AI虚拟实验室赋能初中物理教学的实践探索

曹金平[1],王 涛[2]

(1.镇江市宝堰中学,江苏镇江 212100;2.丹徒区荣以升实验学校,江苏镇江 212100)

摘 要:基于建构主义学习理论与情境认知理论,构建“理论—技术—教学”三位一体的分析框架,提出“情境创设—个性化学习—过程评价—跨学科融合”四位一体的实践路径体系,系统阐明AI虚拟实验室赋能物理教学的内在机理;同时直面虚拟实验的“AI幻觉”风险与虚实失衡问题,提出三层规避策略及“虚实结合”三阶递进教学模式。结合苏科版初中物理教学开展的行动研究与对照实验表明,AI虚拟实验室能有效激发学生内在学习动机、促进差异化教学、实现数据驱动的精准评价。

关键词:AI虚拟实验室;初中物理;建构主义;数字赋能

DOI:10.19935/j.cnki.1004-2326.2026.09.032

引用格式:曹金平,王涛.AI虚拟实验室赋能初中物理教学的实践探索[J].实验教学与仪器,2026,43(09):124-127.

在教育数字化战略行动背景下,人工智能与教育的深度融合正成为推动教育高质量发展的核心引擎[1]。《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》明确指出,应“深化信息技术在教育领域的应用,推动教学模式变革”[2],这为AI虚拟实验室等智能教学工具的应用提供了明确的政策导向。初中物理作为一门以实验为基础的学科,其探究式教学对培养学生的科学思维与实践能力至关重要。然而,传统实验教学长期受限于设备不足、安全风险高、现象抽象难以观察等现实困境[3]。

理论层面,建构主义学习理论强调学习是学习者主动建构内部心理表征的过程,而非被动接受;情境认知理论则认为,学习本质上是一种情境性的实践,知识与能力只有在真实或仿真的情境中才能被有效激活与掌握[4]。传统的“演示—验证”式实验教学难以充分实现上述理论要求,而AI虚拟实验室凭借其数字化、智能化、强交互与高沉浸的特性,为课堂中创设逼近真实的探究情境、支持学生的主动知识建构提供了理想的技术解决方案[5]。基于上述理论视角,笔者首先构建“理论—技术—教学”三位一体的分析框架,为后续实践路径设计提供了学理支撑。当前,关于AI虚拟实验室的研究多集中于工具功能介绍、单一案例应用展示或技术优势的泛化论述,缺乏系统性的教学路径构建、严谨的对照实证研究以及对技术局限性的深度反思。为此,笔者立足于苏科版初中物理教学实践,在建构主义与情境认知理论的双重指引下,着力实现以下三方面创新:第一,提出“情境创设—个性化学习—过程评价—跨学科融合”四位一体的赋能路径体系;第二,通过平行班级对照实验与多维度数据分析,量化评估教学成效;第三,提出“虚实平衡”的反思性策略,明确虚拟实验的补充定位与“AI幻觉”的规避方法,以期为一线初中物理教学提供理论框架与实践范式。

1 AI虚拟实验室赋能初中物理探究教学理论建构

1.1 理论基础:建构主义与情境认知的双重指引

笔者以建构主义学习理论与情境认知理论为“理论—技术—教学”分析框架中理论维度的核心支撑。建构主义学习理论认为,学习是学习者在与情境的互动中主动建构知识意义的过程,强调在真实任务驱动下的主动探究与意义生成。情境认知理论进一步指出,知识的激活与应用高度依赖于其所处情境的真实性与参与性,学习应置于真实的或拟真的实践场域之中。AI虚拟实验室正是上述理论在数字化时代的技术实现:它既为学生提供了可操作、可试错、可反思的虚拟探究空间,践行建构主义的“主动建构”理念;又通过高沉浸感与多模态交互,构建了拟真性强、代入感深的实验情境,契合情境认知理论对“学习情境化”的核心主张。两种理论的融合,构成了AI虚拟实验室赋能初中物理探究教学的理论基石。

1.2 AI虚拟实验室的内涵、技术特征与教学功能

AI虚拟实验室是融合人工智能、虚拟现实(VR)、增强现实(AR)与实时仿真技术的智能学习环境。从技术特征来看,具备以下3个核心属性:①可视化与可交互——将抽象物理原理转化为直观模型,支持学生直接操作虚拟器材,实现具身交互;②自适应与智能化——内嵌AI算法可根据学生操作行为数据与学习轨迹,实时推送个性化提示与分层任务;③全过程数据追踪——系统自动记录每一步操作、耗时、修正次数等全过程数据。从教学功能

来看，主要承担三类角色：认知工具（支持学生主动建构知识）、情境载体（构建沉浸式、无风险的探究环境）、评价支撑（推动评价从结果导向向过程导向转型）。

1.3 初中物理探究式教学的理论目标与要求

2024版苏科版物理教科书系统化设计探究活动、学生实验与跨学科实践，按照“情境创设—实验探究—得到规律—实际应用”的过程展开，并将“科学探究”与“跨学科实践”两大主题融入三大知识体系，凸显科学探究的本质内涵。《义务教育物理课程标准（2022年版）》明确指出，科学探究主要包括问题、证据、解释、交流等要素。

探究式教学旨在引导学生经历科学探究过程，在真实问题驱动下主动建构物理概念，充分体现建构主义关于学习者作为意义建构主体、在社会互动中生成知识、知识与情境密不可分的核心主张。该教学模式要求教师从知识传授者转变为学生探究的引导者与支持者，这一角色转型与情境认知理论的核心主张高度契合——关键在于创设能够激发思维、包容多元路径、支持深度建构的探究情境，使学习真正发生于有意义的实践场域之中。

1.4 AI虚拟实验室与初中物理探究教学的契合点与潜力

在建构主义视角下，AI虚拟实验室是学生主动探究的认知工具，支持其在虚拟环境中自主设计实验、检验假设、修正认知结构；在情境认知视角下，其将抽象物理概念转化为可视、可交互的仿真情境，有效化解认知难点，促进知识的迁移与应用。在实验准备阶段，系统提供资源支持与方案辅助；在实验过程阶段，突破条件限制、记录操作数据；在实验总结阶段，通过数据分析提供个性化学习建议，助力知识的深度理解与内化。

2 AI虚拟实验室的数字赋能实践路径

笔者从情境创设、个性化学习、过程评价与跨学科融合等4个维度，构建了AI虚拟实验室赋能初中物理探究教学的实践路径体系，逻辑结构如图1所示。

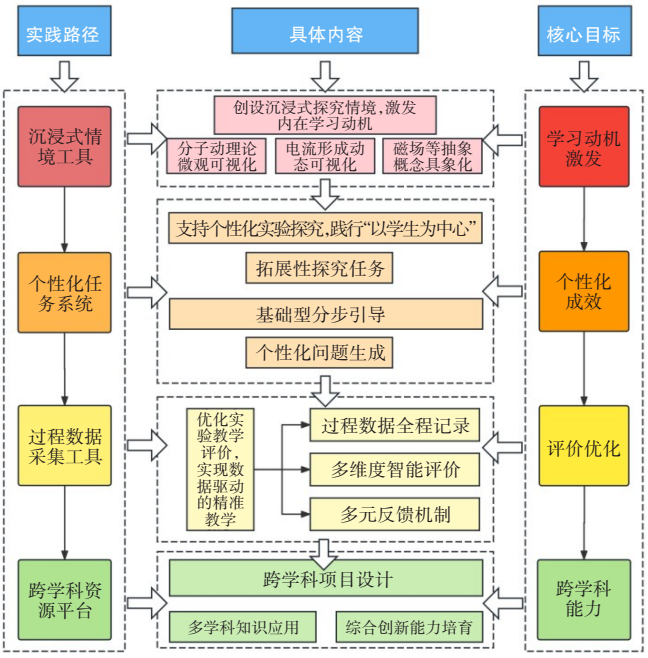


图1 AI虚拟实验室的数字赋能实践路径框架

2.1 创设沉浸式探究情境，激发内在学习动机

【实践案例】以苏科版物理八年级下册综合实践活动“设计制作密度计”为例，在传统教学中，学生对密度计刻度标注原理（$\rho_{液}\propto 1/H$）理解困难，造成手动计算和标注费时易错。为此，笔者引入AI图像识别程序（代码由DeepSeek生成），程序功能为识别密度计在液体中的图像，能自动检测液面与密度计杆相交的位置。输入标准液体密度值（如ρ=1.0 g/cm^3）时，可基于$\rho_{液}=\frac{m}{SH}$（其中$S=\pi r^2$，密度计实际总质量m=0.072 kg，底面半径r=0.009 m）自动计算出对应刻度位置值，并在屏幕上实时叠加显示。也可更换不同密度的液体（0.7、0.8、0.9、1.1、1.2 g/cm^3），让AI快速给出对应刻度位置值，学生即可直观理解刻度不均匀性与“上小下大”的特点。这种沉浸式体验将抽象知识情境化、具身化，使学生课堂参与度大幅提升，对核心概念的理解深度显著增强。

2.2 支持个性化实验探究，践行“以学生为中心”理念

班级学生认知水平与学习风格存在客观差异，而AI虚拟实验室的智能化特性为实现差异化教学提供了可能。

【实践案例】在“测量小灯泡的电功率”实验中，利用AI系统设置分层探究任务。对学有余力的学生，系统推送“探究环境温度对灯丝电阻影响”的拓展课题；对基础薄弱的学生，系统启动“分步引导模式”，提供实时的操作提示与原理讲解。实践表明，基础薄弱学生在系统逐步引导下顺利完成实验，并主动提出新问题：“在家庭电路中，为什么LED灯比白炽灯更省电？”个性化支持使基础薄弱学生的实验成功率显著提升，并激发了其进一步提问与探究的欲望。

2.3 优化实验教学评价，实现数据驱动的精准教学

传统实验评价多侧重最终实验报告，难以全面评估探究过程。AI虚拟实验室能够全程记录学生的操作日志、耗时、错误尝试等过程性数据，从而为实现数据驱动的过程性评价奠定基础。

【实践案例】在“探究杠杆的平衡条件”实验中，AI虚拟实验室全程记录学生的实验操作，包括方案设计、器材选择、数据测量与分析等环节。系统通过数据分析模型，对操作规范性、逻辑思维能力、科学探究态度进行综合评价。实验后生成评价报告，显示学生在实验操作方面表现良好，但在数据分析环节存在不足。教师根据报告进行针对性指导；在此基础上，开展学生自评与互评活动，促进了自我反思与批判性思维的发展。

2.4 加强跨学科融合，培育综合创新能力

AI虚拟实验室便于构建复杂的跨学科问题场景，为学生提供应用多学科知识解决真实问题的实践机会。

【实践案例】在“太阳能热水器的设计与优化”项目中，学生综合运用物理（热传递）、数学（尺寸角度优化）、化学（材料热性能与耐久性）等多学科知识。学生分组合作，通过虚拟实验不断调整设计方案。有小组发现，采用特定反光材料并以最佳倾斜角度组合，可使集热效率较基准条件提高20%。教师评估显示，多数学生能够较好地将不同学科知识融会贯通，综合实践能力得到明显提升。

3 AI虚拟实验室在数字赋能实践中的案例分析

为直观呈现赋能效果，笔者在上述实践案例基础上，选取典型教学案例，通过平行班级对照实验的方法，全面评估AI虚拟实验室的实际教学成效。

3.1 案例背景

在苏科版物理九年级上册“探究影响动能大小的因素”教学中，传统实验模式存在以下局限：实验室器材有限，每次实验仅能满足6个小组同时操作，约1/3的学生只能进行观察记录；小车撞击木块时运动不稳定，测量误差普遍在15%~20%。为此，笔者选择九年级两个平行班级进行对照实验：实验班采用AI虚拟实验室教学，对照班沿用传统实验教学模式。

3.2 教学实施过程

教师通过AI虚拟实验室展示不同情境下小车从斜面滑下撞击木块的实验（改变斜面高度、小车质量等），引导学生观察木块被撞击后移动的距离，提出猜想。学生进入AI虚拟实验室操作界面，自主选择斜面角度、小车质量、释放位置、接触面材质等参数。部分学生最初设计的方案存在变量控制不严谨问题（同时改变斜面高度和小车质量），此时系统的智能提示功能及时介入：“请注意，实验应遵循单一变量原则，建议每次只改变一个因素”，学生可根据提示调整方案后重新实验。系统实时记录每一步操作，实验完成后自动生成数据表格，学生可利用内置分析工具绘制关系图表，得出动能大小与质量、速度等因素的定量关系。

3.3 教学效果分析

从3个维度进行数据采集与分析。①实验报告评价：3位物理教师组成评审组，依据完整性、数据准确性、结论逻辑性独立打分（评分者一致性系数$\alpha = 0.87$）；实验班平均分85.6分，对照班72.3分，经独立样本t检验，两组差异显著（$p < 0.05$），其中“实验数据分析”和“结论推导”分项优势尤为明显。②课堂观察：基于课堂录像编码统计，实验班人均主动参与讨论频次较对照班高出40%；经3位教师独立评定，提出创新性实验改进思路的学生占比实验班达35%，对照班仅为12%。③课后测试：针对相关知识点设计选择题、实验设计题和数据分析题，实验班平均分比对照班提高12.5%且差异显著（$p < 0.05$），在综合能力考查题目上得分率高出23%。数据对比如表1所示。

表1 实验班与对照班教学效果对比

评价维度	实验班	对照班	提升幅度
实验报告平均分	85.6分	72.3分	13.3分
课堂主动参与频次	提升40%	基准	40%
创新思路提出占比	35%	12%	23%
课后测试平均分	提高12.5%	基准	12.5%
综合题型得分率	高出23%	基准	23%

4 AI虚拟实验室在数字赋能实践中存在的问题与改进策略

4.1 教学层面的突出问题

（1）教师技术应用能力与教学理念存在局限。部分教师受传统教学思维束缚，仅将虚拟实验室作为课堂演示工具，未能深入探索其交互与创新功能，导致对高级功能的操作熟练度不足——调研显示，63%的物理教师对高级功能操作不熟练。

（2）长期依赖虚拟实验可能导致学生真实操作能力弱化。调研显示，长期依赖虚拟实验的班级，在真实实验考核中仪器组装、误差分析等环节失误率比对照班级高出28个百分点。对于此类班级而言，虚拟实验的便捷性容易让学生忽视真实操作中的手感、细节与误差处理能力的提升。

4.2 聚焦教学层面的改进策略

针对上述问题，提出以下聚焦教学层面的改进策略。

（1）开展“AI+教育”专项教师培训。采用“线上+线

下”工作坊与跟岗实践相结合的模式，邀请专家与工程师授课，培训后通过实践考核，优秀案例纳入区域共享库。

（2）构建“虚实结合”三阶递进教学模式。将虚拟实验与真实实验有机融合，分3个阶段循序渐进，强化学生动手能力与科学思维。以“探究凸透镜成像规律”一课为例，具体操作如表2所示。

表2 以“探究凸透镜成像规律”为例的“虚实结合”三阶递进教学模式

阶段	教学定位	学习环境	核心活动	能力培养重点	实践反馈数据
第一阶段：基础感知	建立初步认知 降低认知负荷	AI虚拟实验室	自主调节物距，观察成像变化	观察能力、规律发现能力	——
第二阶段：应用验证	验证虚拟发现 培养动手能力	真实实验室	光具座实操，验证成像规律	仪器组装、误差分析	仪器组装正确率由68%提升至86%
第三阶段：提升迁移	跨学科应用 创新设计	“虚拟+真实”结合	设计简易投影仪，“虚拟迭代+真实测试”	方案设计、跨学科整合	异常分析类题目得分率高出19%

（3）明确虚拟实验的补充定位，强化真实实验核心价值。AI虚拟实验室在生成实验场景、动态模拟或自动标注过程中，可能因算法训练数据的局限性或模型推理偏差而产生“AI幻觉”，即生成的实验现象、数据趋势或标注结果与真实物理规律存在偏离。例如，在密度计刻度标注案例中，AI图像识别程序在光线不足或液面反光强烈的条件下，可能将液面位置值误判2~3个像素，导致计算出的刻度位置值出现约0.5 cm的系统性误差，从而误导学生对“浸入深度与密度关系”的定量理解。

针对上述问题，一线教学可采用三层规避策略。

第一层为教师预审机制：教师在课堂演示前，使用2~3组已知标准液体（如ρ=1.0 g/cm^{3}和ρ=0.8 g/cm^3）对AI生成结果进行校验，确认误差在可接受范围（如刻度偏差<1 mm）后再用于教学。第二层为交叉验证策略：当AI输出结果与理论预期存在明显矛盾时（如密度更大的液体反而标注位置更高），教师应引导学生利用物理公式手动计算验证，从而将“AI幻觉”转化为“批判性思维训练”的教学契机。第三层为算法优化建议：学校可要求设备供应商提供算法的“置信度阈值”设置功能，当AI识别结果的置信度低于95%时，自动提示“结果仅供参考，建议手动复核”。在实际操作中，教师也可采用“AI演示+板书同步推导”的双通道教学方式，既能发挥AI的高效可视化优势，又能确保物理规律的严谨呈现。

5 结语

AI虚拟实验室在初中物理探究式教学中的实践探索，是落实《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》的重要创新路径。笔者以建构主义与情境认知理论为支撑，系统构建了“理论—技术—教学”三位一体的分析框架，明确了AI虚拟实验室作为“认知工具”与“情境载体”的核心属性。大量教学实践表明，其在激发学习兴趣、支持个性化学习、优化教学评价等方面成效显著。

尽管目前面临教师能力适配、虚实实验平衡等现实挑战，但从已有的实践改进案例来看，针对性的策略调整能够有效化解上述矛盾。随着人工智能技术的迭代升级与教育政策的持续推进，AI虚拟实验室将进一步推动初中物理教学从传统模式向智能化、个性化方向深度转型，实现教学方式、评价模式与师生互动方式的深度变革，从而为培育适应未来社会需求的创新型人才、助力教育高质量发展发挥更大效能。

基金项目：2025年度江苏省教育科学规划课题“初中物理中基于真实问题的跨学科实践研究”，编号：B/2025/03/262；2025年江苏省基础教育内涵建设项目“基于共同体的省域初中物理教研方式创新实践研究”，编号：2025NHJS/KCJX/119。

作者简介：曹金平（1984—），男，高级教师，研究方向：中学物理教育教学，E-mail：14757001@qq.com。

参考文献

[1] 李志民.教育数字化赋能建设学习型社会的新赛道新优势：《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》第七部分解读[J].中国教育信息化，2025，31(02)：3-12.

[2] 中共中央，国务院.教育强国建设规划纲要（2024—2035年）[Z/OL].（2025-01-19）[2026-02-23].https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html.

[3] 傅密.教育数字化赋能物理实验教学的内涵意蕴、现实障碍及实践进路[J].中学物理，2024，42(05)：13-18.

[4] 戴维·H·乔纳森，苏珊·M·兰德.学习环境的理论基础[M].第二版.徐世猛，李洁，周小勇，译.上海：华东师范大学出版社，2015.

[5] 宋明丽.NOBOOK虚拟实验室在构建初中物理高效课堂中的应用研究[J].数理天地（初中版），2024(02)：100-102.