

美国工科物理教材的特点

姚 凤 薇

(合肥工业大学理学院 安徽 230009)

周 团 团

(合肥工业大学机械与汽车工程学院 安徽 230009)

在高等工程教育领域,无论是教育规模还是教育效果,美国均处于世界领先的地位。而作为工程教育体系的理论支柱,美国工科物理教材的编写确有独到之处。本文以3套在美国工科院校广泛使用的物理教材为例,从其内容的编写到习题的设置作一些粗略的探讨,以供国内教材编写者借鉴。

一、教材内容

1. 简化数学推导

美国著名的物理学家费曼说:“对学习物理的人来讲,重要的不是如何正规严格地解微分方程,而是能猜出它们的解并理解其物理意义。”国外教材对物理概念的理解放在第一位。如在讲授长度收缩、时间膨胀时,美国教材没有像国内教材那样用洛仑兹坐标变换进行数学公式推导,而是用一个直观易懂的例子简单地推导出来,既强调了光速不变性原理,又较好地理解了时间膨胀。从时间膨胀又可推导长度收缩,加深了对长度收缩以及时间测量与空间测量的联系的理解。如按国内教材讲授,学生在学习中只会看到数学公式的推导,很难理解其中的物理意义。

有时美国教材为了使使学生掌握基本概念的物理意义,会适当地放弃理论体系的严密性。如有的教材把洛仑兹变换作为选学内容,有的把它放到长度收缩和时间膨胀后面介绍,有的甚至不提。而国内教材一般都把洛仑兹变换看作仅次于两则基本原理的公式,因为狭义相对论中的时间、长度、质量、能量和速度变换式都是从它推导出来的。美国绝大部分教材一般没有推导,而是直接给出了相对论质量、能量和速度变换公式,且大都限于一维,只要区别于伽利略变换式即可。

由此可见,美国教材看似比国内大多数教材简单,但这种简单仅表现于物理公式的推导方面,它们强调的是物理概念和物理意义。

2. 提高学生兴趣

著名的美国认知学派心理学家布鲁纳认为:“学习的最好刺激,乃是对所学教材的兴趣。”显而易见,

如果学生对教材产生了浓厚的兴趣,学习效果就会明显地相应提高。出于这样的考虑,美国大学物理教材为了吸引学生,行文中增加了大量的彩色照片及插图。从基本粒子到宇宙星际,从日常生活到高科技应用,从试验技术到自然现象,内容极为广泛,且多为实物实景,生动具体,效果突出。

美国教材中几乎每一章都是从一个生活日用技术的实例开始,而不是从学术专著的角度。如热力学第二定律一章,就是通过打台球的实例引入,使原先排成三角形的15个球从有序演变为无序,从而提出了可用来描述所有热力学系统无序度的概念——熵。整个行文为探讨式、谈话式,新颖而流畅,增强了教材内容的亲切感。正如日本物理学会会长樱井捷海认为的那样:物理学应从真实世界、日常生活中的常识入手,再向虚幻世界、理论高度发展。

3. 与现代技术结合

1967年特瑞赫拉提出以下研究结论:学习和人的生理器官的关系:味觉1%,触觉1.5%,嗅觉3.5%,听觉11%,视觉83%,听觉与视觉占94%;从记忆角度来看,人们可记住阅读的10%,自己听到的20%,看到的30%,听到的和看到的占50%。由此可见,混合使用听和看的能力对学习十分重要。

因此,许多美国教材都随书配备了一此幻灯片、小电影及软件。这样可刺激学生的视觉和听觉,最大限度地加深学生对知识的记忆与理解。对于各种现代化教学手段,他们认为使用的原则应为方便、明了,效果好。举例来说,讲共振时,给学生播放10分钟纪录型小电影,让学生亲眼目睹了一座著名的大桥由于共振而倒塌的情况;讲概率时,采用计算机软件,输入不同的基数,在几分钟内完成对统计规律的认识;讲电磁场时,用叠在一起的投影幻灯片帮助学生增加空间想象能力等。

二、习题与例题

1. 题目量

美国教材中习题与例题的数量较大,而且大多数问题具体直观。每章的题目少则三四十个,多的

有七八十,现以《大学物理》和《基础物理》的两本教材为例:

教材	例题	练习/提问	问题	疑难问题	合计
《大学物理》	433	1152	740	134	2459
《基础物理》	303	848	1741	574	3460

由图可以看出,美国教材中所有的习题都可分为三个等级。第一级针对本章的概念、定理、定律及重要公式,分门别类地配备习题,约占总题量的50%左右。这类题目有的仅为代公式,这在国内教材中是不多见的。尤其值得借鉴的是对于此类习题,书中每章都会增加一节内容,叫“解题指导”。在解题指导中,一方面提出解题的规范化过程,另一方面提出解题的途径及正确的思考方法。这就突出了解题在教学过程中的地位,把解题从一个附带性问题提高到与课文相提并论的重要地位。

第二级题目侧重讨论所学知识的应用范围和运用,属于中等难度,需较高的理解能力和解题能力,约占题目的35%左右,适用于大部分学生。第三类题目属于难度较大的一类,有的题目综合程度及难度和我国的传统题目相当,大约占总题量的10%左右。所以从总体上讲,美国的习题与例题不在数学难度及解题技巧上下功夫,不人为地制造难题。它们强调的是学生对概念的理解、对物理图像的掌握及实际运用能力的培养,这也正是工科物理教材的精髓。

2. 应用性

美国教材中一个较突出的特点就是:例题与习题较注重和实际生产、生活的联系,应用性强,应用范围广。虽然,由于受普物内容应用范围的限制,和生产、生活相结合的题目不可能太专业化,但它们包括的物理思想很丰富,所反映的物理规律也具有普遍性。在本文所参考的物理教材中,这种题目大致可分为生活中的物理、体育中的物理、生命中的物理,这些题目所涉及的内容都是发生在我们身边的事。通过做这样的题目,学生可体会到物理不只是抽象的、深奥难懂的,它也可以是具体的、并且和实际紧密相联的。

3. 习题中引入计算机应用

随着计算机的普及与学生计算机应用能力的提高,它已成为学生必不可少的辅助工具。美国教材在习题中引入了不少计算机应用题。用计算机来模

拟和解决一些问题,一方面可以激发学生的学习兴趣,另一方面也可以让学生了解计算机在物理学中的广泛应用。

例如,教材中采用数值计算来模拟有阻尼时的抛体轨迹 $k = \rho c A / 2m$ 。式中 ρ 为空气密度, A 为迎风面积, M 为物体质量, c 为与物体形状有关的系数(0.3~0.6)。

① 能作解析分析的抛体计算都是假定阻尼不计。若考虑空气阻力,并不难列出方程,但求解却不易。我们可用数理方法求得数值近似解。

$$a_x = 0 \quad \diamond \quad a_x = -kv_x$$

$$a_y = -g \quad \diamond \quad a_y = -g - kv_y$$

② 用数值法一步一步地解,并利用前面求出的 a_x, a_y 。

$$\text{已知:}(t \text{ 时刻}) \quad x(t) = x, \quad v_x(t) = v_x$$

$$y(t) = y, \quad v_y(t) = v_y$$

$$(t + \Delta t \text{ 时刻}) \quad x(t + \Delta t) = x + \Delta x = x + v_x \Delta t,$$

$$v_x + \Delta v_x = v_x + a_x \Delta t$$

$$y(t + \Delta t) = y + \Delta y = y + v_y \Delta t,$$

$$v_y + \Delta v_y = v_y + a_y \Delta t$$

其中 Δt 很小。现选择一个 Δt , 根据上面的公式求得新坐标、新速率,从而得出 a_x, a_y , 又可算出下一步。用 Basic、Fortran、C 等计算机语言都可实现,定出一个最大整数 N 、最大时间 t_{\max} , 在 $n < N, t < t_{\max}$ 时循环,并保存中间数据,打印出结果。

美国教材调动学生积极性的方法确有可圈可点之处。由于国情不同,两国教育体制、教育理念也有很大差别,所以我们不能生搬硬套美国的做法。但是,它山之石,可以攻玉。在继续保持国内教材中得到教师和学生肯定之处的基础上,借鉴一些美国教材编写中的成功经验,对推动我国物理教材改革无疑是有益的。当然,教材建设是一项艰巨的工程,不可能一蹴而就,需要更多同行的参与。

