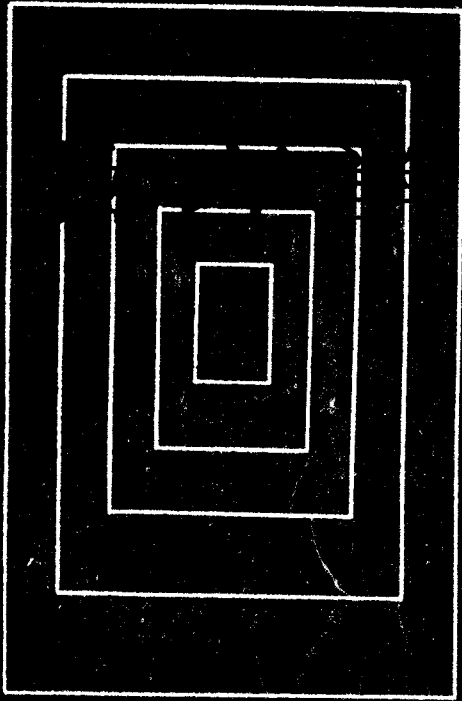


自然科学入门



自然科学入门

物 理 学

〔美〕K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍 著

曹光豪 翟志荣 朱矛之 译

知 识 出 版 社

上 海

The Physical Universe
Konrad B. Krauskopf
Arthur Beiser
McGraw-Hill Book Company,
New York, 1979.

自然科学入门·物理学
【美】K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍著
曹光豪 翟志荣 朱矛之译

知识出版社出版发行
(上海古北路650号)
(沪 版)

新华书店上海发行所经销 江西印刷公司印刷

开本850×1156毫米 1/32 印张9.75 字数235,000

1987年3月第1版 1987年8月第1次印刷

印数: 1—3,000

统一书号: 13214·1045 定价: 2.20 元

内 容 提 要

本书系统地介绍了物理学的基本概念，涉及经典物理学的各个领域，还简要地介绍了光和原子的量子理论，并间有科学史的、哲学的和科学方法论的叙述。本书论述浅显，适合文化程度不同的读者的需要。只要具有初中数学基础，便不难理解本书所论及的内容。每章之后均有选择题、问题、习题和选择题答案，书末附有编号为单数的问题和习题的题解。本书可供大学文科师生和自学者参考。

出版说明

斯坦福大学地球化学名誉教授克劳斯科普夫 (K.B.Krauskopf) 和贝舍 (A.Beiser) 所著《物质世界》(*The Physical Universe*) 一书, 系统而通俗地介绍了物理学、化学、天文学和地质学的基本概念和基础知识。我们按学科分册出版, 定名为《自然科学入门》。原书附录中的题解分别列于各册之末, 其余的附录内容未译出。原书中的照片图均未采用。

《自然科学入门·物理学》译自《物质世界》第四版第一至第八章。第一、第二章译者为曹光豪, 第三、第四、第五章译者为翟志荣, 第六、第七、第八章译者为朱矛之。译者姓名以此序排列。译者对胡实声同志在本书翻译过程中所给予的帮助和指导表示感谢。

第四版序

我们写《物质世界》(*The Physical Universe*)的目的是尽可能简洁地介绍物理学、化学、地质学和天文学的要点。由于这些学科涉及面非常广阔,而我们的读者的文化程度可能不高,因此,必须对本书所选素材及论述深度有所限制。本书强调各学科的基本概念以及它们在认识自然界方面所起的作用,同时介绍一些有关自然科学的历史和哲学发展的知识。我们希望,读者最终将对科学家在研究过程中如何运用归纳法、演绎法有一些感性认识。

《物质世界》首先论及运动:怎样描述运动和影响运动物体的因素,然后仔细讨论引力、能量和动量。目前,物质的三相引起了人们的注意,本书将从分子运动论直到热力学定律讨论这个问题。接着谈电学和磁学的基础知识,并以光的电磁理论作为这项知识的顶点。再次谈化学的基本概念,自然地引导到关于原子、原子结构和原子核的讨论,在这里量子力学的思想起着重要作用。元素周期表使我们回到了化学,并对有机化学进行了探讨。从观察覆盖着整个地球的大气和海洋着手,我们转入对人类赖以生存的行星——地球的研究,并进而讨论地球上的物质、永恒变动的地壳和神秘的地幔、地核。在记述了地球的地质历史之后,再讨论我们在空中能看到的和我们所知道的地球的近邻。接着,我们主要研究了太阳,它是太阳系之主,是地球上几乎所有能量的源泉。然后,我们再观察宇宙中的其他恒星,个别存在的和由巨大集团组成的星系。本书的最后一个主题是探讨宇宙的进化,以讨论地球的起源和宇宙中是否存在其他可居住的行星作为结

尾。

我们认为，将一些定量讨论排除在外是既不可能也不可取的，但这将是简单的和增补性的，而不是起支配作用的。附录中有基础数学的复习内容。其他有助于学生的辅导材料还有词汇表*、几百幅插图、供快速复习理解程度的选择题和编号为单数的问题的概要题解及答案。总之，本书提供的种类不同、难度各异的练习题在1,000个以上。

为了使抱有不同目的、准备花费不同时间的读者都觉得便利，我们对《物质世界》第四版的编排作了改进。本教程包括物理科学的全部范围，集中讨论的两三个有关学科的全部知识将尽量容纳在内。前八章论述作为自然科学基石的基础物理学，接着各有四章分别论述化学、地质学和天文学。新的编排将物理学和化学分得更清楚，而在前几版中它们在某种程度上是交叉结合的，那样做在原理上可以得出更令人满意的图像，但在课堂教学中会增加实际困难。除了次序的更动之外，课程本身亦经彻底校订。在很多方面，特别是在天文学方面，编入了新的材料；有的讨论，比如化学计算，经验表明，以前写得过于突出，现已节略。整本书的内容现在更为均衡，各章的程度也更趋一致。

我们要再次向《物质世界》前几版的读者致意，感谢他们对本书所提的诚挚的意见以及改进建议。

K. B. 克劳斯科普夫

A. 贝舍

* 基础数学的复习及词汇表未译出。——译者

目 录

出版说明	(1)
第四版序	(1)
第一章 力和运动	(1)
怎样描述运动 (2) 重力加速度 (8) 惯性 (13) 力的作用 (17) 作用和反作用 (22) 提要 (24) 选择题 (25) 问题 (27) 习题 (28) 选择题答案 (30)	
第二章 引力	(31)
矢量 (32) 圆周运动 (35) 太阳系 (38) 万有引力 (46) “科学方法” (56) 提要 (60) 选择题 (61) 问题 (63) 习题 (64) 选择题答案 (66)	
第三章 能量	(67)
功 (67) 能量 (70) 动量 (78) 热 (84) 能量守恒 (91) 提要 (93) 选择题 (93) 问题 (95) 习题 (96) 选择题答案 (98)	
第四章 能量的作用	(99)
密度和压强 (100) 物质的分子运动论 (108) 热 (118) 热力学第二定律 (125) 提要 (133) 选择题 (134) 问题 (136) 习题 (138) 选择题答案 (139)	
第五章 电和磁	(140)
电荷 (141) 电和物质 (145) 电流 (150) 磁 (157) 电动机、发电机、变压器 (165) 提要 (173) 选择题 (173) 问题 (176) 习题 (177) 选择题答案 (179)	
第六章 波	(180)
波动 (180) 波动现象 (186) 电磁波 (194) 光 (200)	

提要 (209) 选择题 (210) 问题 (212) 习题 (213)

选择题答案 (214)

第七章 原子核.....(215)

元素和化合物 (215) 原子核 (224) 核能 (231) 放射性 (238) 基本粒子 (243) 提要 (247) 选择题 (249) 问题 (251) 习题 (253) 选择题答案 (254)

第八章 原子.....(255)

光的量子理论 (255) 物质波 (261) 氢原子 (267) 原子的量子理论 (273) 提要 (283) 选择题 (283) 问题 (285) 习题 (286) 选择题答案 (287)

编号为单数的问题和习题的答案.....(288)

第一章 力和运动

在某种意义上，这本书是关于我们所生活的这个世界的知识的一个概要。这不是一个完整的概要，因为它很少提及有生命的事物，甚至在无生命物质的有关学科——物理学、化学、地质学、天文学中，也不可能指望在一本书中提及每一件重要的事。但是能够概述构成物理学的基本概念，这些概括是我们理解物质世界的核心，完成这个任务而毫不忽视它赖以生存的基础经验的原始材料，是本书的目标之一。

本书在很大程度上是一部历史：不是居住在地球上的敌对部落的次要的历史，而是宇宙本身的历史。科学和事物的起源是密切相关的，只有借助于科学的所有分支，才能描述海洋和陆地、太阳和行星、恒星和星系的过去，并预言它们的将来。

此外，这些篇章也许包含了人类最惊人的探索自然事业的记录。寻觅知识是对未知事物的一种追求，它的起源先于有文字的历史很久，直到今天，仍引导我们进入对宇宙视野的黑暗角落。

在范围广泛的自然现象中，我们应该从哪里着手？科学家在本质上是一个简化者，他总是致力于寻找那些隐藏在经验世界之后而又支配其继续发展的基本原理。为了评价科学是如何起作用的，我们需要一系列事件，常见的和非常简单的，不需要太多分析，就能揣测出它们的背后是些什么。我们先不去探讨诸如灼热的太阳、火山爆发，甚或多云的天空，要理解这种非常复杂的现象，不首先了解一些科学知识是不行的。我们会发现，从相对简单的运动课题开始，将是最有成效的：运动是什么？物质如何运动？为什么这样运动？

由于某些原因，对运动的研究从我们日常生活的偶然王国出发而进入科学的严谨领域，是符合逻辑的。世界上的一切事物都在不停地运动，从最细小的原子成分到占据空间的无限的星系，这个运动是物质世界的结构及其发展的本质的因素。另一个考虑是，包含在运动中的现象的单纯性，使我们能在将这些方法应用到更复杂的情况之前，就熟悉科学的方法。象历史的记录一样，在研究运动方面，现代科学有它自己的起源。托勒密（地心说）和哥白尼（日心说）关于太阳系概念的长期的冲突，其明显焦点可归结为运动的相对性。伽利略对运动物体的观察推翻了古老的不可靠的信念，显示出这种方法在探索自然中的威力和重要性。

怎样描述运动

随着时间的流逝，一个物体相对于某个物体改变了它的位置，我们就说这是运动。

关于运动，上面的叙述够简单的了。但是，和科学上其他许多表面上看来简单的叙述一样，它包含了极为重要的奥秘。在这里，重要的问题是，所有运动都是和一些参照物相对应的；所谓“绝对运动”，如果不和外部参照物发生联系，就没有意义。一个物体可以从一处移动到另一处，如一系列火车从纽约开到波士顿；或者能够无限地沿同一路径重复运动，如一个小孩在旋转木马上循环不息。随便是哪一种情况，在运动中的每一特定时间间隔内，那个物体相对地球表面都运行了一定的距离。在不同情况下，参照物可以是除了地球以外的任何物体，如一个原子核、轮船的甲板、太阳、银河的中心等等。

单位

物理学家的原始材料由测量结果组成，而他的结论又必须经受其他测量结果的检验，并同他所预言的进行比较。测量是一个

单位的标准量与同种的另一个量之间的比较。说一个梯子长 3.8 米，含意是它的长度是某个确定的长度“米”的 3.8 倍，而“米”的长度是由国际协定所决定的。

差不多所有的物理量都能够由仅有的 4 种基本单位来表示，它们是长度、时间、质量和电流的单位。举例说，每个速度的单位是一个长度单位除以一个时间单位，每个能量的单位是一个质量单位乘以一个长度单位的平方并除以一个时间单位的平方。一个单位系统是所有其他的单位得以产生的一组基本单位。国际单位制 (S I)，即现在通行的米制，是大约两个世纪前自法国引进的，它已为科学家们所广泛使用，在工程界和社会的日常生活中也是如此。长度、时间、质量和电流的国际单位制单位分别是米(m)、秒(s)、千克(kg)和安培(A)，这些都是本书所使用的单位。

国际单位制和英制的不规则性适成对照，它的最大优点是其分数和倍数都是十进制的。例如，1 千米 (km) = 1,000 米(m)，1 米 = 100 厘米 (cm)；而 1 英里 = 5,280 英尺，1 英尺 = 12 英寸。

速率

如前所述，一个运动物体可以从一处移动到另一处，或者可以沿同一路径无限地重复运动。无论是哪一种情况，当它确在运动时，物体在每一个时间间隔中都通过一定的距离。举例说，一列火车从纽约到波士顿，在它运行的某一个小时内可能通过 90 千米；一个孩子在旋转木马上 6 秒钟转过一周长 12 米。运动物体的速率是它所通过的距离和通过这些距离的时间的比率，即单位时间通过的距离。这个定义可以很方便地用等式来表示，

$$\text{速率} = \frac{\text{通过的距离}}{\text{时间间隔}}$$

符号形式为

$$v = \frac{d}{t}$$

这里 v = 物体的速率; d = 在一段时间中通过的距离; t = 时间间隔。

这样, 在 1 小时内通过 90 千米的火车的速率 v_1 是

$$v_1 = \frac{90 \text{ 千米}}{1 \text{ 小时}} = 90 \text{ 千米/小时}$$

而 6 秒钟内在旋转木马上通过 12 米的小孩的速率 v_2 是

$$v_2 = \frac{12 \text{ 米}}{6 \text{ 秒}} = 2 \text{ 米/秒}$$

在这两种情况下, 速率都是相对地球表面而言的。

当一个物体匀速运动时, v 总是相同的。如果是这种情况, 我们就能够把速率的定义再写成等效的形式

$$d = vt \quad \text{和} \quad t = \frac{d}{v}$$

第一个公式使我们能确定物体在任何时间 t 内运行了多远。举例说, 在 1/2 小时内, 速率为每小时 90 千米的火车运行了

$$d = 90 \text{ 千米/小时} \times 0.5 \text{ 小时} = 45 \text{ 千米}$$

而在 3 小时中运行了

$$d = 90 \text{ 千米/小时} \times 3 \text{ 小时} = 270 \text{ 千米}$$

第二个公式告诉我们怎样由物体的速率 v 和通过的距离 d 去求所需的时间。这样, 运行 200 千米, 火车所需要的时间

$$t = \frac{200 \text{ 千米}}{90 \text{ 千米/小时}} = 2.22 \text{ 小时}$$

速度

速度是很容易和速率相混淆的一个名词。两者间的差别是, 速率仅涉及物体在运动时所通过的距离, 而速度还说明了物体运动的方向。在许多情况下, 方向和速率同样重要。对一个水手来说, 速率为每秒 14 米的东风就和速率为每秒 14 米的西风大不相同。坐在以每小时 60 千米的速率开向东北方的汽车上的旅行者,

会发觉他的目的地完全不同于以同样的速率朝南开的汽车的目的地。

当我们说到一个运动物体的速度时，我们所涉及的是它的速率（走得多快）和方向（朝哪里前进）。速率和速度之间的差别初看似乎是微不足道的小事，但是，我们将看到，它的意义对于理解力对运动所产生的效果是极端重要的。

加速度

一个物体以匀速运动时，它的方向和速率都不改变。一个在旋转木马上的小孩可以有不变的速率，但是因为他沿着曲线路径运行，他的速度就不是不变的。一列火车可能在笔直轨道上行进，这样，它的方向是始终如一的，但是如果它行进得快了或慢了，它的速度也就不是不变的了。改变速度的物体被称为“加速”的（图1.1）。

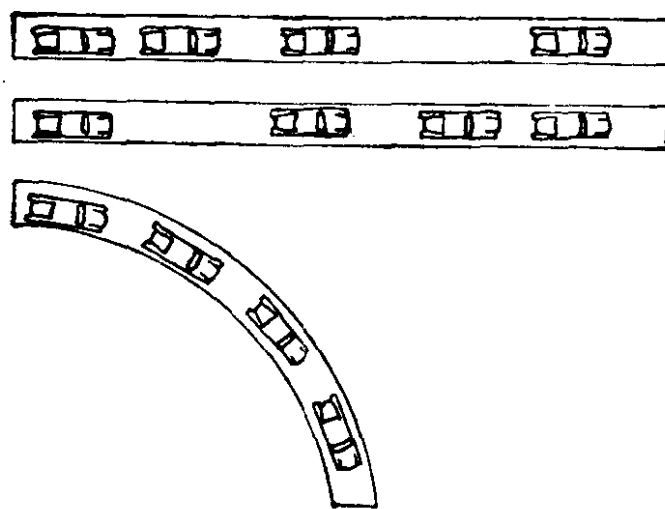


图1.1 加速运动的三种情况，显示了一个物体在相等的一段时间内相继的位置。在第一种情况，因为物体越走越快，物体位置间隔的长度增加了。在第二种情况，因为物体的速度放慢了，物体位置间隔的长度减少了。在第三种情况，因为速率不变，物体位置间隔的长度是一样的，但是运动的方向不断地改变。

物体改变速度的比率称为加速度。在这一章，我们只讨论直线运动中的加速度，在第二章中我们将继续讨论涉及改变方向的

较为复杂的加速度问题，并且只研究匀加速度问题。

一个限定做直线运动的物体的加速度能够写成

$$\text{加速度} = \frac{\text{速率差}}{\text{时间间隔}}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

在这个公式中， a 是物体的加速度， v_0 是在时间间隔 t 开始时的速率， v 是在时间间隔末的速率。

举一个例子，让我们研究一个在每秒15米速率的汽车上的人，他操纵汽车直到其速率变为每秒25米。假定汽车达到这个较高的速率需要20秒钟，则该汽车的加速度为

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{(25 - 15)\text{米/秒}}{20\text{秒}} = \frac{10\text{米/秒}}{20\text{秒}} = 0.5 \frac{\text{米/秒}}{\text{秒}} = 0.5\text{米/秒}^2$$

在习惯上，把 $(\text{m/s})/\text{s}$ （每秒每秒米）写成 m/s^2 （每平方秒米），因为

$$\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s} \times \text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

上面的结果意味着汽车的速率在持续加速的每一秒都增加0.5米/秒。

速率和加速度

某个在一段时间内具有加速度的物体的末速率为多大？要得出这个结论，我们把加速度的定义公式

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

改写成等价的形式

末速率 = 初速率 + 加速度 × 时间

$$v = v_0 + at$$

（为了获得这个公式，我们在原公式的两边同乘以 t ，然后移

项。) 这个结果说明末速率 v 等于在加速度开始时的初始速率 v_0 加上加速度 a 与加速的时间 t 的乘积(图1.2)。

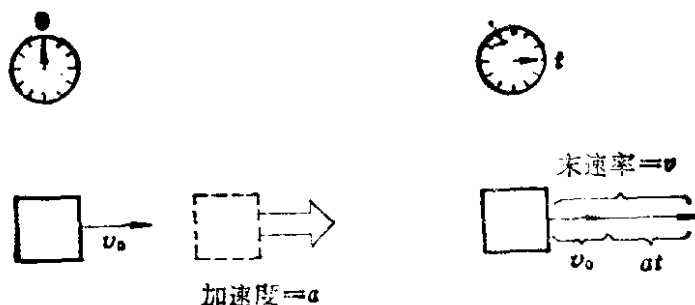


图1.2 一个初始速率为 v_0 的物体在一段时间 t 内的加速度为 a ，它的末速率是 $v_0 + at$ 。

在加速度为5米/秒²时，汽车的轮胎开始失去控制。我们假定汽车的制动器在车速为25米/秒时起作用，制动器所产生的加速度是-5米/秒²。这样的加速度是负的，因为加速度的方向和汽车的初始速率($v_0 = 25$ 米/秒)的方向相反。在2秒之内，汽车的速率将降为

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at = 25 \text{米/秒} + (-5 \text{米/秒}^2) \times 2 \text{秒} \\ &= 25 \text{米/秒} - 5 \text{米/秒}^2 \times 2 \text{秒} \\ &= 25 \text{米/秒} - 10 \text{米/秒} = 15 \text{米/秒} \end{aligned}$$

汽车以同样的加速度从每秒25米的速率直到停车需要多长时间？其计算顺序是把加速度的公式改写成另一种形式

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

现在 v 是末速率0， v_0 是初始速率25米/秒， a 是制动器所提供的加速度-5米/秒²。结果是汽车从启用制动器到停车，其时间为

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 25 \text{米/秒}}{-5 \text{米/秒}^2} = 5 \text{秒}$$

重力加速度

最常见的加速度是重力加速度。当某个物体降落时，它的下降速率不是匀速的（忽略空气阻力）。一块从屋顶上投下的石头碰撞地面的速率要比从肩平面投下的石头的速率大得多（图1.3）。我们从桌子上跳下，对地板的冲击要比从椅子上跳下时的冲击大得多。

自由下落

在理想条件下，自由落体加速度的一个重要特点是它总是趋近地球的表面。物体不论大小、轻重，全都以每秒9.8米/秒即通常写成 9.8米/秒^2 的加速度下落。这个加速度简写为 g 。由此，一个由静止状态下落的物体在第一秒末的速率是9.8米/秒，在第二秒末的速率是19.6米/秒，等等。

无论一个物体由静止状态或由运动状态开始下落，都无关紧要。一个球在空气中自由下落，它的速率将逐步增加，直到它碰到地面为止。如果它是向着地平面方向投掷的，它的运动就取决于维持它在投掷方向运动的趋势和重力的吸引。重力的吸引加速它向下的运动，因此球沿着曲线路径运动，在地面附近这条曲线的陡度也随着增大（图1.4）。如果球是垂直向上抛的（图1.5），向下作用的加速度在开始时是和球的运动方向正好相反的。因此，球的速度逐步地减小，在它

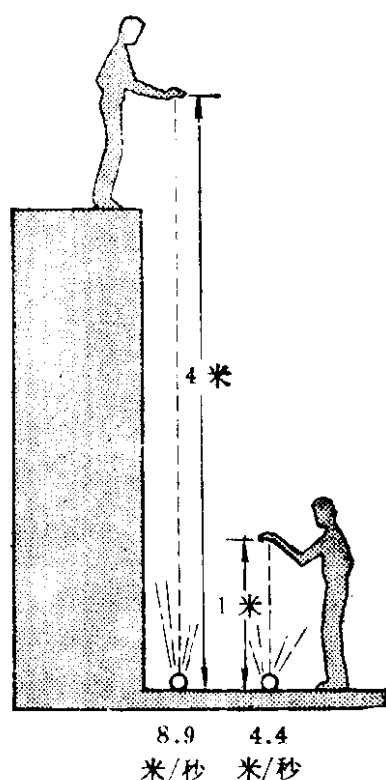


图1.3 落体是加速的。一块从屋顶下落的石头碰到地面的速率要比从肩平面下落的石头的速率大得多。