

探求者物理学丛书 I

物质、运动和力

E. M. 罗杰斯 著



科学出版社

探求者物理学丛书

物理学中的方法、性质和哲学

I 物质、运动和力

E. M. 罗杰斯 著

华新武、李松林 译

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书是一本供非物理学专业的大学师生和具有高中以上文化水平的广大干部阅读的物理学教材。对物理学中的许多重大课题经过精心挑选,使它形成一个协调的知识结构。虽然数学是物理学的基本工具,但本书只使用高中代数和平面几何中较为简单的内容;采用生动、活泼的语言来介绍物理学的思维方法、性质和哲学内容。阅读本书可以了解到物理学严密的推理过程和清晰的思考方法。丛书分五册出版,本册为第一册:物质、运动和力,主要介绍力学方面的知识(重力,抛射体,应力和应变,表面张力,碰撞,流体运动,振动和波等)。

Eric M. Rogers

PHYSICS FOR THE INQUIRING MIND

The Methods, Nature and Philosophy of Physical Science

Princeton University Press, 1960

探求者物理学丛书

物理学中的方法、性质和哲学

I 物质、运动和力

E. M. 罗杰斯 著

华新民 庄 真 译

责任编辑 荣毓敏

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年11月第一版 开本:850×1168 1/32

1984年11月第一次印刷 印张:14 7/8

印数:0001—7,100

字数:387,000

统一书号:13031·2722

本社书号:3747·13—3

定价: 2.75 元

4.15

中 译 本 前 言

本书的目的是向广大读者介绍物理学的基础知识。按照全书的内容和编写方式,比较适合于对物理学有兴趣的非物理学专业的读者学习之用。作者采用通俗易懂的语言,丰富的插图,对物理学的一些基本课题作了深入浅出的阐述,在推导定律和公式时也尽量采用初等数学。此外,有助于加深读者对内容的理解。全书叙述比较生动有趣,引人入胜。

必须指出的是,作者在阐述一些理论时,有实用主义的哲学观点,我们未一一指出,请读者阅读时注意。

本书原为一册,书名为《Physics for the Inquiring Mind》,现改为分册出版,书名译为《探求者物理学丛书》译文不妥之处,欢迎读者批评指正。

前 言

本书是给非物理专业而又想了解物理学的人提供的一本物理教程。它包括一般阅读材料、习题和实验室指导,是在普林斯顿向主修非物理专业的大学生——经济学、人文科学和生命科学以及许多医学预科*的学生——讲授一年时间的课程。这门课程对于以前学过物理和没有学过物理的学生都一律开放。本书同该课程一样,既不要求读者以前上过物理课,又不重复高中物理课的基本内容和处理方法——因此,所有读者均可阅读。

本书详细讨论了一系列课题: 这些课题是经过挑选的,它们形成了一个协调的知识结构。虽然数学是物理学的基本工具,但本书只使用了高中代数和平面几何中较为简单的内容。另一方面,本书一再要求读者进行批判性的阅读,谨密的推理和清晰的思考。书中的习题极为重要,它们不是要求读者死套公式,而是要求推理和批判地思考。因而课文和习题两者都要求读者通过自己的思考来学习。

致所有读者——关于习题

在教授本书时,习题是一个重要部份,因为它们要求你进行讨论和推理,使你的知识臻于完善。物理学中有大量的讨论和推理。要知道实验结果同理论符合得怎么样,以及新的结果是怎样得出的,你就必须独立进行推理和思考。当然,如果教科书端出所有的

* 医学院院长现在谈到他们对物理课的要求时,对于理解的透彻比对于内容的完整更为强调。他们要求课程能深入地讲授,并能鼓励创造性的思考和仔细的实验。所以我们现在欢迎许多学医的预科学生修这门课。为了将对于他们十分重要的一些附加内容包括在内,我们增加了声学方面的课时,并包括了从眼睛到显微镜的光学仪器的一系列实验课。那些希望选修数学性和“专业性”更强的物理课的医预科学生则可参加物理专业和工科学生修的另外课程。

结果，描画出所有的推理过程，对教员和学生来说都更为简捷方便，但是要持久记住这些内容却比较困难，要从中获得良好的科学认识就更加困难了。所以在本书中有许多习题要求你独立思考，因而这些习题构成了本书教学中的一个十分重要的部分。

有些习题被分为一系列步骤，这样做并不是要进行填鸭式的灌输，而是为了代替示范例题的作用——你应该在阅读课文的过程中完成这些题。有些习题是为以后的章节作准备。还有些习题提出了一些普遍性的问题，对这些问题的讨论可以大大增进你的理解。这些普遍性问题既要求你推理，还要求你提出观点；它们显然没有一个完美的解答，但你对它们进行独立思考，选择自己的观点、立场，并讨论别种可能的选择，这样做是良好的科学教育的一部分。

致 教 员

本课程的来历

十二年前，出于对科学声誉的关心，我们中有些人着手为非自然科学专业的学生设计新的课程，即适合于大学中公共教学的物理科学课程。值此科学的时代，受教育的非科学工作者需要对物理知识有所了解；他们也应该获得这种知识，作为他们一生中知识面的一部分。银行家、律师、商业人员以及各种行政管理人员都必须同科学家和他们的工作打交道。受教育的人随时都发现，科学知识会影响他们的利益、观点和哲学。什么样的物理课程能满足这样的要求呢？那种为培养物理学家和工程师而开设的，以教授事实、公式和原理为内容的，至今仍作为标准向学生提供的例行课程是不行的。对许多非自然科学专业的人来说，这些课程不能给予他们一种对科学的欣赏性理解——甚至还听到有人怀疑这些课程对于专业科技人员来说是否是最好的启蒙课。罗列一堆资料的大杂烩式的介绍性课程也不能满足这个要求——这种课程只能给学生一种暂时的满足感，而不能给学生多少持久的知识。

所以我们开设了一种“块块加缝隙”式的课程，它把一些重要

材料构成的块块构造成一个互相联络的网络。我们仔细地教授这些知识块块以造成一种真正理解的感受；我们也讨论各个块块之间的联系，并试图说明科学大厦是一个整体。我们所教的既是科学，又是科学哲学——只是不用这个令人却步的名称而已。课程包括许多实在的物理内容（正规的一年课程的一半以上的内容）；处理的方法也是深入透彻的（尽数学工具所允许的可能）；我们的目标是传授知识和一种理解感，而不是提供许多资料。

所谓缝隙就是略去的课题，这样可以腾出时间用于仔细的讲课，也可让学生通过自己阅读和思考来学习，缝隙也为不断发展中的科学形象提供了空间和时间。我们认为略去一些课题造成的损失是不重要的。如果这样的课程获得成功，那么它的学习者将在背景知识和观念两方面都为独立阅读更多的科学书籍和填补任何知识空白打下了良好的基础。但是这个课程若要成功，它就必须鼓励学生独立地推理和创造性地思考，以达到较大的知识深度：课程必须向学生提问而不是端出结果。本书就是为这种类型的课程而写的。

本书的基本方案

为了使学生以及其它读者能象科学家一样来认识物理学，我们必须展示它的知识、思想所组成的相互联系的体系。为了设法做到这一点，本书把各章相互联系起来，使得某一处的材料导致另一处的说明，又导致更后边某处的详细解释；使得某处提出的工具在另一处得到应用；以及一般来说，使得知识作为一个有组织的体系逐渐增长。

因为课程结构及其教学的关联比包罗的内容更为重要，所以对于象本书这样的课程，并不存在某种单一的理想的选择。有些基本单元是普遍采纳的（如牛顿运动定律），有些是多数教员和许多学生所要求的（如为了讨论理论需要行星天文学，为了跟上现代科学知识，需要学核物理）。但是仍有很大的余地供教员和学生根据个人的兴趣，可供运用的设备和教学手段而进行选择。这本书

原来只包含一个人选的课题，这固然行得通，但不免有个人偏爱。为了让其它教员有较广泛的选择余地，本书又增补了一些章节。如果使用本书的人想把一切章节都包罗无遗，那么这些增补会造成过于庞杂的危险。但另一方面，这种增补又使本课程同近来的一些意见，如 Carleton 会议上的意见相一致起来。

为了保证材料不象流行的全部内容那么拥挤，我把本书略去的或不予重视的课题开列如下：流体静力学，静力学，量热学，几何光学，声学和电磁学中的一些部分。因而本课程主要讨论的是：动力学，行星天文学，分子论和一部分电磁学以及“原子物理学”——而将一般性的讨论交织在其中。（下略）

致批评者

本书在介绍物理科学的方法中，也朝着研究科学史和科学哲学的方向迈出了最初几步。我希望这些领域中的专家先不要急于指责我处理这些问题时的无知或错误结论，希望他们记住这是一次以第一手材料讲授科学的尝试。

历史学家、哲学家和科学家各人都认为别人在他的领域中虽然不缺乏想象，但缺乏某些知识。对历史学家来说，科学家缺乏洞察力和精确的历史知识；对哲学家来说，科学家缺乏批判的技巧和精密的哲学知识。对科学家来说，哲学家和历史学家的著作固然赏心悦目，但他发现他们往往预先假定已充分掌握科学资料并对科学工作的本质有着亲身的了解（而不是缺乏了解）。而在我看来，把这种亲身的了解给予非科学专业的人正是让他们认识科学——供他们以后的生活和工作所用——的最基本的一步——这种认识就好比一堂好的音乐课给予非音乐家的音乐知识。

所以我相信，非科学专业的人需要一门这样的课程，就是他自己要把它当作是一门科学课程，而不是一门论述科学的课程。虽然科学史和科学哲学对于在高级水平上认识科学是必不可少的，但是在专家指导下开始学习这些课程对于一个新手来说往往会觉得它们不象是科学，而象是一些难懂的评论。要认识科学，每个

学生都必须在自己的头脑中认为“现在我就是科学家。”

我觉得一个哲学家或历史学家要让一个新手完全沉浸于自然科学之中恐怕是困难的，就好象一个科学家要接受历史学家的观点或正确评价哲学家的知识一样也是困难的。所以我作为一个物理学家贸然写下本书，虽然不惮冒昧，但绝无自以为是的意思；我衷心希望其它专业的人能原谅书中的狭隘以及谬误之处，而把这本书看成是一个基础，在此基础上，研究者将建筑起各自专门领域的新的一层楼宇。

(致谢略)

目 录

前言	v
----------	---

物质、运动和力

第一章之前的预备问题	3
第一章 重力——物理研究的领域之一	6
第二章 抛射体 几何加法 矢量	81
第三章 力是矢量	118
第四章 “这是你自己的实验”	133
第五章 应力和应变之间的规律	173
第六章 表面张力 液滴和分子	190
第七章 力和运动: $F = M \cdot a$	231
第八章 撞击与碰撞 动量	303
第九章 流体的流动	347
第十章 振动和波	382
第十一章 关于算术的附录	433

物质、运动和力

“给我物质和运动,我将造出宇宙来。”

——笛卡儿(1640)

“…从运动现象出发研究自然界的力,然后从这些力出发去说明其它现象;…行星、彗星、月亮和海洋的运动,…”

——牛顿(1686)

“决不能认为牛顿的伟大创造可以被(相对论)或任何别的理论所推翻。他的清晰而广阔的思想,作为我们的现代物理学赖以建立的基础,其意义是永存的。”

——爱因斯坦(1948)

第一章之前的预备问题

明智的探险家在出发探险之前总是再次查看他的地图。在本章向你提供新的知识之前，明智的办法是先回顾一下你现有的识知和成见。下列问题并不是想趁你不备把你难倒，只是想澄清一下讨论问题的基础。有些问题是让你检查一下词义方面的小问题。另一些则是大问题，它们将在这本书中再三出现。

习题 1. (a) “我将要做一个实验…” 假定你已就你目前的知识和对事物的看法，说了这么一句话。请写几行字的说明来解释一下你这句话的意思。

(b) 请写一个类似的说明来解释这样一句话：“我有一个理论…”

(c) 请写一个类似的说明来解释这样一句话：“我将按科学方法来处理它。”

(眼下，你还没有阅读这本书，我们并不指望你能回答所有这类问题。这里只是要你说明一下你目前的看法。到后面，你也许会改变这些看法。)

习题 2. 用一本好词典查一下“逻辑的”这个词，然后简短地回答下列问题：

(a) 用你自己的话叙述“逻辑的”一词的本义。

(b) 用你自己的话叙述这个词的通俗用法。

(c) “逻辑的”这个词在 (b) 中的意义能用什么样贴切的词汇来代替，从而能用它来专门表达科学、哲学等方面的重要含义。

(d) 你认为代数是逻辑的吗？说明理由。

习题 3. 查阅“数据”一词。（从略）。

习题 4. 请查一下“仪器”，“现象”等词是什么意思。

习题 5. (下列问题要求书面回答。请尽量简短。有些问题也许颇费思索，可以查阅词典。希望你在寻求答案时感到乐趣。如果你动了一番脑筋而得到解答，从而感到有趣，那么学习劲头就会提高；如果感到头痛，就会失去学习的兴趣。所以希望你对这些问题不要勉强，但要认真。)

“今天早晨，昨天早晨，前天早晨，许多个早晨太阳都从东方升起。”这是陈述现象的一句话。科学家和其他人提出如下说法：“我预期明天早晨太阳将会从东方升起。”

措词稍作变化，可以提出一系列别的说法，现将其中八种说法列在下面。对于每种说法请：

(a) 简短解释其意义。请特别注意楷体字的部分所起的作用。(例如：在上句中，用了“预期”一词，你可以这样来回答本题：“因为太阳在过去都十分有规律地从东方升起，我有相当的信心活指望明天会发生同样的事情，并根据这个来安排每天的生活，因为我注意到这种自然现象大多是很有规则地重复发生的。”但是请注意对昆虫来说最后一个观点不一定对。昆虫在夏天孵化，它指望有无穷尽的温暖的早晨，完全不知道有将会使它死去的风雪。)

(b) 指出它被科学家使用时是否是一句明智稳妥的话。(换句话说，你认为这句话是科学的还是盲目的？是稳妥的还是贸然的是“正确的”还是“错误的”?)

(c) 对(b)中的回答简短说明理由。

八种说法：

1. 我预言太阳明天早晨将从东方升起。
2. 我推断太阳明天早晨将从东方升起。
3. 我根据归纳推理断言太阳明天早晨将从东方升起。
4. 我相信太阳明天早晨将从东方升起。
5. 我知道太阳明天早晨将从东方升起。
6. 我认为太阳明天早晨从东方升起是极为可能的。

7. 这些观察得出一条定律，它证明太阳明天早晨将从东方升起。

8. 研究证明地球是一个固态的自转着的天体。角动量守恒定律证明它将继续这样地自转。而日出是自转造成的，所以它将每天按相同方式发生。

习题 6. 查阅动词“推论”(infer)

(a) 它的本义是什么？(这是科学中用的意义。)

(b) 它的通俗用法是什么？用一个更好的动词来替换它。

(c) 下面句子中有一句正确地使用了“推论”一词，另一句不正确或不妥当。请解释一下，在每一句话中你认为“推论”一词是指什么意思？指出哪一句使用正确，而在另一句中用一个词来代替“推论”一词。

(i) “按你的说法，你是否想推论我的叔叔是个傻瓜？”

(ii) “根据你叔叔的行为，我推论他是个傻瓜。”

第一章 重力——物理研究的领域之一

科学的语言同我们通常所理解的语言区别在什么地方呢？科学的语言怎么会成为国际性的呢？…科学概念和科学语言的超国家特点来源于：它们是由所有时代所有国家中最智慧的人物所建立起来的。他们通过独自的（然而在最终效果上又是相互合作的）努力，创造了最近几个世纪中改变了人类生活的技术革命所需要的精神工具。他们的概念体系在令人眼花缭乱的感觉世界中起着指南的作用，使我们学会从具体的观察中去抓住普遍的真理。

——爱因斯坦：《我的晚年》

引言

在这本书以及按书进行的课程中，我们将研究物理科学的本质和方法。我们的办法是透彻地研究物理学的某些部分而略去其余的部分，以便留出时间来进行讨论。在我们选来研究的部分中，你将学到许多科学事实和原理，它们中有一些对一般性的生活是很有用的，另一些则是课程中讨论的重要基础。为了在课程中有较大收获，你们必须透彻地学习这些“题材”。它们本身可能显得并不重要——这样一些实际知识很容易忘记¹⁾，而我们所关心的则是更一般的理解，这种理解对你这样一个受过教育的人将会有长远的价值——但我们将用这些实际知识作为手段去达到更重要的目的。你对于这些事实掌握得越好，那你对隐藏在它后面的科学

1) 学过以后，在需要的时候，重新学习是很容易的。学习物理学知识的困难，有很大一部分是在于了解它的背景。当你了解了物理学的目的是什么时，它的规则和计算就会显得合理和容易了。

道理就会了解得越深入。我们这个课程就是关于科学和科学家的方法和作用的课程。

一开始就讨论科学方法和科学的结构有点象在还没有访问外国之前就去争论有关这个国家的问题。所以我们将立即开始研究物理学的一个有代表性的部分——重力和落体——接着再讨论它涉及的一般思想。

如何对待注解

读者最好是先通读一章，注解暂且不看。然后细细重读，对课文和注解都加以研究。有一些注解是无关紧要的，但有许多注解包含同课程有关的很重要的内容。它们并不是那种因为不忍完全删去而放到附注里的次要细节。它们从正文中分离出来只是为了让课文第一次阅读时有较好的连续性。注解的内容常常离开正题，如果放在正文中就会分散注意。但注解会引出一条新的线索，这种做法本身就表明了科学工作的错综复杂。所以读第二遍时，你应该连同注解一起阅读。

落体

请观察一块下落的石头并思考一下人类关于落体的知识。我们有些什么样的知识呢？我们是怎么得到这些知识的呢？这些知识又是怎样归纳成为我们记得很清楚的、运用十分方便的定律的呢？它有什么用处呢？为什么我们重视以定律形式出现的科学知识呢？在往下看之前请读者先做下面这样一个实验。拿大小不同的两块石头（或者两本书，两枚硬币），掂一掂大的那一块比小的重多少。请想象一下如果两者一起放开，下落中重的会比轻的快多少。你很可能预料它们以正比于重量的速度下落：二两重的石头比一两重的石头快一倍。然后请高举石头放开它们。…你将相信哪一个呢：相信你看到的，还是相信你预料的，或是“书上所说的”？

几千年以前的人们肯定已经注意到，大多数物体落下时越来越快——而另一些并不这样。但他们没有费脑筋去仔细追究物体