

立足科学思维培养的大学物理实验教学改革

金靓婕, 柳叶, 刘芬芬, 郭冰

海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台

收稿日期: 2025年3月12日; 录用日期: 2025年4月18日; 发布日期: 2025年4月28日

摘要

针对学生大学物理实验课程学习中缺乏独立和深度思考、科学思维能力训练不足的问题, 通过更新实验设备、线上线下相结合、问题牵引、丰富思政内容等方式, 将思维训练贯穿于学生的整个实验学习过程中, 引导学生建立系统的知识逻辑体系, 强化科学思维, 激发创新意识。

关键词

实验设备更新, 线上线下教学, 问题牵引教学, 课程思政

Reform of College Physics Experiment Teaching Based on Cultivating Scientific Thinking

Liangjie Jin, Ye Liu, Fenfen Liu, Bing Guo

Aviation Basic Institute, Naval Aeronautical University, Yantai Shandong

Received: Mar. 12th, 2025; accepted: Apr. 18th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

In view of the lack of independent and in-depth thinking and insufficient training of scientific thinking ability in students' learning of university physics experiments, the teaching is adjusted by updating experimental equipment, combining online and offline teaching, problem-driven teaching, and enriching ideological and political content. The thinking training is integrated into the whole of students' experimental learning, guiding students to establish a systematic knowledge logic system, strengthening scientific thinking, and stimulating innovative consciousness.

Keywords

Experimental Equipment Update, Online and Offline Teaching, Problem-Driven Teaching, Curriculum Ideology and Politics

Copyright © 2025 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

科学思维是人类认识和思考世界的基本思维之一，致力于对感性经验进行提炼和升华之后实现客观逻辑与主观逻辑的统一[1]。大学物理实验是理工科类学生的必修基础性实践课程，在培养学生科学素养方面具有不可替代的作用[2]。通过原理学习、实践操作、数据采集与分析等教学环节，学生不仅深化了对物理理论认知，更通过实验过程中对异常现象的探究、仪器故障的排除以及实验方案的自主优化培养科学思维、激发创新思维。这种理论与实践深度融合的学习方式，既培养了严谨求实的科研态度，又锻炼了独立解决复杂问题的能力，为后续科研创新奠定了方法学基础，是理工科人才培养体系中的重要基石。但在长期的教学过程中发现，许多学生的实验学习存在缺乏独立和深度思考、科学思维能力训练不足的问题。对此，通过调整教学内容，引导学生对所学知识进行系统梳理，并在实践中进行深度学习、检验和探索，帮助学生构筑完备的实验知识体系，达成理论与实践的辩证统一，强化科学思维，激发创新意识。

2. 教学问题分析

大学物理实验的教学内容包括测量原理与方法、仪器性能与正确使用、操作技术与步骤、数据分析与处理等[3]。本课程对学生未来学习的支撑主要体现在两方面。其一，在精密仪器操作与测量实践中，学生逐步掌握工具校准、误差控制、数据规范记录等基础科研技能，这种严谨的实操能力可为后续科研仪器操作和工程测量奠定技术基础。其二，实验数据或现象能够促使学生将抽象的物理理论具象化。在验证物理理论或应用物理理论测量时，学生建立起“理论指导 - 实验验证”的双向思维能力，这是学生未来专业课程理解的钥匙，更是突破复杂工程问题的思维框架。但是，在教学中发现，有的学生在操作中不会用原理处理当下的问题或现象，有的学生“依葫芦画瓢”式完成测量后不会用原理分析数据背后的物理图像。这表明学生“原理”学习与“操作”学习割裂，缺乏深度思考，科学思维能力训练不足。因此，需要从形成完整的思维链的角度，调整教学内容，引导学生建立从理论到实践的系统知识逻辑体系。

3. 教学改革方法

3.1. 更换“黑箱化”实验设备

当前大学物理实验教学中普遍存在一些“黑箱化”实验装置，这类设备通过高度集成化和自动化设计，将复杂的物理过程封装为“按键 - 读数”的简单操作模式。学生即便不清楚原理，只要按照操作手册顺序点击各按钮，也可获得实验数据。这种“黑箱化”设备虽然降低了操作门槛，却造成了测量过程与物理原理脱节的教学困境。部分学生觉得学习原理“没用”，将实验简化为机械性流程操作，难以建立“现象 - 理论 - 技术”的认知链条。从认知心理学的角度审视，“黑箱化”设备将“图式构建”过程简化为“刺激 - 反应”行为模式，剥夺了学生操作物理实体、观察中间过程的机会，导致学生的认知停留于陈述性知识层面，违背了教育心理学中“必要难度理论”对深度学习的要求。黑箱化实验使学生的认

知图式局限于特定设备的操作流程,无法形成可迁移的物理建模能力[4]。当遇到预想之外的问题或故障时,学生往往束手无策,缺乏故障排查能力。针对此,在最近一轮实验室设备更新中,我校摒弃了“黑箱化设备”,引入的新设备相当于拆开了盲盒,将原来集成的部分转换成各个组件、导线、仪表等。图1为电位差计原设备与新设备的对比。相较于原设备,学生使用新设备时必须先在熟知实验原理的前提下才能完成连线、调节、测量等操作,这从根源上激发学生对原理学习的兴趣和重视,并主动思考学以致用。



Figure 1. Original equipment (a) and new equipment (b) of potentiometer
图1. 电位差计的原设备(a)与新设备(b)

3.2. 依托“线上线下”重新配置教学内容

大学物理实验的基本原理及其构筑起来的知识体系是其训练学生科学思维的基本条件[5]。传统的物理实验教学模式中,理论讲解、仪器操作、数据采集等环节被全部压缩在有限课时内,教师通常需耗费30%以上的课时进行基础知识的单向灌输。这种填鸭式的教学方式容易让学生抓不住重点,从而理清各知识点之间的关系。甚至有的学生真正动手操作时已进入疲劳状态。对此,可构建线上线下相结合的实验教学模式。首先,课前通过雨课堂平台推送预习资源,将一些常识性、基础性的学习内容前置。课堂上减少知识点的罗列,聚焦知识点之间的逻辑关系,聚焦以测量任务为中心对各知识点的链接。这种教学模式转型释放了课堂的深度学习空间,使学生在问题解决过程中自然建构知识网络。图2以光电效应测量普朗克常数实验为例说明:课前学生对光电效应、普朗克常数、能量转换等基础知识点进行预习,课堂重在梳理各知识点之间的关系,使原理与设备、原理与操作、原理与数据分析紧密结合,帮助学生理解实验的底层逻辑。

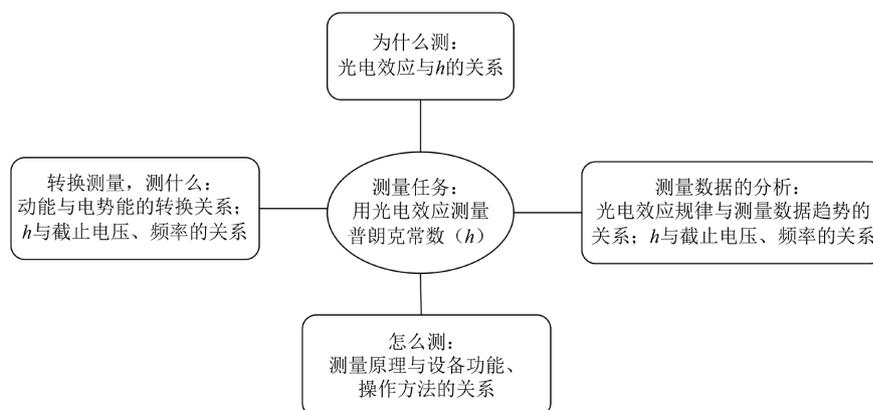


Figure 2. Knowledge logic of photoelectric effect experiment
图2. 光电效应实验的知识逻辑梳理

3.3. 构建问题牵引的阶梯式教学

传统物理实验教学往往采用“先理论、后实操”的线性教学结构[6]。但是，教学中发现，许多学生对在未知实验现象的情况下学习复杂原理感到枯燥，听课容易走神，而实操需要用到相关知识时已经想不起来了。这表明线性教学结构割裂了现象观察与理论建构的动态联系，造成知识应用链断裂。为此，可构建“现象驱动、问题迭代”的阶梯式教学模式：将原理理论模块拆解为若干知识单元，每个单元遵循“原理切片讲解 - 基础实操感知 - 问题引导深化”的循环路径。这种交替递进的教学模式通过现象前置激发学生的具象认知，通过问题链构建了学生的认知结构框架，最终实现了知识的螺旋式内化。图3以霍尔效应实验为例说明：系列问题使学生处于探索者的第一视角，根据基础理论原理去初探实验获得数据，观察数据去发现与预期不符的现象，再回看原理和操作探寻其成因和本质，最终在理解测量技术原理的基础上完善实验方案和数据处理方法。教员引导学生去注意到问题的存在，引导学生思考“为什么”和“怎么办”，培养学生发现问题的能力，启动学生思维。

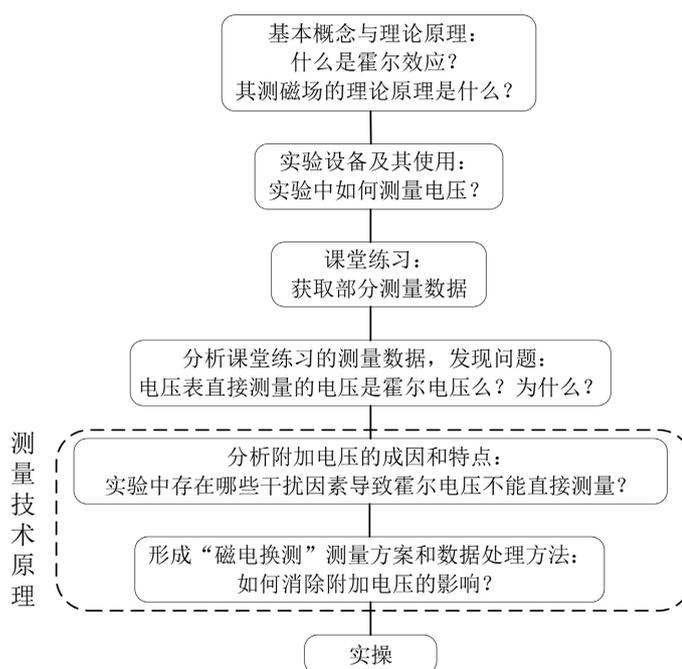


Figure 3. Hall effect experiment teaching content arrangement

图3. 霍尔效应实验教学内容安排

3.4. 丰富课程思政内容

课程思政在培养科学思维中发挥着价值引领与精神塑造的双重作用。其一，通过融入科学史案例，使学生了解实验背后的思想人文精神，学习科学家们的思维方法。例如，霍尔效应实验中，科学家霍尔在面对经典电磁理论的创始人麦克斯韦和瑞典物理学家爱德朗两位学术权威对载导体在磁场中的受力情况的看法不一致的情况下独立实验最终发现霍尔效应，引导学生建立“尽信书不如无书”的科学思维。其二，实验课程在思政方面的独特优势在于：学生所获得的思想感悟、情感体验往往来源于他们的切身实践。例如，分光计实验中，在实验总结环节中让学生结合实验数据自我分析评价分光计的调节中哪里完成得较好，哪些地方存在的失误可能导致最终的测量数据产生误差。学生在此过程中能够自我感悟遵守操作规程、严谨认真、一丝不苟对实验结果的重要性，实现思想价值的提升。因此，在教学中引入总

结或阶段性小结，将学生的切身体验加以升华、提炼、总结，可获得学生思想层面上的认同，起到育人的作用。

4. 教学效果评价

4.1. 提升了学生的课堂专注力

教学改革的实施使学生的课堂参与度产生结构性改善。学生普遍感到原理讲解与实际操作的紧密度提升，知识点之间的逻辑关系更加清晰，课堂专注力提高，课堂上能够时时抓住当下教学活动的重点，愿意积极思考，主动参与课堂，进而学习质量明显提高。课程满意度评价调查表明，学生的课程满意度由改革前的 70% 提升至 92%。学生实验成绩提高明显，成绩统计分析表明，学生实验平均成绩由改革前的 72 分提升至 85 分。

4.2. 提升了学生的科学思维能力与创新意愿

教学改革的实施催生了学生思维能力的质性跃迁。学生反馈表示，教学内容调整后对理论与实践的辩证关系认识更深刻了，对物理原理的实际应用的兴趣提升了。不少学生主动参加物理创新实践活动，提出了极具创造力的想法并付诸实践，在活动中进一步提升了科学思维能力。过去 2 年，学生参加山东省物理实验大赛获奖 20 余项。

4.3. 提升了课程思政育人效果

课程思政的有机融入重塑了学生的科研价值观体系。学生反馈表示，课程的思政内容融入自然、贴合实际，科学家面对复杂科学问题时的想法和做法对自身科学思维能力的培养具有启发性，课堂总结或阶段性小结能够帮助他们用正确的立场观点方法认识并分析问题，对未来的学习态度和方法有所助益。

5. 小结

针对当前大学物理实验课程中学生普遍存在的独立思考和深度思维能力不足、科学思维训练欠缺等问题，开展了系统的教学改革研究。首先，通过更新实验设备，强化原理与实操之间的关联。其次，通过线上线下混合式教学，释放课堂的深度学习空间；第三，通过构建问题牵引的阶梯式教学，引导学生深度探索实验现象背后的物理本质。同时，将课程思政元素有机融入实验教学，培养学生的科学精神和创新意识。通过这一系列的改革措施，旨在全面提升学生的科学思维能力，培养其独立思考和解决复杂问题的能力，为培养创新型人才奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 王栋. 构建大学物理实验课程创新思维微环境的三重维度[J]. 大学物理实验, 2019, 32(5): 115-117.
- [2] 唐笑, 相国涛, 余耀, 等. 解析大学物理实验中的科学方法论[J]. 大学物理实验, 2020, 33(5): 134-137.
- [3] 燕晶. 基于 OBE 理念的大学物理实验教学改革创新研究[J]. 广西物理, 2023, 44(4): 57-59.
- [4] 张慧, 姚琴芬. 基于知识可视化的物理实验课程导学教学设计研究[J]. 物理与工程, 2020, 30(2): 82-93.
- [5] 范海英, 贾小文, 邱成锋. 思维导图在深度学习中的运用——以大学物理实验为例[J]. 军事交通学院学报, 2020, 22(3): 64-68.
- [6] 余小英, 李凡生. 思维导图在大学物理实验中的应用[J]. 河池学院学报, 2014, 34(5): 118-122.