



阿伦斯物理课程思想对我国物理课程改革的启示*

□ 陈敏华

(绍兴市柯桥区鉴湖中学, 浙江绍兴 312031)

摘要:从物质、性质、物理量和物理定律之间关系的角度可以更好地解读美国著名物理教育家阿伦斯的物理课程思想.用他的课程思想去审视我国现行物理课程,可以发现其中的一些不足之处.

关键词:物质;性质;物理量;物理定律;物理课程

阿伦斯(Arnold Boris Arons, 1916—2001)被称为当代国际物理教育研究之父.他的物理课程思想对我国的物理课程建设很有启发.在此,笔者想通过介绍他的物理课程思想,对我国物理课程改革提出几点建议.

一、阿伦斯物理课程思想综述

阿伦斯花了近半个世纪的岁月对基础物理教育进行了系统的研究,继承和发展了苏格拉底、柏拉图、蒙田、卢梭、杜威、怀特海和皮亚杰的教育理论,给我们留下了宝贵的物理教育思想.把阿伦斯物理教育思想划分为物理教学思想和物理课程思想,这仅仅是一种侧重的描述方法.其实,两者是一个不可分割的整体.我们在侧重介绍他的物理课程思想时,肯定会涉及他的物理教学思想.阿伦斯的物理课程思想散见于他的专著和论文中.这里我们选出其中比较核心的和对我国物理课程改革具有启发性和针对性的内容来加以介绍.

(一)科学概念不是物质

早在20世纪80年代,阿伦斯就明确地指出“科学概念不是物质”.在“批判性思维和学士学位课程”一文中他指出:“……科学概念不是‘被发现’的物体,而是人们通过智力活动经过精心抽象而创造或发明出来的……”^[1]

既然科学概念是人们创造出来的,那么,我们就必须向学生讲清人们是如何创造这些概念的.基于这一认识,阿伦斯进一步强调了概念的操作型定义在物理课程中的重要性.在《基础物理教学指南》一书第12章“提高科学素养”中,他共列出了12个科学素养的特征,并把学生必须知道“科学概念不是物质”和概念的“操作型定义”列为第1、2两个:“知道科学概念(如速度、加速度、力、能量、电荷、引力和惯性质量)是通过人们的想象力和智力发明(或创造)出来的,而不是像化石、新物种或矿物这些有形的物体或被偶然发现的物质.”“知道理解和正确运用科学概念需要详细的操作型定义……”^{[2]288-312}

*本文系作者主持的浙江省教科规划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)的研究成果之一.



在“基础物理课程中能量概念的发展”一文中,阿伦斯明确指出:“能量不是具体的物体,不是物质……(许多学生学了基础物理课程后把动量和能量当成了物质……)”^{[3]1064}

(二)对超距作用的批判

在《基础物理教学指南》一书中,阿伦斯从历史的角度多次分析超距作用观点,指出它的各种表现。

在第3章“基础动力学”中,他明确指出,牛顿理论是超距作用的理论^{[2]89-90}。在第8章“电磁学”中,他介绍了法拉第否认超距作用观点建立场的概念的历史。他甚至细心地指出,“吸引”一词在某些情境下也表现出超距作用的观点^{[2]188-200}。

(三)力是分布式的

在《基础物理教学指南》一书第3章“基础动力学”中,阿伦斯指出:“用单独一个箭头来表示物体的重力、物体表面的正压力、物体表面的摩擦力,是一种分布效应的简化表示。这些分布的力必须‘一块一块地’加起来。很少有教材引导学生去认识这一点。”“如果我们提醒学生去关注力的分布特点,这一观点学生是不难接受的。问题是我们从来没有这样提醒过学生。如果我们一直不提醒学生,这一概念上的空白就会一直留在学生的头脑中,许多学生一直要过很长时间,等他们的概念发展到一定程度时才会去填补这一空白。”^{[2]41-90}

(四)动能定理不是能量方程

在传统物理课程中,动能定理普遍地被当作独立于牛顿运动定律的能量方程来处理。针对这一长期以来存在的问题,阿伦斯在《美国物理学杂志》上专门发表“基础物理课程中能量概念的发展”一文,从概念和历史的角进行了严密的分析。他指出:“基本的问题是,动能定理实际上是一个动力学方程,它是从牛顿第二定律中推导出来的,而不能成为一个真正的、普遍的能量方程。在经典物理中,有三个独

立的守恒方程。第一个是连续性方程或质量守恒方程。第二个是动量守恒定律,它是对牛顿力学的高度概括。如果经典物理中普遍的能量守恒定律可以从动力学方程中推导出来,这将会出现同义反复的现象,就不可能存在第三个独立的方程,而事实上这个方程是存在的。能量守恒定律不可能是推导出来的,它像其他守恒定律一样,是从有限的观察中归纳出来的,并最终被大家接受,因为没有观察到反例。”^{[3]1063}

二、我国现行物理课程存在的不足及改进建议

上面所介绍的阿伦斯物理课程思想看似普通,却可帮助我们深刻地审视物理课程中存在的不足。下面我们用自己的上述课程思想来透视我国现行物理课程中所存在的不足,并提出相应的改进建议。

(一)把物理量当作物质

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。然而,在物理教材中,我们普遍地可以看到把物理量当作物质的现象。具体表现如下。

1.把电荷当作物质

现行人教版高中物理教材,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,它只指电这种性质,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，教材一会儿把“电荷”当作物质，一会儿又把它当作物理量，实质上是对物理量和它所描述的物质的性质的混淆。

我们建议，把电荷与电荷量作为同一个概念的两个不同名称，即它们都是物理量，从而把“电荷守恒定律”理解为“电荷量守恒定律”。

2. 把能量(质量)当作物质

根据普朗克 (Max Planck, 1858—1947)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一份一份地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的一个物理量。然而，在现行人教版物理教材中，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。”

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。

(二) 无视场的存在

超距作用的明显表现是无视场这种物质的存在。在教材中主要表现在以下几个方面。

1. 无视引力场的存在

在现行人教版高中物理教材中，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：“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。”

其实，这样说仍不严格。原因是，这里仍无

视引力场这种物质的存在。实际上，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。

又如，在关于振动系统的组成中，教材是这样表述的：“弹簧振子是小球和弹簧所组成的系统的名称，……”“如果细线的质量与小球相比可以忽略，球的直径与线的长度相比也可以忽略，这样的装置就叫做单摆。”

显然，教材没有把地球和引力场包括在振动系统中。经过简单的分析我们知道，对于竖直的弹簧振子和单摆，动量通过引力场在地球和振动物体之间流动，能量在引力场和振动物体之间流动。因此，地球和引力场也是这两种振动系统的组成部分。

我们建议，教材一开始就要引入引力场这一概念；在后来，教材要明确地告诉学生重力势能不在物体中而在引力场中和引力场及地球也是弹簧振子和单摆的组成部分。

2. 无视电场和磁场的存在

尽管现行人教版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。”

这里我们不再重复讨论教材把“电荷”这一物理量当成了物质。实际上，带电体 A 和 B 受到的是它们共同的电场的作用。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^[4]。正如阿伦斯所说,即使我们说异种带电体相互“吸引”,这也是带有超距作用色彩的。

又如,“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。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。

我们建议,教材应始终将电场和磁场当成物质来看待,以彻底抛弃超距作用这一错误观点。

(三)缺乏对物理量的分类

力是矢量,因此我们可以像对待其他矢量型物理量一样在数学上用表示大小和方向的箭头来表示力。然而,这并不是说,力是通过其矢量的箭头作用在物体上的。根据力的定义 $F = dp/dt$,力是动量的导数。导数在数学上又叫流数。在物理学中,一般把广延量的导数叫做这个广延量的流,如电流 $I (=dq/dt)$ 是单位时间通过导体横截面的电荷,能流(又叫功率) $P (=dE/dt)$ 是单位时间通过管道横截面的能量,流量 $Q (=dV/dt)$ 是单位时间通过管道横截面的流体的体积。同样,力 F 是单位时间通过系统边界的动量。

因此,物理量可以这样来分类:广延量是指向体积的,因为我们可定义相应的密度;广延量的流是指向面积的;而强度量如温度、速度、电势等)是指向点的。

我们建议,教材在适当的时候应向学生介绍物理量的这一分类。我们应明确告诉学生,力是分布在一个面上的物理量;力的作用点仅

仅是在数学上把力作为矢量运算时才有意义。力的作用点不具有物理意义。对于功率和力,我们应该像理解流量、电流等物理量一样,理解为指向某一面积的物理量。

(四)把动能定理当作能量方程

在国内外物理教材中,普遍地把动能定理当作能量方程。在国外教材中,把这个定理叫作“work-energy theorem”(直译为功能原理)。究其原因,主要是混淆了两个功的定义。例如,在我国的教材中就有两种功的定义同时出现的情况:

“如果物体在力的作用下能量发生了变化,这个力一定对物体做了功。”

“在物理学中,如果力的方向与物体运动的方向一致,……把功定义为力的大小与位移大小的乘积。”

实际上,前者才是功的定义,可用公式写为:

$$W = \Delta E$$

而后者只有对于一个质点来说才是功的定义。只有在这时,动能定理才具有能量方程的意义。在一般情况下,动能定理是描述运动的运动定律,是与牛顿运动定律等价的。因此, $W = Fl$ 不是普遍意义上的功的定义。

我们建议,明确功的定义是“能量从一个系统到另一个系统的传递”^[5];把动能定理表述为“力与物体位移的乘积等于物体动能的变化”;把动能定理理解为动力学方程,一个与牛顿运动定律、动量守恒定律、动量定理和机械能守恒定律等价的动力学方程;把动能定理理解为独立于能量守恒定律的动力学方程。

阿伦斯物理课程思想是从物理学概念和定律的历史发展的角度审视物理课程的结果。我们必须站在现代物理学的高度去审视现行物理课程。物理学在不断地发展之中,因而,物理课程改革必将是我们物理教育工作者一代接一代的永恒事业。■



基于整体把握高中数学课程理念的教学设计探究

——以“导数在研究函数中的应用”一课为例

□ 杨晓翔

(江苏省东台中学,江苏东台 224200)

摘要:高中数学课程具有严格的逻辑体系,教学过程中任何只注重“课时主义”和“知识点情节”的行为,都将把数学知识碎片化、间断化和片面化,从而违背数学发生、发展的客观规律.只有在整体把握高中数学课程的理念下进行教学设计,才可能促进学生构建知识,达成三维目标,实现核心素养的形成.

关键词:数学课程;教学设计;核心素养

高中数学课程自身具有严格的逻辑体系.它既不同于以基础性、综合性为特征的小学、初中数学课程,也不同于以专业性、应用性为特征的高等数学课程,它是两者之间过渡的重要环节,兼具两者部分特征,是整个数学教育体系的核心部分,是学生的数学知识、思想、方

法和能力向深度和广度大幅拓展、提升的关键部分.它们是一个整体,教学过程中任何只注重“课时主义”和“知识点情节”的行为,都将把数学知识碎片化、间断化和片面化,从而违背数学发生、发展的客观规律,教师在进行教学设计时需要统筹考虑,整体谋划.正因如此,对

参考文献:

[1] ARONS A B. “Critical Thinking” and the Baccalaureate Curriculum [J]. Liberal Education, 1985(71):141-157.

[2] ARONS A B. A Guide to Introductory Physics Teaching [M]. John Wiley & Sons, Inc., 1990.

[3] ARONS A B. Development of Ener-

gy Concepts in Introductory Physics Courses[J]. Am.J.Phys.,1999(67):1063-1067.

[4] HERRMANN F. Energy Density and Stress: A New Approach to Teaching Electromagnetism[J]. Am. J. Phys.,1989(57):707-714.

[5] THEWLIS J. Concise Dictionary of Physics and Related Subjects [M]. Pergamon Press,1979:360.

* 基金项目:江苏省教育科学“十二五”规划课题——整体把握高中数学课程理念的单元教学设计实践研究(课题批准号:D/2013/02/440)