

物理学名家名作译丛

亚历克斯·蒙特威尔 安·布雷斯林 著  
傅竹西 林碧霞 译

# 光的故事

从原子到星系

The Story of Light  
from Atoms to Galaxies

*Let There be Light*

中国科学技术大学出版社

物理学名家名作译丛

亚历克斯·蒙特威尔 安·布雷斯林 著  
傅竹西 林碧霞 译

# 光的故事

从原子到星系

The Story of Light  
from Atoms to Galaxies  
*Let There be Light*

中国科学技术大学出版社

安徽省版权局著作权合同登记号:第 12151482 号

*Let There Be Light: The Story of Light from Atoms to Galaxies*, Second Edition was originally published in English in 2013. This translation is published by arrangement with Imperial College Press.

All rights reserved.

© Imperial College Press & University of Science and Technology of China Press 2014

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Imperial College Press and University of Science and Technology of China Press.

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

### 图书在版编目(CIP)数据

光的故事:从原子到星系/(爱尔兰)蒙特威尔,(爱尔兰)布雷斯林著;傅竹西,林碧霞译.——合肥:中国科学技术大学出版社,2015.8

(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书:物理学名家名作译丛)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

书名原文:Let There Be Light

ISBN 978-7-312-07731-8



I. 光… II. ①蒙… ②布… ③傅… ④林… III. 光学—普及读物  
IV. 043-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 133606 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

安徽联众印刷有限公司

全国新华书店经销

\*

开本:710 mm×1000 mm 1/16 印张:26 字数:507 千

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定价:78.00 元

## 编 委 会

主 编 叶铭汉 陆 燧 张焕乔 张肇西 赵政国

编 委 (按姓氏笔画排序)

马余刚(上海应用物理研究所) 叶沿林(北京大学)

叶铭汉(高能物理研究所) 任中洲(南京大学)

庄鹏飞(清华大学) 陆 燧(紫金山天文台)

李卫国(高能物理研究所) 邹冰松(理论物理研究所)

张焕乔(中国原子能科学研究院) 张新民(高能物理研究所)

张肇西(理论物理研究所) 郑志鹏(高能物理研究所)

赵政国(中国科学技术大学) 徐珊珊(近代物理研究所)

黄 涛(高能物理研究所) 谢去病(山东大学)

## 内 容 简 介

本书是第一本以宇宙中的光和电磁辐射作为主要叙述对象的图书。读者从中可以领略一些哲学的假说,例如自然规律的简约性、对称性和广泛性;也将认识一些实际的结论,如几何光学的规律、爱因斯坦著名的也是神奇的关系式( $E=mc^2$ )。本书的大多数章节中都有很多起重要作用的生活画面和表达相关科学性质的图片。本书的“历史的插曲”中,包括伽利略与法庭的斗争、傅里叶对断头台的嘲弄、尼尔斯·玻尔和第二次世界大战以及理查德·费曼的独特性格等内容。

第2版做了修订,使其更容易为普通读者所接受。只要有可能,第1版中的数学表达都被替换成相应的文字,用以叙述光的神秘现象,以及光的知识从过去到现在是如何发展起来的。本书侧重于阅读的兴趣和享受,所以,用于支持和补充论据的方程和公式在书中以一种不干扰正文叙述流畅性的形式出现。

本书适用于各类院校相关专业的学生和教师,也适用于对物理学感兴趣的普通读者。

## 译者的话

在着手翻译本书之前,光学专业出身的我曾经认为即将进行的不过是一件“枯燥的文字转换工作”。但随着翻译的深入,书中内容的丰富、知识的广博、叙述的生动、取材的趣味性等都深深地吸引了我,使我产生了一种耳目一新的感觉,整个翻译的过程变成了对知识的深化和再学习的过程,我从中受益匪浅,“枯燥的文字转换工作”也变得轻松愉快,直到翻译结束,仍然回味无穷。

本书所讨论的“光”远远超过了教科书中“光学”的范围。“光”是人类认识宇宙最原始、最直接的工具,因而“光学”成为人类最早研究的科学分支之一,对“光”的本质的探索是争议最多、最激烈的科学课题,并由此衍生出物理学中许多伟大的发现。正因为如此,作者把对“光”的讨论延伸到广泛意义上的电磁波,并由此将声波作为基础加以讨论;此外,除了讲到光学和电磁学中的基本发现和基本原理以外,作者还将议题扩展到爱因斯坦根据空间对称性以及真空中的光速为常数的假设推导出的相对论,因普朗克发现光的量子性而建立起来的量子力学,以及由光的波粒二象性研究衍生出的基本粒子,等等。凡此种种,作者笔下为我们勾勒出一个“光”的触角所及的庞大的光的帝国,并对所涉及的学科及其与光的关系做了基本的介绍。正是考虑到这一点,译者将书名直接译为“光的故事——从原子到星系”。

本书内容的广泛性还表现在内容丰富、资料翔实。从书中读者可以了解到人类在陆地上测量光速最早的实验,第一次测定地球和月亮距离的实验方法;世界上最原始的照相干板,最初测定电子电荷的实验装置,第一次进行无线电报的发送和接收实验,人们为突破声障所做的努力和付出的牺牲,基本粒子“夸克”一词的由来;同时也详细记录了科学发展史上所遭遇的失败,如围绕“以太”的存在所做的大量艰苦的且得出否定结果的尝试,等等。这许多个“第一次”,在一般的教科书中基本上没有提到过,而在本书中作者对这些“第一次”都做了较为详细的描述。虽然“最早”的实验方法和得到的数据大多被近代先进的方

法和更精确的结果所取代,但在当时的条件下,这些结果绝对可以看成惊人的成就。这些“第一次”不仅忠实地记录了人类对自然的挑战,而且让人读过后更加佩服那些完成“第一次”的前辈们的艰苦奋斗精神和战胜自然的聪明才智,同时也使我们从中学习到前辈们的巧妙构思和灵活的科研技能。译者认为,这也许比单纯熟记知识条文更有价值,对培养读者的创新精神和克服应试教育的弊病是大有裨益的。

另外,作者从博物馆、邮票和私人藏品中搜集了大量的科学家肖像,更加丰富了书中的资料,使读者不仅能了解科学巨匠们的奋斗经历,而且还如见其人,使读者在获得科学知识的同时对科学发展的历史有更多的了解。

本书的另一大特点是故事性和趣味性。一般的科技图书只注重讲述原理和规律等最终的、公认的结果,而读者在本书中却可以了解到一些定律或定理的发现过程以及人们为此付出的努力和经受的挫折。可以说,本书有过程,有细节,又有人物的活动,由此构成了故事情节,使读者犹如在读故事中学习科学知识。同时,作者还搜集了大量著名的科学家之间的书信和讲话等史料,记述了他们对新的科学观点的看法和评论,科学大师们之间幽默的对话和犀利的言谈既可增加读者阅读的兴趣,又能加深读者对科学问题的理解。书中避免了长篇累牍的数学推导,而用生动形象的比喻和口语化的叙述来表达高深的理论,深入浅出,通俗易懂,并紧紧结合身边的事例和日常生活中的具体问题来分析和阐述各种原理及其应用,同时还穿插了一些传说和故事,例如“阿基米德的死光”及后人为证实它而做的努力等,这就使得读者在阅读本书的过程中变得轻松愉快,也使得本书叙述的内容更容易被广大读者所接受。

书中大部分章节末尾安排的“历史的插曲”增加了本书的故事性和趣味性,这部分内容主要介绍在本书所涉及的领域内做出过重要贡献的著名科学家,忠实地记录了他们走过的人生历程,叙述了他们的主要事迹和在诺贝尔奖获奖大会上的获奖感言,介绍了这些科学巨匠们之间的友谊和争论。在作者的笔下,他们不仅有成功,也有缺点和错误,甚至在一定程度上成为新思想的绊脚石。这样的叙述使人物显得更加真实和亲切。在这些传记梗概中,作者特别注意搜集大师们的一些逸闻趣事,使读者读起来更具故事性和趣味性。你恐怕不会想到,身为原子能研究院院长的玻尔因为时间太晚竟然会翻墙进入研究院。你恐怕也不知道他对“运气”的看法。你能想象麦克斯韦如何做演示实验使学生的

头发直立起来吗？你想知道玻尔和爱因斯坦之间机智而幽默的对话吗？你不想知道牛顿和莱布尼茨是如何反目为仇的？你知道吗？对人类社会有翻天覆地作用的电磁波发射装置是因一次意外事故才得以解决的。你也许不知道普朗克的量子假说源于他对新发现的现象找不到合理的解释而做出的无奈之举，连他本人在很长时期内都一直疑惑不解。你想知道理查德·费曼为什么把自己称为“保险柜窃贼”吗？你想知道他怎样用一把钳子和螺丝刀在电视演播厅里向观众揭示了1986年1月28日“挑战者”号航天飞机升空后爆炸的真正原因吗？……读完之后，一个个活生生的科学巨匠跃然纸上，你会因为大师们的奋斗而感动，因为他们的成功而备受鼓舞，因为他们的顺利而快乐，因为他们的坎坷而痛心。

本书是在一系列科学讲座的基础上编辑而成的，是一本既有科学性又有故事性的读物。它比一般的科普读物对科学原理的介绍更详细，也更具专业性。但它又不像教科书那样有严谨的论述和许多一丝不苟的数学推导，而是全部用通俗的语言和符合逻辑的推理方式介绍各种物理定律和规律，同时将关键的数学说明放在正文旁边的“黑板”中表述，这样，即使去掉“黑板”也不会影响正文论述的完整性，同时又便于读者的深入理解和学习。另外，书中还设计了许多有趣的插图，通过毛毛虫和猫头鹰的对话和一问一答的方式对书中的论述提出疑问，以引起读者的思考和关注。所以本书适合多种层次的读者阅读。它可以作为中学生科普讲座的蓝本，也可以作为大学本科生扩展知识面的补充读物，那些已参加了工作而又对科学感兴趣的读者，在读过本书后也一定不会后悔。

傅竹西

2015年4月



## 第2版 序言

第2版做了大量的修改,使其更容易被普通读者所接受。我们去掉了第1版中许多数学处理的细节,而改成对计算方法的口语化叙述和给出符合逻辑的结论,强调兴趣和乐趣而不是比较正规的学习方式。关键的数学说明则被放在正文旁边的“黑板”中表述,这种形式不会干扰论述的流畅性。许多图例和图示都被重新绘制,更好地发挥了 we 以往工作中获得的优势。

### 第1章 走进光的世界

本章概述对光的认识如何随时代的进化而变化,以及最近两个世纪所发现的光的一些奇异的特性。马克斯·普朗克、尼尔斯·玻尔和其他一些人打开了充满自然界奥秘的“潘多拉宝盒”。

### 第2章 光的射线性质:反射

光传播的路径由费马原理确定,这个原理指出光传播的路径总是用时最短的路径。根据传记所记载,阿基米德用镜子点燃了围攻意大利希拉库扎的入侵者舰船,这是真的吗?历史人物:皮埃尔·德·费马(Pierre de Fermat)。

### 第3章 光的射线性质:折射

当光到达两个透明介质的界面时,一部分光继续进入第二个介质但改变了传播方向(这就是折射),还有一部分光反射回第一个介质。这时,费马原理依然适用,但是具有一种“选择的灵活性”,它暗示自然界的基本规律不是确定的,而是基于概率的。

### 第4章 来自遥远星球的光——天文学

古代的天文学家发挥了非凡的创造力,推导出太阳和月亮的体积以及它们与地球之间的距离,同样令人钦佩的是中世纪天文学家所做的测量和计算,要知道他们所做的这一切都是在地球上进行的,而地球一方面在绕轴自转,另一方面又绕太阳公转。历史人物:伽利略·伽利雷(Galileo Galilei)。

## 第5章 来自远古的光——天体物理学

运用于地球的物理定律被认为也适用于整个宇宙。如果我们确信这些定律始终恒定不变，那么我们就可以按步骤回溯到宇宙的起源。历史人物：艾萨克·牛顿(Isaac Newton)。

## 第6章 波的简介

简单介绍那些用以表征波的行为的性质，这样我们就可以在某种程度上来确定光是否表现出这些性质。历史人物：让·巴蒂斯特·约瑟夫·傅里叶(Jean Baptiste Joseph Fourier)。

## 第7章 声波

作为能量和信息的携带者，声音只可能被描述成光的“穷亲戚”，它的速度只有光的几百万分之一，它不能穿越整个空间，也不会传播很远的距离，然而它具有很多与光相同的性质。它以波的形式传播，可以被反射，可以产生相长和相消干涉，可以产生共振。然而，没有任何东西可以具有比光还快的传播速度，“声障”是可以打破的。历史的插曲：声障(Sound Barrier)。

## 第8章 光的波动性质

用从波中得到的知识武装起来后，我们检验了光的波动性。光波是一种特殊的波，它可以不依赖介质而存在于真空中，在一定的条件下，光+光=黑暗。历史人物：托马斯·杨(Thomas Young)。

## 第9章 制作影像

从照片到全息图。

## 第10章 电，磁，然后是光……

麦克斯韦天才地将电学和磁学的许多实验规律结合在一起，并由此预言了电磁波的传播。历史人物：詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(James Clerk Maxwell)。

## 第11章 “光的原子”——量子理论的诞生

正当光的所有的物理特性似乎都已经清楚时，从热表面发射的光谱中出现了—一个“很小”的偏差，由此引出了一个大问题。普朗克采取了一个“绝望的行为”。历史人物：马克斯·普朗克(Max Planck)。

## 第12章 量子力学的发展

量子力学造就新的哲学思想，而物理学变得面目全非。历史人物：尼尔斯·玻尔(Niels Bohr)。

### 第13章 光原子的粒子性

许多证据证明光束像粒子流。这些“光原子”被称为“光子”。历史人物:罗伯特·A·密立根(Robert A. Millikan)。

### 第14章 光原子的波动性

自然界似乎在搞恶作剧,我们刚刚使自己确信光子是粒子,而当我们观察一个个分立光子的行为时,却发现它们不像粒子,反而像波!历史人物:理查德·费曼(Richard Feynman)。

### 第15章 相对论

#### 第一部分:它是如何开始的

假设真空区间处处相同,而且光速相对于每一个物体都相等,这样就会出现关于时间本质的惊人的结论。历史人物:亨德里克·A·洛伦兹(Hendrik A. Lorentz)。

### 第16章 相对论

#### 第二部分:可证实的假设

连续进行一步步的逻辑推理,爱因斯坦推测出质量和能量是等价的,而且它们之间的关系可表示为等式: $E = mc^2$ 。历史人物:阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)。

### 第17章 通向“重光子”的征途

正如爱因斯坦所预言的,物质是由能量创建出来的,这就向我们揭示出一个全新的基本粒子世界,其中包括“重光子”,也就是W粒子(W particle)。

# 序言

物理学是一门复杂的学科，学生们遇到了许多原理和现象：质量和能量、电荷和磁性、光和热、原子和分子、星球和星系，这些还只是举出的少数几个例子。学生把大部分的时间和精力都用在在学习实验方法和新的数学技巧上，很少有机会回过头来做一个全面的回顾。当我们把拼图的各个部分放到一起，当全貌开始被展现时，我们对事物的认识就会逐渐深化。明显无关的现象可以被看成同一件事情的不同方面。从少量基本原理导出了大量的定律和公式，采取的步骤是合乎逻辑的和可以被理解的，但又是非常微妙的，遵循这些步骤我们发现了课题的美妙和迷人之处。

正如书名的寓意所指出的，本书集中讨论光，或者其广泛意义上的电磁辐射，根据物理学最基本的原理和定律推导出光的许多性质。由费马的时间最短原理导出反射和折射定律；由麦克斯韦推理导出电磁辐射的传播；爱因斯坦根据空间对称性以及真空中的光速为常数的假设，通过逻辑思维方法推导出公式  $E = mc^2$ ；普朗克发现了光的量子性，由此产生了表面上明显矛盾的量子力学。自然界看起来既是能被领会的，同时又是难以被理解的。

本书是按教科书的形式编写的，处于严谨和通俗之间的某个水平。我想它应该适合作为三年级学生用于扩展知识面的读物。同时，那些热爱科学又有数学基础的读者也会喜欢这本书。书中与数学有关的衍生内容尽可能放在附件中而不是插在正文中，那些希望对课题进行深入探讨的读者可以查阅这些附件。

本书的很多专题成为爱尔兰人民广播电台(RTE1)一系列科学讲座的部分内容。每一个系列包括共同主题的大约20个10分钟的讲座，这些主题的题目有“从希腊到夸克”“力所做的功”“心灵实验室”“物理中的人物肖像”“马路科学”“来自以前的信件”等。这些节目持续了差不多有十年时间，证明广大群众喜欢听！

为了表达物理学的历史进程并展示人类在故事的“主要角色”中的作用，大多数章节后面都总结有人物传记梗概，这些梗概以一些逸闻和趣事为主。

## 致 谢

我们衷心地感谢都柏林大学物理学院的同事们对我们的帮助和支持。Khalil Hajim, Sé O'Connor 和 Eon O'Mongáin 对原稿的每一部分都提出了宝贵的建议; Gerry O'Sullivan 和 Lorraine Hanlon 在第 1 版和第 2 版的准备期间向我们提供了学院的设施; 而 David Fegan, Alison Hackett 和 John Quinn 也给了我们多方面的帮助。

尤其要感谢 John White, 他向我们介绍了作图软件, 没有他的帮助, 书中的插图是无法完成的, John 绘制了很多图并承担了大量的曲线和场型图的数值计算。

还要感谢 Tim Lehane, 他阅读了本书的第 1 版并把它交给 Declan Gilheaney, 后者对本书进行了仔细审查并提出了许多建设性意见。James Ellis 提供了专业的技术支持, 包括制作全息照片和许多其他图形。Bairbre Fox, Marian Hanson 和 Catherine Handley 总是在需要的时候提供帮助。

我们得到了来自 *Magicsoftware.com* 以及都柏林大学视听中心 Vincent Hoban 的宝贵援助; 约翰·麦克唐纳的 Eugene O'Sullivan 及其公司给予我们免费的法律咨询。

我们十分感谢帝国学院出版社的 Lizzie Bennett, 他介绍我们认识了出版界, 认识了世界科学出版社的 CheeHok Lim 和 Alex Quek, 由此我们和他们建立了富有成果的合作关系。

非常感谢帝国学院出版社的 Jacqueline Downs, 他熟练地将经过部分重写和大量修正的第 1 版书稿转换成条理清晰的第 2 版书稿。

我们感激所有向我们提供实验数据、高分辨率图像和版权许可的人们。在此用书中单独的一节一并表示感谢。

目  
录

- 1 译者的话
- 5 第 2 版序言
- 9 序言
- 11 致谢
- 
- 1 第 1 章  
走进光的世界
- 1 古往今来对光的认识
- 3 颜色
- 4 测量光速
- 7 视觉的形成过程
- 12 光的性质
- 15 量子力学的诞生
- 
- 17 第 2 章  
光的射线性质:反射
- 17 费马原理
- 20 镜子
- 25 历史的插曲:皮埃尔·德·费马(Pierre de Fermat, 1601~1665)

28

**第3章****光的射线性质：折射**

28

折射

35

透镜

37

物体和图像：聚光透镜

40

物体和图像：发散透镜(凹透镜)

40

透镜的组合

42

眼睛

45

看到眼睛看不见的东西

49

镜头的组合

51

费马定理的最终注释

52

**第4章****从太空来的光——天文学**

52

地球

55

月亮

59

大小和距离

64

行星

66

哥白尼的解释

70

哥白尼以后

74

纵观太阳系

75

历史的插曲：伽利略·伽利雷(Galileo Galilei, 1564~1642)

79

**第5章****来自远古的光——天体物理学**

79

天体物理学的诞生

85

天体物理研究方法

- 87 其他恒星和它们的“太阳系”
- 90 重构过去
- 93 恒星的生命和死亡
- 100 历史的插曲:艾萨克·牛顿(Isaac Newton, 1642~1727)
- 
- 105 **第 6 章**  
波的概述
- 105 波——通信的基本方式
- 110 行波的数学处理
- 112 波的叠加
- 117 强迫振动和共振
- 117 振动和共振的固有频率
- 119 衍射——波可以拐弯绕过尖角
- 120 魔术般的正弦函数及其简单的性质
- 122 历史的插曲:让·巴蒂斯特·约瑟夫·傅里叶(Jean Baptiste Joseph Fourier, 1768~1830)
- 
- 125 **第 7 章**  
声波
- 125 声音和听觉
- 127 声波用于工具
- 134 声波的叠加
- 136 声波的强度
- 142 听觉的其他参量
- 145 弦乐和管乐
- 147 多普勒效应
- 151 历史的插曲:声障(Sound Barrier)



- 155 **第 8 章**  
光的波动性
- 156 光的波动性
- 157 波的与介质无关的性质
- 161 针对光的讨论
- 164 我们能够分辨的极限是什么？
- 166 其他种类的电磁波
- 167 两个光源发射的光
- 170 薄膜
- 172 衍射光栅
- 175 另外一些“光”
- 178 相干性
- 179 偏振
- 183 历史的插曲：托马斯·杨(Thomas Young, 1773~1829)

185 **第 9 章**  
制作影像

- 185 制作影像
- 191 全息摄影

196 **第 10 章**  
电,磁,然后是光……

- 196 神秘的“远程作用”
- 199 “力场”
- 205 磁性
- 206 电动力学
- 213 借助磁性使电荷运动