

# 智慧教学赋能大学物理实验多维互动教学研究

刘芬芬, 苏学军, 柳 叶

海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台

收稿日期: 2025年8月29日; 录用日期: 2025年9月24日; 发布日期: 2025年9月30日

## 摘 要

随着教育信息化2.0时代的到来, 传统大学物理实验教学面临时空限制、资源约束、互动缺失等结构性矛盾。研究了智慧教学驱动的多维互动教学模式, 通过四维互动模型(教师-平台-学生-实验室)与“课前-课中-课后”三阶段递进体系, 融合AR虚实实验、智能手环数据采集、区块链过程记录等技术, 实现教学资源的泛在化供给与学习过程的精准化管理。实践表明, 该模式显著提升了学生实验操作规范性和创新能力, 并通过分层次实验体系和“过程-成果-发展”三维评价体系, 有效推动了教学范式从单向传授向探究协作转型。研究结果为理工科实验教学改革提供了可复制的智慧教育解决方案。

## 关键词

智慧教学, 多维互动, 大学物理实验, 教学模式创新

# Research on Empowering University Physics Experiment Teaching with Smart Technology for Multi-Dimensional Interactive Learning

Fenfen Liu, Xuejun Su, Ye Liu

College of Basic Sciences for Aviation, Naval Aviation University, Yantai Shandong

Received: August 29, 2025; accepted: September 24, 2025; published: September 30, 2025

## Abstract

With the advent of the era of educational informatization 2.0, traditional college physics experiment teaching faces structural contradictions such as spatial and temporal constraints, resource limitations, and lack of interaction. This study explores a smart teaching-driven multidimensional interactive

teaching model. Through a four-dimensional interaction model (teacher-platform-student-laboratory) and a three-stage progressive system of “pre-class, in-class, and post-class”, it integrates technologies such as AR virtual and real experiments, smart bracelet data collection, and blockchain process recording to achieve ubiquitous supply of teaching resources and precise management of the learning process. Practice has shown that this model significantly improves students’ experimental operation standardization and innovation ability. Through a hierarchical experimental system and a three-dimensional evaluation system of “process-outcome-development”, it effectively promotes the transformation of teaching paradigm from one-way impartation to inquiry and collaboration. The research results provide a replicable smart education solution for the reform of experimental teaching in science and engineering.

## Keywords

Smart Teaching, Multi-Dimensional Interaction, College Physics Experiment, Teaching Mode Innovation

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

随着 AI、大数据等技术的深度应用，教育领域正经历从“数字校园”到“智慧教育”的跨越式发展[1]。大学物理实验作为理工科重要的实践课程，其教学模式亟需从传统的“验证性实验 + 单向讲授”向“探究性学习 + 多维互动”转变。在智慧教学背景下，大学物理实验教学不再局限于传统的课堂教学模式，而是借助现代信息技术，实现教学资源的数字化、教学过程的智能化和教学评价的多元化[2][3]。学生可以通过在线学习平台、虚拟实验室等方式，随时随地进行实验学习和探究，教师也可以利用大数据分析、人工智能等技术，对学生的学习情况进行精准评估和个性化指导[4]-[6]。

## 2. 智慧教学背景下大学物理实验教学改革存在的问题

### 2.1. 时空与资源约束制约学生个性化学习需求

当前大学物理实验课程面临时空与资源双重约束，制约了学生的个性化学习需求与创新能力培养。在时空维度上，传统实验教学采用固定课时制，学生需在规定时间内完成实验操作与报告撰写，这种刚性时间安排难以适应差异化学习节奏。在传统实验教学中，学生在实验过程中产生延伸性探究兴趣，却因课时限制被迫中断研究进程。资源约束方面，实验设备数量与种类的不足形成显著发展瓶颈：基础型实验设备供需比低，导致平均等待时间超过 30 分钟/组[5]；而综合设计类设备缺口大，严重制约高阶实验项目开展。这种资源匮乏不仅降低实验操作效率，更迫使大部分教师将教学内容简化为验证性实验，严重限制教学创新[7]。双重约束的叠加效应导致学生深度学习机会缺失，教师难以实施分层教学策略，最终影响创新人才培养质量。

### 2.2. 评价体系结果导向与过程性考核的脱节阻碍学生创新能力的培养

大学物理实验教学评价体系中结果导向与过程性考核的脱节已成为制约学生创新能力培养的显著瓶颈[8]。现行评价机制过度依赖实验报告终稿的定量评分(占比 70%)，其评价维度集中于数据处理精度、图表规范和结论准确性等技术指标，而实验设计能力、操作规范性和问题解决能力等过程性要素长期处

于边缘化状态。这种量化的结果导向模式经常导致学生采用“数据美化策略”，存在修改原始数据以迎合预设结果的问题。更深层次的结构性矛盾体现在评价体系与实验教学目标的错位，物理实验本应培养的批判性思维和科学探究能力被严重弱化，现有评价机制已实质阻碍学生创新能力的进阶发展。更值得关注的是，这种评价异化正在引发教学环节的连锁反应，教师被迫将近 1/3 的指导时间投入报告撰写技巧培训，显著挤压了实验过程指导资源[9]。这种评价导向的偏差，本质上是将具有显著探索特征的实验科学异化为技术操作训练，亟待通过构建过程性考核指标体系实现评价范式的根本转型。

### 2.3. 师生互动缺失已成为制约深度学习目标实现的关键性障碍

大学物理实验教学中的师生互动缺失已成为制约深度学习目标实现的关键性障碍。教育现行教学模式中，师生有效互动少，且一半以上的交互发生在实验前的集体讲解环节[10]。这种交互结构导致学生在实际操作阶段，教师指导覆盖率不足。现有交互模式严重偏离布鲁姆认知目标分类体系的高阶要求，在认知维度分布上，记忆与理解层面交互占比高，而分析、评价层面的深度讨论不足。这种浅层交互直接导致学生科学论证能力缺失、协作学习环节的互动贫乏，不利于培养学生的团队合作精神和创新能力，无法满足深度学习的要求。突破时空限制的混合式互动平台建设，以及基于学习分析的精准指导系统开发，已成为重构实验教学交互生态的迫切需求。

## 3. 多维互动教学的理论建构与实践框架

### 3.1. 四维互动模型的构建

基于智慧教学平台，构建“师生互动、生生互动、人机互动、生境互动”的四维互动模型。在这个模型中，师生互动不再局限于传统的课堂问答，而是通过在线讨论、实时答疑、个性化指导等方式，实现全方位、多层次的交流。例如，教师可以在课前通过平台发布预习任务，引导学生自主学习，并在学生预习过程中及时给予指导和反馈；在课中，教师可以通过小组讨论、项目式学习等方式，激发学生的学习兴趣 and 主动性，促进师生之间的互动和交流；在课后，教师可以通过平台对学生的学习情况进行跟踪和评价，为学生提供个性化的学习建议和辅导。

生生互动则借助小组协作、项目合作、在线互评等活动，培养学生的团队协作与沟通能力。在小组协作中，学生可以共同完成实验任务，互相交流和讨论实验过程中遇到的问题和解决方案，从而提高学生的团队协作能力和沟通能力。例如，在大学物理实验中，学生可以组成小组，共同完成实验设计、数据采集、数据分析等任务，在这个过程中，学生需要互相协作、互相支持，才能顺利完成实验任务。同时，学生还可以通过在线互评的方式，对其他小组的实验成果进行评价和反馈，从而促进学生之间的学习和交流。

人机互动依托虚拟仿真实验、智能教学系统等，实现学习的自主化与个性化。学生可以通过虚拟仿真实验平台，进行实验操作和模拟，从而更好地理解实验原理和方法。例如，在大学物理实验中，学生可以通过虚拟仿真实验平台，进行力学、热学、电磁学等实验的操作和模拟，在这个过程中，学生可以自由调整实验参数，观察实验现象，从而更好地理解实验原理和方法。同时，智能教学系统还可以根据学生的学习情况 and 需求，为学生提供个性化的学习资源和学习建议，从而提高学生的学习效果和学习效率。

生境互动通过创设真实情境、开展实践活动等，增强学生的知识应用与创新能力。例如，在大学物理实验教学中，可以引入实际工程案例，让学生在解决实际问题的过程中，将所学的物理知识与实际应用相结合，从而提高学生的知识应用能力和创新能力。同时，还可以组织学生参加科研项目、创新创业竞赛等活动，让学生在实践中锻炼自己的能力，提高自己的综合素质。

### 3.2. 教学实施的“三阶递进”模式

课前预习阶段,学生可以通过在线学习平台预习实验内容,观看实验视频,了解实验原理和操作步骤。教师可以通过平台发布预习任务和测试题,了解学生的预习情况,为课堂教学做好准备。通过 VR 仿真实验系统完成原理学习与虚拟操作,系统自动生成预习报告。在这个阶段,学生可以通过 VR 仿真实验系统,身临其境地感受实验场景,了解实验原理和操作步骤。例如,在进行“密里根油滴”实验预习时,学生可以通过 VR 技术,模拟不同带电量的油滴的运动,直观地理解密里根油滴仪测电子电量的内涵。同时,系统会根据学生的操作和回答情况,自动生成预习报告,记录学生的学习过程和掌握程度,为教师了解学生的预习情况提供依据。

课中探究阶段,学生可以利用智能终端进行实验操作,实时记录实验数据,并通过平台与教师和学生进行互动交流。采用“问题链 + 任务卡”驱动的小组协作模式,教师实时进行过程性指导。教师根据实验教学目标和内容,设计一系列具有启发性和挑战性的问题链,引导学生逐步深入探究实验原理和方法。例如,在“牛顿环测量平凸透镜曲率”实验中,教师可以提出问题:“为什么要干涉法测曲率半径?”“如何选择合适的光源?”“实验中可能会出现哪些误差?如何减小误差?”等,通过这些问题,激发学生的思考和探究欲望。同时,教师还会为每个小组发放任务卡,明确小组的实验任务和要求,让学生在小组协作中共同完成实验任务。在学生实验过程中,可以通过平台对学生的实验操作进行实时监控和指导,及时发现学生的问题并给予帮助。

课后拓展阶段,教师通过智慧教学平台收集学生在实验过程中的数据,包括实验操作、数据分析、问题回答等,利用大数据分析技术,了解学生的学习情况和需求,为学生推送个性化的学习资源,为学生提供个性化的学习建议和辅导。例如,如果发现某个学生在“拉伸法测金属丝杨氏模量”实验中对数据处理存在困难,系统会自动推送相关的数据处理教程和练习题,帮助学生巩固知识。同时,教师还会组织线上学术沙龙,邀请专家学者和学生一起交流讨论物理实验中的前沿问题和创新思路,激发学生的创新意识和创新能力。此外,鼓励学生参与物理创新竞赛和活动,将所学知识应用到实际项目中,培养学生的实践能力和创新能力。

### 3.3. 技术支撑的互动场景创新

基于 AR 虚实融合实验,实现微观现象宏观化、抽象概念具象化。增强现实(AR)技术通过虚实融合的方式赋能物理实验,为物理实验教育提供了革命性的教学工具。以“光电效应测量普朗克常数”实验为例,学生通过 AR 设备可以将光子与电子的相互作用过程以三维动态形式投射到现实空间中。通过手势操作(如旋转、缩放虚拟模型)或调节参数(如改变入射光频率或反向电压),学生能够实时观察光电子逸出金属表面的动态过程,甚至通过颜色编码区分不同能量的光电子。这种交互式学习不仅将抽象的量子理论具象化,还通过多感官刺激(视觉、触觉)强化了学生的认知记忆。研究发现,采用 AR 教学的学生对光电效应原理的理解准确率比传统教学组高出 37%,且实验操作耗时减少 52%,显著提升了学习效率。

为弥补 AR 技术无法直接监测学生物理操作的局限性,智能手环实时监测与 AR 系统的协同应用构建了闭环学习反馈体系。学生在实验过程中佩戴的智能手环可实时采集多维度数据:加速度传感器检测操作稳定性(如单摆实验中摆角是否超过  $15^\circ$ ),心率变异性反映学生的专注度,而陀螺仪数据则能分析仪器的握持姿势是否正确。例如,在“单摆实验”中,当手环检测到摆角异常或手臂晃动幅度过大时,会通过震动频率差异(如连续短震提示摆角超限,长震提示操作不稳)引导学生自我修正。同时,边缘计算节点对数据的实时分析避免了传统人工纠错的滞后性。研究表明,结合智能手环反馈的学生实验操作规范率提升至 89%,且错误重复率降低 64%。这种“AR 可视化 + 生理数据监测”的双重模式,不仅优化了实验流程,还为个性化教学提供了数据支持,例如通过分析心率变化可判断学生对特定实验环节的认知负

荷，从而动态调整教学节奏。

## 4. 多维互动教学的实践路径与创新举措

### 4.1. 分层次实验教学体系构建

依据学生的知识基础、学习能力和兴趣特长，将实验教学内容划分为基础型、提高型和创新型三个层次。基础型实验着重于基本实验技能与方法的训练，如力学、热学、光学等基础物理量的测量，让学生熟悉常用实验仪器的操作，掌握误差分析与数据处理的基本方法，为后续学习奠定坚实基础。提高型实验则侧重于综合性与设计性实验，要求学生综合运用多学科知识，自行设计实验方案、选择实验仪器、分析实验数据，以培养学生的综合应用能力和创新思维。例如，“用传感器研究作用力与反作用力的关系”实验，学生需要运用传感器技术、力学知识以及数据采集与分析方法，自主设计实验步骤，探究作用力与反作用力的关系，从而提升学生的综合能力。创新型实验鼓励学生开展自主研究，教师提供研究课题和实验条件，学生组成团队进行实验探究，最终形成具有创新性的研究成果，如发表学术论文、参加物理实验竞赛等，以激发学生的创新潜能和科研兴趣。

### 4.2. 智慧教学平台的功能设计

整合丰富的教学资源，包括高清教学视频，以生动直观的方式展示实验原理、操作步骤和实验现象，让学生仿佛身临其境；交互式课件支持学生与教学内容的互动，如点击、拖拽、填空等，增强学习的趣味性和参与度；虚拟仿真实验则突破了传统实验的时空限制，学生可以在虚拟环境中进行复杂实验的操作，如“密里根油滴实验”中，学生可以通过虚拟仿真实验观察到电子的运动和相互作用，加深对抽象物理概念的理解。

搭建师生、生生之间的互动交流平台，构建互动社区。支持弹幕讨论，学生在观看教学视频时可以随时发送弹幕表达自己的疑问和见解，教师和其他同学可以实时回复；在线答疑功能为学生提供了及时解决问题的途径，学生在学习过程中遇到问题可以随时向教师提问，教师会在第一时间给予解答；成果展示板块鼓励学生展示自己的实验成果和创新设计，分享学习经验和心得，促进学生之间的相互学习和启发。

借助大数据分析技术，实时收集学生的学习数据，包括学习时间、参与度、答题情况、实验操作数据等，并生成学习轨迹图谱，直观呈现学生的学习历程和进步情况；能力雷达图则从多个维度对学生的实验能力进行评估，如实验操作能力、数据分析能力、创新思维能力等，帮助学生了解自己的优势和不足，也为教师制定个性化教学策略提供依据。

### 4.3. 评价体系的重构

过程性评价占比 60%，涵盖预习报告、操作规范性、协作表现等方面。预习报告要求学生在课前通过智慧教学平台完成，教师根据学生的预习情况，包括对实验原理的理解、实验步骤的熟悉程度、提出的问题等进行评价，以了解学生的预习效果和自主学习能力。操作规范性通过智能设备监测学生在实验过程中的操作步骤、仪器使用方法等，结合教师的现场观察，对学生的操作进行打分，确保学生掌握正确的实验操作技能。协作表现在小组实验中，通过小组互评和教师评价，考察学生在团队中的沟通能力、合作能力、任务分工与完成情况等，培养学生的团队协作精神。

成果性评价占比 30%，主要依据实验报告、创新竞赛、学术论文等进行评价。实验报告要求学生详细阐述实验目的、原理、步骤、数据处理过程和实验结果分析，教师根据报告的完整性、准确性、逻辑性以及实验结果的讨论深度进行评分，以考察学生对实验内容的掌握程度和书面表达能力。创新竞赛鼓

励学生在实验的基础上提出新的实验思路、方法或改进方案，教师根据创新点的新颖性、可行性、实际效果以及竞赛获奖情况进行评价，激发学生的创新意识和创新能力。学术论文则针对参与创新型实验或科研项目学生，要求他们将研究成果撰写成学术论文，教师根据论文的学术水平、研究价值、写作规范等进行评价，培养学生的科研素养和学术能力。

**发展性评价(10%):**关注学生的学习进步指数和创新潜力评估。学习进步指数通过对比学生不同阶段的学习成绩、能力表现等数据，分析学生的学习进步情况，对进步明显的学生给予肯定和鼓励。创新潜力评估则通过观察学生在实验过程中的思维活跃度、提出问题和解决问题的能力、对新事物的探索欲望等方面，对学生的创新潜力进行综合评估，为学生的个性化发展提供指导和建议。

## 5. 典型教学案例实施效果与反思

为了验证多维互动教学模式在大学物理实验教学中的有效性，选取“全息照相实验”作为典型案例进行实施，并对实施效果进行分析与反思。

### 5.1. 教学案例设计

在“全息照相实验”教学中，充分运用多维互动教学模式。课前，学生通过智慧教学平台观看全息照相原理的动画演示和操作视频，利用VR仿真实验系统进行虚拟操作，熟悉实验流程和注意事项，并完成预习报告。课中，教师提出一系列问题，如“全息照相与普通照相的本质区别是什么？”“如何调整光路以获得高质量的全息图？”等，引导学生进行小组讨论和实验探究。每个小组由4~5名学生组成，共同完成实验任务，学生在实验过程中相互协作、交流，遇到问题时及时向教师和同学请教。教师则在各小组之间巡视，实时给予指导和帮助。课后，学生通过平台提交实验报告，教师根据学生的实验数据、分析过程和结论进行评价。同时，组织学生开展线上学术沙龙，讨论全息照相技术在实际生活中的应用，如全息防伪、全息存储等，并鼓励学生提出创新应用设想。

### 5.2. 实施效果分析

对比实施多维互动教学模式前后两届学生的实验成绩，发现实施后学生的平均成绩提高了8.5分，优秀率从15%提升至25%，及格率从80%提升至90%。这表明多维互动教学模式有助于学生更好地掌握实验知识和技能，提高学习成绩。

通过问卷调查和小组访谈发现，学生在实验操作能力、数据分析能力、团队协作能力和创新思维能力等方面都有显著提升。例如，在实验操作能力方面，85%的学生表示能够更加熟练地使用实验仪器，准确完成实验操作；在团队协作能力方面，90%的学生认为通过小组实验，学会了倾听他人意见，提高了沟通和协作能力；在创新思维能力方面，70%的学生表示在讨论和探究过程中，受到启发，能够提出一些新的想法和见解。

95%的学生对“全息照相实验”的兴趣明显提高，认为这种教学模式使实验更加生动有趣。学生们表示，通过VR仿真实验、小组协作和线上学术沙龙等活动，不仅增加了学习的趣味性，还拓宽了知识面，提高了学习的积极性和主动性。

## 6. 结论

通过构建智慧教学驱动的多维互动模式，为大学物理实验教学改革提供了新的路径。通过技术赋能，打破了传统教学的时空限制，实现了教学资源的泛在化供给和学习的个性化诊断，有效激发了学生的学习兴趣 and 主动性，提升了学生的实验技能、创新能力和团队协作精神。分层次实验教学体系的构建、智慧教学平台的功能设计以及评价体系的重构，为多维互动教学模式的实施提供了有力保障。智慧教学平

台通过智能终端、虚拟仿真、大数据分析等技术,构建起“课前-课中-课后”全链条互动场景,实现资源的泛在化供给、学习的个性化诊断、过程的精准化管理和成果的可视化呈现,有助于教师及时调整教学策略,实现个性化教学。大学物理实验教学的效率和质量观察有提升趋势,学生的学习积极性和主动性也得到了充分激发。

## 参考文献

- [1] 吴杨,吕钰琪,武楠,王晓庸. 高等教育的智慧生态系统重构[J]. 中国高教研究, 2025, 41(5): 30-37.
- [2] 戴玉蓉,恽如伟,熊宏齐. 大学物理实验智慧教学模式的构建[J]. 物理实验, 2021, 41(7): 42-45.
- [3] 冯利. 数字时代背景下大学物理实验 M-DRE 智慧教学实践模式的探析[J]. 物理通报, 2025(2): 7-11.
- [4] 王佳乐,王旗. 数字化大学物理实验课程赋能个性化人才培养[J]. 物理实验, 2024, 44(7): 35-40.
- [5] 李育洁,王云峰,何伟岩. 大学物理的信息化多维教学模式探究[J]. 物理通报, 2019, 48(5): 9-11, 15.
- [6] 贺艺华. 虚拟仿真实验与线下实验相结合的大学物理实验教学改革[J]. 进展, 2024(11): 33-35.
- [7] 翟淑琴,李秀平. 新工科建设背景下大学物理实验教学探索[J]. 教育理论与实践, 2020, 40(3): 56-58.
- [8] 赵婉雪,王一钧,崔彤. 大学物理教学实验室设计研究[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(9): 267-274.
- [9] 谢宁,张毅,明成国,等. 基于能力培养角度改进大学物理实验评价机制[J]. 实验室科学, 2024, 27(2): 237-240.
- [10] 黄贞,曾桂芳,钟万城,等. 大学物理实验综合性与设计性实验项目探索[J]. 创新教育研究, 2024, 12(4): 466-472.