(美)乔伊·哈基姆(Joy Hakim)著;李希凡译.--上海:上海教育出版社,2017.12  
(“科学的力量”科普译丛.“科学的故事”系列)  
ISBN 978-7-5444-7461-0

I. ①量… II. ①乔… ②李… III. ①量子论—普及读物 IV. ①O413-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第312994号



责任编辑 李 祥

封面设计 陆 弦

“科学的力量”科普译丛“科学的故事”系列

## 量子革命——璀璨群星与原子的奥秘

[美] 乔伊·哈基姆 著

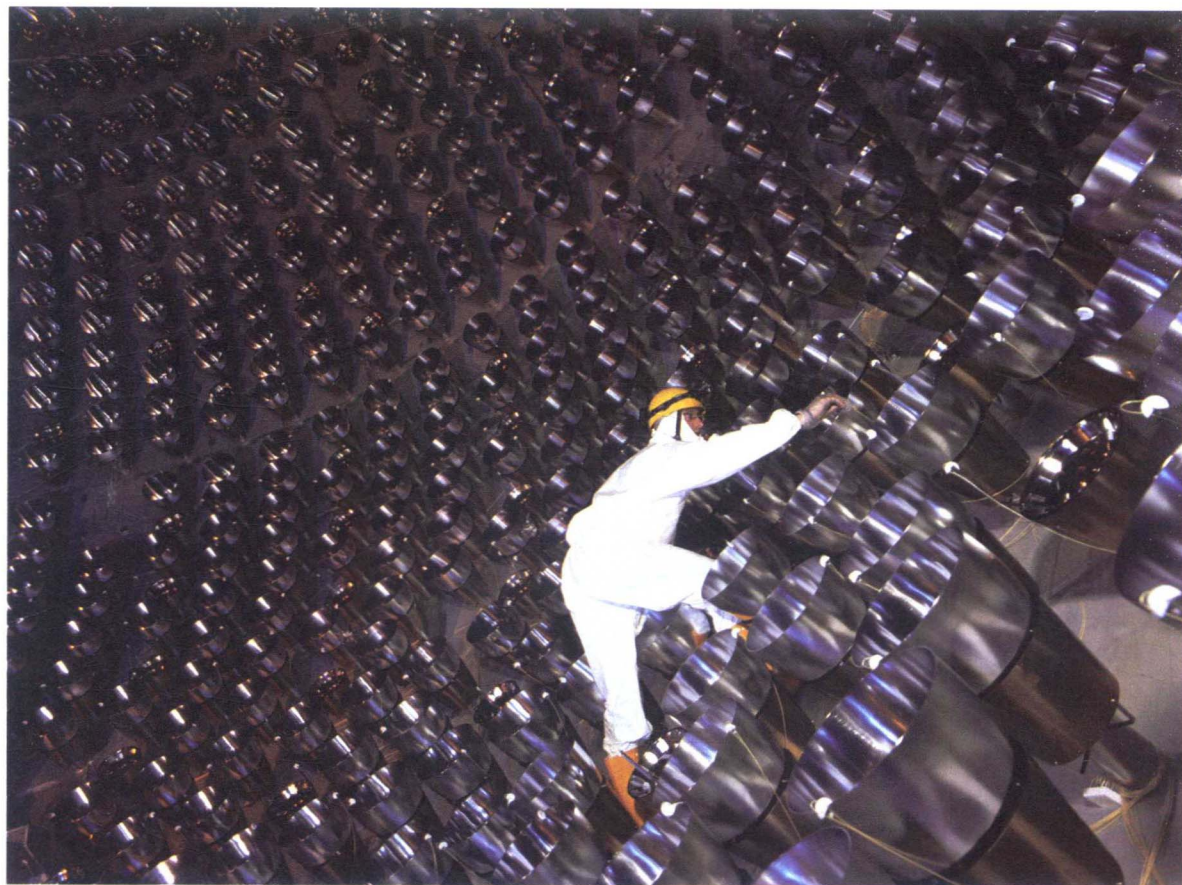
李希凡 译

---

出版发行 上海教育出版社有限公司  
官 网 www.seph.com.cn  
地 址 上海市永福路123号  
邮 编 200031  
印 刷 上海新艺印刷有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 17.5  
字 数 350 千字  
版 次 2017年12月第1版  
印 次 2017年12月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5444-7461-0/N·0010  
定 价 89.80 元  
审 图 号 GS(2017)2952号

---

如发现质量问题,读者可向本社调换 电话:021-64377165



物理学极大地拓展了人类的理解范围，一端是广袤宇宙，另一端是微观世界。意大利格兰萨索国家实验室的一名研究人员正在寻找中微子经过时留下的痕迹。中微子是在核反应或超新星爆炸过程中产生的极其微小的粒子。

## 丛书编委会

主 任 沈文庆 卞毓麟

副主任 缪宏才 贾立群 王耀东

编 委 (以姓氏笔画为序)

石云里 仲新元 刘 懿 汤清修 李希凡

李 晟 李 祥 沈明玥 赵奇玮 姚欢远

黄 伟 曹长青 曹 磊 屠又新

# 令人神往的科学故事

**科**学从来没有像今天这般深刻地改变着我们。真的，我们一天都离不开科学。科学显得艰涩与深奥，简单的  $E=mc^2$  竟然将能量与质量联系在一块。然而，科学又有那么多诱人的趣味，居然吸引了那么多的科学家陶醉其中，忘乎所以。

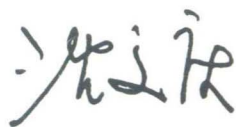
有鉴于此，上海教育出版社从 Smithsonian 出版社引进了这套 *The Story of Science*（科学的故事）丛书。

丛书由美国国家科学教师协会大力推荐，成为美国中小学生爱不释手的科学史读本。我们不妨来读一下这几段有趣的评述：“如果达芬奇也在学校学习科学，他肯定会对这套丛书着迷。”“故事大师哈基姆将创世神话、科学、历史、地理和艺术巧妙地融合在一起，并以孩子们喜欢的方式讲出来了。”“在她的笔下，你将经历一场惊险而刺激的科学冒险。”……

原版图书共三册，为方便国内读者阅读，出版社将中文版图书拆分为五册。在第一册《科学之源——自然哲学家的启示》中，作者带领我们回到古希腊，与毕达哥拉斯、亚里士多德、阿基米德等先哲们对话，领会他们对世界的看法，感受科学历程的迂回曲折、缓慢前行。第二册《科学革命——牛顿与他的巨人们》，介绍了以伽利略、牛顿为代表的物理学家，是如何揭开近代科学革命的序幕，刷新了人们的宇宙观。在第三册《经典科学——电、磁、热的美妙乐章》中，拉瓦锡拉开了化学的序幕，道尔顿、阿伏伽德罗、门捷列夫等引领我们一探原子世界的究竟，法拉第、麦克斯韦等打通了电与磁之间的屏障，相关的重要学科因此发展了起来。第四册《量子革命——璀璨群星与原子的奥秘》，则呈

现了一个奥妙无穷的崭新领域——量子世界。无数的科学巨匠们为此展开了一场你追我赶式的比拼与协作，开创了一个辉煌多彩的量子时代。第五册《时空之维——爱因斯坦与他的宇宙》中，作者带领我们站在相对论的高度，来认识和探索浩瀚宇宙及其未来……

对科学有兴趣的读者也许会发现，丛书有着哈利·波特般的神奇魔法，让人忍不住要一口气读完才觉得畅快。长话短说，还是快点打开吧！



中国科学院院士

2017.11

# 题献

**爱** 因斯坦曾亲笔写信给一位教授的女儿[那是1921年,当时爱因斯坦正在意大利的博洛尼亚。这位教授是博洛尼亚大学的费代里戈·恩里克斯(Federigo Enriques),他的女儿名叫阿德里安娜·恩里克斯(Adriana Enriques)]。爱因斯坦在信中这样写道:

学习,或者更一般地说,对真理和美的追求能够令我们一生如孩童般生活。

令我们如孩童一般?爱因斯坦将之视为一种特权,他深刻认识到,孩童身上强烈的好奇心正是创造力的关键所在。在任何领域,那些不懈追求真理并能获得成功的人,几乎都能保持年轻时旺盛的求知欲和丰富的想象力。

爱因斯坦一生都对此深信不疑。1947年,在普通人眼中已近迟暮的他,曾写信给他的朋友奥托·尤利乌斯贝格尔(Otto Juliusburger),这位朋友当时已经80岁:

像你我这样的人,尽管如常人一般无法逃脱死亡,但我们永远不会变老。我的意思是说,面对我们出生的神秘世界,我们将始终表现得像满怀好奇的孩童一般。这将我们与充满不如意的人类世界分隔开来——这可不是一件小事。

本书正是写给所有年轻的思考者——无论你实际年龄多大。我真诚地希望这本书能够解答一些疑问,同时引发新的问题。这本书是为你,我亲爱的读者而写,也是为我的儿孙、萨拜因·拉斯(Sabine Russ)的儿女、拜伦·霍林斯黑德(Byron Hollinshead)的孙辈们,以及泰勒家



冉冉升起的新星们所写，他们是：

梅雷迪特·克里斯蒂娜·泰勒（Meredith Christine Taylor）

辛西娅·格蕾丝·泰勒（Cynthia Grace Taylor）

布拉德利·詹姆斯·泰勒（Bradley James Taylor）

阿比盖尔·克莱尔·弗兰克·泰勒（Abigail Claire Frank Taylor）

萨曼莎·玛丽·泰勒（Samantha Marie Taylor）

塞缪尔·本内特·弗兰克·泰勒（Samuel Bennett Frank Taylor）

凯瑟琳·罗斯·泰勒（Katherine Rose Taylor）

毛·茅·安德鲁·丹·海藤（Mao Mao Andrew den Heeten）

维多利亚·琳内·泰勒（Victoria Lynne Taylor）。

# 夸克、红巨星与写作缘起

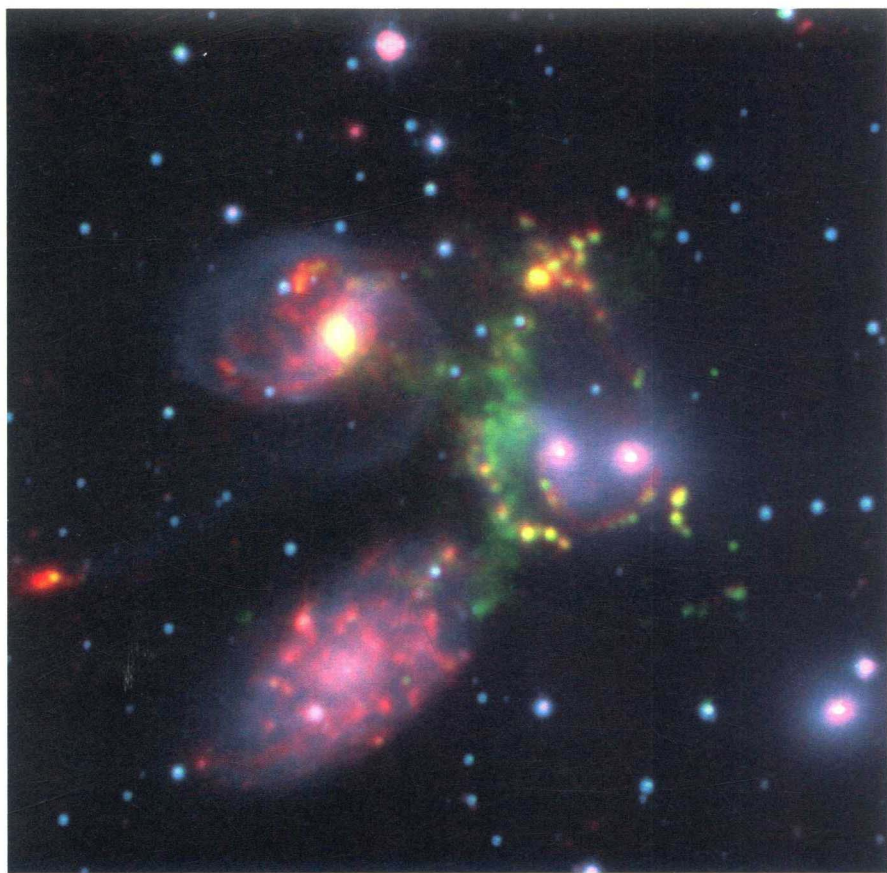
**你**是夸克的仓库，我也是，此刻我倚靠的桌子也不例外。夸克是什么？哈哈！读完本书你才会找到答案。事实上，我撰写本书的目的正是为了找到这一问题的答案。用写书的方式来学习，也不失为一个好方法。我很久以前就听说过一些科学术语，如相对论和量子理论，但完全不知道该如何理解。为此我阅读了关于中微子、大爆炸理论和红巨星的内容——完完全全地沉浸于其中。于是我写下本书，希望能帮助自己，也帮助像我一样对周围世界充满好奇的人。

这个世界很奇妙，并且似乎正在变得更加奇妙。现代科学告诉我们一些谁都不能理解的事物，例如暗能量。说到现代宇宙科学，真希望伽利略他老人家依然健在，能够了解我们今日所知的一切。如今，宇宙学已积累了大量的可靠数据，它们表明宇宙具有演进的过程，这不再仅仅是个假说。例如，我们现在已经知道宇宙不仅在膨胀，而且正在加速膨胀。

人们曾认为科学是理性和严肃的，如果你希望富于想象，你就需要求助于科幻类作品。当论及想象力，我曾经以为科学无法与星球大战和好莱坞的特效相媲美。

实际上，与现代科学相比，电影真的没什么了不起。今天的科学远比任何科幻小说更令人瞠目结舌。（不过本书的编辑不同意，她认为优秀的科幻作品能够利用前沿科学的精华，并以一种与科学互动的形式加以展现。也许吧，但我还是更敬畏货真价实的东西。）

现在已经知道（多亏了爱因斯坦），你的手表滴答两声所用的时间可能与我的不同，这取决于我们相对运动的速度有多大。而说到夸克，遗憾的是，即使用最精密的显微镜也无法观察到单个夸克。夸克实在太小，与之相比，原子仿若巨山。



在宏大的宇宙尺度上，这是我们见过的最大的冲击波——星系团中央的绿色条带。这个冲击波由氢组成，比我们的银河系还要巨大。这是什么引起的呢？是右边紧靠它的粉色亮点。这是一个正以高速冲向临近星系的星系。想要了解这次碰撞的详情，可以自己研究一下 Stephan's Quartet 星系团。

让我们继续说说宏大尺度的事物，宇宙是如此广袤，一束光需要 137 亿年才能从宇宙边际到达你屋顶上的望远镜中。（如何断定是 137 亿年？地球的年龄有多大？光速是多少？你都能在本书中找到答案。）

19 世纪的数学家刘易斯·卡罗尔（Lewis Carroll），曾写过两篇小说《爱丽丝梦游仙境》和《爱丽丝镜中奇遇记》，在故事中，白王后曾对爱丽丝说：“只能记住已经发生过的事情可没什么好处。”卡罗尔可能已经隐约意识到，时间不是只能沿一个方向流逝的，这一点今天已为人所知。

如今，万有引力也不是牛顿被传说中的苹果击中时所理解的样子。爱因斯坦对我们说，万有引力根本就不是一种力。

爱因斯坦年轻时并不知道，包含数以亿计恒星的银河系，只是

1 000 亿个星系中的一个。

然而爱因斯坦的理论预言，在那些星系的中心存在着黑洞。什么是黑洞？一旦坠入黑洞，你可能看到过去，也可能看到未来。

不过黑洞已经不算新鲜事物了，作为 21 世纪的人类，虫洞更具吸引力。什么是虫洞？未来的航天员可以借助虫洞从我们的宇宙穿越到其他宇宙中去。什么是其他宇宙？请继续阅读，你将会惊叹于即将学到的内容。

我们是如何取得今日的成果的呢？爱因斯坦最高产的几年后，一次他在柏林接受采访时，说了一句非常著名的话：“想象力比知识更重要。”然而从本书中你会了解到，坚实的德国教育也滋养了爱因斯坦惊人的想象力。从一些信息出发，提出适当的问题，辅以充满想象力的思维跳跃，就有可能创新。充足的背景知识使得爱因斯坦能够踏上这条创新之路，他性格中的勇敢大胆，甚至有一点傲慢使他成为一个自由思想者。他时常对权威嗤之以鼻，并且在很长一段时期内脱离主流学术界，这些都促使他深刻地意识到，自由对于各个领域的探索，尤其是科学研究具有极其重要的意义。而且，爱因斯坦兴趣广泛，热爱音乐，精通哲学，也积极投身和平与政治事务。

当然，爱因斯坦领先于他所在的时代。20 世纪是走向学科专业化的时代。然而身处今日之信息化世界，宽泛的思维尤为必要。对科学的无知意味着与快节奏生活背后的基本理念脱节，也意味着错失了人类历史上最激动人心的创造。

在迄今最伟大的科学时代，缺乏科学素养是无法容忍的。撰写本书一个目的，也是为了提出这一议题。我希望任何有志于参与现代科学探索的人都能阅读本书。此外，它也将成为一种新的课堂工具（当然我们还需要更多），激发学生进行思考性阅读，帮助教师开展苏格拉底式教学。科学的故事系列关注的是人类探索宇宙运行规律的过程。本书并不是要教授特定的学科知识，比如能量和物质，而是希望通过讲述这些知识形成过程中的故事，建立知识之间的联系，赋予其更深层的含义。

说到本书的创作，拜伦·霍林斯黑德和他杰出的团队再次承担了出版本书的全部工作，包括配图、核实、编辑、校对及统整全书。他们出色地完成了这项庞杂的工作，相信你很难看到比这本书更精美的图书了。

萨拜因·拉斯是一位出色的图片研究员，并善于为各种事物寻找合适的位置。洛兰·霍平·伊根（Lorraine Hopping Egan）作为一位有经验且感觉敏锐的编辑（她自己已经撰写了好几本科学读物），是团队中的关键人物。设计师玛伦·阿德勒布卢姆（Marleen Adlerblum）负



责设计这些精美的页面。文稿编辑莫妮克·韦夏 (Monique Vescia) 为本书注入魔力 (她在美国也为哈利·波特系列担任同样的工作)。

美国安博瑞德航空航天大学 (Embry-Riddle Aeronautical University) 的物理学教授罗伯特·弗莱克 (Robert Fleck) 也在撰写科学史, 他阅读了全部手稿并提出了宝贵意见。麻省理工学院 (MIT) 物理学家艾伦·古思 (Alan Guth)、乔希·温 (Josh Winn) 和塞思·劳埃德 (Seth Lloyd) 都阅读过本书, 并慷慨地回答了他们各自专业的问题。埃德蒙·贝切格尔 (Edmund Bertschinger) 解答了一个重要的疑问。《力, 运动和能量》的作者之一鲍勃·斯泰尔 (Bob Stair) 纠正了一些错误。杰夫·哈基姆 (Jeff Hakim), 美利坚大学 (American University) 数学系系主任耐心地回答了他母亲的疑问。

我从近年来撰写了许多优秀科普读物的作者那里获益良多, 我如饥似渴地阅读了他们的作品。列举其中的一些名字: 史蒂芬·霍金 (Stephen Hawking)、蒂莫西·费里斯 (Timothy Ferris)、布赖恩·格林 (Brian Greene)、汉斯·克里斯蒂安·冯·贝耶尔 (Hans Christian Von Baeyer)、佩特罗·费雷拉 (Pedro Ferreira)、理查德·沃尔夫森 (Richard Wolfson)、李·斯莫林 (Lee Smolin)、加来道雄 (Michio Kaku)、保罗·戴维斯 (Paul Davies)、约翰·格里宾 (John Gribbin)、保罗·休伊特 (Paul Hewitt)、丹尼斯·奥弗比 (Dennis Overbye)、艾伦·莱特曼 (Alan Lightman)、玛西亚·巴图夏克 (Marcia Bartusiak)。这些还只是一个开始, 浏览图书馆或是书店的科学类书架, 你有可能发现更多宝藏。

科学教师约翰·胡比茨 (John Hubisz) 和朱丽安娜·泰克斯勒 (Juliana Texley) 也给予我很大鼓励。他们都阅读了本书较早的版本, 并提出宝贵意见。特西丽为一些辅助教学资料提供了批判性的见解并作出有益的补充, 这些材料由约翰·霍普金斯大学 (John Hopkins University) 的道格·麦基弗 (Doug McIver)、玛丽亚·加里奥特 (Maria Garriott) 和科拉·泰特 (Cora Teter) 为科学的故事系列前几册开发。教师兼作家的丹尼斯·德嫩伯格 (Dennis Denenberg) 教了我许多如何让教学变得有趣的方法。2002 年得克萨斯州年度教师 (2002 Texas Teacher of the Year) 获得者芭芭拉·多尔夫 (Barbara Dorff), 正是我所认识的善于激励学生的教师和管理者之一, 是他们鼓励我要为其学生把工作做到极致。(我还认识许多这样了不起的教师, 他们是国家的财富, 应当被如此褒奖。) 严谨的斯蒂芬妮·哈维 (Stephanie Harvey) 是一位阅读专家, 分享了她关于非小说类作品阅读的意见, 在信息时代, 这类阅读显得格外必要。理查德·霍尔 (Richard Halls) 将书发放给了在 La Academia 就读的学生们, 这是丹佛一所规模不大但教育质量很好的市中心学校。休·吕贝克 (Sue Lubeck) 是

丹佛一家书店 Bookies 的所有者，主要的客户群是儿童和教师，吕贝克的活力与智慧令我折服。史密森尼学会 (Smithsonian) 的卡罗琳·格利森 (Carolyn Gleason) 和塞韦林·怀特 (Severin White) 提供了重要帮助。史密森尼出版社 (Smithsonian Books) 的 T.J. 凯莱赫 (T.J. Kelleher) 阅读了终校版并提出了有益的建议。史密森尼天文馆 (Smithsonian Astrophysical Observatory) 的罗伯特·诺伊斯 (Robert Noyes) 为第五册第 21 章“外面有人吗？”的编写提供了帮助；该天文馆的退休人员查尔斯·惠特尼 (Charles Whitney) 阅读了终校版后，从著名科学家的视角为我们提出了宝贵意见。全美科学教师协会 (NSTA) 的格里·惠勒 (Gerry Wheeler) 和戴维·比科姆 (David Beacom) 给予了我很多鼓励。拜伦·霍林斯黑德除了出版本书外，还共同承担了大量与儿童和学校有关的工作，并一起探索新的教学和学习方法。

如果本书作为一本面向普通读者和在校学生的科学读物具有异乎寻常的价值，那必须特别感谢埃德温·F. 泰勒 (Edwin F. Taylor)。他一听说我要为各个年龄段的初学者写一本关于当代科学的书时，立刻通过邮件提出了许多建议。现在埃德温·F. 泰勒已成为 MIT 的一位物理学家，并且写出了一批出色的书，其中与普林斯顿的物理学家约翰·阿奇博尔德·惠勒 (John Archibald Wheeler) 合著的两本尤为值得称道，分别是《时空物理》(Spacetime Physics) 和《探索黑洞》(Exploring Black Holes)。这两本书都是写给大学物理专业学生的 (阅读时最好有微积分基础)，也是我见过的最好的教材 (我认为一些权威应该成为教材编写的专家)。想象一下一本教材以一个寓言开始，你就能理解其意了。(新版的 *Exploring Black Holes* 中埃德蒙·贝切格尔加入了编写。)

所以，当埃德温·F. 泰勒提出物理方面的建议时，我都欣然接受。(如果你想为年轻的读者写作，他是能帮助你的人选。) 后来，埃德温完全投入进来，反复阅读每一章节并作出评论，每当我陷入迷茫时适时将我拉回正途。

除此之外，他还付出了更多。我得到了这个国家最伟大的物理教师之一的私人辅导。这是一场我从未经历过的智力探险 (尽管有时我为此绞尽脑汁)。在本书中我将尽力与你分享其中的一些经历。书中若有一些错误与含糊之处都是我的责任，而其中包含的敏锐洞见绝大多数都要归功于埃德温·F. 泰勒的指导。

——乔伊·哈基姆





# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 夸克、红巨星与写作缘起 .....           | 1   |
| 第 1 章 少年的奇思妙想 .....         | 1   |
| 第 2 章 时光重现 .....            | 10  |
| 第 3 章 电与磁的激荡融合 .....        | 18  |
| 三个热情昂扬的美国人 .....            | 26  |
| 第 4 章 名字都以 M 打头的两位科学家 ..... | 28  |
| 为理想奋斗 .....                 | 32  |
| 第 5 章 看不见的电微粒 .....         | 36  |
| 向 $e$ 进发 .....              | 48  |
| 第 6 章 比原子更小？亚原子？开玩笑吧 .....  | 50  |
| 第 7 章 获得诺贝尔奖的玛丽 .....       | 54  |
| 第 8 章 神秘射线 .....            | 58  |
| 第 9 章 再起波澜 .....            | 70  |
| 第 10 章 五篇论文 .....           | 78  |
| 第 11 章 看见光（光子） .....        | 86  |
| 蓝天的微笑 .....                 | 96  |
| 第 12 章 分子运动 .....           | 98  |
| 第 13 章 探明真相 .....           | 104 |
| 第 14 章 重塑原子 .....           | 114 |
| 从原子量到原子序数 .....             | 122 |



|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 元素杂货店 .....                             | 126 |
| 第 15 章 $\alpha$ 粒子炮火不断 .....            | 128 |
| 第 16 章 玻尔另辟蹊径 .....                     | 136 |
| 第 17 章 美国人追踪光子, 法国人揭秘物质 .....           | 144 |
| 第 18 章 什么是不确定性? 海森堡说, 是一切 .....         | 150 |
| 第 19 章 猫、夸克和量子怪诞 .....                  | 158 |
| 原子理论回顾 .....                            | 166 |
| 第 20 章 原子对撞 .....                       | 170 |
| 第 21 章 化学、魅力与和平 .....                   | 178 |
| 什么是化学键? .....                           | 186 |
| 第 22 章 能量等于质量乘以光速的平方 ( $E=mc^2$ ) ..... | 190 |
| 第 23 章 走向战争(大事记) .....                  | 192 |
| 第 24 章 核裂变幻象 .....                      | 204 |
| 第 25 章 总统的力量 .....                      | 220 |
| 第 26 章 小山上的曼哈顿 .....                    | 236 |
| 第 27 章 量子电动力学? 你一定是在开玩笑吧 .....          | 254 |
| 图片版权.....                               | 260 |
| 引文授权.....                               | 262 |