

Practices on Optimization of Quantum Mechanics Course Contents under the Background of Emerging Engineering

Haiying Liu^{1,*}, Yi Jin¹, Shixue Song¹, Jing Wang¹, Jinghua Guo¹

¹ School of Physics and Technology, University of Jinan, Jinan, Shandong, China

*Corresponding author. Email: ss_liuhy@ujn.edu.cn

ABSTRACT

According to the actual learning situation of students majoring in emerging engineering, a series of reform practices to optimize the teaching contents of quantum mechanics were carried out. The necessary basic knowledge of mathematical physics was provided in time. The contents of atomic physics were integrated into the course teaching. The attraction effect of the physics history on students was emphasized. The process assessment based on new media technology was enhanced. The frontier fields of quantum mechanics were inserted. The ideological and political education elements of the course were reasonably introduced during teaching. These reform practices have initially obtained fine teaching effects.

Keywords: Emerging engineering, Process assessment, Quantum mechanics, Curriculum ideological and Political Education.

新工科背景下《量子力学》课程内容优化的实践研究

刘海英^{1,*}, 金毅¹, 宋世学¹, 王静¹, 郭静华¹

¹ 济南大学物理科学与技术学院, 济南, 中国

*通讯作者. 邮箱: ss_liuhy@ujn.edu.cn

中文摘要

针对新能源材料与器件专业学生的实际学情,在量子力学教学中进行了一系列优化教学内容的改革措施:及时补充必备的数学物理基础知识,合理融入原子物理内容,发挥物理学史对学生的吸引作用,实施基于新媒体技术的过程化学习考核,以量子力学的发展前沿为引领,结合时代特色合理融入课程思政元素。这些改革措施初步取得了良好的教学效果。

关键词: 新工科; 过程化考核; 量子力学; 课程思政。

1. 前言

新工科建设是应对新经济的挑战,从服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展的高度,在“卓越计划”的基础上,提出的一些持续深化工程教育改革的重大行动计划[1]。其具有反映时代特征,内涵新且丰

富、多学科交融、多主体参与、涉及面广等特点。量子力学作为现代物理学两大支柱之一,是探索微观物质世界、认识物质微观结构最主要的、也是最成功的理论工具。其已经与材料科学、化学、生物学、医学和信息科学等学科深度融合,加深了人们对物质世界的认识,同时也促进了现代高新技术的产生。

新能源科学与工程专业属于工科专业，旨在面向新能源领域，结合国家新工科发展理念，培养理论基础宽厚扎实，具有较强实践能力和创新精神以及良好发展潜力的高级复合型人才。新能源材料与器件方向是该专业的一个重要方向。近年来，量子力学课程被设置为我校新能源材料与器件方向（以下简称为能材专业）学生的专业必修课程，而且是后续众多专业课程的先修课程。深入学习该门课程，对该专业学生来说意义重大。

以下将针对能材专业学生特点，简要介绍我们优化《量子力学》课程内容的一系列教学改革。

2. 优化教学内容的必要性

量子力学作为“四大力学”之一，物理专业的学生也容易谈此课而“色变”。而能材专业学生作为典型的工科学生，更容易对该课程望而生畏。优化教学内容的必要性主要基于以下三点：

首先，有别于物理学专业学生，能材专业学生的数学和物理基础相对薄弱。这主要体现在如下三点：1) 能材专业学生只学习了相当于大学物理的基础物理课程，相对于物理学专业学生来说，该部分学生物理基础有一定欠缺；2) 《原子物理》课程是《量子力学》课程重要的先导课程，但由于该课程对能材专业学生来说是专业选修课，因此部分学生并没有选修，这就造成了学生缺乏一些基本的知识储备；3) 《量子力学》课程会涉及很多求解特殊微分方程的内容，但能材专业学生中，仅有部分学生选修了《复变函数与积分变换》中的复变函数部分，对于该课程所需的数学物理方程部分，并没有系统学习。由上可见，作为典型的工科学生，能材专业学生在学习量子力学时，具有相关数学和物理基础薄弱的点。但新工科建设又要求必须进行多学科交融，且量子力学对于该专业学生的后续学习至关重要，因此我们就要针对这一特殊学情，在选择量子力学的教学内容时，要有别于面向物理学专业学生的教学。

另外，如何提高学生的学习兴趣，降低学生的畏难心理，也是我们要思考的问题。信息化的发展对学生接受知识有很大帮助作用，如何发挥新媒体技术的优势，以学生喜闻乐见的方式增强师生互动，并对学生的学习进行合理的过程化管理，而不是简单的只采用期末考试进行单一的终结性考核，在这方面也需要我们探索融入一些新的教学内容。

最后，新工科建设还要坚持“扎根中国”，要培养学生的文化自信和制度自信。所以在课程中要融入适当的思政元素[2]，进行全方位育人也是势在必行。

3. 优化教学内容的具体措施

3.1. 因材施教

首先，要抓住物理本质，简化数学推导。在实际教学中，及时补充相应的数学和物理基础知识，要简化数学推导，不能让学生淹没在繁琐的数学推导中，要注重挖掘量子力学的物理内涵，合理优化教学内容。比如，在讲第三章角动量算符时，要引导学生回顾基础物理中学过的角动量内容，对比说明角动量算符的一些性质；量子力学中有很多求解薛定谔方程的典型示例，比如谐振子、无限深势阱和氢原子的薛定谔方程的求解，都涉及二阶微分方程。对于这部分教学内容，都要给学生提前补充有关数学物理方程求解的基本过程和思路的内容，对其中涉及的特殊函数，要根据附录中的内容对学生进行简要讲解，让学生了解特殊数理方程求解的基本思路，掌握通过求解这些复杂方程得到的物理本质性的结论。

然后，要促进原子物理和量子力学内容的融合。这两门课程都是研究微观世界基本物质运动和相互作用规律的科学[3]。原子物理课程作为普通物理的一个分支，作为从经典物理到量子物理的过渡课程，可以起到连接宏观和微观世界的桥梁作用。而量子力学是原子物理的系统延续，从逻辑推导上更严密。所以非常必要在教学中，及时补充、回顾相应的原子物理内容，将二者有机融合。

另外，从教学内容的重点把握上，也要贯彻因“材”施教的原则。能材专业的课程设置中，有很多涉及材料和化学的课程，这就要求我们在量子力学的课程教学内容中，要注重量子力学在材料和化学等领域的应用。比如，在学习第八章“自旋”的内容时，我们会补充很多电子自旋的前沿内容，如自旋在电子学、磁学等方面的应用。这样既可以提高学生的学习积极性，也可以使学生充分认识到，学习的量子力学内容和他们专业非常相关的材料学等各方面有重要的应用价值。

3.2. 内容现代化

为了适应工科学生的特殊学情，针对工科学生开设的量子力学，教学内容要做到博古通今，立德树人。

本课程的教学内容基本是量子力学发展早期的基本理论。那个时期是物理学史上风起云涌的时代，也是物理大神纷纷登场的时代。当时的物理学家如何突破经典物理的束缚，创新性地提出量子物理的思想和重要理论，这其中有很多传奇的故事。比如，汤姆逊发现电子，伦琴发现X射线，普朗克提出能量子的理论，玻尔提出氢原子模型，特别是1925年荷兰的两位年轻学生乌伦贝克和古兹密特提出电子自旋的假设，这些都是进行创新教育的良好课程素材，同时也可以教育学生要敢于挑战权威、勇于追求真理的物理学史实。因此从课程内容上来说，本课程就是进行课程思

政的良好载体。挖掘这些理论诞生过程中的物理思想,用量子物理学家的创新思想去感染和教育学生,可以很好地做到“润物细无声”,这胜过很多空洞的说教。

在侧重挖掘物理学史中思政元素的同时,我们也会重视量子物理前沿科技的引入,比如量子信息、量子计算的发展。在这个领域,我国科学家已经在引领潮流,比如墨子号的发射、量子计算机“九章”和“祖冲之”号[4]的新突破。一方面,这些素材的补充,既可以对学生的文化自信和家国情怀的教育,也是培养学生创新精神的重要实例。另一方面,这些前沿内容的引入,也会使学生进一步认识到量子力学不仅仅是基础的知识,还有着经久不衰的魅力,在现代前沿科技中熠熠生辉。这也符合工科学生更注重实用的特点。

要随时关注量子力学发展的前沿,把相关前沿科技及时融入课程内容中。以上这些措施,都很好地响应了新工科建设要注重立德树人,培养德学兼修、德才兼备的一流工程技术人才的号召。

3.3. 载体趣味化

信息化技术的迅猛发展,方便了学生获取信息。现代的大学生,很多都是“机不离手”的网民,与其堵,不如疏,我们要利用好网络这把双刃剑,要注重发挥新媒体技术的优势,增强线上、线下和课堂内外的师生互动。用学生喜闻乐见的形式来吸引学生,提高学习兴趣,也能加强师生的全方位互动。

具体来说,在平时的教学课件中,要做到图文并茂,及时引入一些有关量子力学的漫画,课间播放一些相关视频等。实践证明,学生都很喜欢这种方式,可以给相对枯燥的理论课堂带来很多乐趣。我们还在学校的超星课程中心,建立了课程平台,为学生深入学习提供相应的资源库,并持续充实内容。目前已经上传的内容,有“名家长廊”、“量子前沿”等栏目。

3.4. 加强过程化考核

为了避免终结性考核的弊端,鼓励学生注重课程平时的学习,我们加强了过程化考核管理[5]。我们利用“雨课堂”助教软件,建设了一套量子力学资源库,每一章节都设计有合适的题目,类型有填空、选择和计算题目,并对题目进行了难度分类,以确定题目适合用的范围:是适合预习、课中练习还是复习使用。助教软件的合理使用,即可以迎合学生的特点,又可以做到反馈及时。比如在课堂复习上次课程内容时,我们经常用一些客观题,让学生现场手机作答。一方面,这样的活动可以很方便地了解学生的掌握情况,根据反馈的数据,可以对前面内容再进行有重点地强调。另一方面,通过这种方式,学生也能够及时了解自己的学习状态,可以起到更好地督促作用。同时,利用这些助教软件,我们可以更好地量化学生的平时成绩。这比传统的考勤和作业,能更好地反映学生平时的努力程度。为了说明这个问题,我们专门对两种

构成的平时成绩(一种是由考勤和作业构成传统的平时成绩,另一种是由“雨课堂”测试导出的平时成绩)与期末卷面考试成绩做了对比,如图1和图2所示。发现由“雨课堂”给出的平时成绩与学生的期末成绩具有更好地吻合性。

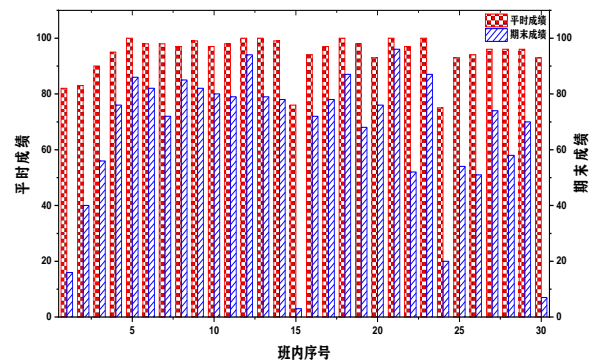


图1 平时成绩(考勤和作业构成)和期末成绩的对比图

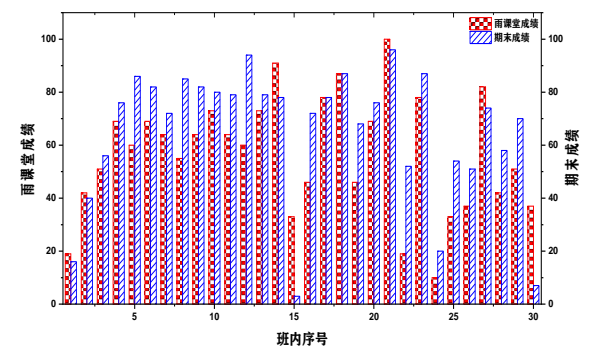


图2 “雨课堂”成绩和期末成绩的对比图

4. 结束语

综上所述,我们针对能材专业学生物理和数学基础较薄弱的特殊学情,注重因材施教,通过优化量子力学教学内容,合理融入原子物理内容,发挥物理学史内容对学生兴趣的吸引作用,实施基于新媒体技术的过程化学习管理,以发展前沿为引领,结合时代特色合理融入课程思政元素,深入开展了适合我校(或其它省属重点高校)工科专业,开设量子力学课程时,在优化教学内容方面的一系列改革。

致谢

感谢济南大学物理科学与技术学院教研项目(项目编号: 20wljy02)的资助。

REFERENCES

- [1] Jian Lin. Emerging engineering construction leading the reform of Higher Education. China High Education, 2017, 13, pp. 40-13. DOI: CNKI: SUN: ZGDJ.0. 2017-Z2-017

- [2] Linfeng Yang, Xianghong Ge, Ming Zhang, Liping Li. Reflection and exploration on ideological and political construction of quantum mechanics. *Journal of Zhongyuan University of Technology*. 2020, 31(4), pp. 85-87. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6906.2020.04.015
- [3] WANG Xiaojun. Practical study on the course of new concept quantum physics. *College Physics*, 2010, 29(3), pp. 44-49. DOI: CNKI: SUN: DXWL.0.2010-03-014
- [4] Ming Gong, Shiyu Wang, Chen Zha, Mingcheng Chen, et al. Quantum walks on a programmable two-dimensional 62-qubit superconducting processor. *Science*, 2021, 372, pp. 948-952. DOI: 10.1126/science.abg7812
- [5] Hongtao Zhang, Yangjie Cao. Exploration and practice of process assessment mode. *China Electric Power Education*, 2013, 25, pp: 66-67. DOI: 10.3969/j.issn.1007-0079.2013.25.030