

数字化赋能光学课程混合式教学改革与实践

杜娟

惠州学院能源与物理学院, 广东 惠州

收稿日期: 2026年7月23日; 录用日期: 2026年9月3日; 发布日期: 2026年9月16日

摘要

光学课程是物理学专业基础必修课程, 其概念抽象、公式繁杂, 传统课堂存在知识碎片化、实验受限、学生创新实践不足等问题。借助数字化技术, 构建“知识图谱系统化筑基、编程仿真可视化辅学、创新实验实体化践学”三位一体的混合式教学模式。通过同年级同专业两个班对比教学, 实践表明该模式有效提升学生学习成绩、建模及创新探究能力, 可为高校光学课程教学改革提供可选择的实践方案。

关键词

光学, 混合式教学, 知识图谱, 仿真实验, 创新实验

Digital Empowerment: Blended Teaching Reform and Practice in Optics Courses

Juan Du

School of Energy and Physics, Huizhou University, Huizhou Guangdong

Received: July 23, 2026; accepted: September 3, 2026; published: September 16, 2026

Abstract

Optics was a compulsory foundational course for physics majors, characterized by abstract concepts and intricate formulas. Traditional classroom teaching was plagued by fragmented knowledge, limited experimental conditions, and insufficient opportunities for students to engage in innovative practical training. Leveraging digital technologies, a three-in-one blended teaching model featuring systematic knowledge graph construction for foundational learning, visual programming simulation as an auxiliary teaching tool, and physical innovative experiments for hands-on practical learning was constructed. Comparative teaching was conducted between two classes of the same major within the same grade. Practical results demonstrated that the proposed model can effectively improve students' academic performance, physical modeling ability, and innovative inquiry capability, providing an

alternative practical scheme for the teaching reform of optics courses in universities.

Keywords

Optics, Blended Teaching, Knowledge Graph, Simulation Experiment, Innovative Experiment

Copyright © 2026 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

光学是高等学校物理学专业基础必修课程。在传统课堂教学中，授课模式多以教师讲授为主，难以符合学生的差异化知识基础与个性化学习需求。且光学多数内容概念抽象、公式繁杂，学生通过老师单一的静态板书及课件难以构建直观、完整的物理图像。此外，传统光学实验多为结果已知的验证性实验，无法支撑学生开展创新型实验研究和有效锻炼学生的创新探究能力。当前国内众多高校已围绕光学课程开展各类教学改革探索，涵盖线上资源建设、虚拟仿真教学、混合式授课等多种模式，有效改善了传统光学教学的单一化弊端，推动光学教学逐步向数字化、可视化、探究化转型。但现有教改研究多聚焦单一教学手段优化，或单独开展线上资源搭建[1]-[3]、或单独仿真平台搭建与应用[4]-[8]，极少将编程仿真建模、学生自主实验设计融入教学体系，难以真正培养学生的物理建模与创新研发能力。

针对光学课程概念抽象、知识碎片化、实验受限、创新实践不足的教学痛点，本文立足建构主义学习理论、认知负荷理论、混合式学习理论与杜威“做中学”理论，以超星学习通为载体完成系统化教学资源搭建，依托建构主义实现知识图谱化、体系化筑基；组织学生开展光学现象数值仿真，基于认知负荷理论降低抽象概念学习难度，实现物理过程可视化辅学；引导学生自主搭建光学创新实验装置，遵循“做中学”理念强化动手探究与工程实践能力；并通过线上线下深度融合构建全流程学习闭环，践行混合式学习理论，最终形成“知识系统化筑基、编程仿真可视化辅学、创新实验实体化践学”三位一体数字化混合式教学新模式，实现理论结构化、仿真可视化、实验创新化的深度融合，完善课前、课中、课后全流程育人闭环，为高校光学课程数字化深度教改提供可选择的实践方案。

2. 数字化混合式教学体系整体设计

结合物理学专业光学课程教学目标与现存痛点，通过融合数字化赋能的知识图谱、虚拟仿真及创新实验的混合式教学体系，贯穿课前、课中、课后全教学流程，实现线上理论赋能、线下虚拟仿真探究、创新研究的深度融合。

2.1. 依托知识图谱梳理课堂逻辑，完善学生认知体系

目前教育数字化持续推进，助力实现精准育人。知识图谱以其知识关联直观性，可帮学生构建完整的知识体系等优点，在高等教育课程中逐渐广泛应用。借助学习通平台，依据姚启钧《光学教程》第六版教材，结合光学课程教学目标、大纲，将课程内容分为8大模块，34个小模块，进一步细分为89个知识点，形成层次结构清晰、内容完整的知识体系。课程资源知识结构如表1所示。通过超星学习通平台的思维导图生成功能完成可视化构建。构建过程包括节点导入、知识关系建立，知识图谱可视化生成，教学资源映射整合四个环节。生成的知识图谱如图1所示。

Table 1. Knowledge structure of optical course resources
表 1. 光学课程资源知识结构

主题	子主题	涵盖课程内容
光的干涉	波动的独立性、叠加性和相干性 单色波叠加形成的干涉图样 分波面双光束干涉 干涉条纹的可见度 分振幅干涉(薄膜干涉) 迈克耳孙干涉仪 法布里-珀罗干涉仪与多光束干涉	光波参数; 相干条件; 相干叠加与不相干叠加 光程、光程差; 相位差与光程差关系; 干涉光强分布与图样形成 杨氏双缝干涉; 干涉条纹计算与特点 可见度定义; 影响可见度因素; 等倾干涉原理、条纹特征; 等厚干涉; 牛顿环; 劈尖干涉 仪器结构; 干涉原理; 核心计算公式; 长度测量、光谱分析应用 多光束干涉光强; F-P 干涉仪; 精细度; 高分辨光谱应用
光的衍射	惠更斯-菲涅耳原理 菲涅耳衍射 夫琅和费单缝衍射 夫琅和费光栅衍射	惠更斯-菲涅耳原理 半波带分析法; 菲涅耳圆孔、圆屏衍射; 波带片原理与应用 单缝衍射光强分布; 暗纹条件; 衍射条纹特征; 光栅方程; 缺级现象; 光栅光谱
几何光学的基本原理	几何光学基本定律 光在平面界面上的反射和折射 单球面成像 薄透镜成像 近轴物近轴光线成像的条件	几个基本定律; 费马原理 平面折射成像, 全反射现象 符号法则; 球面近轴反射成像, 球面近轴折射成像 薄透镜物像公式; 透镜焦距; 作图求像法 近轴物球面镜反射、折射成像
光学仪器的基本原理	人的眼睛 助视仪器放大本领 显微镜放大本领 望远镜放大本领 光阑与光瞳 分光仪器的色分辨本领	人眼构造、模型 放大本领公式 显微镜结构、放大本领 开普勒望远镜、伽利略望远镜; 反射式望远镜 有效光阑 光栅、棱镜色分辨本领
光的偏振	光的偏振性 起偏与检偏 双折射现象 偏振器件 圆偏振光与椭圆偏振光 偏振态的检验	自然光、线偏振光、部分偏振光 马吕斯定律; 偏振片; 布儒斯特定律; 反射起偏、折射起偏 各向异性介质; o 光、e 光; 晶体光轴; 惠更斯作图法 尼科耳棱镜; 渥拉斯顿棱镜; 波片 圆偏振光与椭圆偏振光的特点, 产生 五种偏振态的检验
光的吸收、散射和色散	光的吸收 光的散射 光的色散	朗伯定律; 比尔定律; 一般吸收与选择吸收 瑞利散射; 米氏散射; 拉曼散射; 天空色彩物理解释 正常色散; 反常色散
光的量子性	黑体辐射 光电效应 康普顿效应	普朗克量子假说 光电效应实验规律; 爱因斯坦光子理论; 遏止电势差; 红限频率 康普顿散射实验; 光子动量; 散射公式; 光的粒子性验证

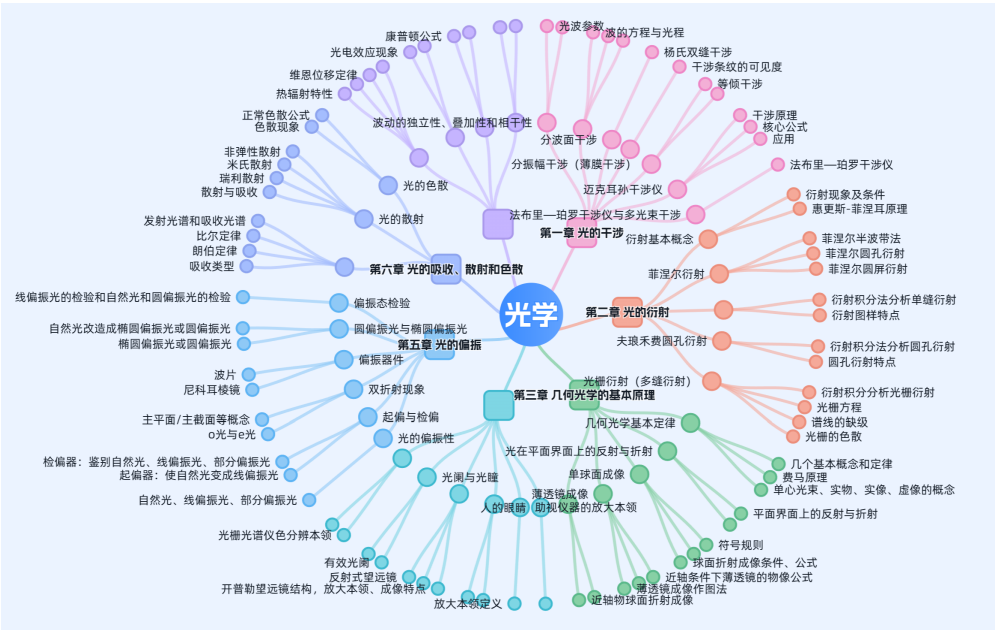


Figure 1. Knowledge graph based on Learning Platform
图 1. 基于学习通的知识图谱

在知识图谱基础上，整合了教学目标、重难点、课件、教学微视频等分层分类的教学资源，能够支撑学生课前预习、课中互动、课后巩固全流程教学。教学资源如图 2 所示。此外根据物理课程习题设计中“基础－拓展－探究”的梯度原则，搭建了分层题库资源。利用超星学习通的题库管理功能，按照基础题、中等题、提升题、设定分层次题库，所有题目都紧扣课程 89 个知识点的教学要求。其中，基础题主要考查知识点的具体内涵和把握，保证学生掌握课程内容的基本要求；中等题主要考察知识点的综合运用能力，以及对简单情境的分析能力，涉及跨知识点的整合与公式的变形应用；提升题则选用考研真题，满足学有余力学生的进一步提升需求。另外在教学内容中上传光学前沿应用案例、虚拟仿真实验、创新实验设计方案、前沿论文等拓展资料，满足学生创新研发需求。



Figure 2. Construction of basic learning resources based on Learning Platform
图 2. 基于学习通的基础导学资源建设

2.2. 依托自主编程仿真，优化课堂探究学习模式

光学是物理学中一门重要的分支并且是一门实验性较强的学科。但大部分高校的光学教学仍然采用传统讲授式的教学方法，教学载体局限于教材文本与静态光路示意图。学生对光学知识的理解比较局限，特别是在波动光学，即使配套有光学实验课程，但受限于教学安排、实验室开放条件，并不能及时地与理论知识相联系。为解决此教学痛点，教师基于 Python 软件，通过 Tkinter 搭建可视化交互界面，实现实验模型一键切换、核心参数实时调节，支持波长、狭缝宽度、缝间距、曲率半径、衍射距离等多参数自定义调整；通过数值算法实时计算光强分布，同步生成二维干涉衍射条纹图样与光强变化曲线，直观呈现参数变化对光学实验结果的影响，搭建了光学干涉、衍射、偏振全场景的虚拟仿真可视化资源。其中双缝干涉仿真图如图 3 所示。该资源通过学习通平台供学生上课使用探究光学现象规律。

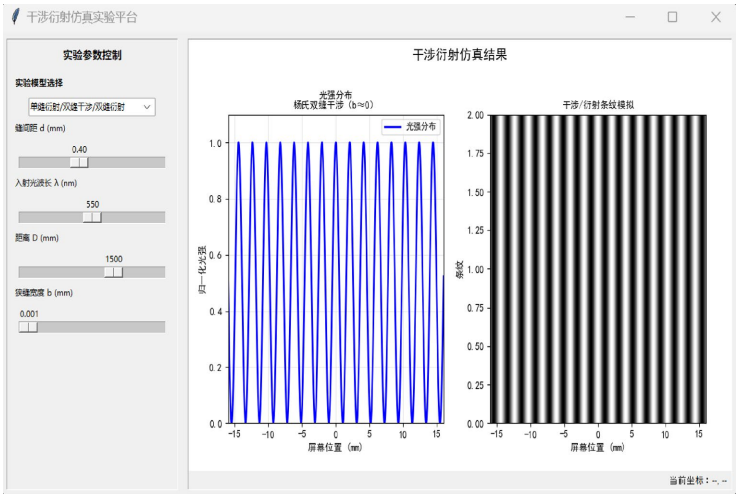


Figure 3. Simulation of double-slit interference
图 3. 双缝干涉仿真

另外，较于传统课堂中教师单一仿真演示的教学模式，通过构建“教师示范精讲－方法迁移赋能－学生自主拓研”的递进式仿真教学设计，打破单一案例教学局限。例如，在课堂教学中，教师以杨氏双缝干涉为例，系统讲解双缝干涉光强叠加原理、公式推导模型与光强影响的核心参数，通过自编仿真程序动态演示波长、缝距、屏距变化对干涉条纹的影响规律，为学生提供规范化的建模思路与编程范式。在掌握基础建模方法后，由教师布置迁移探究作业，引导学生利用人工智能技术根据教师所讲的光学现象原理，自主拓展完成干涉、衍射、偏振的仿真建模与可视化分析。可仿真光学知识点如表 2 所示，通过建模仿真使学生实现从“被动观摩单一案例”到“主动迁移建模、自主拓展探究”的思维升级。

Table 2. Knowledge points of optical virtual simulation
表 2. 光学虚拟仿真知识点

知识点	可虚拟仿真实点	可用仿真软件
几何光学与 成像系统	1. 光线追迹与透镜成像规律	Ansys Zemax OpticStudio、LightTools、 TracePro、LucidShape、Optica
	2. 球面/非球面透镜设计与像差分析(球差、彗差、色差等)	
	3. 望远镜/显微镜/相机镜头等光学系统设计与优化	
	4. 梯度折射率(GRIN)透镜仿真	
	5. 自由曲面光学元件设计与分析	

续表

光的干涉	1. 杨氏双缝干涉实验仿真	VirtualLab Fusion、Ansys Lumerical、FRED、ASAP、MATLAB、Blender、python
	2. 迈克尔逊干涉仪原理与干涉条纹分析	
	3. 牛顿环实验仿真与曲率半径测量	
	4. 法布里 - 珀罗(F-P)标准具干涉与多光束干涉	
	5. 薄膜干涉与增透膜/增反膜设计	
	6. 光的时间相干性与空间相干性仿真	
光的衍射	1. 单缝/圆孔/方孔菲涅耳衍射与夫琅禾费衍射	VirtualLab Fusion、LightTools、TracePro、COMSOL Multiphysics、SolidWorks、matlab, python
	2. 光栅衍射(平面光栅、闪耀光栅、体光栅)	
	3. 巴比涅原理验证	
偏振与晶体光学	1. 布儒斯特定律与偏振光产生仿真	LightTools、TracePro、VirtualLab Fusion、Ansys Lumerical、COMSOL Multiphysics、SolidWorks、MATLAB、Blender、
	2. 马吕斯定律验证	
	3. 双折射现象与晶体偏振器件(波片、偏振器)仿真	

2.3. 依托创新实验，锻炼学生实践创新能力

传统光学实验以标准化验证性操作为核心，涵盖牛顿环、迈克尔逊干涉等经典实验项目，但整体实验器材固定、功能单一，仅能完成教材既定的光路搭建与数据测量任务。学生全程按照实验操作步骤得到并观察实验现象，无需自主思考装置结构、参数适配与实验优化逻辑，几乎没有动手探究与创新设计空间，难以适配新时代物理创新人才培养要求。在此基础上，引导学生结合传统、现有的光学实验装置进行拓展应用探究，将基础光学实验延伸至透明溶液浓度测量、薄膜厚度检测、空气折射率测量等简易光电应用场景，打通基础实验与工程应用的壁垒，锻炼学生的动手实操能力、结构设计能力、问题排查能力与创新思维。传统实验与拓展实验内容如表 3 所示。该实验拓展内容通过学习通平台发布供学生课后选择，学生也可以自主设计创新实验。

Table 3. Contents of traditional experiments and expandable experiments
表 3. 传统实验与可拓展实验内容

传统实验	实验拓展
分光计测三棱镜折射率实验	基于分光计的透明介质折射率高精度测量实验改进
	分光计的偏振光特性测量与布儒斯特角验证实验
菲涅尔双棱镜干涉测波长实验	基于分光计的溶液浓度定量分析实验(旋光法)
	菲涅尔双棱镜干涉的微小位移测量系统设计
	基于双棱镜干涉的透明介质折射率测量实验
	双棱镜干涉的空间相干性定量分析实验
迈克尔逊干涉仪实验	菲涅尔双棱镜的光束整与分束特性仿真
	迈克尔逊干涉仪的改进
	基于迈克尔逊干涉仪的气体浓度测量实验设计
	基于迈克尔逊干涉仪的透明介质折射率测量实验
凸透镜教具测量实验	基于迈克尔逊干涉仪的热膨胀系数测量实验
	凸透镜成像规律数字化测量改进
	基于凸透镜成像的透明介质折射率测量实验改进
	基于凸透镜成像的微小位移/形变测量系统设计
偏振与马吕斯定律实验	凸透镜成像像差校正与简易消色差透镜设计仿真
	偏振光旋向检测与分析实验拓展
	基于偏振的透明介质应力双折射测量实验
	立体偏振显示技术的原理仿真与实验改进

3. 混合式教学实施与实践效果

3.1. 混合式教学实施

课程以超星学习通为主要互动平台，课程分为线上课前，线下课中，线上线下课后三个阶段，强调“教师主导，学生主体、数字赋能”的教学理念。具体流程图如图 4 所示。课前通过学习通发布学习任务点，包括项目案例、讨论话题、知识点预习、前测题，让学生明确学习目标，如图 5 所示。教师通过学情数据掌握学生学习情况。课中教师讲解共性问题，引导学生讨论，通过虚拟仿真程序探究规律本质，给出本节知识点在工程上的应用案例，小组合作谈论创新实验方案设计，并进行线上答题，了解学生课堂掌握学习情况。课后通过学习通发布光学现象的虚拟仿真或者创新实验任务清单。如在讲完光的干涉这一章后，发布如表 2 或者表 3 的任务清单。学生以 3 人为单位自由组队并明确分工。若选择创新实验任务，前期学生需完成光路方案设计，并在学习通提交审核。学生完成实物装置搭建与测试后，以现场实物演示 + PPT 汇报形式开展成果答辩展示。教师从实验方案科学性、光路搭建实操效果、数据处理与误差分析等评定小组成绩。若选择虚拟仿真任务，学生需完成可调试仿真程序、可视化图像及分析报告后，以现场代码运行演示、原理汇报完成成果展示。教师从物理模型准确性，代码完整可用性，仿真可视化效果，仿真结果分析深度等评定小组成绩。

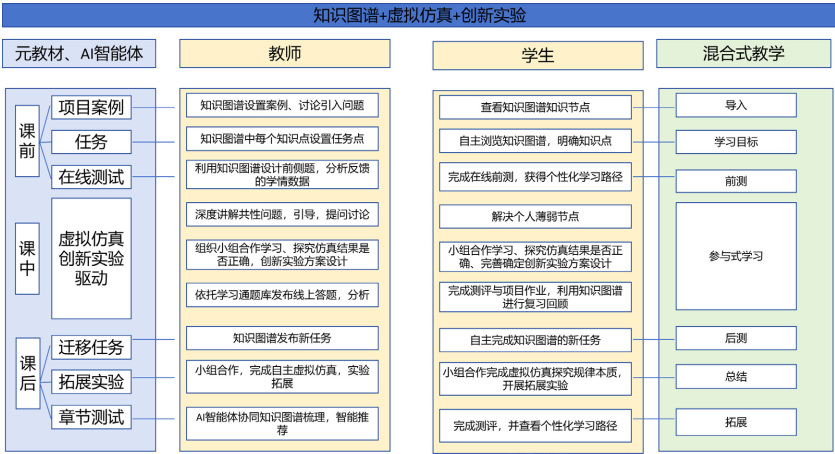


Figure 4. Implementation process of blended teaching
图 4. 混合式教学实施过程

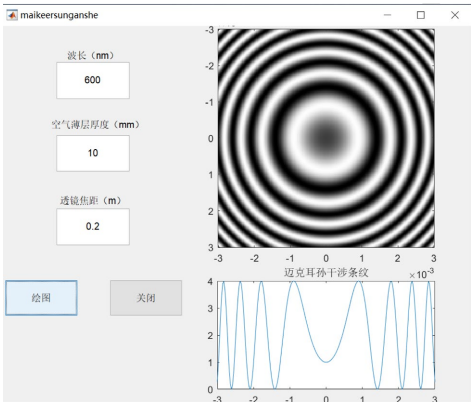


Figure 5. Learning Platform publishes learning task points
图 5. 学习通发布学习任务点

学习通平台的任务完成情况，课后虚拟仿真，创新实验设计等均计入过程性考核，与期末考试共同构成总成绩。考核占比细则如表 4 所示。

Table 4. Evaluation/assessment criteria
表 4. 考核/评价细则

考核方式	权重	考核/评价细则
过程性考核	40%	(1) 学习通课前、课中、课后章节测试 (2) 学习通参与讨论情况 (3) 课后虚拟仿真实验完成情况 (4) 课后创新实验完成情况 (5) 课后作业完成情况
期末考试或考查	60%	期末闭卷考试，评价标准：严格按照期末试题参考答案及评分细则进行评分
综合成绩	100%	过程性考核成绩(40%) + 期末考试或考查成绩(60%)

3.2. 教学实践效果分析

本研究在 2024 级物理专业 1 班实施基于知识图谱 + 虚拟仿真 + 创新实验的混合式教学模式，并以未实施该模式的同年级同专业 2 班学生作为对照组进行比较分析。1 班学生课程成绩平均分 75.94、及格率 95.6%，2 班学生平均分 69.8，及格率 88.37%。1 班学生整体优于 2 班学生。另外 1 班学生在模型构建与创新能力提升上明显高于 2 班，比如自主设计了霓虹的影响因素实验，凸透镜实验创新教具，菲涅尔双棱镜干涉的拓展实验等，如图 6 所示。自主开发了基于 matlab 的干涉衍射仿真平台，如图 7 所示。同时，小组合作任务的实施也促进了学生沟通协作意识和共同解决问题能力的发展。

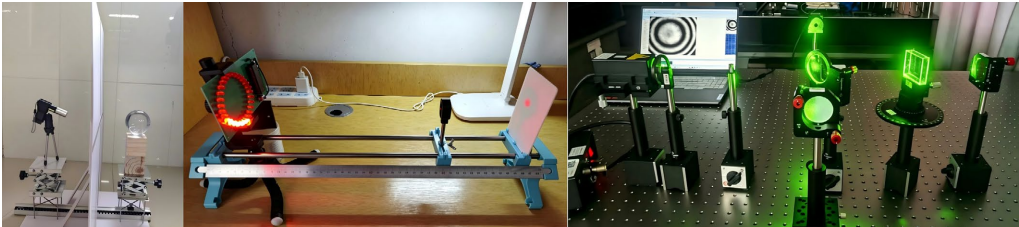


Figure 6. Students' self-designed innovative optical experiments
图 6. 学生自主设计光学创新实验

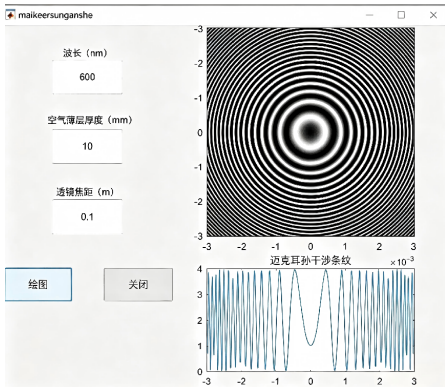


Figure 7. Students' self-designed optical virtual simulation
图 7. 学生自主设计光学虚拟仿真

4. 结语

光学课程是培育物理学专业学生科学思维与实践创新能力的必修课程,针对传统教学模式的诸多局限,通过数字化混合式教学模式,实现知识教学系统化、理论教学可视化、实验教学创新化、人才培养分层化。通过数字化技术与课堂教学的深度融合,有效激活学生自主探究意识,夯实学生理论基础,锤炼学生建模与创新实践能力,切实提升光学课程整体育人水平,可为高校物理基础课程教学改革提供有益参考。

参考文献

- [1] 赵文德, 谢菡, 陈基纯. 混合式教学模式知识图谱赋能课程数字化改革与实践研究[J]. 科教文汇, 2025(20): 124-128.
- [2] 吴亮, 周振, 邢效华, 等. 人工智能赋能光学工程课程群的创新实践——以天津大学为例[J]. 中国高校科技, 2026(5): 22-26.
- [3] 李桂顺, 郑文轩. 人工智能赋能“光学”教学的实践路径与挑战研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(24): 224-227.
- [4] 安冉, 汪楠博, 李泽平, 等. 基于 Python 的开放式光学模拟仿真实验平台构建与实现[J]. 湖北科技学院学报, 2026, 46(4): 116-124.
- [5] 金雪莹, 单书琳, 张瑞翔. 基于 MATLAB GUI 的工程光学虚拟仿真平台建设及其在教学中的应用[J]. 创新创业理论研究与实践, 2026, 9(10): 166-168.
- [6] 闫林丽, 刘袁, 赵瑾瑜. 基于计算机仿真实验的光学教学改革与实践[J]. 山西能源学院学报, 2026, 39(2): 100-102.
- [7] 杜光平, 陶诗华, 朱文瑜, 等. 光学干涉、衍射虚拟仿真实验系统设计与教学应用[J]. 大学物理, 2026, 45(3): 55-58+84.
- [8] 张卫山, 尚剑锋, 刘雪林, 等. 基于 MATLAB GUI 的波动光学仿真平台[J]. 大学物理实验, 2013, 26(3): 85-87.