

对本科阶段量子力学教学的探索

潘桂侠¹, 王 兵¹, 肖瑞杰²

¹安徽理工大学力学与光电物理学院, 安徽 淮南

²渤海大学, 辽宁 锦州

Email: panguixia58@126.com, hnitwb@163.com, xrjxrj2003@163.com

收稿日期: 2020年11月27日; 录用日期: 2020年12月10日; 发布日期: 2020年12月17日

摘 要

当前, 量子科技发展突飞猛进, 成为新一轮科技革命和产业革命的前沿领域。量子力学这一研究微观粒子运动规律的学科, 以其特殊的理论地位、实践指向成为量子科技发展的重要基础性学科之一。它同时也是物理及物理学相关专业的一门最重要的专业课程之一。本文针对大学本科阶段量子力学教学进行一些思考和有益探索。

关键词

量子力学, 本科教学, 教学探索

Exploration on the Teaching of Quantum Mechanics for Undergraduates

Guixia Pan¹, Bing Wang¹, Ruijie Xiao²

¹School of Mechanics and Optoelectronic Physics, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

²Bohai University, Jinzhou Liaoning

Email: panguixia58@126.com, hnitwb@163.com, xrjxrj2003@163.com

Received: Nov. 27th, 2020; accepted: Dec. 10th, 2020; published: Dec. 17th, 2020

Abstract

At present, the development of quantum technology is advancing by leaps and bounds, and it has become the forefront of a new round of technological and industrial revolutions. Quantum mechanics, a discipline that studies the laws of motion of microscopic particles, has become one of the important basic disciplines in the development of quantum technology with its special theo-

retical status and practice orientation. It is also one of the most important professional courses for physics and physics-related majors. This article makes some thoughts and useful explorations for the teaching of quantum mechanics at the undergraduate level.

Keywords

Quantum Mechanics, Undergraduate Teaching, Teaching Exploration

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

量子力学是描述物质世界微观粒子运动规律的物理学分支，是 20 世纪 20 年代新发展起来的一门学科[1]，与相对论一起被认为是近代物理的两大基本支柱。量子力学的出现揭示了完全不同于经典物理的物质世界，它表明世界的本质是量子的，而经典物理只是在宏观条件下量子物理学的近似理论，许多物理学理论和科学如原子物理学、凝聚态物理、固体物理学、核物理学、粒子物理学和天体物理学等以及其它相关的材料科学、信息科学等都是量子力学为基础的[1] [2]。为此，量子力学是在物理及物理学相关专业的本科生、研究生的培养过程中的一门最重要的专业课程之一。本文主要讲述的是针对量子力学在大学本科阶段进行教学的一些思考和有益探索。

2. 量子力学课程在本科物理学专业的教学现状

从“教”的角度来讲，量子力学作为一门微观物理学，目前主要是以教师为主体，课堂理论讲授为主。在具体教学实践过程中对数学功底要求较高，如微积分、线性代数、数学物理方法等。有关理论推导过程复杂，同时在课堂教学中占比较大，难以激发学生的兴趣和想象力[3]。另外，量子力学中的物理量算符大多数难于清晰表述，更难于直观呈现。比如，在量子力学中力学量动量用算符 $-i\hbar\nabla$ 来表示，能量用算符 $i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$ 来表示，如何清晰地用算符来表述力学量是一个比较抽象的问题，给实际教学工作带来较大难度。

从“学”的角度来看，该课程理论知识点抽象、深奥、枯燥，同日常生活和经验无法对应。比如，在经典物理中，描述物体的状态是用确定的速度和动量，而量子力学中描述微粒的状态是用波函数。在微观世界中，在某一时刻讨论粒子的位置、速度是没有意义的，因为粒子是以一定的概率出现，只能说某一时刻，粒子在某一位置的概率是多少。这些具体的差异，给学生清晰理解量子力学有关概念带来一定困难。

3. 教学中需要注意的几个方面

3.1. 在教学内容的选取上，要力求注重基础、紧扣精髓、结合前沿。

在量子力学教学内容的选取覆盖上要系统、全面，可选择的相关教材非常多，重要的是要结合学校学生整体理论基础和学科培养要求选择适当的教材[4]。笔者结合自身从事量子力学一线教学的实际，对于普通本科院校物理专业的学生建议选择一本基础性强、基本概念讲解清晰、适当结合量子科技发展前沿的教材。课堂教学要注重基础理论的讲解。例如，波函数、薛定谔方程、力学量的算符表示、态和力

学量的表象等量子力学中的基础内容；要涵盖量子力学中的物理思想，特别是量子力学用量子态的概念来表征微观体系这一思想；要结合量子力学的教学进程、教学内容，及时向学生通报一些最新的前沿研究进展，比如：量子计算机、量子通信、多光子纠缠等方面最新前沿成果，进一步激发学生对量子力学这门课程的兴趣，有助于培养学生的创新思维方式。

3.2. 在课堂教学上，要讲好预备知识、讲清物理过程、用活多种形式。

结合日常教学实际，笔者认为在课堂教学中，要更加注重对本次课堂教学涉及到的有关基础理论知识的讲解，即“要讲好预备知识”，特别是一些较为复杂的数学知识。例如，在讲解一维无限度深方势阱有关章节时，要讲好二阶微分方程通解的求解过程；在教授电子在库仑场中的运动章节中，要为学生梳理好欧拉方程的解法。一方面，要提醒学生在课前要重温一下有关知识；另一方面，要在课堂教学中简要梳理涉及本次教学中的重要预备知识[5][6]。在讲解过程中要把物理过程作为讲解的重点，讲清要点、梳理脉络，结合理论推导、依托例题。课堂教学方式方法可以灵活多样，比如：可以采取讨论的形式，让学生围绕本次教学内容各抒己见；也可以采用多媒体教学方式，综合运用文字、影像、动画等形式，将有助于提高教学效率、提升教学效果。当前，各种网络教学平台非常丰富，比如：雨课堂、超星、钉钉等平台，动态交互性强，极为便于师生在线沟通，更有助于拓展教学时空，可以作为课堂教学的有益补充。

3.3. 在教学成效巩固上，要用好典型例题、夯实理论根基、激发创新思维。

教学成效巩固是教学过程的重要一环，在教学过程中要用好典型例题，便于学生对有关量子力学概念、数学求解方法的巩固；要对“课后作业”进行精心设计，作业内容要涵盖课堂讲授的重要知识点，特别是要包含量子力学中基本的概念，难度和分量也要适度；作业形式上可以灵活多样，可以是独立完成理论推导；也可以设计相关课题，进行分组作业，从不同路径，进行开放式研究探讨，目标就是要进一步提高学生理论推导熟练程度、压紧压实理论基础，激发创新思维、培养团队精神。比如：在学习“量子力学力学量的表述”有关内容时，可以将学生分成若干小组，小组内自行明确分工，分别围绕力学量在量子力学与经典力学中的联系与区别展开探索，形成结论。

在课余时间，可以鼓励学生阅读一些关于量子力学地科普书籍，如曹天元著地《上帝执骰子吗——量子力学史话》、(荷)马丁纽斯·韦尔特曼著地《神奇的粒子世界》、(英)斯蒂芬·霍金著地《大设计(The Grand Design)》，以及相关科学家地简史和名人逸事。比如，1900年，普朗克首次提出了能量子概念和常数 h (后称为普朗克常数)，认为能量是量子化的，能量是一份一份的，每一份都是 $h\nu$ 。能量子概念的提出完美地解释了黑体辐射问题，并因此在1918年获得诺贝尔奖。

4. 结语

教学是教师的教与学生的学，是一种具有重要意义并且相互依存的信息交互过程。教师的知识背景、思维方式、教学方法，学生的理论基础，教学单位的培养目标以及学风、教风等因素都深刻地影响教学成效。量子力学以其独特的理论地位和本身特点决定它是物理工作者的一门非常重要的基础性理论课程也是物理专业学科培养的核心课程之一。我们每一位教授这门课的老师，要把提高教学质量、提升学生科学素养作为出发点和落脚点，在教学中要不断思考、不断总结、不断实践，不断提高学生的学习积极性和主观能动性，不断提高学生的学习能力、创新能力。

基金项目

安徽理工大学引进人才科研启动基金；安徽省大学物理教学团队(编号：2019jxt046)支持项目。

参考文献

- [1] 周世勋. 量子力学教程(第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] 曾谨言. 量子力学导论(第二版) [M]. 北京: 北京大学出版社, 1998.
- [3] 张永德. 量子力学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 邹艳. “量子力学”教学改革探索与实践[J]. 高等理科教育, 2009(3): 118-120.
- [5] 马文娟. 关于量子力学教学的几点思考[J]. 沧州师范学院学报, 2014, 30(1): 123-125.
- [6] 王艳召. 量子力学教学中引入物理前沿和科研成果的探讨[J]. 廊坊师范学院学报: 自然科学版, 2013, 13(6): 113-116.