

一步一重天 百步上云端

——赏析人教版新教材“原子结构和波粒二象性”中科学思维的渗透

胡军辉

(石家庄市第十九中学 河北 石家庄 050011)

杨朋聚

(石家庄市第一中学 河北 石家庄 050011)

(收稿日期:2022-05-27)

摘要:通过解读新教材中科学思维的渗透,让学生体会到模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新是构成科学思维的主要成分,从而培养学生的学科素养;通过体味教材中科学家研究过程的艰辛和快乐,激发学生献身科学、造福人类的热情.

关键词:科学思维;推理;模型;质疑;教材

大多数课程标准的课程理念并未显化描述,而是渗透在课程标准中,体现出对于整个课程标准编写的指导作用^[1]. 在新一轮的教学改革中,新教材尤其注重概念和规律等在学生头脑中的提炼和升华,注重知识体系的建构,以大专题、大单元教学设计为主培养学生的科学思维,通过事实和理论将学生的认知趋于核心概念,让学生理解与生活、科技相关的事件和现象. 下面笔者尝试以人教版选择性必修三的“波粒二象性”“原子与原子核”主题为例,去引导学生体味教材中科学思维的有意渗透,体味编者对学生科学求真、从物理视角解释自然现象和解决实际问题的熏陶和濡染,从而形成基本的科学思维方法,建立严谨的理论知识体系.

1 科学推理的作用

教材提供了丰富的史料背景,借以凸显科学推理对新理论体系形成的重要推动作用.

在本章的开篇,教材用简约的语言介绍了在西方工业革命时期,冶金技术的迅猛发展,迫切需要知道温度与黑体辐射之间的对应关系,为此,科学家利用带小孔的腔体(对炼钢炉门的抽象)作为理想的黑体进行了一系列实验,并得出普遍认可的实验现象,如图1所示. 在拟合理论去解读上述实验事实的过程中,出现了维恩曲线和瑞利-金斯曲线两种理论观点,都与实验结果有明显偏差,为此普朗克根据实验结果采用数学技巧“内插法”拟合推理出一条

新的辐射定律——普朗克辐射定律,根据实验现象,他“必须假定”振动着的带电微粒的能量是某一最小能量值 ε 的整数倍. 带电微粒辐射或吸收能量时,也是以这个最小能量值为单位一份一份地辐射或吸收的. 这个不可再分的最小能量值 ε 叫做能量子, $\varepsilon = h\nu$,并且得出了 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, h 就被称为普朗克常量. 从此,恢宏壮观的量子力学大厦拔地而起,物理学的发展进入新纪元.

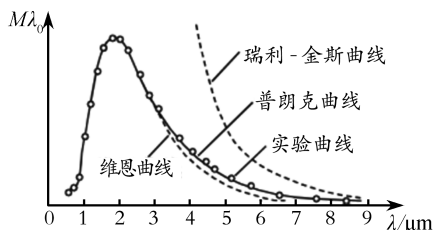


图1 黑体辐射规律

接下来教材在第3节“原子的核式结构模型”仍沿用上述思路—— α 粒子散射实验现象迫使卢瑟福“必须假定”原子中带正电部分的体积很小,但几乎占有全部质量,带负电的电子在正电体的外面运动. 然后采用类比思维,借助经典力学中的卫星模型,提出动能、势能、能级等系列概念,加深了学生对原子结构的认识,起到了很好的思维迁移作用.

在第4节“氢原子光谱和玻尔模型”中,瑞士中学数学教师巴尔末则是通过归纳推理,找到当时已知的氢原子光谱4条谱线的波长关系: $\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{2^2} \right.$

$-\frac{1}{n^2}$), $n = 3, 4, 5, \dots$, 并利用类比推理得出赖曼系、帕邢系、布喇开系等光谱规律。

还有第5节教材中提到, 1924年法国青年才俊德布罗意天才般的反向类比推理——“整个世纪以来, 在光学上, 与波动方面的研究相比, 忽视了粒子方面的研究; 而在实物粒子的研究上, 是否发生了相反的错误呢?”^[2], 为此, 他大胆提出了假设: 实物粒子也具有波动性, 由此提出了“物质波”这一极富浪漫主义、匪夷所思而又严谨必然的物理概念, 极大丰富了物质、波动的内涵。凡此种种, 无不彰显科学推理在科学思维中的重要作用。

借助教材中的这些素材, 配以图片、文字说明, 佐以教师绘声绘色的演绎, 笔者相信在这样的课堂上, 学生的科学思维会得以引导。在学习知识的同时, 那些科学家严谨的思维、敏锐的洞察力一定会给学生以良好的启迪, 科学思维的萌芽由此迸发。

2 模型建构的必要性

教材系统介绍了一系列新旧理论的演绎变化, 借以凸显模型建构在知识体系构建中的必要性。

所谓物理模型, 就是人们为了研究物理问题的方便和探讨物理事物的本质而对研究对象所作的一种简化的描述或模拟^[3]。

在光电效应部分, 教材用精炼的语言概况介绍了赫兹发现光电效应, 并特意指出, 这是赫兹“细致观察的意外收获”^[2], 引起许多物理学家的关注, 并相继做出关于光电效应的诸多实验规律, 这些实验结果与经典的电磁学理论相矛盾。教材重点提出在普朗克“量子”模型的启发下, 爱因斯坦进一步解放了思想, 提出了“光量子”即“光子”这一划时代的模型, 进而用简洁的光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 对光电效应做出了圆满的解释。在此基础上, 密立根精湛的实验验证、黑体辐射中的普朗克常量 h 和光电效应中 h 的一致性, 以及相继发现和提出的康普顿效应、波粒二象性等, 进一步丰满了“光子”这一模型的属性, 使人们对光的本性认识达到了前所未有的高度。至此, 就可以明确地告诉学生, 一个正确的知识体系是自洽的, 可以通过一个个精雕细琢、相互关联的物理模型, 完成“殊途同归”的思维壮举。

而在“原子的核式结构模型”这一主题中, 教材

更是提供了翔实的理论探究历程, 物理模型渐趋合理, 为学生打开了认知微观世界的大门。先是通过阴极射线的研究, J. J. 汤姆孙发现了电子——教材用精美的插图详尽介绍了阴极射线产生的机理, 渲染电子发现的重大意义。尤其是在新教材中特别提出“J. J. 汤姆孙又进一步研究了许多新现象, ……无论是正离子的轰击、紫外线的照射、金属受热还是放射性物质的自发辐射, 都能发射同样的带电粒子——电子”^[2], 科学家严谨的证实态度, 必将对学生的思维养成产生潜移默化的影响。

以原子结构模型的构建为主线, 教材渐次展开, 从“枣糕式模型”的成功, 再到该模型对“ α 粒子散射”现象解释的无能为力, 最后得出“核式结构”模型。随着对原子结构认识的加深, 一系列矛盾也随之呈现: 经典电磁学理论对原子的稳定性、原子光谱的分立性等解释的困难, 昭示着其模型需要修正和完善, 玻尔氢原子模型应运而生。

新教材就这样一步步引导学生通过学习科学家探索原子结构的历程, 从中感悟提出假设、建立模型、实验验证、合理外推的科学方法, 进一步理解物理模型在物理研究中的地位和作用。

3 质疑创新的地位

教材着墨于科学家研究中的困惑和突破, 借以凸显质疑创新在科学思维中的核心性。

没有哪个章节如此密集地安排物理界的大咖出场: 严谨的维恩、洒脱的瑞利, 敏感的金斯、患得患失的普朗克, 天才的赫兹、勒纳德、赫赫有名的 J. J. 汤姆孙、G. P. 汤姆孙父子、大名鼎鼎的爱因斯坦、较真的密立根、康普顿和他的中国留学生吴有训、一代宗师卢瑟福、出色弟子查德威克、丹麦人的骄傲玻尔, 神秘的沃拉斯顿和夫琅禾费、标榜史册的基尔霍夫和亥姆霍兹、一代传奇德布罗意、量子力学急先锋海森堡、狄拉克、薛定谔、玻恩、泡利、戴维森等, 每一个传奇的背后无不是一段人类最先进的大脑面对新困惑、新危机的极限挑战、大胆质疑、并取得最终胜利的励志故事。

其中最富创新色彩的无疑是前文提到的普朗克创建的“量子”模型——这需要何等的勇气, 自牛顿创建微积分以来, 人们就已经根深蒂固地认为世界是连续的, 是“可积”的, 但新的理论却在微观

世界认为能量是分立的,是不连续的.难怪他对儿子说他的发现“要么是荒诞不经的,要么是牛顿以来最伟大的发现”,惴惴之情,溢于言表.后来,在普朗克量子假说的启发下,爱因斯坦对光电效应、玻尔对氢原子光谱分立性的完美解释,最终将普朗克推到历史发展的前沿,使之成为当之无愧的“量子力学之父”,这也从一个侧面说明了质疑和创新永远是科学思维的核心属性.

教材在第69页“科学漫步”中提出学习物理的目的主要是“为了了解自然界的基本规律,去探索

适用于这一绝对本体的规律”“回顾普朗克的一生,不难看出,正是他中学毕业时遵从自己的好奇心和兴趣而作出的专业选择,成就了他后来事业上的辉煌”^[2];教材更在第93页右侧的批注通过介绍汤姆生父子获奖的历史佳话,告诉学生科学本身是在发展变化的,是具有旺盛生命力的,质疑创新永远是点燃科学思维的导火索.

教材最给人震撼感觉的还有第96~97页“STSE”栏目中的“量子力学的创立和索尔维会议”^[2](图2).



图2 1927年第五届索尔维会议参加者合影

从1911年第一届索尔维会议在布鲁塞尔召开,到第二十八届索尔维会议因疫情原因,从2020年推迟到2021年10月21日至23日进行,百余年来,索尔维会议一直在持续举办,它见证了科学的发展对社会产生了怎样巨大的推动作用.文中提到的那些如雷贯耳的科学巨匠、文中描述的那些让人热血沸腾的科技成就,甚至在第五届索尔维会议上爱因斯坦与玻尔等人激烈的学术争端,无不说明质疑创新永远是科学思维的主旋律,会吸引更多的青年学子不畏权威、献身科学.

《普通高中物理课程标准(2017年版)》明确指出,物理教育是科学教育的一部分,物理学科核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展的正确价值观念、必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特质的品质,是学生科学素养的关键成分^[4-5].对学生而言,教材是其掌握科学的知识体系,培养科

学思维的重要载体,因此,作为教师,我们应该充分挖掘教材的育人功能,致力于对学生科学思维的培养,着力提升学生的物理思维品质,以适应学生终身发展和时代要求的需要.

参考文献

- [1] 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M]. 北京:高等教育出版社,2018:13-14,103-108.
- [2] 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书·物理选择性必修第三册[M]. 北京:人民教育出版社,2020:67-100.
- [3] 田世坤,胡卫平. 物理思维论[M]. 南宁:广西教育出版社,1999:180-181.
- [4] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017版)[S]. 北京:高等教育出版社,2017:46.
- [5] 杨朋聚. 判天地之美 析万物之理——赏析新教材“万有引力与宇宙航行”中物理学科核心素养的渗透[J]. 物理通报,2021(5):145-147.