



中国基础教育期刊文献总库收录期刊
中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊
人大“复印报刊资料”重要转载来源期刊

课程教学研究

JOURNAL OF CURRICULUM AND INSTRUCTION

关注教育现实 引领理性思考

本期要目

实践者研究的特征、价值和发展要求

论物理教材“绪论”的编写

构建基于学生全面发展的共生课程的研究与实践

澳大利亚教育：让每位学生遇见最理想的自己

2017
总第67期

7

ISSN 2095-2791



9 772095 279128

什么是物理学

——论物理教材“绪论”的编写*

陈敏华

摘 要 “什么是物理学?”是在物理教材绪论编写中不可避免的基本问题。从物质、性质和物理量三者关系出发,通过审视我国现行高中物理教材,可以帮助我们回答这一问题,并从中找到编写物理教材绪论的原则和意义。物理绪论的教育必须贯穿在学生整个物理学习过程中。

关键词 绪论;物质;性质;物理量

作者简介 陈敏华,浙江省绍兴市柯桥区鉴湖中学高级教师

一、不同教材的不同回答

什么是物理学?这几乎是所有物理教材在绪言中(或在其他相应部位中)必须回答的问题。下面是三册大学物理教材(其中一册是国外教材)和三册中学物理教材(其中一册是国外教材)对这一问题的回答:

赵凯华和罗蔚茵,《新概念物理教程 力学》^[1]:“物理学是探讨物质的结构和运动基本规律的学科。”

许方官,《四元数物理学》^[2]:“物理学是研究物质、能量以及它们之间相互作用的科学。”

美国 Francis W. Sears,《大学物理学》第一册^[3]:“物理学是一门测量科学。”

张维善,《普通高中课程标准实验教科书·物理(必修1)》^[4]:“物理学是一门自然科学。……物理学研究物质存在的基本形式,以及它们的性质和运动规律。物理学还研究物质的内部结构,在不同层次上认识物质的各种组成部分及其相互作用,

以及它们运动和相互转化的规律……物理学是一门实验科学,也是一门崇尚理性、重视逻辑推理的科学……”

廖伯琴,《普通高中课程标准实验教科书·物理(必修1)》^[5]:“物理学就是探究物质的结构和基本运动规律的科学。”

美国 Paul W. Zitzewitz,《物理:原理与问题》^[6]:“物理学研究的是物质、能量以及它们间的相互关系。”

纵观以上对“什么是物理学?”的回答可以看出,教材编者都从物理学的研究对象这个角度来回答。然而,他们的回答具有较大的不一致性:有的认为物理学是研究物质的,有的认为是研究物质的性质的;有的提到物质的结构和运动,有的提到相互作用、能量;还有一本书提到了物理学的研究方法:物理量的测量。

对“什么是物理学?”这一问题的回答的不一致是否暴露出了对物理学认识的局限性,对这一问题的正确回答能否指导我们对物理课程的编写和学生今后的物理学习?这些值得我们关注。

二、对不同教材的比较分析

将上面6册教材在绪论中（或在其他相应部位中）对“什么是物理学？”的回答中的关键词见表1。

表1

教材主编	物质	性质	结构	运动	能量	相互作用	测量
赵凯华			●	●			
许方官	●				●	●	
Sears							●
张维善	●	●	●	●		●	
廖伯琴			●	●			
Zitzewitz	●				●		

（一）物质不可能是物理学的研究对象

据表1可得，有3本教材的作者把物质作为物理学的研究对象，认为物理学是研究物质（substance）的。

物理学的研究目的之一是发现物理定律（physical laws）。此处物理定律是关于物质这一客观实在（reality）的诸性质（property）之间的定量关系，是以数学公式的形式出现的。假如A是某物质，它具有无数多种不同的性质；现在，我们要用物理定律B来描述A的其中某些性质及其变化和相互关系。B要成为我们想要描述的A的其中某些性质及其变化和相互关系的物理定律，必须由与我们所要描述的A的性质相对应的物理量及其相互关系构成。

由于任何物质都具有我们无法穷尽的性质，因此，我们无法完整地描述任何物质。也就是说，我们不可能将物质作为物理学的研究对象，而只能将物质的部分物理性质作为物理学的研究对象。

从这个角度来看，张维善教授主编的教材中关于“物理学是研究物质的性质”这一观点是正确的（然而，他前后不一致地把物质也当成了物理学的研究对象）。

（二）物质结构也是物理学的研究对象

物理学研究的另一目的是建构物质的结构模型（model）。在物理学中，当我们无法直接观察到物质的结构及其变化过程时，就要采用模型的方法。假如我们要描述物质的结构及其变化过程X，而X

又不能直接观察到，这时，我们就用模型Y来描述X。模型Y在许多方面像X。有许多来自Y的经验可以迁移到X。卢瑟福提出的原子核式结构模型就是依据太阳系的结构提出来的。在描述物质结构时，既需要用物理模型，也需要用物理量。如，玻尔的原子结构模型。因此，物理学的研究对象除了物质的性质，也包括物质的结构。

在表中所列的教材中，有3本教材把物质的结构作为物理学的研究对象。然而，唯独只有张维善教授主编的教材完整地把物质的性质及结构作为物理学的研究对象。

（三）运动不是物质唯一的性质

表1显示，有3本教材把运动（motion）作为物理学的研究对象。如基尔霍夫所说，“力学是关于运动的科学”^[7]，即运动是力学的研究对象。运动是我们通过感官能感知到的最常见的自然现象，是物质的其中一种性质。描述运动这一性质的物理量有很多，如动量（描述运动的多少）、速度（描述运动的快慢，或运动的集中程度）、力（描述单位时间流入物体的动量）和质量（物体容纳动量的本领）等。运动这一性质总是与其他性质伴随在一起。如，当我们把具有电的性质的物体（带电体）放在电场中时，它的运动会发生变化。这样，尽管我们没有直接感知电这种性质的感官，但可以通过带电体的运动变化来研究带电体的电的性质。在研究磁的性质时也同样。又如，我们有感知热的感官。然而，热是组成物质的大量分子的无规则运动的宏观表现。这样，我们也可以从运动的角度来研究物质的热的性质。无论是研究宏观物体还是微观物体，我们都会涉及它们的运动这一性质。这样，似乎运动是整个物理学的研究对象，力学是整个物理学的基础。

然而，仅仅用研究运动时所需的物理量来研究热、电、磁等物质的性质是不够的，牛顿运动定律（Newton's laws of motion）仅仅是运动定律，独立于热的、电的和磁的定律之外。在研究热、电和磁时我们会涉及运动，在研究运动时我们同样会涉及热、电和磁。所以，分清物理学各分支学科的研究对象，有利于我们正确认识和理解物理学各分支学科所运用的物理量和相应的物理定律。

因此，把运动作为物理学各分支学科的研究对象是不妥的。运动不是物质唯一的物理性质，热、

电、磁等也是物质的物理性质，它们都是物理学的研究对象。

（四）物理量不是物理学的研究对象

表1中，有2本教材把能量作为物理学的研究对象，有2本教材把相互作用作为物理学的研究对象。

能量是物理量；相互作用，即力也是物理量。物理量是人们为了描述物理性质而创造出来的工具，把物理量看成是物理学的研究对象是错误的。

（五）物理学是一门测量科学

物理量作为物理学的工具，如何运用这一工具是我们关心的问题。许多物理教材的绪言中提到“物理学是实验科学”。但学生仍不知道实验的主要工作是对物理量的测量。说物理学是实验科学，倒不如说物理学是测量科学显得更清晰明了。测量是获取信息的过程。物理学家们就是利用测量所获得的信息（数据）进而得出物理定律的。

物理学是一门测量科学。这是学物理的学生必须始终坚持的一个道理。然而，在表中所列的教材中，唯独Sears所著的大学物理教材中的第一章第一句话提到“物理学一直来被称为是一门测量科学（Physics has been called the science of measurement）”。认识到物理学是测量科学后，就不会误认为能量守恒定律是从牛顿运动定律中推导出来的；明确它们是用不同的测量数据得到的两个独立的物理定律。

综上所述，“什么是物理学？”这一问题就可以得到清晰的回答：物理学是用物理量来描述物质的性质（包括运动、热、电、磁等）和物质的结构的科学。物理学是一门测量科学。

三、绪论的编写原则及意义

物理教材绪论的许多内容无须统一规定。作者可以写一些趣味性的内容，也可以写一些应用性的内容；可以写一些物理学史的内容，也可以写一些物理学发展前景的内容。但“什么是物理学？”是在任何一套物理教材的绪论中都必须回答的问题。对这一问题的回答不是一节课就能解决的。因此，绪论不是一节课能上完的。物理绪论是用来让学生在学习物理学的整个过程中反复地去阅读品味的那部分教材内容，是用来引领学生整个物理学习过程

的内容。因此，在编写绪论时可以有一定的超前性。

对“什么是物理学？”这一问题的回答的原则和意义是什么？

（一）原则

根据前面的讨论，要回答好“什么是物理学？”这一问题，关键要把握“物质—性质—物理量”三者之间的关系。对此，我们提出以下原则：

（1）要强调物质的存在。尽管物理学不能直接以物质为研究对象，但我们必须强调物质的存在，强调物质的客观性。

（2）要强调物理学的研究对象是物质的性质。物理学的研究对象是物质的性质。力学的研究对象是物质运动的性质，电磁学研究的对象是物质的电和磁的性质，热学的研究对象是物质的热的性质。

（3）要强调物理量是物理学的研究工具。物理量是人们创造出来的。物理量既不是物质，也不是物质的性质，而是描述物质的性质的工具（tool）。“制造”这种工具（定义物理量）是物理学家要做的基础性工作。

（二）意义

能正确把握了“物质—性质—物理量”三者之间的关系，对物理课程和教学具有深远和重大的意义。其意义至少包括以下方面：

1. 能消除超距作用的错误观点

超距作用的观点是无视物质的存在，是反唯物主义的观点。在我国现行物理教材中主要表现为：

（1）无视引力场的存在。在我国现行高中物理教材中，始终没有引入引力场这一概念。这样，在相关问题的表述中就出现了诸多的矛盾。例如，在关于重力势能的分布中，教材是这样表述的^[8]：“严格说来，重力势能是地球与物体所组成的物体系统所共有的，而不是地球上的物体单独具有的。”其实，这样说仍不“严格”。因为这里仍无视引力场这种物质的存在。根据麦克斯韦提出的理论，“能量储存在场中”是场论的概念基础。^[9]因此，重力势能分布在引力场中；当我们将物体向上抛出后，物体的能量不断地流向引力场；当物体从最高点再下落时，引力场中的能量又流回到物体中。对光在远离强引力场时所发生的红移现象和光在靠近强引力场时所发生的蓝移现象也可以作同样的解释。

(2) 无视电场和磁场的存在。尽管现行高中物理教材引入了电场和磁场的概念,但仍普遍地表现出对电场和磁场的轻视甚至无视。例如,“电荷 A 对电荷 B 的作用力,就是电荷 A 的电场对电荷 B 的作用;电荷 B 对电荷 A 的作用力,就是电荷 B 的电场对电荷 A 的作用”^[10],这句话混淆了电场和电场强度这两个概念,实质上表现出对电场这种物质的误解。实际上,根据库仑定律和电场强度 E 的定义, A 所受到的电场力确实是 B 在 A 处的电场强度与 A 的电荷的乘积;然而, A 所受到的电场力却是它周围的电场(A 和 B 共同的电场)所施加的。电场是物质,而电场强度是物理量;这是两个不同的概念。实验表明,在电场线的方向上,电场处于拉伸状态;在等势面的方向上,电场处于压缩状态。由于电场线与带电体直接相连(等势面则不是),带电体是被周围的电场拉着的;两个同种带电体是被它们周围的电场拉开的,两个异种带电体是被它们周围的电场拉拢的。^[11]又如^[12],“一支缝衣针,带电后由于同种电荷相互排斥,电荷自然要被‘挤’到针的两端。”实际上,导体内没有电场,针两端的“电荷”是被针周围的电场拉开的。再如,在介绍静电屏蔽现象时,教材只讲电场对导体的影响,而只字不谈导体对电场的影响。^[13]在谈到金属网的屏蔽作用时,教材只字不提网孔周围的电场。其实,网孔周围的电场“堵住”了外面的电场进入网罩内。

对于磁场,教材中也存在类似的问题。这里不一一列举了。

2. 能避免对物质、性质和物理量的混淆

物理量不是物质,是人们为了描述物质的性质而创造出来的。区分物质、性质和物理量这三个概念对于学习物理学这门学科是非常重要的。美国著名物理教育家阿伦斯把学生必须知道“科学概念不是物质”列为 12 个科学素养之首。^[14]然而,在我国现行高中物理教材中,可以普遍地看到混淆物质、性质和物理量的现象。具体表现为:

(1) 混淆带电体、电性和电荷。在现行教材中,^[15]对“电”“电荷”和“电荷量”这三个名称的使用是很混乱的。教材中用“电”这个词来表示“琥珀经过摩擦以后具有的性质”,可后来又增加了“电荷”和“电荷量”这两个词,并指出:“电荷的多少叫电荷量”。显然,“电荷量”是一个

物理量。那么,“电荷”就只能指电这种性质了,也就是说,“电荷”与“电”是同义词。然而,我们发现,现行教材中给“电荷”一词赋予了多种含义:在“自然界的电荷只有两种”的表述中,把“电荷”当作一种物质,因为如果它指的是一种性质(电的别名)的话,它只有电这种性质,如果它指的是一个物理量(电荷量的别名)的话,它应该有正、负和零三种;在“电荷守恒定律”的表述中,把“电荷”又当作一个物理量,因为守恒是对物理量来说的,而不是对物质来说的;在对点电荷的定义中,又把电荷当作带电体。总之,教材作者一会儿把“电荷”当作物质,一会儿又把它当作性质或物理量,实质上是对物理量和它所描述的物质及其性质的混淆。

(2) 把能量当作物质。根据普朗克能量量子化理论,振动着的带电微粒是以最小能量值为单位辐射或吸收电磁波的,这个不可再分的最小能量 $h\nu$ 叫作能量子。显然,电磁波是物质,而能量子是描述电磁波性质的一个物理量。然而,在一些物理教材中,却把能量子当作光子这种物质了:“……光本身就是由一个个不可分割的能量子组成的,频率为 ν 的光的能量子为 $h\nu$, h 为普朗克常量。这些能量子后来被称为光子(photon)。”^[16]

以上表述之所以是错误的,是因为光子的能量特征不能替代它的全部特征。实际上,电磁辐射是一种物质,单独用能量来描述电磁辐射是不够的。光子是电磁辐射的基本组成部分。显然,这个基本组成部分不是能量子。光子还需要用除能量以外其他的物理量(如动量、角动量和温度等)来描述。

(3) 能明确物理学的大概念。物理量是物理学中抽象程度最高的物理概念。在物理学的学习中,物理量是重点要掌握的概念。

在现行物理教材中,关于物理量缺乏对以下几个重要内容的强调:物理学是一门测量科学。物理学是通过对物理量的测量来研究物质的性质及相互关系的;广延量是物理学的大概念,其中,能量是共通概念,动量、电荷、熵等是核心概念;物理量主要可以这样分类:广延量(extensive quantity)、广延量的流(current)和强度量(intensive quantity)。广延量是指向(refer to)体积的物理量,可用来定义相应的密度,可相加,具有守恒或不守恒性,可想象为能储存、流动的“东西”;这些物

理量包括：能量（质量）、动量、电荷、熵等。广延量的流是指向面积的物理量；这些物理量包括：能流（功率）、力（动量流）、电流、熵流。强度量是指向点的物理量；这些物理量包括速度、电势、温度等。

美国科学促进会（AAAS）在2005年对大概念（Big ideas）的定义是：“能将众多的科学知识联为一致整体的科学学习的核心。”大概念包括共通概念和核心概念：共通概念侧重跨学科内容的组织，而核心概念多用来整合某一学科内的知识。^[17]

根据著名的吉布斯基本方程：

$$dE = \vec{v} \cdot d\vec{p} + \varphi dq + TdS + \mu dn + \dots$$

动量是描述运动多少的物理量，是力学的核心概念；电荷是描述电的多少的物理量，是电学的核心概念；熵是描述热的多少的物理量，是热力学的核心概念；而能量是涵盖物理学各分支学科的物理量，是共通概念。

四、小结

物理教材“绪论”的编写对学生学习物理具有深远的意义，这是必须贯穿在学生整个物理学习过程中的内容。回答“什么是物理学？”这一基本问题，是物理绪论的重要内容，而辨析物质、性质和物理量这三个概念又是回答这一问题时所必须包含的内容。辨析物质、性质和物理量，是物理教育中培养学生辩证唯物主义思想的需要，是培养学生物理核心素养的需要。

[* 本文系浙江省教科规划2013年重点研究课题“传统物理课程的不足之研究：课程考古学的方法”（SB067）的研究成果]

参考文献：

- [1] 赵凯华, 罗蔚茵. 新概念物理教程·力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 1.
- [2] 许方官. 四元数物理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012.
- [3] Francis W. Sears, et al. University Physics [M]. Addison - Wesley Publishing Company, 1976: 1.
- [4] 张维善, 等. 普通高中课程标准实验教科书·物理(必修1) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 1.
- [5] 廖伯琴, 等. 普通高中课程标准实验教科书·物理(必修1) [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2005: 3.
- [6] Paul W. Zitzewitz. 物理: 原理与问题(第一册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 18.
- [7][8] 张维善, 等. 普通高中课程标准实验教科书·物理(必修2) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 1, 66.
- [9] Chen Ning Yang. The conceptual origins of Maxwell's equations and gauge theory [J]. Physics Today, 2014 (11): 45 - 51.
- [10][12][13][15] 张维善, 等. 普通高中课程标准实验教科书·物理(选修3-1) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 2 - 6, 10, 25 - 27.
- [11] F. Herrmann. Energy Density and Stress: A New Approach to Teaching Electromagnetism [J]. Am. J. Phys. 1989 (57): 707 - 714.
- [14] A. B. Arons. A Guide to Introductory Physics Teaching [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 1990: 289.
- [16] 张维善, 等. 普通高中课程标准实验教科书·物理(选修3-5) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 32.
- [17] 辛涛, 等. 学业质量标准的建立途径: 基于认知诊断的学习进阶方法 [J]. 教育学报, 2015 (10): 72 - 79.