

基于 OBE 理念下《量子力学》教学方法研究与实践

朱小娟 张方晖 牟强 袁桃利

陕西科技大学 电子信息与人工智能学院, 中国·陕西 西安 710021

摘要:《量子力学》是电子科学与技术等电子信息类工科专业的核心基础课程。针对本课程教学内容抽象、教学形式单一、数学公式繁杂等问题,基于 OBE 理念探讨了借助历史故事、整合教材、成语典故、角色互换、思维导图等方法凝练课程内容,利用类比思维和模拟软件等方式帮助学生理解量子力学理论。同时,结合我院专业特点在该课程中融入半导体器件等与量子现象相关的实物、半导体领域研究前沿等与实践关联密切的内容,做好与后续专业课程内容的衔接,以此培养具备良好的学习能力、创新思维和实践能力,能够独立思考和解决问题的高级工程人才。

关键词:量子力学; 电子科学与技术专业; OBE 理念; 半导体器件

Research and Practice on Teaching Method of *Quantum Mechanics* Based on OBE Concept

Xiaojuan Zhu Fanghui Zhang Qiang Mou Taoli Yuan

School of Electronic Information and Artificial Intelligence, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi, 710021, China

Abstract: *Quantum Mechanics* is a core foundational course for electronic information engineering majors such as electronic science and technology major. For the problems existing to abstract teaching content, single teaching form, and complex mathematical formulas in this course, based on the OBE concept, many methods are used to condense course content in this paper including the use of historical stories, integrated textbooks, idioms and allusions, role exchange, and mind maps etc. and analogical thinking and simulation software are used to help students understand quantum mechanics theories. In addition, based on the characteristics of our school's major, semiconductor devices and cutting-edge research achievements in the semiconductor field related to quantum phenomena are integrated into the teaching content of this course, which ensures the connection with the subsequent professional course content, and a group of advanced engineering talents with good learning ability, innovative thinking and practical ability will be cultivated, who can think and solve problems independently.

Keywords: quantum mechanics; electronic science and technology major; OBE concept; semiconductor device

0 前言

近年来,随着量子点发光二极管、量子通信、量子光刻机、量子计算机等新生事物的出现,量子力学的概念和原理在现代高新技术中的应用绽放出新的光芒。但目前量子力学课程教学中,由于该课程的强理论性和抽象性,对学生前期数学、物理相关理论基础要求较高,基础薄弱的学生学起来比较难懂,以致影响后期学习效果。因此,这些抽象理论知识的“入门教育”,就显得尤为重要。近几年,为了培养能够在工程项目中承担重要任务的高素质工程应用型人才,在 OBE 理念指导下,量子力学教学开始建立多元化的评价体系,包括过程性评价、终结性评价、自我评价与同伴评价等^[1]。这种评价体系能够更全面地评估学生的学习成果,同时鼓励学生进行自我反思和团队协作。我们在量子力学课程的教学改革实践中突出基本原理、方法,明确课程目标、创新教学方法、建设丰富的课程资源、建立有效的评估体系以及巩固教学成效,在这个过程中总结出了一系列行之有效的教学方法,有效地提升了学生对量子力学的理解和掌握,现具体介绍如下。

1 回顾过往畅想未来

电子科学与技术是我校工科专业中开设量子力学课程的专业^[2],在陕西科技大学自身特色基础上主要培养面向新轻工的半导体显示领域从事设计、研发、制造或管理等工作,能够在工程项目中承担重要任务的高素质工程应用型人才。由于学生毕业后大多进入企业工作,学生多数重视与今后就业联系较多的技术实践为主的课程,为了激发学生学习兴趣,采用以学生学习成果为核心的教育方法,教学内容强调教学设计和实施应围绕学生最终能够达到的学习成果展开。那么如何让学生看到量子力学看似枯燥的理论课程背后的特有魅力、最大限度地激发学生的学习激情,我们采用现时代最新国际动态和量子物理发展中的故事去吸引他们。在量子物理教学中,利用其发展的渊源来吸引学生的兴趣和好奇心是一种有效的教学策略。可以通过量子物理发展的历史故事,如普朗克常数的发现、波粒二象性的争论等,让学生了解科学概念是如何逐步建立起来的。强调科学家们的探索精神和不懈追求,激发学生的好奇心和探索欲。利用简单的实验演示,如双缝实验、光电效应等,直观地展示量子现象,

帮助学生理解抽象的物理概念。引导学生思考量子物理背后的哲学含义,如观察者效应、量子纠缠等,探讨它们对现实世界的影响和启示,培养他们的批判性思维能力^[3]。介绍量子物理在现代科技中的应用,如量子计算、量子通信等,让学生看到物理学与日常生活的紧密联系,激发学生对未来科技的兴趣和期待。使用视频、动画、图表等多媒体资源,生动形象地展示量子物理的概念和原理^[4]。利用互联网资源,如在线课程、科普文章等,为学生提供更丰富的学习材料。邀请物理学家或相关领域的专家来举办讲座,让学生有机会近距离接触科学前沿和专业人士。组织学生参观科研机构、实验室或科技展览,让他们亲身体验科学研究的氛围和成果。总之,通过上述方法的实施,可以利用量子物理发展的渊源来吸引学生的兴趣,激发他们对科学的热爱和探索精神。这不仅有助于提高学生的动力,还能培养他们的创新思维和实践能力。

2 整合教材,取长补短

“工欲善其事,必先利其器”。随着量子力学领域的不断发展,及时更新教材内容,关注国际前沿动态,将最新的科学发现和技术应用融入教学中尤为重要。整合教材取长补短是量子力学教学中首选的一种有效教学策略,旨在提供更全面、深入的教学内容,同时弥补单一教材可能存在的不足。精选核心教材,选择一本或几本权威且广受欢迎的量子力学教材作为核心教材,应涵盖量子力学的主要领域,如波函数、算符、表象理论、薛定谔方程等。在选择教材时,注意不同教材之间的互补性,避免内容重复或冲突。通过比较不同教材的处理方式和观点,帮助学生形成更全面的认识。此外,根据教学需要,选取其他教材或参考资料中的优秀章节或段落,作为对核心教材的补充。同时,结合最终教材内容配套相关性辅助材料,可以包括更深入的理论探讨、更多的实例分析、更丰富的习题等;可以与多媒体教学资源(如视频、动画、模拟软件等)相结合,通过实验演示、案例分析等方式,让学生了解量子力学在实际问题中的应用,提高教学效果;也可以利用在线课程、开放获取资源等,为学生提供更多的学习机会和途径。在教学中注重量子力学的实践应用,鼓励学生参与科研项目或实习活动,亲身体验量子力学的魅力。引导学生学会如何查阅文献、使用图书馆资源等,培养他们的自主学习能力和研究能力。

3 抽象理论形象化、理论公式具象化

量子力学作为现代物理学的基石之一,其理论深度和广泛应用使其成为理工科学生必修的重要课程。由于量子力学的算符理论部分知识点零碎,公式多、相似度高,学生经常将公式混淆,学生在学习过程中往往感到困难重重,为了使量子力学中的公式更加易于记忆和应用,结合量子力学的公式特点,教学过程采用了抽象理论形象化、相近公式具象化的教学方法以激发学生的学习兴趣。例如,力学量的期望

值公式 $\bar{F} = \int \psi(x)^* \hat{F} \psi(x) dx$ 和力学量算符 \hat{F} 在 Q 表象中的矩阵元公式 $F_{mn} = \int \phi_m(x)^* \hat{F} \phi_n(x) dx$, 由于均为内积运算通常学生很容易忽视两个积分函数前者相同后者不同而出错,因此结合生活巧用“饼夹肉”,前者相同的饼,后者不同的饼,以此引起学生的注意以便形象准确记忆;又如,表象理论中状态函数在两个状态空间中从 B 表象到 A 表象的转换公式 $\psi_{b \rightarrow a} = \int \phi_a^* \psi_b d\tau$, 虽为内积运算,但学生常常记不准共轭符号应加在哪个函数上,为了便于学生记忆引用成语“客之所至,礼之所及”,其中将共轭符号形象地借指为“礼”,即“礼仪”引申为礼物“鲜花”之意,翻译为“客人来了,主人手捧鲜花相迎”,这样学生自然就记住了。同时,对量子力学中的抽象理论在教学还可以利用 MATLAB 软件进行计算和模拟,如一维谐振子和矩阵运算,可以使生直观地理解复杂的理论内容。实践表明通过将抽象理论形象化不仅能简化理论计算过程,还能加强物理实质的讲解,从而激发学生的学习兴趣,提高教学质量。

4 知识点自我考查化

量子力学是一个复杂但极为重要的物理学分支,它的理论和应用对现代科学技术的发展起到了关键作用。通过自我考查的方式,可以更好地理解和掌握量子力学的核心概念和原理,在巩固理解、查漏补缺、提升解题能力、培养自主学习能力以及激发学习兴趣等方面都具有重要作用。教学过程中让学生以出题人角度审视相关知识点,对所学知识点进行自我考查。例如,“归一化条件”,让学生针对这个知识点给出考察方式,经过启发引导,学生给出三种考查方式:①已知微观粒子状态函数解析式,判断其是否为归一化波函数;②已知微观粒子状态函数,求其中所包含的未知常数取值;③已知微观粒子状态函数解析式,求其归一化波函数。又如,“力学量算符的本征方程”,如果学生能给出以下四种考查方式,具体为:①能写出力学量算符的具体形式;②能写出力学量算符的本征方程;③能通过所学数学知识求解力学量算符的本征方程;④能写出力学量算符的本征值和本征函数等。学生能给出的考查方式越多,说明学生对该知识点理解越透彻、应用越熟练。同时,定期对教学效果进行评估,收集学生的反馈意见,及时调整教学策略和内容。通过考试、作业、提问等多种方式,全面了解学生的学习情况和掌握程度,实践证明效果显著。

5 思维导图系统化

量子力学不仅在理论上为人们提供了认识自然界的新视角,而且在实际应用中催生了一系列技术创新,对社会发展和人类生活产生了深远的影响。随着量子科技的不断进步,未来量子力学将继续在科学研究和技术革新中扮演关键角色。然而,由于量子力学内容抽象、理论性强,为了全面、系统和深入地巩固学生的初等量子力学知识,我们以“先见森林,后见树木”^[5]的根本精神与核心思想,将量子力学的

知识体系划分为若干个模块，每个模块围绕一个核心概念或原理展开，采用思维导图教学法将零碎知识点串起来，引导学生从宏观上对整个知识结构先有一个完整的认识。然后让学生再深入每个模块具体的知识点和细节中，如波函数、薛定谔方程、量子态叠加等，进行详细的讲解和分析。最后，通过提出具有挑战性的物理问题或实际案例，激发学生的学习兴趣 and 求知欲。这些问题通常涉及量子力学的核心概念和理论，要求学生运用所学知识进行分析和解决，使其在解决问题的过程中，学生不仅能够巩固所学知识，还能够提高自己的思维能力和解决问题的能力。

6 结语

综上所述，量子力学教学在 OBE 理念下具有重要意义和作用。经过上述优化措施的实施，量子力学教学取得了较好的教学效果。学生不仅掌握了量子力学的基本概念和原理，还提高了科学素养和人文素养。同时，学生的创新思维

和解决问题的能力也得到了显著提升。未来，随着新工科建设的不断深入和发展，量子力学教学同时将兼顾教育内容的现代化和多样化以面对新的挑战 and 机遇，我们将不断探索和创新教学方法和手段，以适应时代发展的需求和人才培养的要求。

参考文献:

- [1] 赵存有,陈国晶,常禄.基于OBE理念的课程教学设计研究[J].黑龙江教育:理论与实践,2020(8):2.
- [2] 商继敏,陈镇平,陈鹏.电子科学与技术专业量子力学课程的教学改革[J].河南教育学院学报:自然科学版,2012,21(2):2.
- [3] 李学超,李洋,高娟.基于“问题链”模式的量子力学教学改革与实践[J].中文科技期刊数据库(全文版)教育科学,2022(3):4.
- [4] 呼和满都拉.OBE理念下量子力学课程信息化教学改革探索[J].集宁师范学院学报,2022,44(5):36-38.
- [5] 何善亮.“先见森林,后见树木”的教育学意蕴——基于芬兰教育教学经验的理论思考[J].教育理论与实践,2016(5):5.