

# 混合式与学习分析协同的大学物理实验改革范式

张 哲

扬州大学物理科学与技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2025年9月7日; 录用日期: 2025年10月7日; 发布日期: 2025年10月14日

## 摘 要

为回应新时代高等教育“以本为本”“四个回归”与“六卓越一拔尖2.0”的质量导向,本研究面向理工农医类二年级本科生,对大学物理实验课程实施系统化教学改革。课程以分层递进的实验体系为主线,整合基础、基本、综合提高与设计探究四级模块,引入线上线下混合式教学、虚拟仿真实验、项目制与形成性评价等策略。通过优化内容供给、重构教学过程、建设虚拟仿真平台支撑的高可信虚拟实验与多维学习分析,在保持课程学术严谨性的同时,显著提升学生的主动学习、跨学科综合与研究型能力。实践表明,改革后课程在高阶性、创新性、挑战度、兴趣度方面均有提升;学习过程数据支持的评价闭环促进了持续改进与精准教学。本研究可为同类公共基础实践课程的高质量建设提供可复用范式。

## 关键词

大学物理实验, 混合式教学, 虚拟仿真, 形成性评价, 课程思政

# A Synergistic Reform Paradigm for the College Physics Experiment Course Integrating Blended Learning and Learning Analytics

Zhe Zhang

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

Received: September 7, 2025; accepted: October 7, 2025; published: October 14, 2025

## Abstract

To align with the quality orientation of the contemporary higher education agenda, this study implements a systematic reform of the college physics experiment course for second-year undergraduates in science, engineering, agriculture, and medical programs. The reform is organized around a tiered laboratory framework that integrates four modules—fundamental, basic, advanced-comprehensive, and design-inquiry—while incorporating blended learning, virtual simulation, project-based learning, and formative assessment. By optimizing content provision, restructuring instructional processes, and building high-fidelity virtual laboratories supported by a learning-analytics pipeline, the course maintains academic rigor and substantially enhances students' self-directed learning, interdisciplinary integration, and research capabilities. Practice indicates improvements in higher-order learning, innovativeness, challenge, and engagement, and the data-informed feedback loop enables continuous refinement and precision teaching. The proposed approach offers a reusable paradigm for quality enhancement of comparable general foundational laboratory courses.

## Keywords

College Physics Experiment, Blended Teaching, Virtual Simulation, Formative Assessment, 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. 研究背景与问题提出

大学物理实验是面向一年级下学期或二年级上学期理、工、农、医等专业本科生独立开设的公共基础实践课程，其在培养学生严谨的治学态度与实事求是的科研精神、激发创新意识、推动“理论－实践－应用”贯通方面具有不可替代的重要作用。近年来，国内高校普遍将该课程定位为兼具“高阶性、挑战度、创新性”的实践平台，强调在项目体系、混合式组织与过程性评价等维度持续升级[1]-[3]。结合课程定位与教学实际，本研究的课程改革突出物理学原理与现代科技及跨学科应用的紧密衔接。在量子物理、光学、热学等领域的实验教学中，强化物理原理在信息技术与能源科学场景中的应用，同时通过研究性与设计性任务，系统培养学生的科研素养与工程意识。相关研究表明，线上－线下混合式教学能够显著提升“课前－课中－课后”的贯通度与学习投入[4]-[7]；以成果导向为核心的理念有助于将课程目标、实验项目与考核标准对齐，并形成持续改进闭环[8]；课程思政的有机融入可在实验目标、过程与反思中实现价值引领[9]；在数据处理与可视化方面，引入编程与学习分析工具能够提升数据质量与证据使用水平[10]。

为进一步提升课程改革的系统性与理论深度，本研究尝试将“混合式教学”与“学习分析”这两个关键要素进行深度协同整合，其理论框架根植于以下核心教育理念：混合式教学的组织模式遵循了建构主义学习理论，强调学生在精心设计的“线上－线下”学习环境中进行主动的知识建构与意义生成；而学习分析技术的引入则体现了掌握学习理论与差异化教学的思想，旨在通过数据驱动的方式，精准洞察每位学生的学习进程与困难，从而实现个性化的反馈与教学干预。本研究的理论探索在于并非将技术视为孤立工具，而是构建一个“教学－数据－反馈－优化”的有机闭环。混合式教学为学习分析提供了全景式、多模态的数据源，使得对复杂学习过程的量化评估成为可能；而学习分析生成的数据洞察，又反

过来赋能混合式教学的各个环节,使其能够动态调适、持续优化,从一种预设的教学模式演进为一个能进行“教学自省”的智能生态系统。这一“协同范式”旨在超越单一技术的简单应用,探索技术与教学深度融合后所产生的“ $1 + 1 > 2$ ”的增效机制,为破解传统实验教学中的规模化与个性化之间的矛盾提供一条新路径。

## 2. 课程目标与教学痛点

本课程据此明确“三维教学目标”并落实到项目设计与评价指标中:其一,知识目标——理解并掌握物理学基本原理,熟悉常用实验方法与流程,能够进行数据分析与误差处理;其二,技能目标——提升实验操作能力、问题解决能力与实验设计及创新能力;其三,情感目标——培养爱国情怀与科学兴趣,强化团队协作精神,树立正确的科学态度与责任感。同时,直面当前制约成效的六类教学痛点:一是实验内容相对陈旧,缺乏创新性;二是实验项目与专业发展衔接不够紧密;三是过于侧重知识传授,课程育人功能落实不足;四是学生对教师依赖较强,自主探究兴趣不足;五是课程评价方式单一,过程性证据采集与量化不充分;六是知识点覆盖面广,模块之间相对独立、关联度不高。上述问题与既有文献中的共性发现相吻合,进一步印证了在项目体系、虚实融合与评价方式上的改革必要性。

现有研究已验证混合式教学在实验课程中的可行性,但多集中于资源整合与学习满意度,较少对“高阶实验任务完成质量”和“误差分析能力”进行持续跟踪。学习分析在高等教育中的应用形成了从日志到证据的基本框架,然而在实验场景中仍面临多源异构数据的清洗、对齐与标注难题,过程性证据也难以量化并转化为教学行动。虚拟仿真实验为复杂或高风险实验提供可控环境,但与实体装置之间的互证机制与共同评价标准尚不充分。本研究提出“混合式教学-学习分析-虚实互证”的三元协同范式,强调在统一目标体系下实现“目标对齐-数据对齐-评价对齐”,通过课前概念测验、课中操作轨迹、课后报告量表的证据汇聚,建立可干预、可监测、可复用的流程,从而弥补既有模型在实验课“可测证”与“可迁移”方面的不足。

基于上述分析,本文提出“分层递进-虚实融合-项目驱动-数据支撑”的改革框架:以基础、基本、综合提高与设计探究四级模块组织内容;以基于虚拟仿真与实体装置互证,形成“先仿真、再实操、再拓展”的路径;以项目化学习与形成性评价构建“诊断-干预-反馈-改进”的闭环;以课程思政贯穿目标、过程与反思,力求在“高阶性、创新性、挑战度、兴趣度”等维度实现可测可证的提升。

## 3. 教学改革总体设计与实施路径

### 3.1. 内容更新与高阶项目

创新教学内容,优化教学设计,丰富教学资源,激发学生学习兴趣,引导学生主动学习,提高课程的高阶性、创新性、挑战度和兴趣度。

(1) **创新教学内容,结合学科前沿和最新科研成果,更新教学内容。**使学生体验最新的科学技术,从而激发其探索和学习的兴趣。通过这种内容的创新,不仅可以让学生学到更多具有应用价值的知识,还能让他们感受到学习的现实意义和紧迫感。如开设“用扫描隧道显微镜测量石墨烯朗道能级”虚拟仿真实验。

(2) **开发融合多学科知识的综合设计与探索性高阶实验项目,推动学科间的深度整合。**通过整合多学科领域的知识,设计探究性和综合性实验任务,旨在培养学生在实际应用中跨学科解决问题的能力。例如,设置电磁驱动的磁悬浮实验,将电磁学、电子技术、控制工程、信号处理和机械工程等技术有机结合,展示典型的机电一体化高新技术。参与这样的实验,不仅能让学生接触到多学科交叉的知识领域,激发其学习兴趣,还能大幅提升实验课程的挑战性和深度。

(3) **优化现有实验项目，增加进阶性的实验内容。**将现有实验项目做分层优化后，迈克尔逊干涉仪实验的必做内容为观察等倾干涉与等厚干涉条纹，选做内容为利用干涉法测量薄膜的折射率与厚度，并表征金属的热膨胀系数；非平衡电桥实验的必做内容为完成测温仪的定标与校准，选做内容为设计并制作数字温度计，并开展精度对比与误差分析。

### 3.2. 混合式教学组织

创新教学方法和手段，营造自主、合作、探究式学习环境，打造线上线下、课内课外一体化的混合式教学模式。

(1) **通过充分运用信息化教学手段，构建线上线下、课内课外相融合的混合式教学模式。**教学方法灵活多样，科学高效，课程有机地交织了思维导图、问题引入、互动研讨以及德智融合等先进教学方法，集科学性、趣味性、拓展性和思想政治教育于一体。同时，兼顾传统的类比教学法、问题教学法和启发式教学法等多种手段，做到理论联系实际，注重知识迁移、理解抽象概念、创设问题情境、培养问题意识，组织探究活动，掌握科学方法，引导学生主动参与、自主探究、逻辑推理和归纳总结。

课前，目前存在学生对老师的依赖性比较大的问题，设置了课前预习环节。学生带着任务和问题自主预习实验，明确实验任务，通过阅读材料，了解实验背景。教师通过分析课前学习数据实时调整课堂教学策略。通过这种方式了解学生学情，培养学生自主学习的能力，调动学习的积极性。课中，教师根据学生的课前预习情况，简要回顾理论知识和实验背景，确保他们理解实验的核心概念。通过启发式教学，教师引导学生思考实验关键步骤和可能问题，并将学生分组，组织小组讨论和实验设计。各组学生在合作中结合课前准备和教师指导，自主完成实验操作。教师在巡视过程中，对各组的问题及时进行点拨和指导，通过提问和任务引导学生多角度思考，培养批判性思维。同时，教师利用多媒体演示和实验数据实时分析等现代教学手段，帮助学生将理论与实践结合，加深对实验的理解。此教学模式鼓励学生在实验中发现、分析并解决问题，提高动手和合作能力，逐步培养自主探究的学习习惯和创新意识。课后，学生对课上的实验进行数据处理，归纳总结实验结论。并以发布的拓展性研讨题目为依托，建立“学生自由组队、分组探究，定期汇报研讨，开展学术辩论，教师点评拓展”的教学范式，实现从“教师传统灌输式讲授”到“引导学生主动探究式学习”的转变，促进学生深度学习，激发创新意识，掌握基本的科研方法和科研手段，变“吸收知识”到“运用知识”，实现学有所用，培养学生的团队协作精神、科研创新意识和综合实践能力，提升运用物理综合知识解决实际问题的能力，促进学生全面发展。

(2) **开发虚拟实验平台，聚焦前沿，构建沉浸式、多学科融合的学习环境。**开发基于高精度量子操控虚拟仿真平台和基于虚幻开发的实验平台。为学生提供一个多样化的实验环境，使他们能够在虚拟空间中进行多学科实验的自主设计与操作，培养动手能力和跨学科的分析能力以及为学生提供难以在传统实验中实现的前沿实验体验。

### 3.3. 数据驱动的过程性评价

构建多样化的评价体系，强化基于学习数据的过程评估。通过分析学习过程数据，动态调整教学策略，及时为学生提供反馈。

(1) **构建多元化的考评体系：**除了传统的考试成绩外，还可以纳入实验报告、课堂表现、实验过程中的探究与创新能力等多个维度进行综合评价。这样可以更全面地衡量学生的学习效果和实践能力。

(2) **强化基于学习数据的过程性考核：**通过记录学生在实验过程中的操作数据、实验结果以及思考过程，建立学习档案和数据记录系统。利用这些数据进行分析，对学生的学习进展进行动态评估，及时调整教学策略并提供个性化的反馈。

(3) 引入项目制考核模式：设计综合性、探究性强的实验项目，让学生在团队合作中完成实验任务，并根据学生在项目中的表现，如分工合作、问题解决能力、创新思维等进行评价。这不仅能够提高学生的兴趣，还能培养学生的综合素养和科研能力。

(4) 使用智能实验设备记录和分析：利用智能实验设备自动记录学生的实验操作过程和数据，并根据这些数据评估学生的实验准确度、操作规范性以及实验探究能力，从而实现过程性考核的客观量化。

(5) 建立学生自评和互评机制：鼓励学生对自己的实验过程和结果进行反思并通过小组讨论和互评的方式，培养学生的批判性思维和团队合作精神。同时，教师可以参考这些评价作为过程考核的重要补充。

### 3.4. 课程思政融入

在课程中注重课程思政，强调德育与智育的有机融合，旨在培养学生全面发展的素质教育。

(1) 融入家国情怀和社会责任感：在教学过程中，通过实验背景和应用场景的讲解，将科学技术与国家发展的实际需求联系起来，引导学生树立为国家科技进步和社会发展做贡献的使命感。例如，在介绍实验项目时，讲解该技术在环保、新能源等领域的应用，激发学生的社会责任感。

(2) 培养团队合作和创新精神：通过实验课程的设计，鼓励学生进行小组合作和自主探究。在团队合作中，让学生学会沟通、协作和解决问题的能力，培养团队精神。同时，在创新性实验中，引导学生敢于尝试和探索，增强他们的创新意识和创新能力。

(3) 弘扬科学精神与职业伦理：在实验教学中，不仅教授学生科学知识和实验技能，还注重传授科学精神，如实事求是、严谨求实的态度，以及职业道德规范，强调实验中的诚信和责任。通过真实案例分析，使学生理解科学研究中的道德规范和行为准则的重要性。

(4) 提升综合素养与实践能力：实验课程不仅关注学生智力的发展，还通过引入与实际应用密切相关的实验项目，培养学生的实践能力和工程素养。例如，引入涉及工程背景或社会问题的实验，使学生在实验过程中学会如何将理论知识应用于实际问题的解决，提升他们的综合素质。

## 4. 总结

本研究围绕分层递进、虚实融合、项目驱动与数据支撑四条主线完成课程重构，形成“基础－基本－综合提高－设计探究”的梯度体系。通过虚拟仿真与实体装置的互证路径以及形成性评价闭环，推动大学物理实验由基础训练向设计性与研究性任务的稳步跃迁，学生在实践能力、创新意识、数据分析与学术表达等维度均呈现提升，“高阶性、创新性、挑战度、兴趣度”的综合指标得到改善。课程思政贯穿目标、过程与反思的全过程，在真实情境与工程约束中强化责任意识与科研诚信，学生在掌握物理知识与实验技能的同时，对科学家精神与科技报国使命的理解更加深刻。未来将继续优化课程设计，培养更多具有创新意识和科研能力的高素质人才。

## 基金项目

本工作获得国家自然科学基金资助(编号为 12347169)。

## 参考文献

- [1] 闫志巾, 陈素果. 《大学物理实验》线上+线下混合式教学模式研究[J]. 大学物理实验, 2023, 36(1): 140-143.
- [2] 王威, 国安邦, 马贺, 张旭东, 赵赛, 孙维民. 基于 OBE 理念的大学物理实验教学体系改革与实践[J]. 大学物理实验, 2023, 36(2): 154-157.
- [3] 韦维, 刘彩霞, 陈美霞. 大学物理实验融入思政教育的实例探析[J]. 大学物理实验, 2023, 36(1): 131-135.

- 
- [4] 孙艳, 于华民, 于丹. 以课程思政建设推进《大学物理实验》课程高质效发展[J]. 大学物理实验, 2023, 36(1): 144-148.
  - [5] 牛相宏, 潘乘风, 陈伟, 李兴鳌. Python 语言在大学物理实验数据分析中的应用[J]. 大学物理实验, 2022, 35(6): 101-105.
  - [6] 高岩, 陈秀艳, 何燕, 高朋, 陈皓. 如何发挥大学生物理实验竞赛在创新型人才培养中的作用[J]. 大学物理实验, 2023, 36(1): 128-130.
  - [7] 李幼真, 徐富新, 何彪, 赵华芬. 面向拔尖人才培养的大学物理实验教学改革实践[J]. 大学物理实验, 2023, 36(1): 149-152.
  - [8] Finkelstein, N.D., Adams, W.K., Keller, C.J., Kohl, P.B., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., *et al.* (2005) When Learning about the Real World Is Better Done Virtually: A Study of Substituting Computer Simulations for Laboratory Equipment. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, **1**, Article ID: 010103.  
<https://doi.org/10.1103/physrevstper.1.010103>
  - [9] Hoehn, J.R., Fox, M.F.J., Werth, A., Borish, V. and Lewandowski, H.J. (2021) Remote Advanced Lab Course: A Case Study Analysis of Open-Ended Projects. *Physical Review Physics Education Research*, **17**, Article ID: 020111.  
<https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.17.020111>
  - [10] Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M. and Wasson, B. (2023) Learning Analytics in Virtual Laboratories: A Systematic Literature Review of Empirical Research. *Smart Learning Environments*, **10**, Article No. 23.  
<https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y>