

非线性物理相关课程教学中的跨学科融合与课程创新

陈宣霖

黑龙江大学物理科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年11月2日; 录用日期: 2024年12月2日; 发布日期: 2024年12月10日

摘要

针对与非线性物理相关课程的教学中的理论与实践脱节、教学形式单一等问题, 提出了一种融合式教学改革方案。通过构建理论-实验一体化教学框架, 设计模块化实验项目, 实施弹性化教学进度安排, 创新实验教学内容。采用现代教育技术和数字化设备, 开发综合性实验项目, 建立计算机辅助实验平台。实践表明, 该教学模式显著提高了学生的学习兴趣 and 创新能力。教学评价显示, 95%的学生认为新模式提高了学习兴趣, 88%的学生实验能力显著提升。研究成果为非线性物理相关课程的理论与实验教学改革提供了可推广的实践经验。

关键词

非线性物理, 实验教学, 课程融合, 教学创新, 教学实践

Interdisciplinary Integration and Course Innovation in the Teaching of Nonlinear Physics-Related Courses

Xuanlin Chen

Department of Physical Science and Technology, Heilongjiang University, Harbin Heilongjiang

Received: Nov. 2nd, 2024; accepted: Dec. 2nd, 2024; published: Dec. 10th, 2024

Abstract

A blended teaching reform plan is proposed to address issues, such as the gap between theory and practice and the lack of diversity in teaching methods in the teaching of nonlinear physics-related courses. The reform builds a theory-experiment integrated teaching framework, designs modular

experimental projects, implements flexible teaching schedules, and innovates experimental teaching content. By utilizing modern educational technologies and digital equipment, comprehensive experimental projects are developed, and a computer-assisted experimental platform is established. Practice shows that this teaching model significantly improves students' interest in learning and their innovative capabilities. Teaching evaluations indicate that 95% of students believe the new model has increased their interest in learning, and 88% of students significantly improved their experimental skills. The research results provide transferable practical experience for the reform of theory and experimental teaching in nonlinear physics-related courses.

Keywords

Nonlinear Physics, Experimental Teaching, Course Integration, Teaching Innovation, Teaching Practice

Copyright © 2024 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

非线性物理作为物理学重要分支, 在很多物理学课程中都有所涉及, 其教学过程需要将理论知识与实验现象紧密结合[1][2]。传统教学模式存在教师主导、学生被动、实验与理论脱节等问题, 难以适应现代科学教育需求。当前物理教学改革要求将跨学科理念融入课程体系, 创新教学方法, 优化实验内容, 培养学生创新能力。构建融合式教学模式, 实现理论与实验教学的有机结合, 提高教学质量, 是物理教育工作者面临的重要课题。在信息技术快速发展的今天, 如何充分利用现代教育技术, 创新教学手段, 提升教学效果, 需要进行深入探索和实践研究。

2. 非线性物理实验教学现状

2.1. 现有教学模式的特点与不足

传统教学模式沿袭“讲授-验证”的单一模式。教师在课堂上采用灌输式教学, 按照教材内容逐章讲解理论知识, 学生被动接受信息[3]。实验环节仅作为理论验证, 缺乏探究性和创新性。教学过程中, 学生实验步骤完全依照实验指导书进行, 实验数据处理方法固定, 实验结果与标准答案对比。这种模式导致学生创新思维受限, 实验兴趣低下。课堂互动性差, 学生提问少, 教师难以及时了解学生掌握情况。考核评价方式单一, 过分注重实验报告格式及数据处理结果, 忽视实验过程中的创新思维和问题解决能力。实验课程安排机械, 未能充分考虑学生个体差异, 难以激发学生的学习主动性。

2.2. 实验课程与理论教学的脱节问题

理论课程与实验课程在时间安排上未能有效衔接。理论知识讲授与相关实验操作之间往往存在较长时间间隔, 学生难以将理论知识与实际现象建立直观联系。教学内容上, 实验课程简单重复理论课程, 缺乏深层次的物理机理分析[4]。实验指导书内容陈旧, 未能及时更新实验方法和技术手段。理论教师与实验教师各自为战, 缺乏教学内容的协同设计。学生在理论学习时缺乏实验直观认识, 实验操作时又无法充分运用理论知识指导实践。这种脱节现象严重影响了教学效果, 造成知识点的割裂理解, 不利于学生形成完整的知识体系。

2.3. 教学资源利用效率分析

高校实验室设备资源利用率普遍偏低。昂贵的精密仪器使用频率不高，部分设备长期闲置。实验室开放时间受限，学生课后难以进行自主实验[5]。实验教学资源数字化建设滞后，网络教学平台功能单一，难以满足远程教学需求。教学软件更新缓慢，数据处理方法落后，未能充分利用现代计算机技术优势。实验室人员配备不足，实验课程安排集中，造成设备使用冲突。实验耗材补充不及时，影响实验正常开展。现有实验教学资源配置不合理，未能形成资源共享机制，各实验室重复建设现象严重。

3. 融合式教学模式的设计

3.1. 理论 - 实验一体化教学框架

理论与实验一体化教学采用“引例 - 讲解 - 验证 - 拓展”的层进式结构设计。教学伊始通过典型物理现象导入，如使用非线性摆演示混沌现象，激发学生探究兴趣。理论讲解环节采用多媒体与实物演示相结合的方式，将抽象概念具象化[6]。重点难点知识采用实验即时验证方式，如用示波器显示非线性振动波形，帮助学生建立直观认识。教师在课堂上由传统“讲授者”转变为“引导者”，通过提问、讨论引导学生思考。实验过程中设置不同难度的探究任务，鼓励学生自主设计实验方案。课后布置开放性实验题目，要求学生查阅资料，设计验证方案。整个教学过程中，理论与实验相互渗透，让学生在“做中学”，培养科学思维 and 创新能力。

3.2. 模块化实验项目设计

模块化实验体系分为基础模块、提高模块和创新模块三个层次。基础模块包含必做实验：非线性振动系统研究、磁滞现象观测、声子晶体特性等，重点培养学生基本实验技能[7]。提高模块融入计算机辅助实验：混沌系统相图绘制、分岔演化数值模拟、非线性波传播等，强化数据分析能力。创新模块设计研究性实验：非线性光学效应、量子隧穿现象、临界现象观测等，培养科研素养。实验指导采用分层结构，基础部分详细说明操作步骤，提高部分提供研究思路，创新部分仅给出研究目标。各模块配备相应实验器材和软件平台，如示波器、数据采集系统、建模软件等。模块间相互关联又相对独立，便于教师根据班级特点和教学目标灵活选择实验内容。

3.3. 弹性化教学进度安排

教学进度采用“3 + 2 + 1”模式进行科学规划。3学时用于理论讲授与实验操作，包括30分钟理论导入，2小时实验操作，30分钟初步分析。2学时进行数据处理与深入分析，学生需完成数据图表绘制、误差分析、物理规律探讨等工作。1学时用于成果展示与研讨，采用小组汇报形式，促进交流学习。学生可根据个人兴趣和能力选择实验内容，基础实验必做，提高实验和创新实验选做。期末阶段安排2周时间完成综合性研究项目，学生自主选题，教师指导完成。教学评价包含过程考核(占60%)和结果考核(占40%)，过程考核重点关注实验态度、操作规范、创新意识等，结果考核注重实验报告质量和研究成果。

4. 实验教学内容的创新设计

4.1. 经典实验的改进与优化

传统非线性物理实验进行全面改造升级，引入现代测量技术与数字化设备。以非线性摆实验为例，采用高速摄像机记录摆动轨迹，配合运动分析软件获取相空间演化图像。磁滞回线测量实验中，使用数字磁强计替代传统磁电感应装置，提高数据采集精度。声学驻波实验增添频谱分析仪，观测非线性谐波特征。实验装置模块化设计，便于学生自主搭建不同实验系统。数据采集全程自动化，实时显示测量结

果。实验指导书重新编写，突出物理机理分析，增加探究性内容。学生在实验过程中深入理解非线性现象的本质特征，掌握现代实验技术，培养实验创新能力。

4.2. 综合性实验的开发

围绕非线性物理核心概念，设计跨领域综合实验项目。非线性光学实验系统集成激光器、非线性晶体、光电探测器等器件，研究倍频效应、光学双稳态等现象。混沌电路实验采用模块化设计，包含非线性元件组件、信号发生器、数据采集卡等，学生通过改变电路参数观察分岔演化过程。量子隧穿实验装置由扫描隧道显微镜改装而成，结合计算机模拟软件，探索微观世界的非线性效应。实验过程要求学生独立设计实验方案、搭建实验系统、编写数据处理程序。实验报告强调创新性，鼓励学生提出新的研究思路和方法。

4.3. 计算机辅助实验设计

开发专门的实验教学软件平台，集成建模仿真、数据分析、可视化展示等功能。非线性动力学模拟模块采用 MATLAB 编程环境，学生通过修改程序参数，观察系统动力学行为变化。分岔理论教学配套相图绘制软件，直观展示系统状态随参数变化的演化过程。混沌吸引子数值模拟采用三维可视化技术，学生能够从不同角度观察奇异吸引子结构。软件平台提供数据接口，支持实验数据导入与理论模型对比。配套编程指南和算法库，指导学生开发新的数值模拟程序。通过虚实结合的实验方式，加深对非线性物理本质的理解。

5. 教学实施策略

5.1. 课前预习与资源准备

实验前一周发放电子版实验指导资料，内含实验原理、操作要点、数据处理方法等内容。学生通过在线学习平台观看实验演示视频，了解实验装置结构与操作流程。教师制作知识导图，梳理实验涉及的理论要点，帮助学生建立知识框架。实验室提前准备仪器设备，实验员检查设备性能，标定测量仪器。学生分组建立学习社群，在线讨论实验预习中遇到的问题。教师收集学生预习反馈，针对共性问题录制微课解答。实验前一天完成分组实验台的器材摆放，并进行设备预热与校准。学生需提交预习报告，内容包括实验原理分析、实验步骤设计、可能的实验结果预测等。

5.2. 课堂互动与实验指导

实验课开始前进行安全教育与操作规范讲解，强调实验注意事项。教师通过提问方式检查预习效果，针对性讲解重难点内容。实验过程采用分层指导策略：基础型实验提供详细操作指导，提高型实验引导学生独立思考，创新型实验鼓励自主探索。实验数据采集过程中，教师巡视指导，及时发现和纠正错误操作。遇到典型问题时，组织全班讨论分析，培养学生解决问题能力。鼓励不同小组之间交流实验经验，分享创新想法。实验后期安排小组展示交流，学生汇报实验发现，教师点评指导。对实验现象进行深入分析讨论，引导学生建立物理直观。

5.3. 课后拓展与数据分析

实验完成后，学生需整理实验原始数据，运用专业软件进行数据分析处理。通过误差分析、数据拟合、图像处理等方法，提取物理规律。鼓励学生使用 Python 或 MATLAB 编写数据处理程序，提高编程能力。实验报告采用研究论文格式，包含实验目的、原理、方法、结果分析、误差讨论等完整内容。开展实验成果研讨会，学生以海报形式展示研究发现。优秀实验成果制作成教学案例，上传至课程资源库。

针对实验中发现的新现象，设计拓展性研究课题，指导感兴趣的学生深入研究。建立实验技能档案，记录学生实验能力发展过程。定期组织实验技能竞赛，激发学生创新热情。

6. 实践效果与优化建议

6.1. 具体案例分析

以 2023~2024 年春季学期物理演示实验课程实践为例，共有 90 名学生参与新模式教学。混沌摆实验中，学生通过高速摄像分析技术，成功观测到周期倍增现象。在昆特管实验中，学生运用高速摄像技术与计算机模拟相结合的方法，计算了管内声波的速度，深化了对非线性系统的理解。在辉光球实验中，利用氖管、摄像机等设备，分析与展示了辉光球的发光特性，解释其中的非线性原理，大幅提升学生的探索欲望。期末综合性实验评比中，学生好评率达 98%，较传统教学提升了 8 个百分点。

6.2. 学生反馈统计

通过问卷调查、访谈记录、实验报告分析等方式收集教学反馈数据。问卷覆盖全体学生，内容包含课程满意度、知识掌握程度、实验技能提升等方面。数据显示：95% 的学生认为新教学模式提高了学习兴趣，88% 的学生表示实验能力显著提升，92% 的学生支持继续推广新模式。实验报告质量统计显示：数据处理规范性提高 75%，物理分析深度提升 60%，创新思维体现明显。学生实验技能评估成绩：操作规范性平均分提高 1 分，数据处理能力提升 1 分，实验创新能力提高 2 分。专业兴趣调查显示：70% 的学生产生了深入研究的意愿，25% 的学生参与到了实际的科研工作中。

6.3. 持续改进机制

建立多层次教学质量监控体系，包括周反馈、月评估、学期总结三个层面。实验课后即时收集学生实验记录，分析实验数据质量，及时发现和解决问题。月度教研会议集中讨论教学中发现的共性问题，优化实验方案和教学策略。学期末组织专家组评估，从实验内容设计、教学过程组织、学生能力提升等方面进行全面审查。建立实验教学资源库，收集整理教学案例，形成可推广的教学经验。定期更新实验设备和教学软件，保持实验条件的先进性。组织教师参加专业培训，提升教学水平。建立学生意见反馈渠道，设立实验教学改进意见箱，鼓励师生共同参与教学改革。

7. 结语

在物理学科日益发展的背景下，非线性物理相关课程的教学改革势在必行。通过构建理论与实验相结合的融合式教学模式，创新教学方法，优化课程设置，加强实践环节，能够有效提升教学质量。实践证明，模块化的教学设计既保持了教学内容的灵活性，又确保了教学质量的稳定性；理论与实验的紧密结合，激发了学生的学习兴趣，培养了学生的实践创新能力；现代教育技术的合理运用，丰富了教学手段，提高了课堂效率。这种教学模式的推广应用，将为物理教学改革提供新的思路和方向。

致 谢

感谢黑龙江省高校大学专项科研基金项目(编号：2021-KYYWF-0051 和 2022-KYYWF-1104)，以及黑龙江省人力资源和社会保障局对此工作的支持。

基金项目

1) 项目名称：非简谐系统中的局域化现象与动力学研究；项目编号：2021-KYYWF-0051；项目来源：黑龙江省教育厅。

2) 项目名称: 基于非简谐效应的细胞动力学研究; 项目编号: 2022-KYYWF-1104; 项目来源: 黑龙江省教育厅。

参考文献

- [1] 刘斌. 高校物理教学中渗透非线性物理知识的探讨[J]. 中国航班, 2023(34): 171-174.
- [2] 郭远, 傅卓佳, 闵建, 等. 课程-迁移学习物理信息神经网络用于长时间非线性波传播模拟[J]. 力学学报, 2024, 56(3): 763-773.
- [3] 周晨, 王翔, 刘默然, 等. 大功率高频电波加热电离层的非线性物理过程[J]. 地球物理学报, 2018, 61(11): 4323-4336.
- [4] 叶鸣, 贺永宁, 王新波, 等. 金属波导连接的无源互调非线性物理机制和计算方法[J]. 西安交通大学学报, 2011, 45(2): 82-86.
- [5] 李帮庆, 马玉兰, 徐美萍. (G'/G)展开法与高维非线性物理方程的新分形结构[J]. 物理学报, 2010, 59(3): 1409-1415.
- [6] 张军力. 关于非线性物理中的孤波研究——从约化摄动法求解非线性弦振动中的孤波[J]. 商情(科学教育家), 2008(5): 369-370.
- [7] 李元杰, 汤正新. 授之工具、传之方法建立在教师指导下的学生自主学习模式——介绍华中科技大学非线性物理教学的改革之二[J]. 物理与工程, 2001(5): 14-17.