

# 如何引入物理学史改进大学物理教学

唐 焕 芳

(涪陵师范学院物理系 重庆 408003)

《物理学史》这门课是师范院校物理系的一门必修课,提倡引入物理学史改进物理课堂教学,力争把学生正确世界观的树立和方法论的培养落实到实处。但如何引入物理学史改进物理专业知识教学呢?有关这个课题的讨论已是持续多年的事了,其间有许多学者作了多方面的研究和探讨。

## 为什么要引入物理学史

对于这个问题,有少数人习惯于笼统地解释为是为了进行辩证唯物主义和方法论教育,认为教科书只能传授知识,不能进行方法论教育。我们认为,这种认识是片面的,并不是只有物理学史才能进行世界观和方法论的教育,引入物理学史的必要性在于它进行方法论教育的方式要比传统教科书的方式更为形象、真实和深刻,能在教学中起到专业知识教育所不能起到的作用。

引入物理学史可以培养学生提出问题和解决问题的能力。

传统教科书的内容大都是抽象出本质的成形的理论体系,学生学习的内容一般是现成的结论,解决问题时常常套用现成的公式。然而真实的历史远非如此显然,自然界在人类面前总是表现得丰富多彩,隐藏在现象背后的本质总是不轻易露出它的真面目,只有那些杰出的物理学家才能以敏锐的洞察力,从大量非本质的现象后面提炼出事物的本质,明确提出问题的根本所在,进而去解决它。例如,在相对论的创立过程中,著名物理学家洛仑兹以及具有开创精神的庞加莱等人可以说都走到了真理的边缘,但他们都没有摆脱“以太”说的迷雾,在真理面前他们却视而不见。而爱因斯坦以其深邃的物理洞察力,得出“以太”引入不必要,时空并非绝对的结论,进而建立了具有革命意义的相对论。如果我们在课堂教学中以历史上这样一些著名事件为素材,利用历史方法进行物理教学,可以使学生深刻认识物理学发展道路的曲折,对于在复杂条件下提出问题和解决问题的能力培养是一个极好的训练。

引入物理学史可以培养学生的协作精神和借鉴能力。

联合国教科文组织总干事马约尔博士在最近发

表的一个报告中指出,要教育学生不仅要“学知识”,而且要“学做事、学做人、学会与他人生活”。无论是牛顿,还是爱因斯坦、玻尔等科学巨匠,无一不是站在历史的高度,在受益于历史的情况下做出伟大贡献的,正如牛顿所说:“如果我看得更远那是因为站在巨人的肩上”。在物理学史教学中,我们可以在一些典型的事例中时时发现科学家之间的相互协作和相互帮助的精神,从而使学生懂得在科学研究中只有认真总结前人的经验和教训,批判地继承前人的思想,才能做出前人不曾做出的贡献。

引入物理学史可以培养学生参与意识和勇气。

我们的大学生参与的意识不强,勇气不足,他们往往认为物理学的研究和发展是西方国家物理学家的事情,我们作为学生只能学习和运用知识。要改变这一现状,物理学史就是一个很好的素材,通过介绍杰出物理学家成功的艰难历程,甚至他们的失败,可以揭开大物理学家的神秘面纱,从而使学生懂得,只要努力攀登、持之以恒,我们同样也能做出非凡的成就。比如在物理实验教学中,给学生适当介绍1925年到清华创建物理系的叶企孙教授和1928年被聘到清华物理系任教的吴有训教授。在大学教育中,他们特别强调“理论与实验并重”,强调学生“动手解决实际问题能力”的培养。从大半个世纪的教学实践来看,1999年9月18日公布的获“两弹一星功勋奖章”的23人中,大部分是叶、吴的弟子。为中国打破诺贝尔奖零记录的杨振宁和李政道也是他俩的弟子。从这些情况来看,只要我们学生在学习和以后的工作中积极参与、勇于探索、锲而不舍,也同样能做出非凡的成就,为物理学的发展做出贡献。

教学内容的现代化必须利用物理学史。

教学内容的现代化已成为当前教学改革的大势所趋。但是,从经典物理学向现代物理学的过渡并不是一件容易的事,这不仅在于它们研究的范围不同,而且引发的基本概念、思想方法、哲学观念等都有本质的区别,人们不可能从经典物理一下子跳跃到现代物理上来,而只能采用过渡的手段,这个过渡就是物理学的发展史,只有通过历史这一桥梁才能

实现从经典向现代的过渡。

### 如何引入物理学史

关于引入物理学史的目的,我们不能停留在单纯地介绍科学事件的时间、地点、人物本身、或者介绍几个科学家轶事以活跃课堂气氛,而是要以历史为素材,揭示物理概念、物理规律和物理思想的内在发展规律,培养学生的智能和创造性思维,造就超过上一代科学家的新的科学巨匠。

那么,到底如何引入物理学史呢?

我们认为,在整个教材以假说—演绎的简单逻辑体系的基础上,采用“阶段式”物理学史的方法较为合适;即从概念的发展中抽引出假说,然后演绎整个体系,强调将历史有机地融汇到概念、思想或理论的提出和发展中。这种方法既增强了历史感,有效地发挥了史料的作用,也不致于损害学科体系的简单逻辑结构。

在这方面,杨福家的《原子物理学》(上海科技出版社,1985年)就是一个成功的尝试。该书大体仍按传统的原子结构 玻尔原子理论 光谱 量子力学……体系展开的,但每一章的重要模型、概念或理论的建立则一般采用“阶段式”历史方法来讨论的。例如,第一章的“原子模型”,首先回顾了电子的发现及电子质量和电荷的测定,然后介绍了汤姆孙关于原子的“西瓜模型”及其遇到的困难,在此基础上导致了卢瑟福的“核式结构模型”。这种方法既使学生了解了建立行星模型的曲折道路,也使学生深刻地认识到引入行星模型的必然性。更有启发性的是,作者并未像其他教科书那样到此结束这一章,而是专门安排了一节讨论行星模型遇到的新问题:按经典电磁理论,它不能保证原子的稳定性、同一性和再生性。作者在此又设疑,启发学生做进一步的探索和研究,同时也为下一章玻尔原子理论的建立埋下了伏笔。再比如,第六章的“量子力学导论”,该书并不像其他教科书那样,一开始就介绍薛定谔方程及其性质,否则只能使本来就显得“怪”的量子力学更显得神秘莫测(学生也不明白为什么还要研究量子力学,为什么量子论不可能停留在玻尔理论的水平……),为了避免这些问题,该书首先列举了玻尔理论的历史困难:一是概念上不能自我完备,它既承认经典的库仑定律,也不否定加速电子释放的电磁波,因此,它对原子行为的量子限制具有很大的任意性和经验性;二是实验上的困难,它不能解释氢的谱线以及包括氢在内的光谱的强度。为形象深刻,该书还列举了历史上批判玻尔理论不足的例子,比如卢瑟福的质疑

和薛定谔的“糟透的跃迁”,这些例子说明玻尔理论在逻辑上、概念上的不足,从而明确指出玻尔理论在描述微观领域方面还不是一个逻辑完备的理论体系,这样就需要一个自成体系的“量子力学”,顺势就引出了量子力学的建立及其理论的内容。可见,这些史料的运用使得这本教科书形象而深刻地展示了原子物理学的历史进程,对培养学生的创造力是一个极大的帮助,它不仅能使学生坚实地打好基础,还能富有成效地培养能力,真正能很好地完成我们的教学任务。

大多数教科书在编写上并未涉及很多物理学史的知识,也没有完全按照物理学的发展进程来编写,那我们在课堂教学中如何来把握这个尺度,让物理学史与物理学知识能够有机地结合呢?我们认为,在教材以假说—演绎的简单逻辑体系的基础上,先按教材的章节逐一讲授学习,其间适当穿插旧理论存在的困难以及新理论提出的历史背景,讲清新事实与旧理论之间的矛盾,各种观点、假说、理论之间的矛盾以及物理学与其他相邻学科的相互促进和发展,从而让学生进一步认识推动物理学发展的内因,激发他们的求知欲望和探索动力。

比如姚启钧的《光学教程》(高等教育出版社,1989年)的主要目的在于研究说明“光的本性”,主线按照光的干涉 光的衍射 几何光学的基本原理(光的反射、折射) 光的偏振等说明光具有波动性,再从新的实验事实——光电效应、康普顿效应出发说明光具有粒子性,进而提出德布罗意物质波,说明光具有波粒二象性,发展了玻尔的“互补原理”,即对自然现象的描述要用相互对立的、相互补充的两种方法来进行才是完备的。在课堂教学中,我们应先按章节逐一学习,待新课结束后,再用1~2个课时,以历史为线索,把整个光学的发展进程梳理一遍,以使学生对整个光学内容以及光学的发展史有个梗概的认识,这对培养学生思维能力的培养很有好处。

再比如在开普勒三定律的学习中,除了要学生掌握行星运动三定律的基本知识外,还应让学生了解这些定律的发现过程。首先要学生了解哥白尼的日心说以及日心说的指导思想,他认为宇宙应该是简单、和谐、对称的,哥白尼的思想发展了毕达哥拉斯的科学美的思想;其次,要学生了解第谷和开普勒的结合是物理学发展史上实验物理学家和理论物理学家的第一次结合,既要重视实验数据,又不能轻视理论推理;既要继承前人的经验,又要富有怀疑精神。开普勒正是从火星轨道的8 误差着手,开始怀疑古希腊人

的“匀速圆周运动”的正确性,进而研究得出了开普勒第一定律;但从观察中发现,地球的运动离太阳近时快、远时慢,又破坏了和谐的原则,于是他又提出了3条假设,研究得出了开普勒第二定律:行星对太阳的矢径,在相同的时间内扫过的面积相等。但这个等面积速度是对各个行星而言的,不同的行星这些常数不等,开普勒认为,宇宙应该是统一的,所有行星的运动都应遵从一条共同的规律,于是他将第谷留下的资料进行了全面的分析,终于找到了 $T^2 = KR^3$ 的关系,命名为“和谐定律”,即开普勒第三定律。纵观开普勒发现行星运动三定律的全过程,可见他始终是以科学美的原则作为指导,认为简单法则是贯穿整个科学史的一条深沉的潜流,即对自然界的单纯性和一致性的信心,它永远是灵感的源泉,帮助科学家克服不可避免又无法预见的障碍。这样,能恰当地把物理学史与物理学知识结合起来讲授,这对学生世界观的树立和方法论的培养是很有好处的。

#### 如何运用物理学史进行科学方法教育

大量的教学实践表明,掌握知识和掌握科学方法的具体过程有着明显的差异。教师在长期的教学实践中,对如何进行知识的教学已有了充分的实践和研究,而对科学方法教育的实践与落实研究得还不够充分。学生对于知识的学习过程,一般从心理准备和知识准备上都比学习科学方法要容易得多,知识的内化过程也要比方法的内化过程简单一些。因此,在物理教学中,我们有必要对如何进行科学方法教育的问题作进一步的探讨。

首先要提高教师的认识。物理学的科学方法,指的是在物理学发展过程中,物理学家研究处理问题的思想方法。由于这些方法是隐含在物理教学的各个知识当中的,因此在实际教学中常常会被以单纯知识为主的教学评价所掩盖,从而被教师所忽视。这就要求教师能从物理教学对人的培养作用的高度来提高认识,叶企孙教授曾强调指出:大学与中学的物理教学不同,不仅要给学生以知识,更应交给学生科学方法。因为知识只有通过具体的方法加以应用才能体现出它的价值,才能体现出人类在生产、生活中不断认识和改造自然的能力。从长远的观点看,物理教学既要发挥其研究成果——静态的知识体系的作用,也要充分发挥其研究过程——动态的知识体系的价值。教师应把教育过程看成是“把凝固的文化激活”的过程,把文化的传授和学习转化成历史上文化创造者与今天文化学习者之间的对话,把“教书育人”落实到实

处,发挥科学教育的“长效作用”——即教会学生如何做人,培养学生正确的价值观和人生观,提高学生思想道德水平和文化素养,使学生在德智体美等方面得到全面发展。

其次要积极挖掘教材中进行科学方法教育的素材。进行科学方法教育,不能脱离物理知识的教学,因此我们要从物理教学对人的培养功能着手,从日常的具体教学中实施科学方法的教育。这就要求教师要在教学过程中,挖掘教材中有关科学方法论的教材,以物理知识为背景进行科学方法的教育。物理学在发生、发展的过程中蕴藏着丰富的科学方法,从伽利略的斜槽落球的理想实验到牛顿的“天地间力学规律”的统一;从力的合成到串、并联电路总电阻的等效思想;从奥斯特的“电生磁”到法拉第对电磁感应现象的猜想与探究其中的对称性;从原子结构的发现到量子力学的建立等等,无一不包含着极其深刻的物理学方法。只要我们在进行知识教学的准备过程中,注意挖掘素材,恰当运用史料,就能让我们的学生在学习知识的同时,体会到物理学研究方法,从而充实他们的智慧。

点拨和渗透是进行科学方法教育的可行性方法。进行科学方法教育,不论是从教材的编写上,还是从教师的教学习惯上讲,都有一定的困难。因为科学方法教育的具体内容,往往是以隐型的方式出现在教材中,这就要求教师在备课的过程中积极挖掘,在充分考虑到知识背后所隐藏的科学方法因素的同时,在教学中不失时机地点拨和渗透。这样既不会削弱知识的教学,又能使科学方法的教育进行得自然、顺畅。

比如郭奕玲、沈慧君的《物理学史》(清华大学出版社,1993年),在讲到关于电流相互作用的安培定律时,作者引用史料概括地介绍了安培定律发现的全过程。由于稳恒条件下不存在孤立的电流元,稳恒电流只能存在于闭合的电路中,因此电流元之间的相互作用的定律无法直接从实验中总结出来。安培就以精巧的实验技艺、高超的数学才能和漂亮的科学假设,设计了4个“示零实验”,确证了电流元之间相互作用的反向性、矢量性、横向性和比例性;然后在4个实验的基础上又作了一个假设:两个电流元之间的相互作用力沿它们的连线,由此推导出了电流元之间相互作用力的著名公式,即安培定律。作者着力描述了4个实验、一个假设和一个示零法,把这个“堪称物理学史上不朽的杰作”实验中“精巧的”设计思想发挥得淋漓尽致,分析得十分透彻,揭示出安培定律的内涵正是

# 趣谈水的几个物理特性

黄 涛 汪国芳

(西南农业大学荣昌校区基础科学系 重庆 402460)

在我们人类生活的地球表面上,有 70% 的地方由液态水覆盖着,可以说地球是个名副其实的“水球”。几乎所有的生命形式的主要构成成分都是水,没有水就没有生命的存在,也不会有今天有滋有味的生活。水有很多我们熟知的特性,如无色、无味、能溶解许多物质、在 0 时结冰、100 时汽化、能吸收大量的热能、能形成晶莹的水珠等等。虽然一般人对水都比较了解,但仍有很多值得研究的地方,即使是它那些熟知的特性也显得是如此地巧妙,因而让人类居住的这个神秘的星球有了无比丰富的生命与多姿多彩的生活。

## 一、水的溶解性与食味

水比其他任何液体都能溶解更多的物质,这要

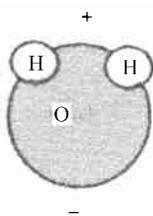


图 1

得得力于它独特的分子结构,特别是水分子的有极性。我们都知道水的分子式是  $H_2O$ , 如图所示。水的分子结构非常简单,由两个氢原子和一个氧原子呈一定对称性组成 V 字型分子。这种结构导致水分子在氧的一边出现微弱的负电,而在氢的一边形成微弱正电,所以水分子很容易相互形成立体的连接,也使它很容易与其他物质的原子因电荷的吸引而相互接合,因而使水有很强的溶解其他物质的能力。比如当我们将盐 ( $NaCl$ ) 加到水中时,水分子的有极性使它与盐分子间形成微弱结合,使得晶体盐粒均

匀分散到水中。正是这一特性才使得我们的生活中有那么多的美味,我们每一天都在不知不觉中喝下了各种水溶液,酸甜苦辣样样都有。水的这种强溶解性,使得动物体内的水溶液携带着各种所需要的物质在体内循环,从而也为生命的代谢起了重要的作用。

## 二、水的密度与地球生命

在地球环境条件下,水是已知惟一三态共存的自然物质。水的不同状态对应分子的不同排列形式,在固体状态下分子呈高度有序态存在。大多数物质在一定压力下,随着温度的下降,其密度会上升;而水却比较特殊,在温度大于 4 时,水是遵循这一规律的,包括从气态水到液态的过程。但在低于 4 后,水的密度反而开始减小,即水在 4 时的密度最大。水的这种固态密度大于液态密度的特性在自然界中几乎是独一无二的。在地球的大部分能结冰的地方,冬天来临时,水开始结冰,然后浮在水面上,这样将冰下方的液态水与冰上方的冷空气隔离开,从而阻止或是减缓了冰下液态水的固化,也保证了水中以液态水为生活条件的生命形式比如鱼类、水草等的存活。当第二年春天到来时,上升的气温会融化掉浮在水面上的冰,水又重新回到流动的液态。试想一下,如果水没有这一特殊的物理性质会是什么样的结果? 上面的水结冰后往下沉,涌上来的水又结成冰,如此反复,最终是一条河或整个湖都变成硕大的冰疙瘩,水中的生命也就无法生存

综合归纳了 4 个实验的结果和一个假设的内容而成为电磁学的一个基本定律的。

这段史实的讲述,重点放在设计思想、实验技巧、科学假设和科学方法的阐述上,既使学生对电磁现象的认识得以升华,又使学生在科学思维和科学方法上得到深刻的启迪。

总之,只要我们能从物理教学对人的培养功能的高度来认识,真正将科学方法教育视为物理教学的目的之一,深入挖掘教学内容中的方法教育因素,不失时机地加以点拨和渗透,就可以把科学方法教育落实到物理教学中。