

渗透物理方法教育, 提高学生科学素质

侯新杰 张莹 许海波 尧世斌

(河南师范大学物理系 新乡 453002)

注重培养学生科学素质、提高基础物理教学质量是继物理课程现代化之后我国基础物理教学改革的又一重要课题。基础物理课是理工科各学科的必修课, 是培养和提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础课。近年来, 国家教委高等学校物理学教学指导委员会多次指出基础物理教学要使学生系统地了解和掌握物理学的基本知识、基本概念、基本规律和基本方法, 提高学生的物理学科学素质。但是, 长期以来, 基础物理教学存在着“重知识

得一良好的基础训练。笔者有一印象, 是往往好高骛远, 涉猎甚广, 而不知或不屑深入求基层的了解; 对许多课题都似‘面熟’而实无‘深交’。我国昔日以‘博览群书而不求甚解’为‘才气’表现, ‘博览群书’并非不好, 但重要的是思考了解。至‘不求甚解’, 在习科学则是大病, 所谓‘要不得’者也。眩于高深而又不深入, 往往流为‘眼高手低’, ‘高不成, 低不就’的情况。”吴先生的教导真乃语重心长, 感人肺腑。

四、注意“将一个问题纯属数学性的部分和物理问题分开”

物理学是一门高度数学化的科学, 许多物理理论采取了数学的表述形式, 大多数物理问题的求解必须求助于数学工具, 所以, 物理和数学总是紧密地交织在一起的。许多物理专业的学生在学习和求解物理问题时, 常迷失于数学之中。吴先生在循循善诱青年学生重视对物理基础知识的学习时, 不忘进行具体的学习方法的指导。他在回答清华大学(新竹)物理系师生提问时提出: “我们首先须有清楚的概念, 将一个问题纯属数学性的部分和物理问题分开。物理的问题包括物理现象、概念和概念间的关系。例如行星的运动, 我们知道是力学的问题; 光或

教学, 轻方法教育”的倾向, 影响了学生科学素质的提高, 在基础物理教学中渗透物理学方法教育急待加强。为此, 几年来, 我们在明确物理学方法教育意义的基础上, 重视在基础物理教学中多方位渗透物理学方法教育, 培养学生科学素质, 取得了很好的教学效果, 提高了基础物理教学质量。

一、渗透物理方法教育的意义

物理方法是指在学习和研究物理问题的过程中发现问题、提出假说、搜集事实、作出解释

电磁某些问题, 是需要哪些概念、理论等, 至于数学的部分, 则是按逻辑的步骤演算, 逻辑代你作许多思考, 但并不增减你原有的物理内涵。除非你在数学的步骤中有了错误, 数学是不骗人的, 你不应该迷失于数学中。”

物理系的学生应该如何对待数学学习呢? 吴先生援引量子力学的发展历史作出了精辟的分析: “读物理者, 不可能先习无尽量数学为准备, 这正是安排些课程如复变函数、线性代数、直交函数等为必须选修的原因。如某时发现工具不够, 就临时补一下。例如海森堡创建矩阵力学时, 他有了创新的基本要点, 但他未学过矩阵代数, 还是由M. 玻恩指出他所用的新概念, 正是矩阵。在三数个月间, 他和玻恩及一位年轻数学家约尔丹便将‘矩阵力学’完成起来; 从此知道它是‘量子力学’的一个表示形式。又在1924年前后, 德布罗意创出‘物质波’的新意, 如他不熟知相对论, 便不能作为他构思的根据。1926年, E. 薛定谔39岁, 是一个成熟的物理学家, 有数学和物理的根基, 所以研读德布罗意的博士论文后, 在五六个月中, 便将波动力学的数学结构完成了。薛定谔固然拥有所需的数学, 但重要的还是他能将物理的思索, 表达成数学的问题。”此等金玉良言, 诚望大学生、研究生读者谨记。

论证等所遵循的途径和使用手段,具体包括:观察实验法、模型化方法、假说、数学方法、理想化方法、分析综合法、归纳演绎法、类比法、直觉等,内容十分丰富,同物理知识紧密联系在一起。

物理学作为整个自然科学的基础,它的知识为生产和其他学科的研究提供了理论基础,它的研究方法被广泛移植到其他学科领域。物理学与化学结合形成了物理化学、量子化学;与生物学结合形成了生物力学、生物物理、量子生物学;实验方法应用于心理学出现了实验心理学;模型化方法应用于经济学,出现了经济发展模型。因此,物理方法无论是对物理学自身发展还是对整个科学体系来说,都具有十分重要的作用。

教育学家布鲁纳提出:能力=知识+科学方法+技能。由此可见掌握方法与培养能力密切相关,对方法的掌握就是衡量能力高低的一个因素。能力不能孤立存在,它以知识为基础,技能为载体,方法为工具。方法同知识相比更具启发作用和创造性。伽利略已去逝三百年了,他所发现的自由落体规律在物理学知识的长河中所占的比例愈来愈小,但他在研究问题时所运用的一套科学方法却不断为后人所继承和发扬,创造了比自由落体规律高出千百倍的财富。物理方法是科学方法的重要组成部分,它同物理学知识、物理学家的科学精神和科学态度一样是科学素质的构成要素。培养学生科学的研究方法和思维方法是培养学生科学素质的重要内容,加强物理方法教育有利于培养学生科学的思维方法和创造能力,提高学生的科学素质。

二、渗透物理方法教育的途径

物理学经过几个世纪的发展,建立了庞大的知识体系,其中包含着丰富的科学方法,它的任何一个概念的引入或新规律的发现与总结都渗透着方法论思想。以物理学知识教学为主,渗透物理方法教育,这在基础物理教学中是可行的。同时,渗透物理方法教育的途径是多方位的。

1. 在讲授物理学概念和定律时,结合概念和定律讲授物理方法。

有些概念和物理方法关系比较紧密,甚至本身就是物理方法,要抓住这些概念进行方法教育。例如:质点、刚体、理想气体、绝热过程、卢瑟福原子模型、玻尔氢原子模型等概念的建立都使用了模型化的方法。通过这些知识的教学,应该让学生明白模型的概念,知道为什么要建立模型,如何建立模型。在力学中结合质点、刚体概念的教学介绍实物模型的条件性;在热学中结合绝热过程等介绍过程模型;在原子物理学中结合原子的“葡萄干蛋糕模型”、“有核行星模型”、“玻尔氢原子模型”介绍模型的流动性;在原子核物理中结合液滴模型、壳层模型和集体模型介绍模型的互补性。这样就可以使学生对模型化方法有了较全面、深刻的认识。

有些定律的建立和阐述本身包含着物理学家创立和使用的物理学方法,要结合定律讲授,使用和说明物理方法。如思想实验是很重要的物理学研究方法,被誉为“近代科学之父”的意大利物理学家伽利略用科学实验和思想实验相结合的方法发现了落体定律和惯性定律,在科学方法上开创了观察和理论思维相结合的道路。之后,有许多物理学大师用思想实验的方法来阐述物理定律。如麦克斯韦用一个思想实验——麦克斯韦“妖”来阐述热力学第二定律的局限性。爱因斯坦用“爱因斯坦火车实验”来阐述同时性的相对性,用“升降机实验”来提出引力质量和惯性质量相等以及光在引力场中会由于引力作用而弯曲这一广义相对论效应。海森堡用“ γ 射线显微镜实验”来形象论证测不准关系等等。在基础物理教学中用物理学家使用的思想实验方法来讲授这些定律,不仅使内容易于理解,还使学生体会到了物理学家的思维方法。应在此基础上充分阐述思想实验的涵义与特征,充分说明思想实验在物理学研究中的作用。

发掘物理学定律本身的方法论意义,加深学生对物理定律理论价值和方法论意义的理

解. 麦克斯韦方程因其概括了经典电磁学的所有主要规律且结构简单, 形式对称, 历来受到物理学家的称赞. 劳厄说过: “麦克斯韦方程组... 被给予了美学上真正完善的对称形式, 鉴于它的丰富的物理内容, 它看来对我们似乎是一种启示.” 什么启示呢? 据我们看, 是对称形式的丰富的物理内容. 首先方程本身反映物理学研究的一种重要方法: 美学方法, 即以简单、对称、和谐、统一为标准的科学研究的指导思想. 其次麦氏方程不仅在形式上反映出电与磁的对称性: 电场和磁场可以相互转换; 而且使不少物理学家为了寻求 $\nabla \cdot B = 0$ 与 $\nabla \cdot D = \rho$ 的形式对称, 正致力于发现磁单极子. 而目前没有办法找到磁单极, 这种不对称暂时无法消除. 在讲授麦克斯韦方程组时进行这样的发挥, 其教学效果将远远超出单纯讲授麦克斯韦方程组表达式的效果, 使学生既体会到美学方法的意义, 又了解基础物理同前沿研究的联系, 充分认识到物理方法的重大理论价值.

2. 挖掘教材中的方法教育因素, 引导学生在学习知识的同时学习物理学方法.

教材是按知识体系编写的, 不是方法论书籍, 许多方法在教材中是以隐含的方式出现的. 因此教师在教学过程中应自觉挖掘教材中的方法教育因素. 在知识教学过程自觉以物理学方法为“纲要”组织教学内容, 知识之间的联系和组织顺序按物理学方法进行. 如基础物理学中“磁场对电流的作用”一章中“运动电荷在磁场中所受的力—洛仑兹力”一节的教学内容通常是这样编写的: 首先从“载流导线在磁场中受到力的作用”和“导线中的电流是导体中的自由电子的定向运动形成的”得出假设, “运动着的带电粒子在磁场中也受到力的作用.” 之后, 从安培定律推算“每一个运动着的带电粒子在磁场中所受到的力”, 定量研究洛仑兹力. 然后“用电子束在磁场中偏转实验来检验所得结果.” 这节课的教学内容组织顺序正是物理学一般方法的反映, 即提出命题, 推测答案, 理论预言, 实验检验, 修改理论. 这种组织顺序和方法有两点物理学方法教育功能: 一是体现了物理学研究的一

般方法, 二是把物理学中常用的假说方法的轮廓也勾勒了出来, 科学假说不是随意的, 而是建立在一定的事实基础上, 假说是否正确要接受实验的检验. 教师在教学时应将这两点指示给学生.

3. 适时进行方法总结, 通过剖析同一方法的诸多历史案例, 使学生体会和掌握物理学方法.

物理学方法贯穿于物理学各个分支中, 同一方法在物理学发展过程中有许多历史案例. 某种方法在教学中出现过几次, 教师就可以以这一阶段教学中的历史案例为基础, 介绍方法的定义、特点、作用以及局限性, 引导学生站在更高的角度去审视这一物理方法.

比如类比方法贯穿在整个物理学始终, 它的地位作用不容忽视. 法国工程师卡诺把热机作功与水轮机作功作类比研究热机效率; 欧姆 1826 年把回路中电流运动过程同傅里叶在 1822 年发表的热传导理论进行类比, 依照傅里叶热导公式 $q = K\Delta T$, 建立了欧姆定律 $I = GU$ (I 表示电流, U 表示电位差, G 为电导); 德布罗意把实物粒子与光类比, 通过类比, 德布罗意认为实物粒子也具有波动性; 此后, 薛定谔作进一步类比. 他根据几何光学与波动光学的近似, 通过类比, 推测经典力学也可能是一种波动力学的近似, 并由此建立了波动力学, 成为量子力学的奠基者之一. 类比方法对于新技术原理的提出也有十分重要影响. 法国物理学家卡斯特勒 (Alfred Kastler) 运用类比方法提出了所谓“光抽运” (Optical Pumping) 思想并在实验上实现, 卡斯特勒因为这一贡献而获 1966 年诺贝尔物理学奖.

教学实践和课后调查表明: 通过在基础物理教学中渗透物理方法教育, 学生对基础物理课的学习兴趣提高了; 对物理知识理解加深了; 分析问题和解决问题的能力明显增强; 学习效率明显提高. 实践使我们看到了渗透物理方法教育对提高学生科学素质的重要作用. 在今后的教学中我们仍然要坚持不懈地改革教学内容和方法, 以期取得更好的教学效果.