

新形势下量子物理课程体系教学改革研究 ——以量子光学导论课程为例

任若静

上海理工大学，上海 200093

DOI: 10.61369/SDME.2025210036

摘要：近年来，量子信息科技快速发展，传统量子物理课程与科技发展之间拉开距离，面临教学内容滞后、教学模式单一等问题。基于此，本文以量子光学导论课程为切入点，提出包含课程体系重构、教学模式革新、评价体系优化等维度的改革方案，构建“理论－实验－应用”三位一体的教学框架，旨在为量子物理课程体系改革，量子科技人才培养提供新思路。

关键词：量子物理；课程体系；改革；量子光学导论课程

Research on Teaching Reform of Quantum Physics Curriculum System under the New Situation—Taking the Course "Introduction to Quantum Optics" as an Example

Ren Ruojing

University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093

Abstract : In recent years, with the rapid development of quantum information technology, traditional quantum physics courses have been distanced from technological progress, facing problems such as outdated teaching content and a single teaching mode. Based on this, this paper takes the course "Introduction to Quantum Optics" as a starting point, proposes a reform plan covering dimensions such as curriculum system reconstruction, teaching mode innovation, and evaluation system optimization, and constructs a "theory-experiment-application" trinity teaching framework. It aims to provide new ideas for the reform of the quantum physics curriculum system and the cultivation of quantum technology talents.

Keywords : quantum physics; curriculum system; reform; "Introduction to Quantum Optics" course

引言

量子物理从理论层面对微观世界进行描述，涉及的数学工具为数学、物理等学科的发展提供了有力支持，是现代物理学的重要分支。在科学技术快速发展的新形势下，量子物理将继续引领人们认识自然界，并把这种认识提升到新的高度。作为培养量子科技人才，推进量子物理领域发展的重要抓手，量子物理课程要结合科技发展新形势进一步完善课程体系，为学生学习物理学的基本原理与方法，提升科学素养提供相应学习场域。

一、量子物理课程体系教学改革的必要性

(一) 学科发展推动教学革新

量子力学是一个不断发展的前沿学科，同时也是一个与其他学科不断交叉融合的学科，涉及的新技术、新方法、新实验、新现象较多（如我国“九章”量子计算机原型机突破），但是部分高校的课程内容仍以1920年代基础理论为主，与学科发展之间存在明显差距。^[1]随着量子计算、量子通信等技术的产业化进程不断加速，量子力学得到进一步发展，这种差距将持续增大，量子物理课程内容建设、教学资源开发需要做到与时俱进。^[2]

(二) 教学痛点亟待突破

量子力学描述微观粒子的运动规律及其特性，为现代医药、生命科学、化学、材料科学、计算机科学、信息科学、物理学众多分支学科的发展提供理论基础，是从事近代科技工作需要掌握的基础知识。^[3]当前，量子力学已然成为衡量学生科学研究能力、物理学知识水平的重要指标，和很多研究生培养单位的物理类硕士研究生入学资格考试的必考科目之一。与学生的量子力学知识学习需求相比，该学科教学模式还存在缺失，学生学习需求与教学之间的矛盾，正在成为限制量子科技人才培养的重要因素。^[4]这种矛盾是量子物理课程教学痛点的反映，教师需要对教学中存在

的以下痛点问题进行深入思考与研究：

1. 物理概念抽象复杂（如算符理论、希尔伯特空间），涉及大量数学知识，导致理解障碍；
2. 相对学生人数来说，实验设备昂贵且场地有限，限制实践教学，比如超导量子干涉仪单台成本超百万，导致实验室建设成本较高，实验室难以满足实践教学需求；
3. 教学模式固化抑制创新思维，比如部分教师未能及时转变教学理念，课堂的单向讲授占比高达85%，导致学生创新思维发展空间不足。

二、量子物理课程体系教学改革路径——以量子光学导论课程为例

掌握量子力学的基本原理，以及运用其分析、解决实际问题的方法，并了解前沿科技成果、先进理论，是学生学好物理学课程或者从事量子科技研究工作的基础。所以，教师要重视学生学习需求与量子物理学教学之间的矛盾，以之为切入点完善其课程体系、创新教学模式，从而解决教学中的痛点问题，提升人才培养质量。^[5]下面，文章以量子学导论课程为例，从课程体系重构、教学模式革新、评价体系优化等三个层面进行具体论述。

（一）课程体系重构

量子学导论课程体系的重构要坚持以人为本、以学生为中心的原则，和结合前沿、体系连贯、模块化、普及基础的思路，形成系统性、完整性量子物理教学体系，比如将其划分为基础模块和前沿专题模块，针对不同模块设计教学内容和学时占比，如表1所示。^[6]在该课程体系中，设置有基础模块和前沿专题模块，其中基础模块包含量子态表征、光场量子化等内容，前沿专题模块则对最新的量子纠缠光源制备、多光子干涉、量子隐形传态等专题进行介绍，能够为学生学习基础理论、了解量子科技发展前沿奠定基础；分别将基础模块和前沿专题模块的学时占比设计为60%、40%，保证了学生对基础理论的深入学习，同时为学生了解量子科技发展，进行相关研究活动预留一定空间。^[7]

表1 量子光学导论课程体系建设

模块类型	内容组成	学时占比
基础模块	量子态表征、光场量子化等	60%
前沿专题	量子纠缠光源制备、多光子干涉、量子隐形传态等	40%

（二）教学模式革新

量子光学是与材料科学、计算机科学、信息科学等多个科技领域联系紧密的理论基础，是学生未来从事现代科技工作需要掌握的基础知识。^[8]现代科技工作领域对人才的要求普遍较高，教师要针对科技工作的人才需求和量子光学学科特点推动教学模式革新，构建“理论－实验－应用”三位一体的教学框架，以促进学生全面发展，帮助他们更好地适应科技发展需求，比如采用四阶递进教学法开展教学活动，实现教学理念与模式创新。“四阶递进教学法”中“四阶”分别为“认知层”“理解层”“实践层”“创新层”，教师明确它们之间的递进关系，以该递进关系为基础设

计教学内容、选择教学措施、开发教学资源，进行教学模式革新，是提升量子光学课程教学质量的重要途径。^[9]

（1）认知层：通过VR历史场景重建（比如普朗克量子假说），帮助学生建立关于量子光学发展的具体认知；

（2）理解层：通过Mathematica波函数可视化，将抽象的物理概念和公式转化为更易理解的可视化物理图像，深化学生理解层次；

（3）实践层：在量子光学导论课程改革建设初期，通过购买九章量子、图灵量子、Thorlabs等公司的教学软硬件搭建量子光学实验教研平台。随着课程建设改革经验的积累，依托国家虚拟仿真实验教学课程共享平台开设上海理工大学量子光学导论课程相关的专题仿真实验，开发虚拟实验系统，从而有效解决实验设备和场地不足的问题。依托该系统，学生可以在线上低成本高效率地进行光路搭建、量子纠缠态制备、贝尔不等式验证、多光子干涉、量子隐形传态、量子逻辑门、量子算法演示等实验。

（4）创新层：依托学院内量子相关方向的师资力量，为有志在量子领域深造的学生设计相关科研课题，组织学生开展课题研究，培养学生的创新能力。

（三）评价体系优化

教学、学习、评价之间联系紧密，评价不仅可以直接对教学、学习产生促进作用，而且评价结果能够为教学、学习的创新提供依据。量子光学导论课程体系改革中，要重视教学评价体系优化，使评价更好地服务于教师教学和学生学习。^[10]这需要教学评价体系优化过程中坚持多元化评价原则，将多种评价方法进行结合，从而保证评价模式的综合性与全面性，实现评价主体、评价方法多元化，全面考查学生在知识、能力等不同层面的发展情况。在此基础上，教学评价的实施应坚持激励性原则，即教师需要将激励作为实施教学评价的主要目标之一，在教学评价中肯定学生学习进步，以增强其获得感，提升其学习信心。^[11]结合多元化评价原则、激励性原则，教师可以将量子光学导论课程评价的维度细分为知识掌握、实践能力、创新能力，并针对不同维度选择相应评价方式，给予相应权重，如表2所示。^[12]

表2 量子光学导论课程教学评价体系

维度	评价方式	权重
知识掌握	阶段性测试 + 概念思维导图	40%
实践能力	虚拟实验报告 + 实物作品评审	35%
创新能力	专利申请 / 竞赛获奖等效认定	25%

三、量子物理课程体系教学改革成效与推广价值

（一）教学成果量化分析

量子光学导论课程体系教学改革中形成的新理念、新方法、新模式应用于多所高校的量子物理教学中之后，学生理论考核优秀率、SCI论文发表量得到显著提升，这表明该工作取得显著成效，相关成果具有较高推广价值。

（二）经验推广路径

量子物理课程体系教学改革中形成的成果是十分宝贵的教学经验，可以通过以下途径进行推广，为相关教学与研究工作的开展提供借鉴。

- （1）资源开放：基于 MOOC 慕课平台开发金课，并共享；
- （2）师资培训：举办“量子物理课程体系教学改革”主题讲座，进行经验分享，以丰富师资培训形式和内容，加快先进经验在教师之间的传播；^[13]
- （3）产教融合：结合相关量子科技领域发展前沿与教学改革成果，与企业联合开发教学型量子密钥装置，进一步加强产教融合，丰富教学资源。^[14]

四、未来展望

量子物理是人们认识自然界的重要引领，与现代科技发展联

系紧密，是理论性、实践性较强的学科，相关课程所涉及的实验观测结果、理论体系在培养学生科学素养方面有重要意义。随着量子科技领域不断发展，量子物理课程将基于动态课程机制、评价标准革新、国际协同创新等维度实现创新发展。^[15]

五、结束语

综上所述，量子物理作为现代物理学的重要分支，与现代科技领域发展联系紧密，其课程体系基于学科发展与教学痛点问题作出相应调整是十分必要的。以量子光学导论课程为例进行量子物理课程体系教学改革研究的结果表明，在新形势下从课程体系重构、教学模式革新、评价体系优化等三个维度提出改革方案，构建“理论－实验－应用”三位一体的教学框架，对提升教学效果有重要意义。

参考文献

- [1] 何敏, 肖岸. 理工科大学物理类研究生“高等量子力学”课程建设与教学改革的理念和实践 [J]. 物理与工程, 2025, 35(01):108-115.
- [2] 张国刚. 显微时间分辨光致发光系统融于半导体器件物理的教学实践 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(11):34-35.
- [3] 宿非凡, 杨钊华. 超导量子计算器件基础理论如何在本科物理课程体系中体现 [J]. 物理与工程, 2024, 34(05):132-138.
- [4] 殷小雪. 中南大学物理学院量子物理研究所特聘副教授刘宇轩探究量子物理揭示宇宙奥秘 [J]. 中国高新科技, 2024, (18):11-12.
- [5] 徐皓. 非物理类专业“量子物理”课程教学的若干思考 [J]. 教育教学论坛, 2024, (34):21-24.
- [6] 邓冬梅, 张欢. 将21世纪诺奖实验引入大学物理实验教学——LED 中的量子斯托克效应 [J]. 大学物理, 2024, 43(02):33-36+48.
- [7] 时光, 马琳. 探索、创新、领跑世界——以大学物理课程量子通信为例 [J]. 中华历史与传统文化论丛, 2022, (00):552-555.
- [8] 吕智国. 物理类新理工科量子物理教材建设探索 [C]// 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会, 教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会, 中国物理学会物理教学委员会. 2023年全国高等学校物理基础课程教育学术研讨会论文集. 上海交通大学物理与天文学院, 2023:238-241.
- [9] 盖彦峰, 马从普, 田广军. 探索和实践：量子力学与固体物理课程群的建设 [J]. 秦智, 2023, (07):97-99.
- [10] 吴琴. 医工融合专业大学物理课程思政教学改革实践——以“量子物理第一节”为例 [J]. 物理通报, 2022, (12):58-60.
- [11] 张婷, 吴伟, 孙仕海. 用大学物理知识诠释前沿科技——从光的偏振到量子通信 [J]. 物理与工程, 2024, 34(02):19-24.
- [12] 关正兵. 发挥物理学史在高中物理教学中的教育作用 [J]. 文理导航 (中旬), 2022, (03):19-21.
- [13] 钟彬伟. 从量子技术的应用看物理课堂教学中概念的建构 [J]. 文理导航 (中旬), 2022, (03):52-54.
- [14] 李林. 立德树人格局下课程思政融入高中物理教学的实践研究——以能量量子化为例 [J]. 物理通报, 2021, (12):67-70.
- [15] 曹丽欣, 朱慧涓. 民国时期(1918—1940年)高等教育中量子理论教学的发展：以北京大学、清华大学和燕京大学为例 [J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2021, 42(03):91-96.