

美国 AP 物理教材特色及启示

——以量子理论部分为例

李文婷 王较过

(陕西师范大学物理学与信息技术学院 陕西 西安 710119)

(收稿日期:2017-06-28)

摘要:我国 AP 物理课程建设近年来取得了一定的进展,但仍存在教材匮乏的问题,采用内容分析的方法分析了美国主流 AP 物理教材《Physics: Principles with Applications》,给我国的 AP 物理教材建设提供了借鉴。

关键词:AP 物理 教材 科学哲学

AP 课程^①的设置不但加强了高中与大学的合作,而且使学生有了合理过渡的课程^[1]。然而,我国 AP 物理课程存在教材匮乏的问题,那么,如何才能建设出我国本土的高质量 AP 物理教材呢?笔者认为,美国比较成熟的 AP 物理教材^[2]对我国 AP 物理教材建设是有积极参考价值的,本文以《Physics: Principles with Applications》^②[3](以下简称《原理与应用》)中的量子理论部分为例,分析其主要特色,以期对我国的 AP 物理教材建设提供参考。

1 量子理论部分的内容及其特点

1.1 注重从物理学史的视角引入课题

表 1 所示为量子理论部分的章节安排,该章从电子的发现讲起,这是因为作者认为电子的发现是现代物理的标志,也是量子理论的先驱。由表 1 可见,《原理与应用》的编写侧重于从物理学史的角度重演科学前进的道路,让学生像物理学家一样经历认知的过程。

表 1 量子理论部分的章节安排

节次	内容
1	电子的发现和特性
2	黑体辐射;普朗克量子假设
3	光子理论和光电效应
4	光子的能量、质量和动量
※5	康普顿效应
6	光子相互作用;双生子
7	波粒二相性;互补性原理
8	物质波
9	电子显微镜
10	早期原子模型
11	原子光谱;原子结构的钥匙
12	玻尔模型
13	应用到原子中的德布罗意假设

1.2 注重科学哲学教育

由于物理学是一切自然科学中的基础学科,一方面,物理学的重大成就总会直接推动哲学的发展,

作者简介:李文婷(1991-),女,在读研究生,研究方向为课程与教学论。

指导教师:王较过(1957-),男,教授,研究生导师,研究方向为物理教学论。

① AP 是 Advanced Placement 的缩写,中文一般翻译为美国大学先修课程、美国大学预修课程。指由美国大学理事会(The College Board)提供的在高中授课的大学课程。美国高中生可以选修这些课程,在完成课后参加 AP 考试,得到的成绩在进入大学后可以转换为相应课程的学分。

② 《Physics: Principles with Applications》是由 Douglas C. Giancoli 教授编著的,在美国物理学会从 1987 年开始的每 6 年一次调查的近两次中,这本书在 AP 物理课程 B 教学中使用的广泛率是居于首位的,教师对这本书的评价也最高。这本书从 1980 年出版以来,已经再版了 6 次。

另一方面,哲学也给物理学家提供了思维的工具和准则,物理学上的重大突破往往来自思想上的突破^[4].由于物理学与哲学的特殊关系,科学哲学在物理教学中具有重要的地位.通过对《原理与应用》的分析,发现其十分注重科学哲学的教育.下面通过实例,进一步探讨《原理与应用》如何体现科学哲学教育.

在“电子的发现及其特性”一节介绍电子的发现时提出“科学中的发现”这一主题,探讨科学中的“发现”和一般意义上“发现”的区别.作者通过提问:“第一个看见玻璃管放电的人应该被认为是发现电子的人吗?或者是那个把玻璃管放电称之为阴极射线的人?”并总结到这两者都不是.由此提出:科学发现并不是一个清晰的物质的事实.虽然汤姆孙被认为是电子的发现者,但事实上他并没有真正看见电子.并在这一节的末尾谈到:罗素^③认为电子是一个“逻辑建设”,它是由一些我们可以测量的特性组成的整体.我们所画的由一个小球体和一个负电荷的电子图是没有说服力的(现在看来是不正确的).同样在“光的波粒二象性;互补性原理”中谈到:波粒二象性是人类大脑的抽象.当我们想要试图证明光到底是什么时,我们仍然是持有可见的图式.没有理由认为来自微观世界的光子应该与某种模型(或可见图式)一致.我们最好承认我们用来理解这些间接实验的日常语言和图像是有局限性的.作者借此告诉学生物理学是通过抽象的逻辑进行构建的,引导学生思考科学哲学问题,理解科学的本质.

科学研究的起点是科学哲学的重要问题,逻辑经验主义认为“科学研究始于观察”,美国科学哲学家亨普尔认为“科学研究始于假说”,奥地利哲学家波普尔认为“科学研究始于问题”等基本观点都有其合理之处.为了使思考这一问题,作者在《普朗克量子假设》中指出:“事实上,量子假说似乎是普朗克从数学的角度得到的正确答案,而不像牛顿那样的发现.在该假说提出之后,普朗克才为常量 h 的引入寻找了一个经典的解释.”由于在学习早期的量子理论之前,经典物理学中,研究对象是宏观可

见的,物理规律的发现往往起始于对物理现象的观察,而微观世界中我们很难观察某一粒子的行为.由此,作者顺利地渗透了量子理论的研究方法,同时诱导学生思考科学研究的起点问题.

尼耳斯·玻尔一生致力于物理学的研究中,然而海森伯却说:“从根本上来说,玻尔是位哲学家而不是物理学家.”可见哲学对物理学研究的影响是巨大的.在《原理与应用》中,作者在引入物理概念时,直接从物理学家的哲学观入手.例如在引入光的波粒二象性时,作者直接以互补性原理为标题,指出研究光现象时,为了解释某些实验现象,我们有时候用波动理论,有时候用光粒子理论.如果我们想要对光有一个全面的认识,就要同时理解光波动性和粒子性两个方面,每个方面都和另一方面是互补的.从而建立起了光的波粒二象性的概念.在介绍德布罗意波时,首先指出德布罗意持有自然界是对称的自然哲学观,所以他认为实物粒子也具有波粒二象性,与实物粒子相联系的波称为德布罗意波.这体现出物理学本身蕴涵着许多值得探讨的科学哲学观念,从而对学生进行显性的科学本质观教育.帮助学生更好地把握科学本质,使学生懂得科学究竟是什么,科学知识是怎样产生的,科学在社会发展和进步中的作用,科学和科学方法的优点与局限性等等,从而培养学生的科学精神和创新能力^[5].

1.3 注重物理知识的实践价值

《原理与应用》中介绍物理知识在实际中应用的实例多达341个,其中88个是生物和医学中的应用,其余的253个为日常生活和科学技术中的应用.由于篇幅所限,表2列举了量子理论的部分应用,除此之外,第9节用一节的内容介绍电子显微镜的应用,作者将实物图和原理图相结合,详细地介绍了透射电子显微镜(TEM)、扫描隧道显微镜(STM)和原子力显微镜(AFM)各自的原理及其三者中的应用方面的区别.

^③ 伯特兰·罗素(Bertrand Russell, 1872—1970)是20世纪英国哲学家、数理逻辑学家、历史学家,代表作品有《幸福之路》《西方哲学史》《数学原理》《物的分析》等.

表2 量子理论的部分应用实例及其原理

应用实例	原理
防盗报警器、自动门	光电效应:防盗报警器和自动门中装有光电管回路,当一个人扰乱了光束,回路中突然断开的电流起了一个开关的作用,通过电磁阀操作一个钟或一个门
骨质疏松的诊断	康普顿效应:伽马射线在骨头上散射,散射辐射的总强度正比于电子的密度,反过来也就正比于骨密度
正电子发射型计算机断层显像(PET)	电子和正电子的湮灭:将放射性同位素注入人体,在人体内衰变放出的正电子与人体内的负电子相遇湮灭转化为一对光子,被探测器采集后,经计算机处理生成清晰图像用于诊断和指导治疗肿瘤、冠心病和脑部疾病等

这些应用实例的引介不仅让学生看到物理知识在实践中的价值,而且让学生认识到一些仪器的制造反过来又可以为物理学的研究提供支持.同时,在相关应用的介绍中,普及了生活中的物理原理,如视觉的产生.这些应用实例均促进了物理学科与生物医学、生产生活等相关领域的交叉融合,让学生体会到物理学不光停留在思维的训练上,它确实可以帮助人类更好的生活,提高了学生的科学素养.

习题的设计注重背景设置和应用价值,计算依据真实的数据进行,其结果对认识生活中的一般事物具有指导意义.例如,在黑体辐射部分,要求学生根据星星的温度解释星星的颜色,估计人眼的辐射波长和视觉敏感性这样的问题,这些题目不仅有物理学背景还有宇宙学、生物学等方面的知识,学生需要通过查阅资料建构物理模型来解决.可以看出这样的题目更接近于原始物理问题,利于学生切身感受物理量的大小,将物理知识用于生活,培养学生抽象概括思维能力和解决问题的能力,激发学生的创造性.

1.4 应用注释减少阅读障碍

《原理与应用》的作者在沿着自己的逻辑思路叙述的同时,实时地监测学生的认知.站在学生的角度对学生可能遇到的问题进行假设,并用注释的方式给予解释.解释的问题既有学生对某一概念的理解偏差导致的学习障碍,也有读者对于作者编写某一部分内容意图的困惑.通过注释的方式使读者时刻保持清晰的思路,减少学习中遇到的障碍.例如在“早期原子模型”一节中,作者对编写原子模型的建立过程的原因给出了这样的注释:“一些读者可能会

说,不要用过时的理论来扰乱我们,告诉我们现在的科学事实.这样的方式会使我们忽略掉科学具有创造性的一面,给了我们错误的科学发展的印象.而且,没有洞察是什么样的观点导致现在的原子模型建立,我们就不可能真正理解它.”这样的注释有利于读者理清思路,清除学习中遇到的障碍.这就好像教师在课堂教学中允许学生随时提问一样,使学生与教师处在相同的思维情境,以保障课堂中教师与学生的互动实时有效.教材编写时添加必要的注释能够使读者的思维跟作者一致,实现平等、实时有效的对话.这样的注释增强了《原理与应用》的可读性,引导并帮助学生的自主学习.

2 美国 AP 物理教材对我国教材建设的启示

2.1 通过科学哲学教育培养学生科学核心素养

前已述及,美国 AP 物理教材的一个鲜明特点是注重科学哲学教育,通过科学哲学促进学生理解科学本质.目前,人们已经达成共识,科学本质是科学教育的一个重要目标,也是学生科学素养的核心要素之一.在中学介绍如互补性原理、奥坎姆剃刀等关于理论的理论也更利于学生的学习.林崇德等对现行课程标准中核心素养的研究指出,物理教学缺乏价值观培养.而科学哲学教育恰好能弥补这一遗憾.因此,笔者认为,可以借鉴美国教材,在我国的物理教材中注重科学哲学的显化渗透.具体可以借鉴美国教材的做法,通过简单具体的典型事例引发学生深刻思考,再给出其中蕴含的普适的哲学原理,也可以借助物理学家的哲学观点引出其物理学理论观点.

2.2 AP 物理教材编写应加强学科融合

我国一直强调创新型人才的培养,但由于当前我国教育在目标定位、教育内容、教育方法等方面存在一定的不合理性,致使教育错位难以培养出符合社会经济发展所需求的创新型人才^[6].当前我国的中学物理教学仍然停留在习题的反复演练状态,这虽对学生的思维能力提升有一定的作用,但是学生很难将学到的理论知识应用于生产生活实践,解决生产生活中的实际问题,各学科之间的交叉融合也十分有限.这就使学生的头脑里虽然装满了知识,却很难转化为成果输出.因此,可以借鉴美国教材,注重学科的交叉融合.在教材编写中注重物理学在相关领域的应用,并引介物理学前沿的研究,增强知识的时代性.让学生体会物理知识如何转化为现代技术,给学生提供实践和创新的熏陶.让物理教学从以解题为目的的走向为社会发展而学习.

2.3 从习题走向实践

美国 AP 物理教材在习题中设计的问题拉近了物理知识与学生的距离,用生活中常见的事物为问题背景,增加了应用物理于生活的机会,体现出了本书有关“应用”的理念.这可以为我国的习题编写提供借鉴.另一方面,我国教材习题均注重学生对基本概念原理的理解,即学生经历“学习书本知识-习题

演练理解知识-巩固回归书本知识”的封闭式学习回路.而美国 AP 教材习题的开放度比较大,不仅需要借助书本知识,还需要借助网络等其他资源,实现解决现实问题的目的.这就为学生学习打开了一个窗口,使学习走向实践且变成一个开放的状态,为学生提供实践的机会.我国的物理教材在课后作业的设置上应该考虑习题和问题的区别,增加基于生活的原始问题和基于实践的活动项目,使学生从题海迈向实践,使学习目的从做对题目转变为培养能力.

参考文献

- 1 张笑岩. 美国 AP 课程述评. 基础教育参考, 2010(9): 27 ~ 31
- 2 Casey Lang Tesfaye, Susan White. High School Physics Textbooks, Resources and Teacher Resourcefulness: Results from the 2012 - 13 Nationwide Survey of High School Physics Teachers. College Park: AIP Statistical Research Center, 2014: 1 ~ 16
- 3 Douglas C. Giancoli. Physics: Principles with Applications. London: Pearson Education, 2014: 771 ~ 802
- 4 宋丽艳. 论哲学与物理学的发展关系. 中山大学学报论丛, 2005, 25(04): 65 ~ 67
- 5 胡诚. HPS融入科学课程的研究:[学位论文]. 武汉:华中师范大学, 2006. 10 ~ 19
- 6 郭世田. 当代中国创新型人才发展问题研究:[学位论文]. 济南: 山东大学, 2012. 64 ~ 65

(上接第 114 页)

有趣现象.虽然利赫曼不是最先研究雷电的人,但是他是痴迷于研究雷电的人.他这套研究雷电的装置不仅吸引了罗蒙诺索夫的注意,使罗蒙诺索夫也在家中制作了相同的装置,而且还得到了雕刻师索科洛夫的关注.

利赫曼在学术上勤奋刻苦、严谨认真,生活中的他还有为人正直、待人诚恳、处事冷静的好品质.据罗蒙诺索夫回忆,利赫曼的死是利赫曼家中的一个女佣哭着跑到他家告诉他的,可见利赫曼对周围的人都非常友善.利赫曼被安葬时有大批送葬者也证明了这一点.

利赫曼为了研究雷电,不幸死亡,为科学献身.他在物理学领域做出的贡献,值得我们纪念.

参考文献

- 1 Leonid N. Kryzhanovsky. Centaurus 1991, 34(2): pp. 119 ~ 124
- 2 C. C. Gillispie ed. Dictionary of Scientific Biography. New York: Charles Scribner's Sons, 1970 - 1980, 11: 432 ~ 434
- 3 向洛, 宋治. 罗蒙诺索夫. 上海: 少年儿童出版社. 1980. 178 ~ 204
- 4 Philosophical Transactions of the Royal Society. An Account of the Death of Mr. George William Richmann, Professor of Experimental Philosophy, a Member of the Imperial Academy of Sciences at Petersburg. 1755, 49: 61 ~ 69
- 5 Philosophical Transactions of the Royal Society. An Answer to Dr. Lining's Query Relating to the Death of Professor Richman. 1753, 48: 765 ~ 772
- 6 https://en.wikipedia.org/wiki/Georg_Wilhelm_Richm-ann