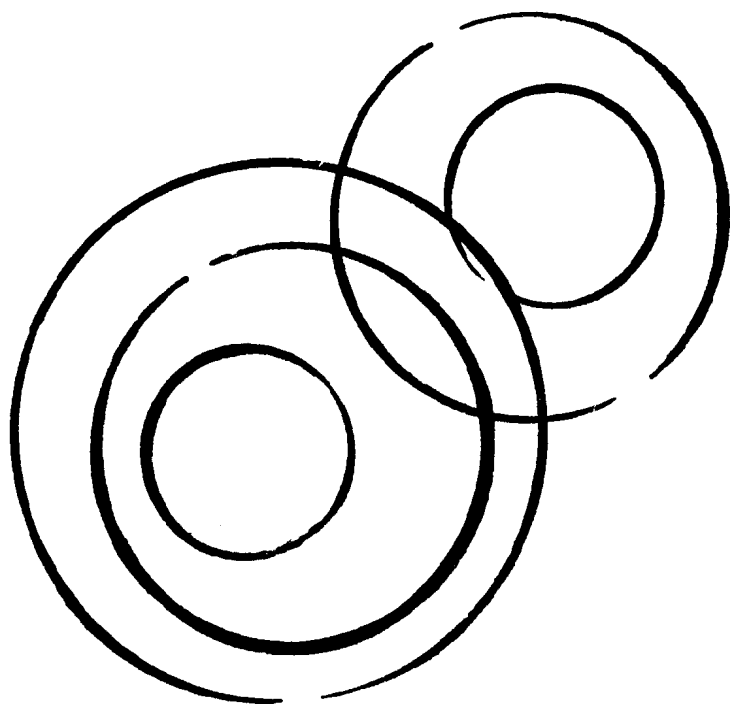


物理概念与教材结构

荣曾齐 著



科学出版社

物理概念与教材结构

荣曾齐 著

科学出版社

1989

内 容 简 介

本书依据科学哲学的基本原理和现代教学论思想,系统地阐述了基础物理教材现代化的理论基础和定量考察方法,书中提出下列新观点:1. 物理概念、物理定律、观察和实验、以及应用是构成基础物理教材的四种基本要素,在教材中它们以材料团的形式存在。教材是许多材料团结合在一起的体系;2. 新旧概念及其新旧概念框架之间的矛盾和斗争是物理学发展的根本原因,而“代”是其发展的基本形式;3. 物理概念发展对教材结构的影响归结为确定基本概念和定律、观察和实验、应用、概念框架以及教材体系等五个更新项。在此基础上提出了教材更新程度的定量考察方法。

本书可作为大学和中学物理教师、物理教材教法专业研究生的参考书,也可供物理系学生和其他学科有关研究人员阅读参考。

物理概念与教材结构

荣曾齐 著

责任编辑 荣毓敏

科学出版社 出版

北京市东黄城根北街 16 号

工程兵机械学校印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989年3月第一版

开本: 787×1092 1/32

1989年3月第一次印刷

印张: 3 ⁵/₈

印数: 0001-4,100

字数: 77,000

ISBN 7-03-000999-1/O·241

定价: 2.50元

序

基础物理教材现代化是科学教育改革的重要课题。特别是在当前我国改革、开放的形势下，基础物理教材如何适应科学技术飞速发展的要求已经成为一个急待解决的问题。

本书是作者长期以来对基础物理教材现代化研究的成果。主旨是阐述教材现代化的理论基础，揭示教材更新的规律以及提供定量评价教材现代化程度的方法。物理教育研究是一门内容丰富而且发展迅速的新兴学科，它的建立和发展依靠广大物理教育工作者的齐心努力。作者衷心希望本书的出版能对他们的工作有所帮助。

本书内容可分为六个部分：第一部分绪言，主要介绍教材现代化问题的由来和发展；第二部分概括地叙述物理科学的概念基础和物理概念的发展规律；第三部分阐述基础物理教材的基本结构，主要包括教材的基本要素、材料团和教材的层次性结构；第四部分主要探讨物理学演化的特点和基本形式，以及物理学史的分期方案；第五部分深入分析物理学理论的发展对教材结构的影响，并且把这些影响归结为教材的更新项和更新目，从而为定量考察教材的更新程度打下基础；第六部分通过引入教材更新度的概念，将前面的理论结果定量化，并且比较具体地介绍了教材现代化的定量考察方法。最后应用这个方法对部分普通物理学教材进行初步的统计分析。

本书着重于基础理论的哲学探讨，几乎对每一个新观点都进行了比较深入的哲学分析。对于定量考察则侧重于提高方法的准确性和简易可行性方面，以利于普及和推广。

在本书的写作过程中，作者得到北京师范学院佟盛勋教授的热情指导和帮助。北京师范学院李申生教授、黄淑清副

教授、北京师范大学李平教授、阎金铎教授和湖南师范大学洪定国教授都细心地审阅了初稿，并且提出许多宝贵的意见。在此一并表示衷心的感谢。

由于本人学识有限，书中如有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

荣曾齐

1987年10月

目 录

绪论	1
一、物理概念	7
1. 基础物理教材和物理科学	7
2. 物理科学的概念基础	7
3. 物理概念的发展方式	11
4. 基本概念	14
二、教材结构	18
1. 教材要素	18
2. 材料团	23
3. 中心材料团和层次性结构	26
三、物理学的演化	32
1. 库恩(T.Kuhn)的科学发展模式	32
2. 物理学的演化过程	36
3. “代”	44
4. 代的划分	48
四、物理科学的概念发展对教材结构的影响	54
1. 材料团系列	55
2. 对物理概念的影响	56

3. 对观察和实验的影响·····	57
4. 对应用要素的影响·····	58
5. 对概念框架的影响·····	58
6. 对教材体系的影响·····	60
7. 更新项和更新目·····	63
五、教材更新的定量考察·····	71
1. 更新度·····	71
2. 权重·····	74
3. 更新目的、发展状况·····	78
4. 统计原则·····	85
六、讨论·····	104
七、结论·····	108

绪 论

随着我国现代化事业的蓬勃发展，基础物理教材如何适应科学技术飞速发展的要求已经成为高等、中等、初等以及职工大学等各类物理教育研究的重要课题。许多物理教育工作者指出：必须“在基础教学中运用新观点，渗透前沿内容，反映最新科学成就”¹⁾；对于基础物理教材，“处理好内容的更新是一个比较复杂的问题，值得作为专门问题不断地进行研究和实践。”²⁾

人们对基础物理教材现代化的认识有一个发展过程，它是近四十年来世界政治经济和科学技术发展的必然结果。

人类的历史证明，科学技术上的每一次重大突破都推动了社会生产力的迅猛发展，加速了社会经济结构和生产关系的变革。资本主义世界近二百年来曾经历了两次大的科学技术革命，第一次是发生在资本主义处于上升阶段的产业革命时期，其主要标志是蒸汽机的发明和运用；第二次发生在资本主义向帝国主义或垄断资本主义过渡的时期，其主要标志是发电机和电动机的发明和运用。这两次科学技术革命都极大地推动了资本主义经济的发展，正如马克思在一个多世纪以前所描述的：“自然力的征服，机器的采用，化学在工业和农业中的应用，轮船的行驶，铁路的通行，电报的使用，

1) 陈永明，《普通物理教学改革与实践》，大学物理，1986年3月，第35页。

2) 教育部高等学校理工农医教材办公室编，高等学校理工农医教材编写经验汇编，上海交通大学出版社，1985年，第256页。

整个大陆的开垦，河川的通航，仿佛用法术从地下呼唤出来的大量人口，——过去哪一个世纪能够料想到有这样的生产潜力潜伏在社会劳动里呢？”¹⁾

第二次世界大战以后，世界各国的经济获得迅速的恢复和发展，出现了一系列引人注目的新现象。从本世纪50年代开始，一场新的科学技术革命又席卷了全世界。这次科学技术革命就其规模、深度和造成的影响来看都超过了前两次科学技术革命。正如邓小平同志所指出的：“现代科学技术正在经历着一场伟大的革命。近三十年来，现代科学技术不只是在个别的科学理论上、个别的生产技术上获得了发展，也不只是有了一般意义上的进步和改革，而是几乎各门科学技术领域都发生了深刻的变化，出现了新的飞跃，产生了并且正在继续产生一系列新兴科学技术。现代科学为生产技术的进步开辟道路，决定它的发展方向。许多新的生产工具，新的工艺，首先在科学实验室里被创造出来。一系列新兴的工业，如高分子合成工业、原子能工业、电子计算机工业、半导体工业、宇航工业、激光工业等，都是建立在新兴科学基础上的。”²⁾

在现代科学技术革命的条件下，科学技术成果迅速运用到生产中去，生产工艺不断革新，产品更新换代的周期日益缩短，加快了行业的变换；人在生产中的地位发生了质的变化。现代生产所显示出来的这种不断革命、不断变革的特性对生产力中人的要素提出了更高的要求。专业人员和工人必

1) 马克思恩格斯选集，中共中央马克思、恩格斯、列宁、斯大林著作编译局译，人民出版社，第一卷，1972年，第256页。

2) 邓小平文选（一九七五——一九八二年），人民出版社，1983年，第34页。

须具备现代科学知识，并且经常不断地更新旧有的知识和工艺，吸收和掌握最新科学成就和工艺技术才能满足不断发展的要求。这样就有力地推动了现代科学教育事业的发展。科学教育开始成为国家战略决策的重要组成部分。

由于科学技术的新发展带来新的生产力，传统的教育思想、教育理论和教学方法再也不能适应新的形势。从50年代开始产生了现代教育理论的各种流派，其主要代表人物有赞可夫（Л. В. Занков）、皮亚杰（J. Piaget）、布鲁纳（J. S. Bruner）、苏姆林斯基（В. А. Сухомлинский）等。虽然，这些流派观点各异，但它们对教育的作用、目的、内容、方法等方面的看法有许多共同之处。它们都把教育改革提高到同国家命运、民族素质、经济发展、社会进步息息相关的战略高度。主张教育整体化，教育同生产劳动相结合，强调人的个性全面和谐发展和教学方法要以心理学为基础。在现代教育理论中，现代教学论对传统教材的内容繁琐、陈旧和缺乏逻辑联系等弊病提出了批评，认为在教材中充斥多余的知识和次要材料会妨碍学生养成独立的、创造性的工作能力，强调传授知识和培养智力，发展能力不可分割。主张教材内容要理论化、结构化，反映最新科学成就。这些论点为教材现代化提供了理论基础。尽管现代教育理论还有许多不完善之处，甚至有些西方流派的理论观点建立在唯心主义哲学的基础之上，但是它的主要思想和基本主张反映了时代的特点，反映了科学技术发展对现代教育提出的要求，所以对当代教育改革起着重要的指导作用。

1957年，苏联成功地发射了第一颗人造地球卫星，这一事件使美国各界人士大为震惊，人们纷纷指责政府的科学教育政策，抨击旧的教育思想。在巨大的舆论压力和与苏联争

霸企图的促进下，美国政府委派大批人员对苏联、西欧各国的高等教育体制进行了深入调查，发现美国高等学校的教学计划与教材陈旧落后，不适应现代科学技术发展的要求，于是在物理界首先开展了新物理运动。这个运动后来又扩展到其它学科，并推动了教育改革的浪潮在全世界兴起。

新物理运动的主要内容之一就是改革大学基础物理教材，使之现代化，反映最新科学技术成就。在这个运动中产生了几种著名的改革教材，如《费曼物理学讲义》，伯克利《物理学教程》，弗伦奇的《物理学导论》，以及哈里德和瑞斯尼克的《物理学》。这些教材尽可能反映近百年来物理学的巨大发展，按照当前物理工作者在各个前沿领域的研究方式来介绍物理学，从较新的统一观点来阐明物理学的基本原理，体现了结构主义教育理论的主张，对于美国的教育改革起了很大作用。不过，对于这些教材也有一些不同意见，如内容偏多偏难，脱离大多数学生的实际，等等。虽然这些教材在教学实践中并不十分成功，但是它们所提出的教学原则：教材必须现代化，必须反映最新科学成就，以及以科学家研究物理学的方法来编写和讲授教材，则深深地影响了后来编写的所有物理教材。国际上的物理教材改革的经验和教训应该作为我们进行教材改革工作的借鉴。

在我国，党的十一届三中全会以后，经济建设工作全面展开，教育改革在全国范围内迅速兴起。在这种形势下，基础物理教材现代化这个急待解决的紧迫问题，越来越引起物理教育工作者的关注。近几年来，陆续出版了一批新的大学基础物理教材。这些教材努力使经典物理和现代物理互相渗透，适当反映最新科学成就，介绍这些科学成就在四个现代化建设中的应用，取得可喜的成绩。对基础物理教材现代化

的研究工作也有所进展。

但是，近年出版的大部分新教材是关于物理学某一部分的自成体系的分册，并且这些部分仍然是按老的分类方法来划分的。成套的基础物理教材还比较少，不能很好地反映物理学在整体上的发展。同时，不论从国内或国际上看，当前教材现代化的理论研究工作仅仅着重于教育思想的高层理论的研究讨论上，或者还只停留在总结经验的水平上。那种将教育理论与学科知识结合起来，进行比较深入的理论研究的文章还罕为所见。这种状况跟当前教育改革的形势很不相称。为了推动基础物理教材现代化工作的深入开展，迫切需把现代教育理论同物理学科知识结合起来，从理论上对教材现代化的规律和方法进行系统地、深入地探讨，揭示“教材建设的微观规律”¹⁾，从而来指导基础物理教材的编写和出版工作。

对基础物理教材的理论探讨要涉及科学哲学、教育学、物理学和物理学史的许多重要问题，只有把这些问题都搞清楚了，才能彻底了解教材更新的规律和方法。所以，首先要了解物理学知识体系的发展特点和基本形式。物理科学的发展是基础物理教材内容更新的根本原因和基本内容。不了解物理科学的发展状况和最新成就，教材现代化就无从谈起。为此，不仅要从微观上掌握物理知识（物理概念、定律等）发展的特点，而且要从宏观上把握物理学演化的规律和形式。这样就抓住了教材内容更新的核心问题。其次要弄清楚基础物理教材的结构特点。教材内容的更新离不开教材形式的变更，如果不知道构成教材的基本要素有哪些，以及它们是怎样

1) 范印哲，教材建设规律探讨，高等教育研究，1987年 1，第88页。

样结合在一起的，那么就无法把物理科学的发展变化在教材中体现出来。所以教材更新的关键问题是阐明教材的结构。然后要弄清楚物理学理论的发展对教材结构会产生哪些影响，这就要对前两个问题的研究成果加以整理、提炼，使之条理化、理论化。最后还要把它们定量化，即提出一个定量考察教材现代化程度的方法，以便将所得到的理论应用于教材建设的实践中去。本书就是根据上述思路来展开讨论的。

可以预期，随着基础物理教材现代化研究工作的深入发展，必将有更多的适应四化建设的优秀教材涌现出来，并在基础物理教学中发挥越来越大的作用。

一、物理概念

1. 基础物理教材和物理科学

教材是学校进行教学的基本工具之一，基础物理教材则是各种类型的学校进行基础物理教学的主要工具。所谓“基础物理教学”就是把经过实践检验的并且被大多数科学工作者承认的物理学知识介绍给尚无这方面基本知识的人们。这是人们认识客观世界的一种特殊的形式。由于人类长时期所积累起来的物理科学知识异常丰富，一本教材不可能包括它的全部内容。另外，对于那些正在探索而尚无定论的研究课题也不适于立即反映到基础物理教材中去。因此，基础物理教材不等价于一般意义的物理科学。但是一本好的基础物理教材必须能够概括物理学的基本概念和基本理论，集中其精华，从而体现物理科学的发展水平和发展方向，并对物理科学的发展产生重大影响。从这一方面说，基础物理教材与物理科学有着极为密切的联系，它是物理科学的一种重要的表述形式。

基础物理教材与物理科学的密切关系为我们探讨教材结构提供了一种可能，那就是通过考察物理科学的结构来揭示基础物理教材的基本结构，并从教材与物理科学发展的相互联系的观点来分析教材更新的规律和方法。

2. 物理科学的概念基础

对于科学的结构问题，科学哲学家们做了大量的工作，所得出的理论也比较成熟。本书将把这些成果作为探讨问题

的基础。现在把有关的论点归纳如下：

I. 科学概念是科学思想的基础，科学是许多概念所组成的“概念体系”。

科学并不是从来就有的。最初人们对自然的认识仅仅是经验的概括，这种认识称为常识。当人们的认识由经验的概括上升为系统的理论时，常识就变为科学。科学不同常识之处就在于它的系统性和可批判性。可批判性的必要条件是批判对象是可以进行反思的。什么对象具备这个条件呢？经验本身不行，因为它是“过时”的实际活动，对它不能进行批判。但是用语言描述经验而得到的概念却是可以批判的。概念是从感性经验中产生的，而它们一旦用语言清楚地表达出来，它们本身就成为批判反思的对象。在这个基础上才能对概念进行推理和判断而得到系统的理论。科学概念的出现标志着常识向科学的根本转变。因此，科学概念可以称为科学思想的基础，或者说，“科学概念是从事科学思维的工具。”¹⁾ 而科学则是由许多科学概念所组成的“概念体系”。1964年出版的《苏联哲学百科全书》（第三卷）中的“科学”这一条目是这样解释的：“……它是借助相应的认识方法获得的，以精确的概念表现出的发展着的知识的体系，……。科学是关于外部世界和人的精神活动的现象与规律的概念体系。……”²⁾

1) M.W.瓦托夫斯基，科学思想的概念基础——科学哲学导论，范岱年译，求实出版社，1982年，第6页。

2) Б. Кедров А. Спиркин, Философская Энциклопедия, 3, Москва, Издательство «Советская Энциклопедия», 1964, 562.

根据上述观点，物理学是由许多物理概念组成的概念体系，物理概念则是构成物理学的基础。由于基础物理教材只是物理学的一种表述形式，所以物理概念就是构成基础物理教材的基本要素。

I. 概念是我们通过名词术语所理解的东西，物理概念的意义一般是由“操作定义”给出的。

瓦托夫斯基 (M. W. Wartofsky) 指出：什么是椅子的概念，真正的椅子不是椅子的概念，它只是一个物理客体，写在纸上的椅子两个字也不是椅子的概念，它只是两个汉字。椅子的概念就是我们通过椅子所理解的东西。只有当人们理解了概念这种思维方式是指这种或那种事物时，我们对事物的理解才能取得一致。物理概念的意义一般是由“操作定义”给出的。“操作定义”以明确的检验操作提供了某个物理术语适用性的判据，这包括手工操作和智力操作。每个这样的定义都是严格的规定，通过它们科学家之间才能互相了解。

II. 物理概念是发展的。亨佩尔 (C. G. Hempel) 指出，“操作定义”具有经验的性质，因此它仅仅为物理概念提供了一个近似的规定。随着观察和实验手段的发展，其“操作定义”越来越精确化。另外，对基础加以检验和修正，而后理论本身又得到调整和充实。因此物理概念是同理论一起发展起来的。瓦托夫斯基还认为，物理概念的表述形式也是发展的，它越来越形式化，这不仅使概念表述更经济，而且还使概念得到澄清。

霍尔顿 (G. Holton) 认为，科学作为一个结构是通过概念之间的生存斗争而成长起来的。在科学发展过程中，凡是重要的基本概念都具有以下三个特点：i. 有一个清楚而

明确的核心，可以获得大家所会意的和可以传授的“操作定义”；ii. 是定量的；iii. 反复出现在许多描述和定律之中，而且往往波及距最初表达很远的领域。他说：“基本概念象坚固的绳索穿过现象的迷宫。”并且指出，概念不是绝对的，“一个概念由于应用范围和角度变广而意义转化，例如力、能和元素这些概念。”¹⁾

IV. 具有高度概括性的概念构成概念框架，框架是理解科学的方法。瓦托夫斯基指出：“科学概念不是各种孤立理解的零星碎片”，而是“彼此联系的，并且联系于一个概念网络，依靠这个概念网络，它们依次得到理解，形成我们可以称为概念框架或者可以称为概念结构的东西。”“通过概念框架提供的思维和推理网络”将概念联系起来。“我们最根深蒂固的概念是具有高度概括性的概念，可以说，它们构成我们思想的基本框架。”²⁾例如，空间、时间、因果性等等。这些框架不仅存在于科学概念以及它们的相互联系之中，而且它们还与我们的关于事物存在方式的普遍哲学观点有密切的联系，与我们的意识、灵感和直觉等非理性因素有密切的联系，与我们的日常生活经验有密切的联系。由此可以看出，概念框架就是与物理科学有直接联系的世界观和方法论。

概念框架是和概念“并肩成长起来的”，³⁾“科学发展每个阶段的认识方法，是建立在已获得的知识的基础之上的。已掌握的科学观点（揭示或反映存在和认识规律的科学理论、思想、概念）作为洞察现实的基础，作为洞察现实的某种跳

1) G. 霍尔顿 S.G. 布拉什，物理科学的概念和理论导论(上册)，张大卫译，人民教育出版社，1983年，第285—286页。

2) 3) 同第8页脚注1)，第5—10页。