物理学的进化

THE EVOLUTION OF PHYSICS

[美] 阿尔伯特·爱因斯坦 Albert Einstein

[波] 利奥波德·英费尔德 Leopold Infeld

著

章彦博 译

江苏凤凰科学技术出版社

国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

需要全本请访问 www.ertongbook.com

物理学的进化

THE EVOLUTION OF PHYSICS

[美]阿尔伯特·爱因斯坦 Albert Einstein
[波]利奥波德·英费尔德 Leopold Infeld
——著
章彦博——译

江苏凤凰科学技术出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

图书在版编目（CIP）数据

物理学的进化 /（美）阿尔伯特·爱因斯坦，（波）利奥波德·英费尔德著；章彦博译 . -- 南京：江苏凤凰科学技术出版社，2019.10
ISBN 978-7-5713-0555-0

Ⅰ . ①物… Ⅱ . ①阿… ②利… ③章… Ⅲ . ①物理学史－世界 Ⅳ . ① O4-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 172078 号

物理学的进化

著　　者	（美）阿尔伯特·爱因斯坦，（波）利奥波德·英费尔德
译　　者	章彦博
责任编辑	沙玲玲
助理编辑	杨嘉庚
责任校对	郝慧华
责任监制	刘文洋
出版发行	江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路 1 号 A 楼，邮编：210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
印　　刷	南京互腾纸制品有限公司
开　　本	880mm × 1 230mm 1/32
印　　张	8.5
版　　次	2019 年 10 月第 1 版
印　　次	2019 年 10 月第 1 次印刷
标准书号	ISBN 978-7-5713-0555-0
定　　价	48.00 元

图书如有印装质量问题，可随时向我社出版科调换。

推荐序

人类有没有可能是被设计出来的？问出口的时候，你心里已经有了例子和答案，甚至觉得有些好笑，但要是多想一会儿，可能又会冒冷汗。这个在知乎上被浏览了近两千万次的问题，如果穿越回 20 世纪 30 年代发问，也许会得到很不一样的回答。

1944 年，奥斯瓦尔德·埃弗里证明基因由 DNA 所组成。1953 年，詹姆斯·沃森与佛朗西斯·克里克发现了 DNA 双螺旋结构。2000 年完成基因图谱绘制，直到 59 年后的 2012 年，科学家才第一次用电子显微镜拍到了双螺旋的样子。

对我们来说，DNA 早就是习以为常的概念，比如经常看到 DNA 检测侦破案件和认亲的报道，用基因检测估算患癌症的风险，吃转基因改良的食品，甚至用基因检测来“科学算命”。

在没有社交媒体的 20 世纪 30 年代，看山无法想象人们对于这个发现有多震惊：如果人和生物都是行走的数据库，那么生命的本源是什么？宇宙存在的目的又是什么？

关于自己，也关于世界，我们好奇的还有很多。

在陷入形而上的思绪之前，看山接到了编辑递来的三本科普书：1938 年爱因斯坦和利奥波德·英费尔德合著的《物理学的

进化》；1944 年埃尔温·薛定谔发表的《生命是什么》，是 DNA 发现者的灵感源泉；1947 年乔治·伽莫夫出版《从一到无穷大》，用非常浅显的语言，串起数学、物理学、天文学等等学科，在宇宙里走了一遭。

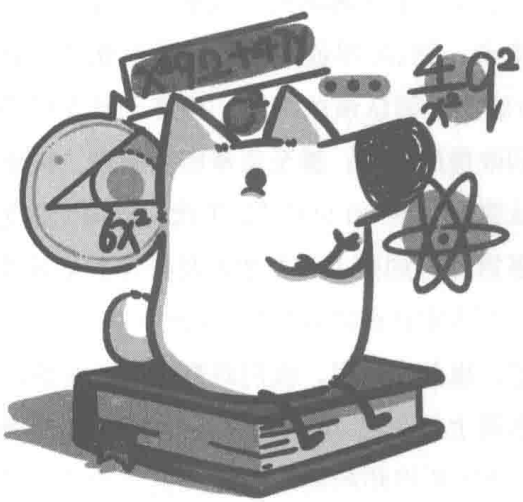
知友翻译的版本读起来鲜有年代感，还有些勘误和批注，像是和老朋友聊天，天南海北，上天入地。看山读着读着，忘记了自己身处的小小出租屋，忘记了白天工作上的烦恼，忘记了放凉了的外卖……

愿有好奇心的你，永远都能在阅读和探索中找到纯粹的乐趣。

刘看山

2019 年 7 月 31 日

于北京



需要全本请访问 www.ertongbook.com

序

开始阅读之前，你当然想问一些简单的问题，比如：此书写作的目的是什么？本书的目标读者又是谁？

要在一开始就回答这些问题，多少有些困难。而若在结尾时回答，虽会容易得多，却略显多余。但我们发现，若告诉你本书不是什么，问题就简单得多了。这不是一本物理学教科书，书里没有系统地讲述物理学现象与理论。我们更想从一个高屋建瓴的视角，来描绘人类探索世界的过程，一个探索概念世界与现象世界之关联的过程。我们试图去展示这推动探索的力量，这力量促使科学创造出新的、对应于实在世界的概念。但我们的表述也必须非常简单，在穿越现实与概念的迷宫时，必须选择最为明晰的道路。然而这样就不得不忽略这道路之外的事实与理论。在上面的大目标的驱使之下，有必要对证据与观念做出选择。问题的重要程度，与它所占的页数无关。我们确实遗漏了一些重要的思想，但那并非因为它们不重要，而是它们不在我们选择的线索

之旁。

在写作此书的同时，我们有过多次长谈，讨论我们的读者是什么样的。我们假设他的数理基础并不扎实，但对物理与哲学颇感兴趣。在这困难、无聊的阅读之中，他展现出的耐心也令人敬佩。他会发觉，每一页的内容都建立在前文的基础上。他知道，即便是一部科普书，也不能像读小说一样读它。

这本书是你我之间的简单谈话。你可能会觉得它或是无聊，或是有趣，或是沉闷，或是刺激。但只要书中的内容能够告诉你，那些极富创意的大脑努力理解物理世界的故事，心愿足矣。

阿尔伯特·爱因斯坦

利奥波德·英费尔德

CONTENTS 目录

第一部分 机械观的兴起

终极谜题 / 2

最初的线索 / 4

向量 / 10

运动的谜团 / 16

最后的线索 / 28

热是物质吗? / 31

过山车 / 39

热与功的汇率 / 42
哲学背景 / 46
物质动力论 / 49
总结 / 56

第二部分

机械观的衰落

两种电流体 / 58
磁流体 / 68
第一个严肃的难题 / 72
光速 / 78
作为物质的光 / 80
颜色之谜 / 84
波是什么? / 87
光的波动理论 / 92
光波是纵波还是横波? / 100
以太与机械观 / 103
总结 / 105

第三部分

场与相对论

将场视作一种描述 / 108

场论的两大支柱 / 119

场的实质 / 124

场与以太 / 130

力学的脚手架 / 133

以太与运动 / 143

时间、距离与相对性 / 155

相对论与力学 / 169

时—空连续体 / 174

广义相对论 / 184

电梯内外 / 189

几何与实验 / 197

广义相对论及其验证 / 208

场与物质 / 212

总结 / 215

第四部分

量子

连续与不连续 / 218

物质与电的基本量子 / 220

光的量子 / 225

光谱 / 231

物质波 / 236

概率波 / 243

物理与实在 / 254

总结 / 256

附图 / 258

致谢 / 262

需要全本请访问 www.ertongbook.com

推荐序

人类有没有可能是被设计出来的？问出口的时候，你心里已经有了例子和答案，甚至觉得有些好笑，但要是多想一会儿，可能又会冒冷汗。这个在知乎上被浏览了近两千万次的问题，如果穿越回 20 世纪 30 年代发问，也许会得到很不一样的回答。

1944 年，奥斯瓦尔德·埃弗里证明基因由 DNA 所组成。1953 年，詹姆斯·沃森与佛朗西斯·克里克发现了 DNA 双螺旋结构。2000 年完成基因图谱绘制，直到 59 年后的 2012 年，科学家才第一次用电子显微镜拍到了双螺旋的样子。

对我们来说，DNA 早就是习以为常的概念，比如经常看到 DNA 检测侦破案件和认亲的报道，用基因检测估算患癌症的风险，吃转基因改良的食品，甚至用基因检测来“科学算命”。

在没有社交媒体的 20 世纪 30 年代，看山无法想象人们对于这个发现有多震惊：如果人和生物都是行走的数据库，那么生命的本源是什么？宇宙存在的目的又是什么？

关于自己，也关于世界，我们好奇的还有很多。

在陷入形而上的思绪之前，看山接到了编辑递来的三本科普书：1938 年爱因斯坦和利奥波德·英费尔德合著的《物理学的

终极谜题

想象一本完美的侦探小说：书中提供了所有必要的线索，使我们不得不自行寻找真相。若依循书中的图景，最终，恰恰在作者揭示谜底之前，我们早已自己得到完美解答。与平庸的谜题不同，这个解答绝不会让我们失望。

我们可以把此书的读者比作科学家——这些科学家代代接续，探寻这自然之书的答案。虽然这个比喻稍欠严谨[①]，但它仍有一点道理，可将之推广、修订，使其符合科学研究的过程。

书中的谜题至今未解，我们甚至不知道它到底有没有答案。但我们研读此书，已是获益匪浅。它告诉了我们自然的基本语法，它让我们能够理解其中的很多线索，在艰苦的科研之中，这已是快乐与激动的源泉。我们虽已饱读此书，体会颇多，但离完

① 之后也不会再用这个比喻。

整的解答仍然很远（若它真的存在）。在每一个阶段，我们都试图找到与线索一致的解释，甚至接受那些只可解释部分事实的理论。有时候，一个看似完美的理论，常常在进一步阅读后发现是不完备的。比如，新的事实与理论相悖，或无法被理论解释。我们读得越多，越惊叹于此书完美的结构。即便，随着我们的深入，完整的解答却看起来越来越远。

在柯南·道尔的侦探名著发表后，后继的侦探小说中都会有这样的时刻：至少对于问题的某一个部分，侦探已经收集了所有所需的证据。这些证据常常看起来光怪陆离、支离破碎，且毫无联系。然而大侦探已经知道：此时已不需要进一步的调查，只靠纯粹的思考，就可以找到事实间的关系。他开始拉小提琴、在椅上闲坐，然后，灵光一闪——他得到了解答！他不光解释了手中的线索，他还知道，某些其他的事情也必然发生过。现在，他已经知道该调查什么了，若他愿意，可能会出去走走，去调查更多蛛丝马迹，来验证他的论断。

请让我再做赘述：科学家在阅读这本自然之书时，必须自己找到解答。他不能像其他不耐烦的读者一样，直接跳到书的最后去寻找答案。在这里，科学家既是读者，也是侦探——他在寻找解答，即便是部分的解答，用以解释事件与其丰富环境间的关联。即便为了找到这部分的解答，科学家也必须开动创造性的思维，将无序的事件变得有序、可懂。

我们的目标，是在后文中概述一些物理学家的工作，一些“侦探的沉思”般的工作。我们还会主要讨论“思想与概念”在求索物理世界时的角色。

最初的线索

人类自有了思想，便一直试图阅读这终极谜题。但直到三百年前，科学家才开始理解这谜题所用的语言。自伽利略（Galileo）与牛顿（Newton）以后，阅读的步伐才逐渐加快。我们建立了一整套侦查技术，以及系统地寻找、追踪线索的方法。我们解决了自然界的部分谜题，虽然在进一步的研究后，发现许多答案略显肤浅，这部分谜题只是暂时地被“解决”了。

在几千年里，有一个问题由于其复杂性，一直令人费解，这个问题就是运动。我们在自然界观察到的运动都相对复杂，比如：向天空扔出的石头、海中航行的轮船、街上推着的手推车。为了理解这些现象，聪明的做法是：先从尽可能简单的情形开始研究，然后逐渐考虑更为复杂的情形。考虑一个静止的物体，没有任何运动。为了改变这个物体的位置，我们需要给它施加一些影响。比如可以用马或是蒸汽机去推动或提起它。关于运动，我们直觉的想法是，运动与推、拉、提这样的行为有关。而且，若想让物体动得越快，我们的推力便要越大。但重复的实验挑战了

前面的说法。推力越大速度越快的说法，看起来非常自然。比如说，四驾马车总是比两驾马车更快。所以直觉就会告诉我们：速度必然与外界的作用有关。

侦探小说的读者都清楚，错误的线索会打乱思路，并让我们更难找到真相。由直觉主导的推理方法是错误的，而且这种方法还导致了人们对运动延续了几个世纪的错误理解。人们之所以相信这直觉的判断，可能是因为亚里士多德在欧洲的权威。我们在他的著作《论力学》中读到：

> 当一个运动的物体不受外力的时候，它便会趋向于静止。

伽利略发现并使用的科学归纳法，是人类思想史上最重要的成果之一，也是物理学真正的开端。它告诉我们：基于简单观察的直觉结论并不总是对的，因为它们常常把我们引向错误的线索。

但直觉错在哪儿了呢？难道说“四驾马车一定比两驾马车更快”是错误的吗？

让我们来更仔细地研究一下关于运动的基本事实，包括日常的经验，也包括在艰苦的生存斗争中得到的经验。

假设一个在平路上推车的人突然松手了。这个手推车在完全停止之前，还会继续前进一小段距离。我们要问：如何延长这段距离呢？我们有很多方法，比如：给车轮施加润滑油，或是让路

面变得光滑。车轮越顺滑，道路越光滑，这继续前进的距离就越长。那施加润滑油、让路面更光滑的这些工作，到底做了什么呢？它们都只做了一件事：让外界的影响更小。车轮中的、车轮与地面之间的，一种叫作“摩擦力”的影响大为减少了。这已经是一个对所见现象的理论解读了，但该解读实际上还是随意的。这是一个重大的进展，而我们也应该找到了正确的线索。想象一条光滑的道路，以及一个没有任何摩擦的车轮。这时，不会有任何东西让推车停下，它会永远向前运动。这个结论，只能靠这种理想化的思维实验才能得到。这个理想实验不可能真正实践，因为我们无法去除所有的外界影响。但理想实验为我们提供的线索，恰恰筑成了运动学的根基。

比较前面两种解决问题的方法，我们可以这样说：直觉的观点认为，推力越大，速度越快。这样，物体的速度就反映了施加在它之上的外力。而伽利略发现的线索则是：如果有一个物体，它没有被推、拉，或是承受任何形式的力，简而言之，没有外力作用于它之上，那么它的运动状态就不会发生变化，也就是一直匀速、直线地运动。这样，物体的速度就没有反映物体承受的外力。这正确的结论（即伽利略的结论），在之后催生出了牛顿的运动定律。这常常是我们在学校最早学到的物理知识，有些人可能还记得它：

任何物体都会保持静止或匀速直线运动，除非其受到外

需要全本请访问 www.ertongbook.com