

浅谈大学物理中的量子力学教学

何爱垒

扬州大学物理与科学技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2023年9月6日; 录用日期: 2023年10月5日; 发布日期: 2023年10月12日

摘要

量子力学作为近代物理中最成功的物理理论之一, 备受现代科学的青睐。诸多高校已将量子力学中较为基础的部分引入到大学物理课程的讲解当中。由于量子力学本身非常抽象, 不易于学生理解, 甚至有些结论与实际感受相悖, 并且量子力学的学习需要一定的数学基础, 因此, 如何在大学物理授课中讲好量子力学成为一个难题。本文将探讨大学物理中量子力学的授课技巧和方法, 以培养学生学习兴趣, 进一步提高教学质量。

关键词

大学物理, 量子力学

On the Discussion of Teaching Quantum Mechanics in University Physics

Ailei He

College of Physics Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Sep. 6th, 2023; accepted: Oct. 5th, 2023; published: Oct. 12th, 2023

Abstract

As one of the most successful physical theories in modern physics, quantum mechanics is highly favored by modern science. Many colleges and universities have introduced the more fundamental parts of quantum mechanics into the parts of university physics courses. Since quantum mechanics itself is very abstract, students are not easy to understand. Even some conclusions are contrary to the actual feelings in daily life, and the study of quantum mechanics requires a mathematical foundation, so how to teach quantum mechanics in university physics has become a difficult problem. In this paper, we will discuss the techniques and methods of lecturing quantum mechanics in university physics in order to cultivate students' interest in learning and further improve the

quality of teaching.

Keywords

University Physics, Quantum Mechanics

Copyright © 2023 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

大学物理是高等学校理工科学生一门必修课，它是由力学、电磁学、热学、光学和现代物理等主要部分构成[1]。其中力学、电磁学、热学和光学属于经典物理的学习范畴，量子力学是近代物理主要构成部分之一。与经典物理不同，量子力学中的一些规律与我们日常感受相悖，比如波粒二象性、势垒贯穿等等。由于量子力学是理论物理中最为成功的理论之一，它为推动科学技术提供了理论基础，在很多非物理专业的理工科专业正在或将要发挥着重要作用，比如化学专业中需要用到的量子化学、第一性原理计算；生物专业中的分子动力学模拟；材料学专业中的固体能带论；计算机专业可能会研究的量子计算机；电子信息工程专业可能会研究的量子信息等等。因此，理工科本科生均需学习量子力学。

不同于完全确定的经典物理体系，量子力学较为抽象[2]，是人们从另外一种角度对物理规律的诠释。简单而言，经典物理中对象的运动是可以完全确定位置和动量的，比如一列高速运动的火车，总是可以给出它某一时刻的位置和速度。但是，对于服从量子物理的粒子来说，我们无法同时确定它的位置和动量。这种不确定性是支配量子物理重要假设之一[3]。由于经典物理对非物理专业的理工科学生影响深刻，他们没有受到物理学系统的学习，在物理思维、直觉和数学基础上均存在严重不足，因此为他们讲授量子力学将会面临一些挑战。

大学物理中讲授量子物理的主要目的是为非物理专业开阔眼界，培养科学兴趣，结合量子力学较为晦涩难懂，因此对他们的要求不能太高，在授课过程中将量子力学最基本的知识教授给他们即可。作者认为马文蔚等人编写的《物理学》教材比较合理理工科学生学习量子力学。其内容较为丰富充实、面广而不深，还融入一些思政元素。但是，从作者教授大学物理过程中发现，对于非物理专业的理工科学生来说，这些内容在学习过程中依旧很难掌握。授课老师在讲解这部分内容时需注意讲解的技巧和方法。

2. 量子力学授课技巧

非物理专业理工科学生学习量子力学的主要目的是认识和了解微观粒子的运动规律，掌握基本概念和基本原理，开阔眼界，能够运用所学知识处理具体问题，并为将来所从事教学、研究工作打下良好的基础。另外，通过学习量子力学，可以激发学生对科学的兴趣，培养学生的物理思维，看待问题从不同角度出發，养成考虑问题全面的习惯。因此，作为大学物理教师，应该将量子力学讲解清楚，便于学生学习和理解。作者近几年教授大学物理，在量子力学章节讲授时总结以下四种技巧和方法。

2.1. 结合发展史，激发学生兴趣

量子力学是在 20 世纪初由一批年轻人建立起来的，因此，在建立量子力学的过程中出现很多有趣的故事。授课教师可以借助量子力学发展过程中出现的趣事，激发学生的学习兴趣 and 创新能力，培养他们

敢于冲破权威、寻求真理的品质。在量子力学发展史中，还有很多有趣的故事，比如普朗克的两张照片，薛定谔如何“猜”出薛定谔方程的，爱因斯坦与玻尔的“论战”等等。通过了解这些故事，深刻领悟为大师们的创新精神和为科学付出的优良品质。教师在讲授过程中，也应结合最新科研进展，将量子力学在最近科技中的应用进行介绍。例如，石墨烯中就存在很多与量子力学相关的知识，它的很多性质都可以通过量子力学得到。

值得注意的是，量子力学并不像相对论，它汇集了一批科学家优秀的成果，是一批非常优秀的物理学家共同努力得到的。在量子力学建立的年代，很多人思考问题的方式得到了转变，他们能够更为深刻地认识事物的变化，把握其中的规律。那个年代应该也是“百家争鸣”的年代，很多思维活跃的年轻科学家利用自己聪明的大脑，创造了优美的量子理论。

2.2. 板书为主，多媒体为辅

大多数高校教师讲授大学物理时借助多媒体，这是一种好的教学方法，通过图片、音频、视频等给出演示，比较直观。对于量子力学的学习，尤其是在前面几节中讲解与量子力学相关的实验时，可以利用多媒体进行授课讲解，给学习展示其中一些实验步骤、实验结果等。通过使用多媒体授课，能够让学生更加容易直观地接受新知识。但是，作者发现多媒体上课存在一些问题，比如推导过程不详细、学生无法跟上思路等等，因此，在讲解量子力学后面章节时最好采用板书为主的方式进行授课。

板书主要是将问题讲得更为清楚，把推导细节展现出来。对于量子力学来说，尽管大学物理中要求比较低，但有些问题还是需要认真推导才能理解其中的深意。比如较为简单的一维无限深势阱问题，尽管这个模型比较简单，如何求解这个体系的波函数和能量对于非物理专业的学生来说还是比较难的问题。授课教师通过板书进行每一步推导，能够把细节一步一步推给学生看，这样更能让学生接受新物理。板书对授课教师要求比较高，首先教师需要准备好教案和板书内容，其次需要熟知甚至牢记所讲解的内容，最后要求教师书写规范，布局整齐。因此，板书不仅仅可以让学生更加深入理解所学知识，还能够对授课教师起到锻炼作用。

2.3. 比较学习法

比较学习或者类比法是一种比较好用的授课方式，可以通过熟知的事物或者规律，通过类比或比较得到新事物的规律。对于量子力学的讲授过程，可以类比经典力学、电磁学、热力学、振动与波动等经典物理中的知识，这样便于学生对一些基本概念的记忆与理解。例如，通过与经典物理中粒子具有确定的能量和动量这个知识点进行比较，可以揭示出量子物理中较为本质的东西，即不确定关系。量子力学中的粒子的动量和位置是没法同时测定，并不是说测量仪器不够精确，而是对于考虑了量子效应的粒子来说，它本身的属性决定了不确定关系。

比较学习法并不全是比较两者之间的差异进行学习的方法，也可以通过类比进行学习，加深理解。我们还是以量子力学中粒子的不确定关系为例进行说明。我们知道波动力学属于经典物理的范畴，一列单色平面波是具有确定的频率的，对于一列波来说频率和动量是有直接关系的，也就是说单色平面波的动量是完全确定的。但是，我们知道平面波是具有空间分布的，它的振幅在空间每一处都是相等的。也就是说，你没法把平面波限制在某一点处。同样，我们可以考虑存在一种局域在某一点上的波，这种波则是由很多不同频率的平面波线性叠加而成的(做傅里叶变换便可以得到)。因此，对于经典波动力学来说，你保证了位置之后是无法保证其具有特定的动量的。波所具有的这种特性与量子力学中粒子所具备的特性很像。因此，人们感觉量子力学中的粒子和经典的波有类似的地方，但是又不会是经典的波，于是便有了“波粒二象性”的说法。在讲授某些量子力学知识时，通过这种类比方法，可以将一些晦涩的概念、

问题讲解得通俗易懂。

2.4. 教学科研相结合

书本上的知识都是相对陈旧的知识，讲解起来可能不会激发学生的学习兴趣，因此，适当引入相关前沿物理知识是非常有必要的，这样不仅可以激发学生的学习兴趣，还可以开阔学生的眼界。而物理学前沿问题的引入则需要授课教师能够及时追踪最新科技前沿，对于科研型教师来说这可能是一件简单的事情。在讲授量子力学时，可以将自己所研究内容中比较简单但具有很强关联的内容列举出来。这样可以做到教学科研相结合的目的。比如，作者给出在讲授量子力学关于普朗克常数时举的一个例子，在量子力学中普朗克常数非常重要，尽管它是一个常数，但是对其大小如何测定是一个较为困难的事情。最近几年，人们利用整数量子霍尔效应中出现的平台电导数值，可以精确地将普朗克常数得到。

教学科研相结合的授课方式对授课教师要求比较高，需要他们将自己所研究领域中最为基础和有趣的部分摘出来，然后转化为非物理专业的本科生能够听懂的知识，这对授课教师提出了一个挑战。另外，这种授课方法对授课教师还有其他要求。比如有些授课教师年纪较大，可能已经不在科研一线已久，很有可能无法采用这种授课方法。这种授课方法需要因授课教师而异。

以上四种授课方法是我在教授大学物理期间请教老教师学到的或者是摸索得到的，有些方法我感觉要求较高，不适合某些授课教师。最近，也有教师对量子力学在大学物理中授课进行研究[3]，我们总体思路和方法一致，细节上有一些不同，可以相互借鉴与学习。

3. 总结

本文主要探讨了大学物理中量子力学授课的方式与想法相关的问题。由于量子力学作为近代物理中非常重要的内容，并与现代文明息息相关，因此需要给非物理专业的本科生进行细致讲授。我们注意到量子力学的讲解对于授课教师和学生都具有一些挑战，因此需要一些授课方法。本文作者根据自己的教学经验，总结了四条授课方式，通过这四种授课方法，能够让学生深入了解量子物理，开阔他们的眼界，并获取学习兴趣，提高学生接受新知识的能力，保证上课质量。

基金项目

江苏省教育厅高校面上项目(22KJB140019)，扬州市绿杨金凤优秀博士项目(YZLYJFJH2021YXBS179)。

参考文献

- [1] 马文蔚, 解希顺, 周青雨. 物理学(下册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [2] 曾谨言. 量子力学[M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2000.
- [3] 范东华. 大学物理中量子力学的教学探讨[J]. 时代教育, 2009(6): 108-109.