

物理学的进化

A·爱因斯坦 L·英费尔德 著

上海科学技术出版社

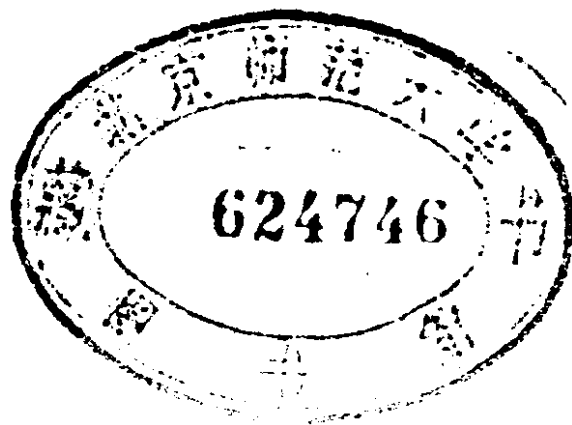


物理学的进化

A. 爱因斯坦 L. 英费尔德 著

周肇威 译

3211.10.2/10



上海科学技术出版社

THE EVOLUTION OF PHYSICS

A. Einstein, L. Infeld

Cambridge University Press. 1938

物理学的进化

周肇威译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海海峰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.25 字数 159,000

1962 年 3 月第 1 版 1979 年 6 月第 5 次印刷

印数 36,001—136,000

书号: 13119·450 定价: 0.69 元

内 容 提 要

本书介绍物理学观念从伽利略、牛顿时代的经典理论发展到现代的场论、相对论和量子论的演变情况。其中选择了几个主要的转折点来阐明经典物理学的命运和现代物理学中建立新观念的动机所在，从而指引读者怎样去找寻观念世界和现象世界的联系。

本书由爱因斯坦和英费尔德合作写成，前者是相对论的建立者。书中不引用数学公式，文字通俗，举例浅显，编写体裁别开一面。

商务印书馆曾于1947年出版过刘佛年的简译本，为了适应目前需要，特将其重新译出，并加入了英费尔德在1960年所写的新版序。本书最适宜于一般物理学爱好者阅读，但作为中学物理教师及大学物理系学生的补充读物也很相宜。

新 版 序

这本书的第一版问世于二十多年以前。此后，爱因斯坦去世了；他是这本书的主要作者，他也许是永远受人崇敬的一个最伟大的科学家。本书问世以后，物理学又有了空前的发展。这里只要提一提原子核科学和基本粒子理论的进展以及宇宙空间的探索成就就足以说明一切了。不过这本书只是讨论物理学的重要观念，它们在本质上仍然没有变化，所以书中需要修改的地方极少。就我所能看到的，只须作下列几个小修改而已。

第一：这本书是讨论观念的进化的，并不是一种历史记载。因此，书中所提到的日期往往是约略的并常常以“……许多年以前”的语调来表述的。例如，在第四章《量子》的《光谱》一节(196页)中，我们是这样提到玻尔的：“他的理论，建立于25年以前……。”由于这本书在1938年初次出版，所以“25年以前”是指1913年，即玻尔的论文发表的那一年。因此读者必须记住，所有类似的表述都是对1938年说的。

第二：在第三章《场，相对论》的《以太与运动》一节(121页)中，我们写道：“这两个例子并没有什么不合理的地方，不过所难的是在这两种情况中我们都必须以每秒约四百米的速度奔跑，但是我们很可以想象，将来技术的进一步发展，这样的速度是可能实现的。”而今天每个人都知道，喷气式飞机已达到超声速的速率了。

第三：在同一章的《相对论与力学》一节(143页)中，我

们写道：“……从最轻的氢起到最重的铀止，……”这已经不再是正确的分类方法了，因为铀已经不再是最重的元素。

第四：还在第三章的《广义相对论及其实验验证》一节(177页)中，我们对水星的近日点移动是这样写的：“由此可见，这种效应是极小的，因而要在其他与太阳相距较远的行星中去发现这个效应更是没有希望了。”现代的测量技术已经揭露出这种效应不但对水星来说是正确的，而且对其他行星来说也是正确的。这个效应虽然很小，但是看来它跟理论是相符的。或许在不久的将来，人造卫星的这种效应也能被检验出来。

在第四章《量子》的《几率波》一节(205页)中，我们对单电子的衍射是这样写的：“不用说，这是一个理想实验，它事实上不可能实现，不过很容易想象而已。”这里值得说明一下，在1949年，一位苏联的物理学家 V. 法布里康教授和他的同事们已完成了一个实验，在这个实验里观察到单电子的衍射。

有了这几处修改，这本书就成为一本新版本了。我不愿把这些小小的修改引到正文中去，因为我觉得这本书既然是跟爱因斯坦共同写的，就应该让它保留为我们原来所写成的那样。我感到很高兴，因为这本书在他去世之后象他所有的著作一样，还是一直在流传下去。

L. 英费尔德

华沙，1960年10月

原 序

在你开始阅读以前，你一定期望我们答复几个简单的问题：写这本书的目的是什么？它是为什么样的读者写的？

一开始便要明白地、确切地答复这些问题是很困难的。如果你在你读完本书时来答复便会容易得多，但到那时候这又将是多余的了。我们觉得，说这本书没有什么企图倒简单些。我们不是编写物理学教科书。这里没有系统地讲述基本物理论据和理论。说得更恰当一些，我们的目的在于用粗线条描绘出人类智力如何寻找观念世界和现象世界的联系。我们试图说明是什么样的动力迫使科学建立起符合于客观实在的观念。但是我们的叙述必须简单。我们应当选择那些我们认为是最有特色和最有意义的重要路径来穿过论据和概念的迷宫。那些不在所选择的道路上的论据和理论，我们都把它略去了。本书的总的任务既然是叙述物理学的进化，因此我们不得不对论据和观念作一定的选择。一个问题的重要性不应该根据它所占的篇幅来判断。有几种主要的思想方法没有得到反映，并不是因为它们不重要，而是因为它们不在我们所选定的道路上。

在我们写这本书的时候，关于我们所想象的读者的特征，曾作过很长的讨论，并且处处都在替他着想。我们想象他完全缺乏物理学和数学的实际知识，但是却具有很强的理解能力，足以弥补这些缺憾。我们认为他对物理学和哲学的观念很感兴趣，同时他对努力钻研书中比较乏味和困难的部分很

有忍耐性。他认识到,要理解任何一页,必须细读前面的每一页。他也知道,即使是一本通俗的科学书籍,也不能象读小说一样去读它。

这本书是你我之间的亲切的交谈。你也许会觉得它讨厌或有趣,枯燥或激动,但是,如果本书能使你多少知道一些人类有发明能力的智力为了更完善地了解掌握物理现象的规律所进行的无穷尽的斗争,我们的目的便算达到了。

A. 爱因斯坦

L. 英费尔德

目 录

新版序

原序

1. 机械观的兴起	1
奥妙的侦探故事	1
第一个线索	3
矢量	8
运动之谜	13
还有一个线索	23
热是一种物质吗	26
升降滑道	33
转换率	36
哲学背景	39
物质动力论	42
结语	47
2. 机械观的衰落	48
两种电流体	48
磁流体	56
第一个严重的困难	60
光的速度	65
作为物质的光	67
色之谜	70
波是什么	72
光的波动说	76
光波是纵波还是横波	83

以太与机械观	85
结语	87
3. 场, 相对论	89
场的图示法	89
场论的两大台柱	98
场的实在性	102
场与以太	107
力学的框架	110
以太与运动	119
时间, 距离, 相对论	129
相对论与力学	141
时-空连续区	146
广义相对论	153
在升降机外和升降机内	158
几何学与实验	165
广义相对论及其实验验证	174
场与实物	178
结语	180
4. 量子	182
连续性、不连续性	182
物质和电的基本量子	184
光量子	188
光谱	194
物质波	198
几率波	204
物理学与实在	215
结语	218

机械观的兴起

奥妙的侦探故事——第一个线索——矢量——运动之谜——
还有一个线索——热是一种物质吗——升降滑道——转换率
——哲学背景——物质动力论——结语

奥妙的侦探故事

我们设想有一个完美的侦探故事。这个故事告诉我们所有重要的线索，这样使我们不能不提出自己对事件真相的见解。如果我们仔细研究故事的构思，不要等作者在书的结尾作出交代，我们早已得到完满的解答了。只要不是低劣的侦探故事，这个解答不会使我们落空；不但如此，它会在我们期待它的一刹那就立刻出现。

我们是不是可以把一代继着一代不断地在自然界的书里发现秘密的科学家们比作读这样一本侦探小说的人呢？这个比喻是不确切的，并且以后得放弃它，但是它多少有些比得恰当的地方，它应当加以扩充和修改，使更适合于识破宇宙秘密的科学企图。

这个奥妙的侦探故事，至今还没有作出解答。我们甚至不能肯定它是否有一个最后的答案。但是阅读这本书已使我们得到许多收获。它已教会我们懂得自然界的基本语言。它使我们了解到许多线索，而且它是科学的历次艰苦发展中精神愉快和奋发的源泉。但是我们体会到，尽管读过和研究过

的卷帙已经很不少了,但如果肯定有一个答案的话,那我们离最后的答案还很远。在每一个阶段,我们都想找出一个能符合已发现的线索的解释。我们所接受的各种推测性的理论,虽然说明了许多情况,但是还没有引伸出符合于所有已知线索的一般解。往往有一个理论看来似乎很圆满了,但是进一步来读它就发现它还是不适当的。新的情况出现了,它们跟旧的理论是相互矛盾的,或者不能用旧的理论解释它们。我们读的愈多,我们对这本书理解得愈充分;虽然我们不断地往前迈进,但是圆满的解答却似乎不断地在向后退逃。

从柯南道尔(福尔摩斯侦探小说的作者——译者注)写出动人的故事以来,几乎在所有的侦探小说里都是这样开始的:侦探首先搜集他所需要的、至少也是他的问题的某一方面所需要的一切事件。这些事件往往是很奇怪的、不联贯的,并且是毫不相关的。可是这个大侦探知道这时不需要再继续侦察了,现在只要用纯粹的思维把所有搜集起来的事件联贯起来。于是他拉拉小提琴,或者躺在安乐椅上抽抽烟,突然间,他灵机一动,这个关系找到了。他现在不仅能解释现有的线索,而且他知道还有其他许多事件一定也已经发生。因为现在他已十分准确地知道在哪里可以找到它,如果他愿意的话,他可以出去收集他的理论的进一步的证明。

如果我们再来说一句老生常谈,科学家读自然之书必须由他自己来寻找答案,他不能象某些无耐性的读者在读侦探小说时所常做的那样,翻到书末先去看最后的结局。在这里,他既是读者,又是侦探,他得找寻和解释(那怕是部分地)各个事件之间的联系。即使是为了得到这个问题部分的解决,科学家也必须搜集漫无秩序地出现的事件,并且用创造性的想象力去理解和联贯它们。

在下面的叙述中，我们的目的是用粗线条的轮廓说明物理学家的的工作必须象侦探那样用纯粹的思维来进行。我们主要是叙述思维和观念在探求客观世界的知识中所起的作用。

第一个线索

人类自有思想以来，便想读这本奥妙的侦探故事。但是直到三百多年以前，科学家才开始懂得这个故事的语言。从那个时代、即从伽利略^①和牛顿^②的时代起，这本书就读得快多了。侦察技术、有系统地寻求线索和了解线索的方法都发展了。某些自然之谜已经解决了，但是进一步研究之后，证明了其中有许多只是暂时的和表面上的解答。

有一个基本问题，几千年来都因为它太复杂而含糊不清，这就是运动的问题。我们在自然界中所见到的所有各种运动，例如抛到空中的石子的运动，在海上航行的船舶的运动，在街上行驶的车子的运动，事实上都是很复杂的。为了要了解这些现象，最好由最简单的例子着手，然后逐渐研究更复杂的例子。设想有一个静止的物体，没有任何运动。要改变这样一个物体的位置，必须使它受力，如推它，提它，或由其他的物体如马、蒸汽机作用于它。我们的直觉认为运动是与推、提、拉等动作相连的。多次的经验使我们进一步深信，要使一个物体运动得愈快，必须用更大的力推它。结论好象是很自然的：对一个物体的作用愈强，它的速度就愈大。一辆四匹马驾的车比一辆两匹马驾的车运动得快一些。这样，直觉告诉我们，速率主要是跟作用有关。

凡是读过侦探小说的人都知道，一个错误的线索，往往把

① Galileo

② Newton

情节弄糊涂了，以致迟迟得不到解决。凭直觉的推理方法是不可靠的，它导致了对运动的虚假观念，这个观念竟然保持了很多世纪。亚里士多德^①在整个欧洲享有至高无上的威望可能是使人们长期相信这一个直觉观念的主要原因。在两千年来公认为是他所写的力学中，我们读到：

推一个物体的力不再去推它时，原来运动的物体便归于静止。

伽利略的发现以及他所应用的科学的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。这个发现告诉我们，根据直接观察所得出的直觉的结论不是常常可靠的，因为它们有时会引到错误的线索上去。

但是直觉错在哪里呢？说一辆四匹马驾的车比一辆两匹马驾的车走得快些难道还会有错吗？

让我们更加严格地来检查运动的基本论据，先从简单的日常的经验检查起，这些经验是人类开化以来就已熟悉了，而且是在为了生存而作的剧烈的斗争中得来的。

假如有人推着一辆小车在平路上行走，然后突然停止推那辆小车。小车不会立刻静止，它还会继续运动一段很短的距离。我们问：怎样才能增加这段距离呢？这有许多办法，例如在车轮上涂油，把路修得很平滑等。车轮转动得愈容易、路愈平滑，车便可以继续运动得愈远。但是在车轮上涂油和把路修平有什么作用呢？只有一种作用：外部的影响减小了。即车轮里以及车轮与路之间的那种所谓摩擦力的影响减小了。这已经是对观察得到的现象的一种理论解释，实际上，这个解释还是武断的。再往前检查一下，我们便将得到正确的线索。假想路是绝对平滑的，而车轮也毫无摩擦。那么就没有什么东西阻止小车，而它就会永远运动下去。这个结论是从一个

^① Aristotle

理想实验中得来的,而这个实验实际上是永远无法做到的,因为不可能把所有的外界影响都消除掉。这个理想实验指出了真正建立运动的力学基础的线索。

比较一下对待这个问题的两种方法,我们可以说,根据直觉的观念是这样的:作用愈大,速度便愈大。因此速度本身表明着有没有外力作用于物体之上。伽利略所发现的新线索是,一个物体,假如既没有人去推它、拉它,也没有人用旁的方法去作用于它,或者简单些说,假如没有外力作用于它,此物体将均匀地运动,即沿一直线永远以同样速度运动下去。因此,速度本身并不表明有没有外力作用于物体上。伽利略这个正确的结论隔了一代以后由牛顿把它写成惯性定律。这个定律,通常是我们在学校里开始学习物理学时牢记在心的第一条定律,我们有许多人还能记得它:

任何物体,只要没有外力改变它的状态,便会永远保持静止或匀速直线运动的状态。

我们已经知道,这个惯性定律不能直接从实验得出,它只能根据思索和观察得出。理想实验无论什么时候都是不能实现的,但它使我们对实际的实验有深刻的理解。

从我们周围各式各样的复杂运动中,我们选匀速直线运动作为第一个例子。这是最简单的运动,因为没有外力作用于运动物体之上。可是匀速直线运动是永远不能实现的,从塔上抛下石子,在平路上推动车子都决不能绝对匀速地运动,因为我们不能完全消除外力的影响。

在好的侦探故事中,一些最明显的线索往往引导到错误的猜疑上去。在我们力图理解自然规律时,同样地,我们发现,一些最明显的直觉的解释往往也是错的。

人的思维创造出一直在改变的一个宇宙图景。伽利略对

科学的贡献就在于毁灭直觉的观点而用新的观点来代替它。
这就是伽利略的发现的重要意义。

但是立刻又发生了对运动的新问题。假如速度不表征作用于物体上的外力，那么什么才是呢？伽利略发现了这个根本问题的答案，而牛顿又把这个问题答复得更为精确；它成了我们侦察中的另一个线索。

为了得到一个正确的答案，我们必须更深入一些想想那绝对平滑的道路上的小车。在我们的理想实验中，运动的均匀性是由于没有任何外力。现在我们设想有人把这辆匀速地运动着的车子朝它的运动方向推一下。这时会发生什么呢？很明显，它的速率会增大。同样很明显，如果朝相反于运动的方向推一下，则速率会减小。在前面的例子中，车因被推而加速；在后面的例子中，车因被推而减慢。由此可以立刻得出一个结论：外力的作用改变了速度。因此速度本身不是推和拉的结果，而速度的改变才是它们的结果。一个力究竟是使速度增加还是使速度减小，完全看它是朝着运动的方向而作用还是相反于运动的方向而作用。伽利略清楚地看到了这一点，并且在他的著作《两种新科学》中写上了这样的话：

……一个运动的物体假如有了某种速度以后，只要没有增加或减小速度的外部原因，便会始终保持这种速度——这个条件只有在水平的平面上才有可能，因为假如在沿斜面运动的情况里，朝下运动则已经有了加速的起因，而朝上运动，则已经有了减速的起因，由此可知，只有水平的平面上的运动才是不变的，因为假如速度是不变的，运动既不会减小或减弱，更不会消灭。

沿着这条正确的线索进行研究，我们对运动的问题就有了比较深刻的了解。因此牛顿所作的经典力学是以力与速度改变之间的联系为基础，而不是以人们直觉所想的力与速度

本身之间的联系为基础的。

我们已经应用了在经典力学中起主要作用的两个概念：力和速度的改变。在科学的往后发展中，这两个概念都已经被扩充和推广了。因此我们必须更加细致地考查它们。

力是什么呢？在直觉上我们意识到这个名词的意义。这个概念是从作推、抛、拉等动作的筋肉感觉而兴起的。但是这个概念所概括的远远不止这些简单例子。我们可以想想另一些力，它们不能被想象为马拉车那样简单。我们讲的是太阳与地球间、地球与月球间的引力，就是这种力造成了潮汐现象。我们讲的是地球把我们和我们周围所有的物体都限制在它的影响范围内的力，以及产生海浪和吹动树叶的风力。我们随时随地只要看到了速度的改变，在一般意义上它一定是由于外力所引起的。牛顿在他的《原理》(Principia)中写道：

外加力是加在物体上用以改变它的静止或匀速直线运动的状态的一种作用。

这个力只存在于作用中，一旦作用过去了，物体中便再没有力了，因为物体可以保持它所得到的任何一种新的状态，这仅仅依靠它的惯性就可以做到。作用力有不同的来源：例如打击、压缩和向心力等。

假如一颗石子从塔顶掉下来，它的运动不是等速的；速度随着石子的下降而增加。我们断定：朝向运动的方向上有外力作用着，换句话说，地球在吸引石子。我们再来举个例。把石子往上直抛，会发生什么情况呢？它的速度逐渐减小，等到它到达最高点时就开始往下堕。上抛物体的减速和下堕物体的加速是由同一个力所引起的。不过在一种情况中是力朝着运动的方向而作用，而在另一种情况中是力相反于运动的方向而作用。力只有一种，它造成加速或减速，全看石子是往下堕还是往上抛。