

TURING

图灵新知

1972

1950

1935

1898



THE BIG QUESTIONS:
PHYSICS



YZLI0890163384

20 个 大 问 题

影响物理发展的

Michael Brooks 著
王耀杨 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵新知

THE BIG QUESTIONS: PHYSICS

影响物理发展的 20个大问题

[美] Michael Brooks 著

王耀杨 译



YZLI0890163384

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

影响物理发展的20个大问题 / (英) 布鲁克斯
(Brooks, M.) 著; 王耀杨译. — 北京: 人民邮电出版社, 2012.4

(图灵新知)

书名原文: The Big Questions: Physics

ISBN 978-7-115-27106-8

I. ①影… II. ①布… ②王… III. ①物理学—普及
读物 IV. ①04-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第263551号

内 容 提 要

这是一本物理科普书。作者通过20篇短文,介绍了物理学的起源及意义,其中涉及混沌理论、薛定谔的猫、引力、物理粒子、双缝实验、能量守恒等伟大的思想和系统。内容涵盖物理学发展史的方方面面,生动有趣,让读者为其深深吸引。

本书适合于对物理学感兴趣的各个层次的读者阅读。

图灵新知

影响物理发展的20个大问题

-
- ◆ 著 [美] Michael Brooks
 - 译 王耀杨
 - 责任编辑 卢秀丽
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - 邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 880×1230 1/32
 - 印张: 7
 - 字数: 176千字 2012年4月第1版
 - 印数: 1-5 000册 2012年4月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2011-2426号

ISBN 978-7-115-27106-8

定价: 29.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

版 权 声 明

Original English edition, entitled *The Big Questions: Physics* by Michael Brooks, published by Quercus, 21 Bloomsbury Square, London, WC1A 2NS, England, UK. Copyright © Michael Brooks 2010. This edition arranged with Quercus through. Big Apple Agency Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese- language edition copyright © 2012 by Posts & Telecom Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由Quercus授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

译者序

奋战数月，总算将译稿完成，掩卷之余，心底仍不免几分荡漾。故而虽自知学识有限，仍不免发几句如鲠在喉之言。

这是一本讲“大问题”的书。尽管很难为“大问题”下定义，但是我们确实有足够的理由借用希尔伯特于1900年时的演讲，来为“大问题”做一番至少是描述性的界定。即，一个“大问题”应该满足三个必要条件：清楚而易于理解（“能向在大街上遇到的第一个人解释它”），困难但并非不可解决（“在通向那条隐藏真理的曲折道路上……指引我们前进的一盏明灯”），在多个看似不同的知识领域之间建立联系。值得注意的是：希尔伯特本人正是20世纪上半叶促进物理学前沿完成公理化进程的先行者之一。

浏览一下目录便会发现，本书作者所要讲的正是这样的大问题。时间、光、固体与实心性质、随机性、“我”的唯一性以及自然界的种种作用力，无不是耳熟能详的概念，但也无不是令人感到“望山（却又）不是山”的问题。对这样一些问题的深入考察，也注定会超越单纯的某一具体学科。

以“什么是时间”为例，作者一上来便开始谈人对于时间流逝的心理感受及其生理学基础，这种看似迂回的写法恰恰凸显出了思考这个问题的必要性，因为太多的因素会扭曲我们的感觉，“校准”问题便成为迫在眉睫的问题，由此自然会导向对于“什么是时间”问题的重新审视。

在“模拟世界”这一主题中，作者表现出对于各个相关领域中已有思考成果的热情和包容（对于一位量子物理学专业的博士来说，这多少算是

一种意料之中的宝贵品质)。他引述了一位哲学家的论述,同时又结合物理学中的各方面探索来加以分析,这种构建跨学科思考的视野显得额外可贵。

本书贯通脉络,直抵前沿。近现代以来,科学领域中的思想观念和技术方法一直在以难以想象的速度和规模发生着变化。这给科学的普及(也包括基础教育)带来了巨大的挑战:如何以更有效的方式将这些新的成果表达给尽量多的人,以及更重要的,还要使大家确实理解其中的道理?

作者在关于“地磁屏蔽”的章节里做出了绝佳的示范。这一章的内容包括地磁观测的早期努力,地磁变化的现代模型研究,动物磁场,太阳风及其对行星的影响,甚至还有对于考古学成果的分析!如此丰富的内容,靠什么线索能够将其串成完整清晰的结构呢?事实上,一切都归结为“地球磁场的存在与演变”这一基本问题。以此为干,相关子问题为枝,各方面的成果自然附着其上,一目了然。

以“大问题”串领主线的方法,可以很自然地导向最前沿的成果,使读者越过很多技术性细节的困难而把握到其思想实质。作者在文中引述了不少最近十几年的新成果,但是读者在阅读时并不会觉得难懂,而且很自然地对于当代科学前沿产生向往之心。料想如有少年人因读此书而立志献身科学,实在是再合理不过之事。

最后谈谈我作为教育工作者的一点个人体会。作为基础教育领域的一名小兵,在完成本书的全部翻译工作之后,译者忍不住有一点感想。众所周知,自20世纪初以来,现代科学与社会的相互作用方式逐渐进入“大科技”模式。由此导致的后果是,在任何一个真正尊重最广大公民群体基本权益的文明社会中,科学家群体必须要靠努力“推销”科学才能赢得自身的生存空间。原因在于,基础研究需要充分的前期投入和后期转化才能变成(有时甚至不会变成)经济效益,因此,科学家只有将自己的成果以真实、自然更要简明的形式推介给大众,才有可能赢得纳税人的信任和支持,从而维持研究所必需的资金投入。其后果之一,便是造就了“大学者写小

书”的高水平科普传统。基础科学领域中总不乏如理查德·费曼或乔治·伽莫夫一般文采飞扬之人，一旦有了阳光和土壤，丰收乃意料中事。在这样的带动之下，科普作家队伍的实力飞速增长，进而提高了读者的品味，水涨船高，形成良性互动之势。

一般来说，科普写作可能会存在两个方面的困难：高手名家擅雅乐，难为下里巴人之音；“半瓶酸醋”好妄语，徒成误人子弟之文。解决之道，大约只能求助于“高手名家”能够多多奋笔。只因写的明白人多了，总体水平自然逐渐高起来，才有可能形成良性循环。当然，要推动这种风气，还需要其他方面的积极促成。

最后，向参与本书编辑、校订工作的人民邮电出版社的相关人员表示真诚的谢意。

王耀杨

引言

物理学之美浓缩于下面这个简单事实之中：就算是一个孩童，也能问出令一众教授都无法作答的问题。事实上，物理学中的“大问题”很像是干草堆中的干草。一说起物理学，好像就没有什么东西能算是小问题。看似无足轻重的疑问或尝试经常能够引出深刻的洞见。

有些问题可能只是前进了一小步，例如从物理学定律是否可能会改变或者被打破再到造物主是否存在。但它也许并不止于此。物理学告诉我们，造物主不一定就是神明；我们可能生活在如蜂巢般的无穷多个宇宙之中，每一个都是由仅比其中最伟大的造物稍微高级一点的智慧物种所创造的。甚至我们自己也会注定成为自己的宇宙的造物主。

熟悉了这些宏大的主题，你就不会奇怪为何我们这一代人中最出色的科学家全都投身于物理学中。阿尔伯特·爱因斯坦几乎是在一夜之间就声名大震，因为他的相对论改变了我们的宇宙观。卡尔·萨根的电视节目《宇宙》一直是公共电视频道最热播的系列节目之一。理查德·费曼对于挑战者号航天飞机灾难背后的物理因素所作的精彩评论展示出这一学科的实用知识可以具有多么强大的力量。斯蒂芬·霍金在他的杰作《时间简史》中所呈现出来的成果使那些以往从未关注过科学的人们激起了理解科学的渴望。大概也只有DNA的发现者们能够与之比肩了。

但不得不承认的是，人们通常还是会对物理学心生畏惧。如果我在一次闲聊中提到自己是一名科班出身的物理学工作者，那么人们的情绪反应

通常都比较怪异，既钦佩又尴尬。尽管人们会向任何一个努力去理解宇宙的人表示崇敬，但是似乎有很多人认为这门学科完全超越了自己的理解范围。“哦，”他们说，“我从未真正理解过物理学。”

如果你想起自己也说过这样的话，那么本书将有望改变你的想法。也许物理学中最深藏不露的秘密就是，对于任何人来说都有太多的东西需要去理解。但这可不是个问题，而恰恰是物理学的魅力之源。

物理学中值得探索的东西太多了，因此一旦被她抓住了想象力，你就很难再脱身而去。墙壁上的钟表变成了象征时间那迷幻本质的标志。阳光是由被称为核聚变的绮丽炫目的粒子狂舞所导致的结果。当雨滴落向大地时，你会简单地自问一句“为何如此”，而对于答案的探寻则会使你流连于最漫长的暴风雨之中。向日葵的生长方式诠释出能量守恒的道理，告诉我们光的性质是如何塑造了地球上各种生物的形态。再问一句，光究竟是什么，那么你就窥探到了被公认为是自然界最玄妙的秘境。

本书的目的是为了说明一些简单的问题是怎样引领人类作出有史以来最深刻的一些发现。它们包含着你可能未曾在课堂上学到过的物理学知识：这门学问中真正的关键所在，物理学的内涵，对于宇宙我们都了解了哪些，还有哪些尚待探索。卡尔·萨根曾说过：“在某个地方，总有一些不可思议的东西等着我们去发现。”如果可以的话，让这趟发现之旅从此时开始吧。

目 录

1	物理学的意义何在？ ——无处着手的问题，意料之外的回报，以及对于已有理解永无休止的追问	1
2	什么是时间？ ——演进、无序与爱因斯坦的弹性时钟	12
3	薛定谔的猫究竟怎样了？ ——量子物理学与实在之本性	24
4	苹果为什么会下落？ ——引力、质量与相对性之谜	35
5	固体真是实心的吗？ ——原子、夸克以及从指缝间溜掉的固体	45
6	为什么没有免费的午餐？ ——能量、熵以及对永恒运动的求索	55
7	一切归结为随机？ ——不确定性、量子实在与统计学可能具有的作用	64
8	什么是上帝粒子？ ——希格斯玻色子、LHC 以及对于质量之含义的求索	75
9	我是独一无二的吗？ ——我们所处宇宙的界限，以及对平行世界的寻找	85

10 我们能够进行时间旅行吗？ ——当相对论遇到科学幻想	95
11 地球的磁屏蔽会失效吗？ ——漂移的磁极、翻腾中的行星内核以及对地球生命的威胁	105
12 为什么 $E=mc^2$ ？ ——支持宇宙运转的方程	116
13 我能只凭一瞥而改变宇宙吗？ ——幽灵般的量子关联与改写历史的机会	125
14 混沌理论会引发灾难吗？ ——蝴蝶效应对天气、气候以及行星运动的影响	135
15 什么是光？ ——一种奇怪的波，也是一种更奇怪的粒子	147
16 弦论真的是在谈论弦吗？ ——创造出我们这个宇宙的振动	156
17 为什么是“有”而不是“无”？ ——大爆炸、反物质与我们的存在之谜	166
18 我们活在模拟世界中吗？ ——人性、物理定律以及技术发展的进程	177
19 自然界最强的力是哪一种？ ——连接宇宙的纽带，以及它们的超级作用力起源	187
20 什么才是实在的真正本质？ ——在量子世界之外是信息的国度	197
术语表	207

1

物理学的意义何在？

——无处着手的问题，意料之外的回报，以及对于已有理解永无休止的追问

这个问题在校园课堂中已有数十年之久，而要给出答案，通常都会从一则来历可疑的故事讲起，而这一切与古希腊传奇哲人阿基米德和希洛王的王冠有关。

希洛王统治着西西里的叙拉古城。他拨给一个工匠一些黄金来制作皇冠，当皇冠完成时，有传言说这个工匠已将部分黄金偷换成了白银。希洛王委托当时才二十出头的阿基米德来调查其中的真相。

根据古罗马作家马库斯·维特鲁威·波里奥的记述，阿基米德注意到洗澡时身体所排开水的体积，从而解决了这一难题。银的密度比金小，也就会排开较少的水，因此只要将皇冠浸入水中，就有可能辨别出皇冠中是否有银存在^①。这一发现令他兴奋异常，阿基米德赤身裸体冲上大街，呼喊着重“Eureka”（我发现了）。

物理学的意义是否就在于可以回答看似无法回答的问题呢？我们现在能够以极为宽广的尺度来看待周围的世界。我们看到，曾经

^① 根据原文中的表达，检验方法大概是这样的：将皇冠放在一个可以浮在水面上的小容器（例如一个木盆）中，并将该容器置于更大的水盆中，测量水位的上升情况；接着取出皇冠，将希洛当初所提供的黄金置于该小容器中，也测量水位上升情况。若前者小于后者，则说明其重量较小（但是体积相同），可见某些黄金被替换了。——译者注

被认为是不可分割的可见物质随着我们研究的不断深入而被分割为原子，并直到更为基本的粒子，最终我们认为：物质实际上是由真空中的能量波动而形成的（参见第 5 章）。天空曾是我们视野的极限，而现在我们知道宇宙是如此广袤，就算是光，要想从中横穿而过也需要大约 280 亿年（参见第 9 章）。而且不应忘记的是，对光具有明确而恒定的速度这一观念的理解，在物理学中也是一次来之不易的巨大胜利（参见第 10 章）。

“我不知道这个世界是如何看待我的，”他写道，“但是在我自己看来，我只是如同一个在海边玩耍的孩子，时不时地因为发现一块比较光滑的鹅卵石或者略显精致的贝壳而感到欢欣，而伟大的真理之海还远在我面前从未曾探索过的地方。”

牛顿

关于宇宙的历史、物质的本质以及我们所处行星的结构，目前我们已有很多认识，不过也许我们所学到的最重要的教益还是：无论何时，当我们认为自己已经理解了自然界时，她都会令我们再次吃惊，使我们意识到自己所知是多么地少。对此，牛顿的一段自述可谓一语中的：“我不知道这个世界是如何看待我的，”他写道，“但是在我自己看来，我只是如同一个在海边玩耍的孩子，时不时地因为发现一块比较光滑的卵石或者略显精致的贝壳而感到欢欣，而伟大的真理之海还远在我面前从未曾探索过的地方。”

盲从以外的选择

如果说物理学中的某一成就在牛顿看来是最不值得重视的，那就是去除神秘感与盲从的能力了。牛顿是一名痴迷的炼金术士和《圣经》研究学者，他认为自己对于《旧约》丹尼尔书的评注才是他最出色的著作。无论什么时候，只要有物理学家对于宗教事务提

出质疑，牛顿都会深恶痛疾。“我曾研究过这些事，而你没有。”这是他回应天文学家对于宗教的批评时常用的反驳。牛顿在他那“机械性宇宙”的力学中为上帝的的作用保留了位置，但是物理学的发展很快就将神明之手推开。拿破仑皇帝曾就皮埃尔-西蒙·拉普拉斯新发表的天体力学著作向其提出质疑，为什么在力学中没有出现上帝。“我不需要那个假设。”拉普拉斯回答道。但就很多方面而言，物理学的关键在于探索宇宙中有哪些东西是可以一组定律来解释的，而且这些定律越简单越好。

截至大约公元前 600 年，虽然各个文明都已发展出相当的技术，但却都还没怎么思考过该如何理解这个世界：人们以为那只是留给先知和圣人的问题。于是米利都人登场了。在位于今天土耳其西海岸的米利都城，诞生了一种新的思维模式，在今天的科学家看来，这种思维模式意味着对于建立真实的、实践性理解的渴望。米利都人不想让宇宙的奥秘被神秘主义的宗教趣味所掩盖，而是致力于寻找能够解释自然现象的定律，从而构想出能够解释地震、闪电之成因，以及整个宇宙结构的各种理论。

米利都人以开放的姿态探讨这些理论，考虑检验它们的种种可能，进而将实验所得到的结果当作是真理的仲裁。我们将实施世界上第一次科学实验的荣誉归于米利都的阿那克西米尼。他考察了人呼出气体的温度随口唇合拢或张开所存在的差异，从而得出结论：压缩使气体变冷，而膨胀使其变热。

事实是阿那克西米尼这次真的搞错了，而这正是关于物理学之意义的第二个教益。它使我们明白，对于任何“既有之理”我们都不能深信不疑；已获得认可的理论，甚至是关于事物在宇宙中如何运转的“事实”也经常被证明是错误的，进而被新的观念所替代。它们也全都是可证伪的。物理学就是要检验一切，特别是那些我们

最希望为真的事物。

正是由于这个原因，物理学中基本没有“科学圣徒”。通过汇集种种实验证据而得到的，与其说是一门关于思想观念的学问，还不如说是一门关于一致见解的学问。那些无法接受实验结果的人（而且给不出好的理由以说服其他人加入他们所在的“错误”一方）将会遭到抛弃。

为社会运转提供准则

詹姆斯·威尔逊在美国宪法的起草过程中承担了重要职责，并成为乔治·华盛顿政府最高法院最初的六位大法官之一。他深受物理学思想的影响，在他的法律讲座中，是这样定义政府职能的：“每一部分都在发挥作用并且受到其他部分的作用，提供支持并且接受支持，负责调解并且接受调解……对于人类活动中的各种运动来说，这都是必不可少的；这些力量被动地运动着，但是步调一致。”

对于牛顿来说，威尔逊的陈述可谓至情入理，其中所援引的，正是使牛顿得以推导太阳系运转方式的相互作用定律。除此之外，不难追溯到牛顿与政治理论之间的其他联系。牛顿受到哥白尼的启发，而后者则受惠于萨摩斯的阿里斯塔克斯的著作（这位古希腊学者生活在大约公元前310～230年）。再追溯上去，阿里斯塔克斯曾受到古希腊哲学家、政治家和贵族柏拉图的启发。一般认为，柏拉图对于人类文明最大的贡献是他的《理想国》（*Republic*），书中对于如何使一个社会以最佳状态运转进行了探讨。但柏拉图还是一位卓越的天文学家。例如，他是第一个认识到可以通过寻找某些圆周运动的组合来解

释行星运动异常现象的人^①。

柏拉图把物理学看作是对于政治家的卓越训练。他曾断言，领袖应该学习诸如天文学等物理科学，这样做并非是因为它们有助于仰望星空或是远洋出海，而是因为它们可以训练抽象思维，这种技能对于领导力来说是至关重要的。同样的技能在今天也极具价值：在实验室围墙之外，金融、商务以及政府部门等领域也急需训练有素的物理学家。

不只是部分之和

物理学比物理学家更重要，阿尔伯特·爱因斯坦与理查德·费曼的经历为此提供了恰如其分的例证。尽管今天被尊崇为公众偶像，但爱因斯坦在其他物理学家眼中却并没有以英雄的姿态谢幕。与此相反，人们对他的后半生中所产生的终极疑问而感到一丝遗憾。爱因斯坦最广为人知的成果都是在他职业生涯早期做出的。他因光子和能量量子化的实验发现而对量子理论做出了开创性的贡献（参见第 15 章）^②。

这推翻了已流行几个世纪之久的看法，即光一定是一种波动。接着，他的狭义相对论改变了我们对于时间的认识。他对于质量与能量可以相互转化这一思想（参见第 12 章）的阐述是物质世界基

① 在柏拉图的学说中，球是最完美的实体形象，因此天体运行时呈现出的各种看似违背球形观念的现象都被认为是“反常的”。柏拉图提出的解释方案是用一系列匀速圆周运动组合出所观测到的各种复杂的天体运动。这一思想在很大程度上引领着此后至少几百年中希腊数理天文学家的研究方向。——译者注

② 这句话的意思可能是说：尽管爱因斯坦并不是最早从事光电效应实验的人，但他根据光量子理论成功地解释了这个实验，从而使实验现象成为光子存在的证据。在这个意义上讲，他完成了对光子的“实验发现”。——译者注

本原理的一大惊人发现。而广义相对论则改写了被接受了近四百年的牛顿的引力研究成果（参见第4章）。

但此后爱因斯坦的思想逐渐脱离了物理学主流。量子革命改变了这个学科的面貌，但是爱因斯坦拒绝承认量子理论是一种描述宇宙的有效方法。在随后的岁月里，他致力于一种能够统合电磁学和相对论的理论，以使量子理论成为不必要的新发明，但却一无所获。终其一生，支持并追随他进行研究的物理学家的数量不断减少。

“第一条原则就是，你决不能愚弄自己——而你自己正是最容易愚弄自己的人。”

理查德·费曼

理查德·费曼可能是继爱因斯坦之后最具名望的物理学家。他是一位杰出的物理知识普及者和富于创新精神的思想家，而最重要的是，对于其他在这个领域中奋战的人来说，他始终是一个伟大的英雄。尽管费曼从未达到爱因斯坦

那令人目眩的成就巅峰，但却比绝大多数人做得更多，他的贡献包括创建量子电动力学（QED）——一种描述光与物质相互作用的理论（参见第15章）。它广受推崇，被看作是物理学中最成功的理论。

作为物理学家，费曼最出色的才能当属他聆听同行否定意见的能力，他会听从证据的指导，并且承认自己始终是在所知甚少的情況下从事研究。他的著名言论是：“第一条原则就是你决不能愚弄自己，而你自己正是最容易愚弄自己的人。”他不愿自我愚弄，从他对使爱因斯坦陷入低谷的理论的评论中可见一斑。“我想我可以放心地讲，没有人真正理解量子力学，”他在《物理定律的本性》^①中写道，“但凡有可能避免，就不要总是对自己说‘可是怎会如此

^① 原名为 *Character of physical law*，这里采用关洪先生的译法，也有人译为《物理之美》。——译者注