

[美] 阿尔伯特·爱因斯坦 著
[波] 利奥波德·英费尔德

胡奂晨 译

物理学 进化的

$$F=ma$$



$$E=mc^2$$



$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$



爱因斯坦亲自撰写的科普经典！

如大侦探收集线索般串联物理知识，让你拿得起、放不下！

轻松读懂物理学史！



文化发展出版社
Cultural Development Press

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

胡英晨 译



文化发展出版社
Cultural Development Press

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; 胡奂晨译. —北京: 文化发展出版社有限公司, 2019.9

ISBN 978-7-5142-2718-5

I . ①物… II . ①阿… ②利… ③胡… III . ①物理学史—世界—普及读物 IV . ① O4-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 189136 号

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
胡奂晨 译

责任编辑: 张 琪

出版发行: 文化发展出版社有限公司 (北京市翠微路 2 号 邮编: 100036)

网 址: www.wenhuanfazhan.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

开 本: 880 毫米 × 1230 毫米 1/32

字 数: 170 千字

印 张: 9

印 次: 2019 年 10 月第 1 版 2019 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 55.00 元

I S B N : 978-7-5142-2718-5



序

在你开始阅读之前，你有充分的理由期待一些简单的问题得到解答。写这本书的目的是什么？谁是假想的读者？或者说，这本书是为谁而写？

我们很难从一开始就清楚而有力地回答这些问题。在这本书的最后回答可能会容易得多，尽管这并不是我们所期望的。我们发现，解释这本书不打算成为什么样的书更容易一些。我们写的不是一本物理学教科书。这里没有基本物理现象及理论的系统性课程。确切地说，我们的意图是勾画出人类在寻找思想世界和现象世界之间联系时的尝试。我们试图展示那些推动科学创造出与现实世界相符的观点的积极力量。但我们的描述要尽可能简单。通过错综复杂的事实和观点，我们不得不去选择一些在我们看来最独特、最意义重大的路。这条路到达不了的事实和理论会被排除。在总体目标的迫使下，我们对事实和想法做出明确的选择。一个问题的重要性不应以它的页数多少来判断。一些基本的思路没有被考虑，这不是因为它们在我们

眼中不重要，而是因为它们不在我们选择的路上。

在写这本书时，我们对理想中的读者的特征进行了大量的讨论，而且非常担心他。我们假设他是一个品德高尚的人，但是对物理学和数学一无所知。我们发现他对物理学和哲学的想法感兴趣，我们不得不钦佩他在不怎么有趣和难以理解的段落中挣扎的耐心。他意识到，为了理解每一页，他必须仔细地读过前一页。他知道一本科学著作，即使是科普书，也不能以小说的方式来读。

这本书是你与我们之间的简单聊天。你可能会觉得它无聊或是有趣，枯燥或是令人兴奋，但如果这本书能让你看到，人类的创造性思维为了更全面地理解主宰物理现象的定律所做的永恒斗争，那么我们的目标就实现了。

阿尔伯特·爱因斯坦

利奥波德·英费尔德



致谢

我们要感谢所有好心帮助我们为这本书做准备的人，特别是：

美国新泽西州普林斯顿的艾伦·申斯通教授（A. G. Shenstone）及波兰利沃夫的圣·洛丽雅教授（St. Loria）为插图Ⅲ提供照片。

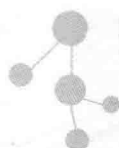
艾萨克·施坦伯格（I. N. Steinberg）画的插图。

菲利普博士（M. Phillips）阅读手稿及非常友好的帮助。

阿尔伯特·爱因斯坦

利奥波德·英费尔德

目录



PART

1

机械观的兴起

大有玄机的故事 / 002

第一个线索 / 004

矢量 / 010

运动之谜 / 017

还有一个线索 / 029

热是一种物质吗 / 033

云霄飞车 / 041

转换率 / 045

哲学背景 / 048

物质动力论 / 052

PART

2

机械观的衰败

两种电流 / 064

磁流 / 074

第一个真正的困难 / 079

光的速度 / 085

光的物质观 / 088

色彩之谜 / 091

波是什么 / 095

光的波动理论 / 100

光波是横波还是纵波 / 111

以太与机械观 / 114

PART

3

场和相对论

场的图示法 / 120

场论的两大支柱 / 131

场的实在性 / 136

场与以太 / 142

力学的框架 / 145

以太与运动 / 155

时间, 距离, 相对论 / 167

相对论和力学 / 181

时 - 空连续统 / 187

广义相对论 / 197

升降机内与升降机外 / 202

几何与实验 / 210

广义相对论及其检验 / 221

场与物质 / 226

PART

4

量子论

连续性与非连续性 / 232

物质和电的基本量子 / 234

光量子 / 240

光谱 / 246

物质波 / 253

概率波 / 260

物理与现实 / 272

PART

I

机械观的兴起

大有玄机的故事 / 第一个线索 / 矢量 / 运动之谜 /
还有一个线索 / 热是一种物质吗 / 云霄飞车 / 转换率 /
哲学背景 / 物质动力论

大有玄机的故事

设想存在一个完美的侦探故事。这个故事提供了所有的关键性线索，激发我们对这个事件得出自己的推测。如果我们小心地跟随情节的发展，那么刚好可以在作者于书的结尾揭秘之前得到完整的解答。与那些低劣的侦探故事不同，这个解答自身不会令我们失望；不仅如此，它刚好在我们期待的那一刻出现。

我们是否可以将这样一本书的读者比作那些一代代不断在自然之书中寻找谜底的科学家呢？这个比喻是不确切的，并且会在之后被摒弃，但它多少有那么一些合理，也许加以扩充和修改，可以使其更加贴合破解宇宙奥秘的科学探索。

这个奇妙的侦探故事尚未破解。我们甚至无法确定它是否有最终的答案。但是阅读这本书已经给我们提供了很多信息：它教会了我们大自然的基本语言，它使我们了解到了很多的线索，它还常常是科学艰难进步中乐趣和激情的源泉。可是我们意识到，尽管读过并理解了所有的书卷，我们离完整的答案还有很远——如果这个答案确实存在的话。在每一个阶段，我们

试着找出与已知的线索相符的解释。我们目前接受的理论虽然可以解释许多事实，但尚未发展出与所有已知线索相容的一般解。往往一个理论看似很完美了，但进一步的阅读会证明它是不合适的。新情况的出现，不是与理论矛盾就是不能被理论所解释。我们读得越多，我们就越充分地领会到这本书的完美结构，尽管随着我们前进的步伐，这个圆满的答案似乎在离我们远去。

继柯南·道尔令人交赞的故事之后，在几乎每一本侦探小说里，侦探总会在某个时期收集到他需要的所有证据，至少针对问题的某些阶段。这些证据通常看起来非常古怪，没有条理，甚至毫不相关。然而，睿智的大侦探清楚这个时候不需要进一步的侦查了，只需纯粹的思考就可以将收集的证据联系起来。于是他拉拉小提琴，或者躺在安乐椅上叼个烟斗，突然间，他灵机一动，想出来了！他不仅可以解释现有的线索，他还知道一些其他的事情肯定也已经发生了。由于他如今清楚地知道到哪儿去寻找，如果他愿意的话，他可以为他的推测去收集更多的证据。

如果容许我们说一句老生常谈：科学家读自然之书必须自己找到答案，不能像没有耐心的读者在读侦探故事那样翻到书的结尾。在这里，读者也是侦探，他得试图去解释这些事件之间的联系，哪怕只是一部分。为了得到即使是部分的解决方案，科学家必须将可用的无序的资料收集起来，并且用创造性的思

考使它们有条理且合乎情理。

在接下来的几页中，我们的目的是大致描述一下物理学家的的工作，这些工作与侦探的纯粹思考相对应。我们主要关注于思想与观点在探求物质世界的知识中所起的作用。

第一个线索

人类自有思想以来，就想读这本奇妙的侦探故事。但是直到 300 多年之前，科学家们才开始理解这个故事的语言。从伽利略和牛顿的时代开始，阅读就进行得快多了。侦查技术及搜寻和跟踪线索的系统性方法都得到了发展。大自然的一些谜题已经被解开，尽管进一步的研究表明，大部分的解决方案都是暂时和肤浅的。

有一个基本问题，几千年来被它的复杂性所遮蔽，这个问题就是运动。我们在自然界中观察到的一切运动其实都很复杂，如石头被抛到空中，轮船在海上航行，小推车在路上运动等。要想理解这些现象，我们最好从最简单的情况着手，然后慢慢地向更复杂的情况前进。设想有一个处于静止状态的物体，它没有任何运动。为了改变这个物体的位置，我们需要对其施加

一些作用，如推它或提起它，或者让马、蒸汽机等其他物体作用于它。我们的直观看法是，运动是与推动、提起、拉动的作用相关的。这种不断重复的经验让我们进一步冒险地声明，如果我们想让物体移动得更快，我们就必须推得更卖力。于是我们很自然地总结出来，施加在物体上的作用越强，物体的速度就越大。一辆四匹马拉的马车比两匹马拉的马车走得快。因此，直觉告诉我们，速度本质上是和外界作用相关的。

这和侦探小说的读者的情况很相似：一条假的线索搅乱了故事，并推迟了解决方案。由直觉决定的推理方法是错误的，并且导致错误的运动观念持续了几个世纪。亚里士多德在整个欧洲的伟大权威也许是人们长期相信这种直觉观念的主要原因。在 2000 多年来被认为是他所写的《力学》中，我们读到：

当推动物体的力不再推它的时候，移动的物体就会停止。

伽利略的发现及他所运用的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。这一发现告诉我们，根据直接观察得到的直观结论并不总是可信的，因为它们有时会把我们引到错误的线索上去。

可是，直觉在哪里出错了呢？如果说由四匹马拉的马车比仅由两匹马拉的马车跑得快，难道可能是错的吗？

让我们更仔细地检验一下运动的基本情况，首先从简单的日常经验开始，这些经验是人类自文明开始以来就熟悉的，并且在艰难的生存斗争中获得的。

设想有一个人推着一个手推车在平坦的路上行走，然后突然停止推动。这个小车会继续移动一小段距离，然后停下来。于是我们问：怎样才能增加这段距离呢？有很多方法可以实现，如在车轮上抹油，把路修得很平滑等。车轮转得越容易，路修得越平滑，小车就会移动得越远。那么，在车轮上抹油和把路修平起了什么作用呢？只有一个作用，那就是把外界的影响减小。车轮里及车轮和路之间的摩擦力减小了。这已然是对可观测证据的一种理论解释，这个解释事实上是随意的。再向前迈一大步，我们就会得到正确的线索。想象道路是绝对光滑的，车轮也完全没有摩擦。那么就没有东西阻止小车，它将永远运动下去。这个结论只有在理想化的实验中才能达成，而这个实验实际上是无法实现的，因为我们不可能消除所有的外界影响。这个理想化的实验揭示了真正构成运动力学基础的线索。

比较一下对待问题的两种方法，我们可以说，直观的想法是：施加的作用越大，速度就越大。因此，速度表明了外力是否作用于物体。而伽利略发现的新线索是：如果一个物体既没有被推、拉，也没有受到任何其他方式的影响，或者更简单地说，如果没有外力作用在物体上，它将做匀速运动，也就是说，总是以相同的速度沿着一条直线运动。因此，速度本身并不能

表明外力是否作用于物体。伽利略的结论才是正确的那个，一代之后被牛顿用公式表示，被称为“惯性定律”。这通常是我们学校里熟记的关于物理学的第一个知识，有的人可能还记得：

任何一个物体，只要不受外力的影响，就会永远处于静止或匀速直线运动状态。

我们已经看到，这个惯性定律不能直接从实验中得到，只能通过与观察一致的推断性思考。理想化的实验永远不能被真正执行，尽管它会让我们对真实的实验有深刻的理解。

从我们周围世界的各种复杂运动中，我们选择匀速运动作为第一个例子。这是最简单的情况，因为没有外力的作用。然而，匀速运动永远不可能实现。从塔上抛出的石头及沿着马路推动的小车永远不可能绝对匀速地运动，因为我们无法消除外力的影响。

在一个好的侦探故事中，最明显的线索往往引向错误的猜想上。同样地，在我们理解大自然的定律的尝试中，我们发现最明显最直观的解释常常是错误的那个。

人类的思想创造出一个变幻无穷的宇宙图景。伽利略的贡献在于颠覆直观的观念，并用新的观点取而代之。这就是伽利略这个发现的重要意义。

但是很快，关于运动的进一步问题出现了。如果速度不能

表征作用在物体上的外力，那么什么才是呢？这个基本问题的答案是由伽利略发现的，而牛顿又使其更加简化，它是我们研究中的进一步线索。

为了找到正确的答案，我们必须更深入地考虑在绝对光滑道路上的小车。在我们的理想化实验中，运动的匀速性是由于没有任何外力的影响。现在我们设想这个匀速运动的小车在其运动的方向上被推了一下。这时会发生什么呢？很明显，小车的速度会加快。同样明显地，朝与之运动相反的方向推一下，它的速度会减慢。在第一种情况下，小车由于推动而加速；在第二种情况下，小车由于推动而减速。我们可以立刻总结出来：外力的作用改变了速度。因此，速度本身不是推或者拉的结果，速度的改变才是它们的结果。力究竟使速度增加还是减少，取决于它是作用在运动的方向上还是与运动相反的方向上。伽利略很清楚这一点，并在他的《关于两门新科学的对谈》中写道：

……一个运动的物体一旦获得某个速度，只要不受到外界的加速或减速作用，就会一直保持不变——这种情况只发生在水平平面上。向下的斜面会导致加速，而向上的斜面会导致减速。由此可见，只有沿着水平面的运动才是永无休止的。因为，如果速度是均匀的，它不会减弱或放慢，更不会被消灭。