

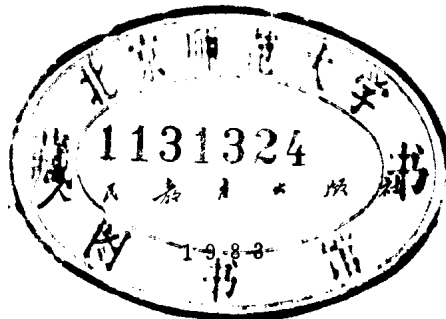
04/99

物理科学的概念与 理论导论

(上册)

[美] G.Holton 著
S. G. Brush 增订
张大卫 等译

下11/243/24



本书是美国近年来改革性教材的另一种类型，它比较注意突出最主要的概念与规律，注意结合物理科学的历史发展来阐述科学研究方法与思想方法，注意物理学与其他科学及社会的联系，史料比较丰富，叙述深入浅出，颇具独特风格。这是一本美国大学文科用的“物理学”或“自然科学导论”教材，它的主要内容和写法对我们可能有一定的借鉴作用，可以作为高等学校文科及其他专业普通物理或自然科学概论课、自然辩证法、科学史等类课程的教学参考书或课外读物，也可供中学教师、科技管理干部或其他读者参阅。

在翻译过程中，在有些章节加了一些必要的译注，极个别译文在出版时作了删节，原书的某些观点或提法，请读者在阅读过程中注意加以剖析、研究和讨论。

本书分上下册译出，上册译者除张大卫同志外，参加工作的还有吴明、戴念祖等同志。

本书责任编辑：邹延肃。

物理科学的概念与理论导论

(上册)

[美] G. Holton 著

S. G. Brush 增订

张大卫 等译

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 850×118 1/32 印张 14.5 字数 350,000

1982年2月第1版 1983年6月第1次印刷

印数 00,001—12,000

书号 13012·0725 定价 1.85元

再版序言

本书第一版于1952年问世,它已成了科学教育中的一块里程碑。正如 Holton 教授当时在他的序言中所指出的,本书是在前十年间关于科学在基础教育中所起作用的讨论的启发下编写的。本书在某些方面要归功于他在哈佛大学和其他地方的同行,他们提供了资料并对若干专题的表述提出了建议。然而,本书的独到之处是显然可见的:它充分而有效地利用了科学史和科学哲学,向一般大学生和理科大学生阐释了物理科学*的本质,就此而言,它是第一部关于物理学的新型教材(其实,也是第一部关于科学的新型教材)。

在过去二十年间,以基础教育的方式讲授科学的重要性业已得到普遍承认;许多学院和大学已经开设了“非理科学生的物理学”课程,而且在这类课程中有许多已经采用本书作为主要教本或参考书,以便向未来的科学工作者指出掌握他们自身命运的正确方向。由于需要向兴趣不同、能力各异的学生讲授物理学,出现了一系列不同类型的教本。其中有些教本仿效 Holton 的《概念与理论》* (本书的简称——译者),试图对选自物理学、天文学及化学的一些大致类似的论题作一番历史性的探讨。另一些课本则完全不涉及历史,它们集中讨论完全不同的论题。这些差异只不过表明,学生们对于讲述科学的不同方式有的会表现出兴趣,有的则感到厌倦,因而不可指望单一的讲法能够普遍获得成功。

1958年, Holton 与 Duane H. D. Roller 合编了一部题为《现代

* 物理科学(physical sciences),有时可理解为一般“自然科学”,但不包括生物与数学。其确切含意详见本书(ix)页末段小字——译者

物理科学的基础”(Foundations of Modern Physical Science,以下简称“基础”)的新教材,这本书有时被视为“概念与理论”的“再版”,至今仍在刊行。与“概念与理论”相比,“基础”一书虽然选用了某些相同的材料,但它的读者对象实际上略有不同,它试图通过增加一些新的课题来对物理科学作较全面的(尽管是导论性的)讨论,这样便无法进行“概念与理论”一书所特有的那种较深入的分析。因此,“概念与理论”非但没有被“基础”取代,而且依然为读者所需要,它曾多次重印(最近一次在1962年),拥有一批极其忠实的教师和“校友”。这两部书影响之广泛,可以从一些大学物理教程、中学物理课本以及科学史或科学哲学的著作对它们的大量引证看出来。

顺便指出,有趣的是,一套供全国使用的新的物理教材正是这些书的产物,这套教材是由Gerald Holton, James Rutherford及Fletcher Watson领导的一个小组编写的。这套全国性教材的编写工作——其名称为“哈佛物理教学改革计划”(Harvard Project Physics)——开始于1962年,参与此项计划的有物理学家、教育家、中学教师及科学史家,他们以Holton教授的课本为基础,增加了新的材料并在教法和设备上作了若干革新。他们把课本、实验、电影、幻灯及供教师参考的原始文献选编结合成一个紧密的整体。作为“改革物理教程”(The Project Physics Course)*的中学版与供大学使用的另一版本一起于1970年由Holt, Rinehart and Winston公司出版。我本人从事基础科学教育正是参加哈佛物理教学改革计划这项工作的直接结果,而“概念与理论”现在的这个修订版中所采用的一些观点,正是与Gerald Holton及参加该计划的全体成员进行讨论后形成的。

在权衡关于再版“概念与理论”的提议时,必须考虑到现在已

* 此套教材的“课本和手册”与“学生读物”两部分的中译本各六册,正在由文化教育出版社陆续出版。中译本更名为“中学物理教程”。——译者

有许多为非理科大学生编写的物理教程，这些书在一定程度上满足了因基础科学教育运动的成功（部分也由于本书第一版的成功）而产生的要求。我们认为，《概念与理论》一书所具有的某些特点至今仍是独一无二的，因此，倘若这些特点能够得到加强并保持领先地位，则刊行它的新版是适宜的，尽管要使它赶上时代的需要必须对其内容予以修改。

本书最引人瞩目的特点，大概在于它把重点放在科学中的发现、推理及概念形成的本性上，这一课题自有其诱人之处，这意味着，从历史和哲学的角度来进行阐释，并不是只把材料裹以糖衣，以尽量使读者易于吞咽，而是鉴于历史和哲学方面本身具有的价值。事实上，作者无意使本书成为一本“轻松”的读物；我们也不妄自宣称，不需要数学或逻辑推理就能够理解物理学。同时，我们也不认为这样一本教程必须“包罗”标准数量的材料。我们心安理得地略去了某些“基本”方程，甚至传统教程所必备的某些物理科学的整个分支。至于论题的选择（以及对每个论题讲解的深度），在相当大的程度上取决于能否达到下述目的：“科学是如何通过理论、实验和科学家之间的相互作用而发展的”，对于这一问题，进行一种可理解的讲述——或者说勾出一个连续的故事情节，如果可以这样说的话。

在修订本书的过程中，我与原作者通力合作，在很大程度上保留了本书第一版的观点和大部分原文。第一、二、三编的材料作了较大的变动，开普勒和伽利略以前的天文体系的发展现在被安排在第一编，这为第二编中运动的研究提供了一个巨大的动力。这样一来，牛顿的综合（第三编），作为用于解决天文学中长期存在的一些问题的新物理学的一个结果，便出现在合适的地方。这种从历史背景研究牛顿力学的方式，在过去几年中已经为物理教师们所熟悉，因此，以天文学作为物理教程的开篇这一似乎反常的做法，已不再使人感到惊异。

第四编(论物理学中的结构和方法)同第一版相比基本未做改动。第五编(守恒定律)除引进一些地质学概念外,增加了论及能量耗散的一章,这样就和第二十二章(气体的分子运动论)中所讨论的不可逆性的统计解释联系起来。为了容纳这个新材料,删去了牛顿力学的某些技术应用(例如,转动与碰撞)。第六编(物理学和化学中的原子论的起源),除第十九和二十二章的较后部分作了一些改动外,与第一版的材料基本相同:气体定律,道尔顿的原子论,周期律及气体的分子运动论。

第一版中较长的一编即最后一编,在这一版中被分成两编,第七编(光学与电磁学)和第八编(现代物理学中的原子和宇宙)。为了给光的电磁理论提供某种背景,增加了论及光的波动理论的一短章(第二十三章)和论及电流和磁体的相互作用的一节(节25.2)。第七编以论及光的量子论的一章为终篇,而正是量子论开创了二十世纪的物理学革命;关于这场革命的其他方面,在第八编中作了更仔细的探讨。论及玻尔模型的应用(第二十八章)的详细材料大部分被删掉,而代之以关于量子力学及其哲学解释的简短讨论(第二十九章)。本书的最后一章也是为这一版新写的,它论述了爱因斯坦的相对论;这一章指出物理学如何又返回到关心那些曾经推动过物理学早期发展的宇宙论问题。(这一章中采用了我的同事 Charles Misner 的若干建议,我在此谨向他表示谢意。)

同第一版一样,习题起着重大的作用。本书主题的许多细节都与这些习题有关,有些习题的目的在于尽量发挥学生的机智和想象力。少数习题没有现成的答案。我们建议,要把大部分习题留给学生去完成或者在课堂上讨论。

补充读物参考书目大部分置于各章末尾(特殊的引语或需加说明的事实除外),现已彻底作了订正。参考书目共有两大类:“推荐补充读物”(包括论文和篇幅较小的书籍,其专业水平一般不高于本书)和“原著、译述及参考文献”。后一类参考书目是为教师和

学有余力的学生们准备的，它们对近年来科学史研究中取得的巨大成果作了某些提示。还应当指出，大部分重要的原著现在已译成英语，往往印成售价低廉的简装本。第一章末列出古代和近代早期科学史的一般著作，第二十六章末则列出主要讨论现代物理学发展的著作。所有这些参考书都收录在本书末的总书目之中。学生还应备有一、两本传统的物理教科书以备参考，例如可选择 Arons, Holton 与 Roller, Kemble. Resnick 与 Halliday*, Rogers 的课本或《改革物理教程》的“课本部分”(*Project Physics Text*)。

正值许多大学生和科学家再度探寻科学研究的更大“价值”的时刻，本书可能会对智力激发(*intellectual excitement*)、科学在历史发展中的作用、以及完成这座宏伟大厦的人们的真实生活提供必要的证据。

S.G. Brush

College Park, Maryland

1972年12月

* Resnick 与 Halliday 的课本有中译本：R. 瑞斯尼克, D. 哈里德著《物理学》，科学出版社出版。——译者

第一版序言摘录

最近一、二十年，我们大学中的科学导论课程的作用和形式问题，一直是广泛讨论的题目。我们已经开始看到，对重新分析和评价的普遍兴趣导致了某些启人心智的结果，主要的就是创设了一些不同形式的基础教育课程。

多年来，我曾同时讲授一种传统类型的大学物理导论课程和几种物理科学基础教育课程，我试图把根据教学心得导出的某些结论纳入本书之中。本书一些新颖的特点或许会使读者对于形成这些特点的主导思想有一个概略的了解。

我们始终遵循这个古老的原则：物理科学导论课程的主要任务必须是清楚地，更恰当地讲，极其准确地阐述基本概念和基本理论。牢固地掌握基本的概念和理论是今后完成任何工作的基础。再者，本书不拟逐一说明每一细节，也无意作全面的概述。而是要着重讲解某些基本思想的意义和作用，尽管应包括哪些论题或许尚不能取得一致意见。这种做法是想使学生们认识到物理科学的成就都是相互关联的，并把他们的注意力集中在那些稍嫌冗长但更为严格的透彻论证和推导上；若是没有这样的论证和推导，是很难真正理解科学过程的。

虽然本书是以物理科学为主题的，但它还有另一些目的——首先，它把科学作为经验、作为一个完整的和激动人心的知识奇遇 (*intellectual adventure*) 来讲述。Alfred North Whitehead 在他的论文集《教育的目的》的序言中提出，要“反对那种僵死的知识，也就是说，反对呆滞的思想”。事实上，记载往往表明，在过去很难避免呆滞思想的罗列，这种现象在科学教科书中尤其严重。

这并不是指那些为专修或主修物理科学某一分支的学生编写的课本，那样的教科书将保证并推动学生们在学习过程中使基本概念和基本理论富有生气；进而言之，学生们可以期待在各后继课程中实现导论课的所有允诺。但是，这种保证、动力和长远利益对于并不打算把终身献给物理科学的学生就不那么重要了，因为他们同物理科学第一次，可能也是最后一次的正式接触仅局限于一门课中。但是，他们同样渴望理解科学的成就和方法。他们热情地响应循循善诱的指导。

在题为《自由社会中的基础教育》(*General Education in a Free Society*, Harvard University Press, 1945, pp. 220—222)的调查报告中对这种困境作了很好的分析：

“从基础教育的观点来看，对目前大学的教学状况的主要批评是，整个教学是由各专业的课程组成的，旨在培训未来的专家，而很少考虑一般学生的需要。这类课程花费大部分时间去培养学生掌握专门词汇和专业技术并系统地介绍科学从古到今积累下来的事实和理论。至于对基本概念的考察、科学事业的本质、本学科的历史发展及重要文献，以及本学科与其他有关领域和活动的相互关系，此类课程则很少予以认真的注意。这类课程给予学生的，往往只是科学大厦的一些砖瓦。进一步学习高深课程的学生会利用这些砖瓦盖起某种建筑物。但是，这些砖瓦在一般学生手中很可能永远只是砖瓦。一般的学生最终只好用其他材料在别的地方建造他们的教育大厦了……”

“科学本身不仅包括专业知识和技能，而且包括概念的相互关系、世界观、对人类和本性的看法。这一切综合在一起，组成了科学哲学，形成了整个人类史上一段连续的、重要的历史，而且包括这样一些著作，就它们对于所有知识的贡献而言是最有意义、最深入人心的一部分。科学的这些方面，在大学的科学教学中往往几乎被完全忽略了……”

就科学史和科学哲学本身的价值而论，把它们纳入为非专业

学生开设的导论课程肯定是正确的。但是除此之外，这样做还有另外三个目的。第一，它们将提供赋予某一特定观念以意义和重要性的适宜背景。第二，它们将使读者了解科学建立者们的原始资料、动机及研究方法，阐明隐藏在纯粹抽象背后人类的胜利。第三，它们将把科学作为对知识的伟大探求的一个侧面展示给读者。学生在学完这类课程之后，将会知道主要定律和重要概念体系的演变；我们还期望，他们作为有责任感的公民，将理解判定科学思想正误的标准，促进科学繁荣昌盛的条件，以及使他们的老师留恋于科学职业的那种喜悦心情。

现在谈谈本书的编写形式。它不受任何单一的教法学的限制。讲述的先后顺序采用一种折中方式，最常见的是在涉及宏大的概念体系时举出一系列精心编排的事例。但是，在尽量根据原始资料对概念体系进行分析时，如果严格按历史学和方法论的讲述方式对于澄清基本概念无明显帮助，则采用现代习用的讲述方式。

由于本书主要是供并不打算成为职业物理学家或化学家的大学生使用的，它将适用于两类颇不相同的情形：显然属于基础教育类型的物理科学课程；供非主修科学的文科学生用的物理学课程。对前一情形来说，我特别想到它在许多方面类似于关于基础教育的报告中所描述的下述课程（引自该报告第226—227页）：

“……这种课程不拟向学生系统讲述某一门科学的材料，而是要在整个物理科学范围内展现出科学事业的某些特殊方面。为了使这种课程具有更大的统一性，它应当以物理学为核心。选自其他学科——化学、天文学及地质学的材料仅在与所论问题有关的场合才予以介绍。例如，描述性化学和描述性天文学，在这种课程中似应略而不谈。然而，有一些基本化学概念，如原子论、周期律、化合定律及化合价等等，则应该探讨。同样，天体力学由于它主要讨论

的是动力学原理,所以也能提供一些材料。

“这样一种课程必须从一开始就放弃对构成各门学科的材料作概括介绍的企图。确切地讲,它必须采用某种以推理为主的模式去指导选材。在目前情形,这种模式应该在基本物理原理和概念的发展及它们赖以发展的方法和途径中去寻求。

“这种课程并不打算仅只成为一门关于科学的课程。它将包含许多坚实的科学内容。学生们将在这门课中学到基本事实和定律,并学会从理论上和在实验室中解决问题。然而,他们学习和解决的将是精心选择的课题,这些课题的选择总是为达到本课程的主要目的服务的。

“这种课程对历史发展的注重绝非有意给实际材料涂上人文主义的色彩。相反,介绍历史发展乃是为了形象而生动地描述与之密切相关的内容。在这种课程中,应当把科学作为知识和历史的整个过程的一部分来讲授;科学这一部分,事实上,总是这整个过程的一个重要部分,学生们应当由此获得洞察科学原理、正确评价科学事业的价值的的能力;而且,他们还应当学到物理科学中的许多重要问题”。

本书的第二类读者是选修物理学的文科学生,他们在以后将不再有机会学习其他基础教育课程。在此情形下,教师可能会希望删去那些与物理学关系不大的章节,而代之以从传统物理教程中择取的某些论题,以适合他的班级的特殊需要;我本人在主要为医科大学预科生讲授的一门物理学导论课程中就曾采用本书的初稿并加上一些补充论题。我倾向于同意一种呼声日高的见解:基础教育计划对这类学生的教学影响,终将被认为是它对教育方式的最重大的贡献之一。

作为参考资料,这类课本的研习对于给主修物理的学生开设的严格专业课的教学也应当是有助益的,关于基础教育的报告为这类学生提出了如下请求(引自该报告第221页):

“……经常出现这样的事情:甚至理科学生由于过分注意他的

专业而竟至对科学缺乏整体观念，不了解各专业在整个科学中的相互关系。未来的科学家或工程师同一般学生一样需要受基础科学教育……”

* * *

在此，我谨向在本书编写过程中提出宝贵建议的朋友和同行们致以诚挚的感谢，他们当中主要有 E. C. Kemble 教授、P. Le-Corbeiller 教授、P. Frank 教授、L. K. Nash 教授、I. B. Cohen 教授、T. S. Kuhn 博士、C. L. Clark 博士、D. H. D. Roller 先生、麻省理工学院的 F. W. Sears 教授，以及那些不可少的批评家和同事们，还有我的助教们，特别是提供了大部分习题答案的 S. J. Smith 先生。

我要特别感激 Kemble 教授。在与他共事的九年当中，我经常与他并肩担任同一门物理课或基础教育课程的教学工作。我不仅从他那里学到不少东西，恐怕还无意地占有了他对于本教程的功绩。

G. Holton

Cambridge, Massachusetts

1952 年 1 月

目 录

再版序言	i
第一版序言摘录	vii
第一编 科学宇宙论的起源	1
第一章 古希腊的天文学	3
1.1 恒星、太阳及行星的运动	3
1.2 柏拉图的问题	6
1.3 亚里士多德体系	8
1.4 地球有多大?	13
1.5 日心说	16
1.6 改进的地心说	18
1.7 托勒密体系的成功	22
第二章 哥白尼的日心说	28
2.1 欧洲的复兴	28
2.2 哥白尼体系	30
2.3 巩固日心体系	37
2.4 反对哥白尼学说	39
2.5 历史的结论	43
第三章 科学理论的本质	46
3.1 理论的目的	46
3.2 物理科学中正确理论的准则	50
第四章 开普勒定律	56
4.1 开普勒的生平	56
4.2 开普勒第一定律	58
4.3 开普勒第二定律	61

4.4	开普勒第三定律	64
4.5	物理定律的新概念	66
第五章 伽利略与新天文学		71
5.1	伽利略的生平	72
5.2	从望远镜中观测到哥白尼体系的证据	76
5.3	寻求日心体系的物理基础	78
5.4	科学与自由	86
第二编 运动的研究		91
第六章 数学与运动的描述		93
6.1	笛卡儿	93
6.2	恒定速率	96
6.3	平均速率的概念	100
6.4	瞬时速率	102
6.5	加速度	105
6.6	Oresme 对平均速率定理的图解法证明	107
6.7	匀加速运动方程	109
第七章 伽利略与自由落体运动学		117
7.1	引言	117
7.2	亚里士多德的物理学	119
7.3	伽利略的《两门新科学》	124
7.4	伽利略对加速运动的研究	128
第八章 抛射体运动		138
8.1	平抛运动	138
8.2	矢量的引入	144
8.3	抛射体运动的一般情况	147
8.4	抛射体运动定律的应用	153
8.5	伽利略的结论	154
8.6	小结	156
第三编 牛顿定律及其世界体系		160
第九章 牛顿运动定律		162

9.1	十七世纪的科学	162
9.2	牛顿传略	165
9.3	牛顿的《原理》	167
9.4	牛顿第一运动定律	172
9.5	牛顿第二运动定律	175
9.6	质量标准	179
9.7	重量	180
9.8	等臂天平	184
9.9	惯性质量和引力质量	185
9.10	牛顿第二运动定律的例题和应用	186
9.11	牛顿第三运动定律	190
9.12	牛顿第三定律的例题和应用	192
第十章	转动	199
10.1	匀速圆周运动的运动学	199
10.2	向心加速度	202
10.3	向心力公式的推导	206
第十一章	牛顿万有引力定律	209
11.1	万有引力定律的推导	209
11.2	受引力作用的行星与开普勒第三定律	216
11.3	卡文迪什实验：引力常数	219
11.4	地球、太阳及行星的质量	222
11.5	对牛顿研究工作的某些影响	225
11.6	万有引力定律的某些推论	227
11.7	利用牛顿的引力理论发现新行星	232
11.8	“波德定律”：行星位置的明显规则性	234
11.9	引力与星系	242
11.10	“我不杜撰假说”	246
11.11	牛顿在现代科学中的地位	249
第四编	物理科学的结构和方法	254
第十二章	概念的本质	256

12.1	引言：变中求不变	256
12.2	科学和非科学	257
12.3	没有唯一的方法	260
12.4	物理学概念：测量和定义	263
12.5	没有物理意义的概念和论点	267
12.6	初级量和二级量	269
12.7	数学定律和抽象	270
12.8	解释	275
第十三章 科学的二元性和成长		279
13.1	创造性的自由奔放	279
13.2	“私人”科学与“公众”科学	281
13.3	物理概念的自然选择	283
13.4	动机	286
13.5	客观性	290
13.6	事实和解释	292
13.7	科学如何成长	295
13.8	这一模型的推论	297
第十四章 定律的发现		308
14.1	关于科学程序的看法	308
14.2	定律表述中的各种因素	314
14.3	物理定律的局限	320
14.4	科学中的选题因素	323
14.5	科学的内容：小结	333
第五编 守恒定律		338
第十五章 质量守恒定律		340
15.1	守恒定律的序幕	340
15.2	逐步完善的一种表述	341
15.3	拉瓦锡的实验证明	343
15.4	质量果真守恒吗？	346
第十六章 动量守恒定律		349

16.1	引言	349
16.2	动量的定义	351
16.3	动量与牛顿运动定律	355
16.4	关于碰撞的例子	357
16.5	关于爆炸的例子	360
16.6	其他例子	361
16.7	光具有动量吗?	363
第十七章 能量守恒定律		367
17.1	惠更斯与活力概念	367
17.2	最早的问题: 打桩机	372
17.3	功的概念	375
17.4	能量的各种形式	376
17.5	守恒定律, 第一种形式及应用	380
17.6	守恒定律的推广	386
17.7	广义能量守恒定律的历史背景; 热的本性	394
17.8	迈尔对能量守恒定律的发现	404
17.9	焦耳的能量守恒实验	410
17.10	关于能量守恒定律的总说明	414
第十八章 能量耗散定律		425
18.1	牛顿放弃他的“宇宙机器”	426
18.2	地球冷却问题	429
18.3	热力学第二定律与能量耗散	434
18.4	熵与热寂	437