



天不生玻尔 原子如长夜^{*}

——纪念近代物理学家尼尔斯·玻尔逝世60周年

张凯凯

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

曹海霞

(苏州大学东吴学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2022-03-21)

摘要:2022年适逢伟大的近代物理学家尼尔斯·玻尔逝世60周年,荣获诺贝尔物理学奖100周年.通过回顾玻尔光辉的一生、伟大的科学成就和对后辈人才的培养,表达对大师的崇高敬意与无限缅怀;并进一步探索对当代物理教育的启示,以帮助学生树立正确的科学观,为培养不仅具有探索精神和创新精神,更具有家国情怀和社会责任感的综合型创新人才提供支撑.

关键词:尼尔斯·玻尔;伟大的“三部曲”;量子力学;物理教育

尼尔斯·玻尔一生建树功勋无数,提出了原子结构的“轨道量子化”模型,率先突破经典力学思想框架,成为20世纪创立量子力学的重要起点;一手创建理论物理研究所,广揽天下英才尽教育之;提出互补原理,与不确定性原理共同构成哥本哈根诠释的两大基石,深刻影响了20世纪物理学的历史进程.

1 玻尔的光辉一生

1885年10月7日,尼尔斯·玻尔出生在丹麦首都哥本哈根(图1).1903年秋季,玻尔就读于哥本哈根大学数学和自然科学系.1907年玻尔破格获得了丹麦皇家科学-文学院的金质奖章.于1909年和1911年先后获得哥本哈根大学的科学硕士和哲学博士学位.1913年,玻尔在《自然哲学》杂志上分3次发表了长篇论文《论原子和分子构造》(*on the Constitution of Atoms and Molecules*).1920年玻尔首次提出了于旧量子时代意义非凡的对应原理.1921年,哥本哈根理论物理研究所落成,由玻尔本人担任所长直至逝世.1922年,玻尔因在原子结构和原子辐射方面作出的杰出贡献而被授予诺贝尔物

理学奖.1927年,玻尔提出互补原理.1936年,玻尔提出原子核的液滴模型.1937年,玻尔应我国物理学家吴有训等人邀请来我国访问讲学,介绍国际科学最前沿的原子核问题以及原子领域的因果律.1945年后,玻尔一直致力于原子能的和平利用.1957年,为表彰玻尔在原子能国际合作中所发挥的巨大作用,授予其“原子用于和平奖金”.1962年11月18日,这位富有传奇色彩的原子物理学家在丹麦的卡尔斯堡寓所与世长辞.



图1 玻尔

^{*} 江苏省高等教育学会资助课题“新工科背景下大学物理课程思政的实践与探索”,课题编号:2020JDKT038;教育部物理学类专业教学指导委员会资助课题“基于科研创新的《固体物理》全英文教学模式研究”阶段性研究成果之一,课题编号:JZW-19-GT-07.

通讯作者:曹海霞(1971-),女,博士,教授,研究方向为物理教学研究和凝聚态物理理论研究.

2 玻尔的科学事业

2.1 伟大的“三部曲”

令玻尔第一次在物理学界崭露头角的氢原子理论酝酿于曼彻斯特访学期间,经过1年多的砥志研思,玻尔于1913年在《自然哲学》杂志上分3次发表了长篇论文《论原子和分子构造》,被其得意门生罗森菲尔德称为伟大的“三部曲”。在这篇论文中,玻尔“霸道”地提出了数条在当时科学界看来是离经叛道的假设,并特在“结束语”部分将自己的假设归纳为5条。时至今日回顾玻尔论文中的工作仍具有重大意义,他创造性地用量子化假设将卢瑟福、普朗克和爱因斯坦等人的思想融合,将光谱学和量子论结合在一起,提出了“定态”、不同定态之间的“转移”(即后来称为的“量子跃迁”)、角动量子化等概念^[1]。成功解决了原子稳定性问题,合理解释了巴尔末经验公式并精确推导出里德伯常数,完美解释已发现的巴尔末系和帕邢系,预言了赖曼等线系。同时玻尔又清醒地认识到他这种半经典半量子的理论远非完善,他期望能建立一种描述微观领域量子过程的全新力学,为此他提出了在旧量子论时代意义非凡的对应原理,搭建起了沟通微观世界与宏观世界的桥梁。其重要意义还在于,矩阵力学的创始人海森堡就是在对应原理的指导下,掀起了新一轮的量子革命,创建了玻尔一直摸索寻求的量子力学^[2]。

2.2 山不在高 有仙则名 —— 创建玻尔研究所

1921年,经过3年多的设计与建造,3层高的玻尔研究所正式落成了。可能是考虑到自己的祖国比较小,玻尔对科学研究的国际合作有着独具一格的深切感受,并终其一生成为了科学国际化的最有威望的倡导者和实践者^[3]。这种开门主义的态度以及玻尔特有的对青年学者平易坦率的人格魅力,吸引了世界各地怀揣着梦想与才华的研究者们,如海森堡、泡利、狄拉克、薛定谔等。据统计,当时从世界各地17个国家来访问并且逗留时间超过一个月的学者有63位,其中大部分是年轻人,我国的周培源老先生也位列其中。在这种自由开放、兼容并包的学术氛围影响下,连同玻尔父子,研究所里有10位科学家先后得过诺贝尔物理学奖或化学奖^[4]。

2.3 玻爱之争与互补原理

1927年,玻尔在科摩会议上正式提出了互补原理,强调因为量子公设的存在,经典原子现象的任何观察,都将涉及一种不可忽略的“现象与观察仪器”之前的相互作用^[3],一方面人们必须依靠仪器知晓观测结果,另一方面仪器对被观测对象又有不可避免的干扰作用。这份干扰作用也被融合在观测结果中,造成了“我们既是观众,又是演员”的无奈局面^[5]。因此在不能忽视“量子效应”的原子领域中应当放弃决定论描述而代之以几率描述。互补原理一经问世即与不确定性原理共同构成了几率描述的哲学基础和科学基础^[6]。这使得坚信上帝不会掷骰子的爱因斯坦深感不安,在第五届和第六届索尔维会议上先后以大量精巧的思想实验向玻尔一派发难,其中最为著名的是“爱因斯坦光子盒”,企图将时间与能量的测量作为突破口来否证不确定性原理及互补诠释,以排除几率性^[6]。在一番缜密思考后玻尔发现了光子盒的漏洞所在——红移效应,爱因斯坦的思想实验仅仅考虑了狭义相对论,却忽略了广义相对论中的红移效应,否则结果一样可以导出不确定性原理。经此一役,爱因斯坦口头上承认了量子力学的内部逻辑是自洽的,转而将矛头指向了量子力学的完备性上^[3],并于1935年3月,与玻多尔斯基和罗森联合发表了著名的EPR论文,同年7月,玻尔在《物理评论》上略带挑衅地发表了一篇同名论文,重申互补原理的观点,敏锐地抓住EPR论文的前提之一“物理实在的判据”进行反驳,以他一贯的处理方式回应了EPR佯谬。在长达数十年的量子力学大论战中,玻尔与爱因斯坦作为双方的旗手,在你来我往的碰撞与角逐中,共同将量子力学朝前推进了一大步,使之成为与相对论齐名的20世纪物理学两大支柱之一。

3 玻尔与物理教育

3.1 “玻尔式育人”对当代物理教师的启示

玻尔不仅科学成就斐然,他的教师角色同样出彩,培养了多名诺贝尔奖得主,其有诸多教育思想与当前教育理念相契合,值得当代物理教师挖掘借鉴。

3.1.1 营造自主探索、高效讨论的课堂氛围

在玻尔一手创立的研究所里,他总是鼓励年轻

人们集体地讨论,自由地争辩,在思想碰撞中迸发灵感,在团队合作中各展所长,形成了著名的哥本哈根精神,也使得研究所的整体功能远大于个人能力之和.在中学物理课堂中,学生参与学习过程的表现应受到教师的高度重视.教师应当在启发与引导中构建利于讨论展开的课堂氛围,鼓励学生大胆发表自己的观点,让每一位学生都愿意敞开心扉,各抒己见,在头脑风暴中实现物理观念的同化与顺应.

3.1.2 实验与理论并重

尽管玻尔以理论物理大师闻名于世,但他将实验与理论视为同等重要,更是将实验室誉为发现真理的地方.在研究所的教学科研中,玻尔始终注重理论与实验相结合,这也让年轻人们迅速掌握了科学研究的窍门,在新兴的量子领域作出了一系列开创性贡献.我们物理教师应当权衡好知识传授与实验开展的关系,让学生在理论的指导下开展实验探究,在亲历实验的过程中掌握科学探究程序与方法,进一步加深对物理原理的理解,以待提炼升华为物理观念.

3.2 “玻尔式精神”在物理教学中的应用

在教学中可尝试渗透物理学家与物理学史教育,展现物理学家的批判思维和科学研究素养,从而将科学探究精神通过课堂教学内化于学生内心^[7].在有关章节中,以玻尔的科学精神和高尚人格对学生进行精神引导和情感熏陶,能够为贯彻“立德树人”根本教育目标理念和推进课程思政建设提供有效的途径^[8].

3.2.1 冲破桎梏的创新精神

在玻尔原子模型之前,大部分物理学家都依旧试图在经典理论的框架内讨论修正原子问题,而玻尔在敏锐感知到经典理论不可能对原子稳定性作出解释后,就迅速寻找新的观念.也正是这种敢于冲破传统桎梏的创新精神才使得玻尔相比他的前辈们“提供了新的东西”,迈出了狄拉克口中的原子物理学发展史中最大的一步.在高中物理“氢原子光谱和玻尔的原子模型”一节教学中,除了完成基本科学知识的传授外,还应当渗透上述物理学史,让学生体悟到创新精神在科学研究中的关键性作用,激励学生遇到难题时应当敢于跳出常规,立足创新作出突破,从而帮助学生树立正确的科学创新观.

3.2.2 集思广益的合作精神

相对论和量子力学共同构成了20世纪以来物理学的基础,不同于前者几乎由爱因斯坦一人创建,后者凝结了整整一代物理学家的努力.作为哥本哈根学派的领袖,玻尔在这场国际科学合作中功不可没,他将世界上最思辨的头脑团结在自己周围一道工作,共同完成了构筑量子力学大厦的重任.在高中物理“粒子的波动性和量子力学的建立”一节教学中,除了梳理量子力学建立过程中的关键人物与事件外,还应当着重强调包括玻尔在内的大科学家们的合作精神,力图使学生意识到学习过程中交流与合作的重要性,鼓励学生在面对个人无法解决的问题时,能够主动谋求合作,在共同努力下解决问题.

3.2.3 兼济天下的人文精神

玻尔从来不是独善其身的“聪明人”,当他意识到原子弹研制成功后所与之俱来的各种社会及政治问题时,玻尔立即奔走呼吁,号召以国际合作的形式实现对原子能的国际共管,促成一个“开放的世界”.在“核裂变与核聚变”一节教学中,教师可以通过引入玻尔对原子弹的担忧态度,启发学生思考核能利用背后的伦理道德,并以玻尔达则兼济天下的责任担当,实现价值引领,涵养学生的科学态度与责任,为培养兼具科学素养和人文情怀的创新型人才提供强有力的支撑.

参考文献

- [1] 陈波,何彪,李幼真,等.20世纪的物理学巨匠——尼尔斯·玻尔[J].大学物理,2020,39(2):3.
- [2] 王可,韩菊.玻尔:量子物理学的英雄[J].物理教师,2005(9):7-8,11.
- [3] 戈革.尼耳斯·玻尔:他的生平,学术和思想[M].上海:上海人民出版社,1985:211-215,308,391.
- [4] 青峰.简明物理学史[M].南京:南京大学出版社,2007:126.
- [5] 胡化凯.物理学史二十讲[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2009:373.
- [6] 李田.科学争论中的逻辑推理——量子革命中的爱因斯坦-玻尔论战[J].自然辩证法研究,2011,27(12):34-39.
- [7] 曹海霞.“新工科”背景下大学物理课程中融入课程思政的实践与探索[J].物理通报,2020,39(12):9-12.
- [8] 芦星月,熊建文.科学探究视角下的物理学史教育功能分析[J].物理教学,2021,43(8):69-71,43.