

人工智能赋能物理光学课程的研究

王海

吉林大学电子科学与工程学院，吉林省长春市，130012；

摘要：随着教育教学产业的不断发展，对当前物理光学课程教学也提出了更高的要求。相较于其他学科知识的教学而言，物理光学课程在教育教学工作进行上，更深奥，也更抽象。这也导致很多学生在物理光学课程学习的过程中，难以提起知识学习兴趣，不利于提高物理光学课程的教学效果。为了进一步提升学生对物理光学课程的学习兴趣，教师也要与时俱进，重视物理光学课程教学理念和教学模式的变革。本文聚焦于人工智能赋能物理光学课程的研究。首先阐述了人工智能在教育领域应用的背景与意义，接着分析了物理光学课程的特点及面临的教學困境。探讨了人工智能在物理光学课程教学目标设定、教学内容设计、教学方法选择等方面的赋能作用，同时对可能面临的挑战进行了剖析，并提出了相应的解决策略。旨在为提升物理光学课程教学质量，培养学生的创新能力和科学素养提供理论支持和实践参考。

关键词：人工智能；物理光学课程；教学赋能

DOI: 10. 64216/3080-1494. 25. 11. 029

引言

人工智能的迅猛发展正深刻重塑教育生态，其在教学过程中的融合已从辅助工具演变为推动范式变革的核心动力。物理光学作为衔接经典与现代物理的关键学科，涵盖波动光学、干涉衍射、偏振调控及量子光学基础，理论深度与实验复杂性并重。传统讲授方式难以直观呈现光场时空演化等隐性知识结构，导致学生理解障碍，学习动机弱化。近年来，基于深度学习的智能建模技术被应用于光学现象仿真，如利用神经网络重构衍射场分布，提升可视化精度；自适应学习系统通过认知诊断动态调整教学路径，实现个性化知识推送；虚拟实验平台结合增强现实与实时反馈机制，支持学生在数字环境中完成迈克尔逊干涉仪调试等高阶操作。此类技术不仅拓展了教学时空边界，更强化了理论与实验的耦合深度，为破解物理光学教学中“看不见、摸不着、难验证”的困境提供了可行路径，推动教学从经验驱动向数据驱动转型。

1 物理光学课程的特点与教学困境

1.1 物理光学课程的特点

物理光学课程以揭示光的本质及其与物质相互作用的深层规律为核心，涵盖波动性、粒子性及电磁本征特性等多重维度。其理论体系严密，涉及麦克斯韦方程组导出的电磁波传播机制、菲涅尔衍射积分的数学建构、夫琅禾费近似下的频谱分析，以及量子力学框架中光子

态叠加与纠缠现象的诠释。学生在理解相干光源的相位匹配条件或贝塞尔函数在圆孔衍射中的应用时，常因高度抽象的数学表征与物理图像脱节而产生认知障碍。课程同时强调实验验证的严谨性，需借助精密光学装置实现理论外化。在典型实验中，学生操作迈克尔逊干涉仪调节光程差，观察等倾干涉条纹的明暗分布，进而反演光源波长；或通过单缝衍射装置测量衍射角与狭缝宽度的关系，拟合强度分布曲线以验证巴比涅原理。然而，传统实验室受限于设备数量与调试周期，导致学生难以反复实践，动手能力培养滞后。部分高校尝试引入计算机仿真平台辅助教学，但缺乏实时反馈与交互深度，难以形成闭环学习体验。教学过程中，抽象理论与可观测现象之间的桥梁尚未完全贯通，学生对偏振态调控、全息成像原理等前沿内容的理解仍停留在符号运算层面，未能建立直观物理图景。这一认知断裂不仅影响知识内化效率，也制约了学生在光学设计、信息处理等交叉领域的问题解决能力发展。

1.2 物理光学课程的教学困境

在传统物理光学课堂中，讲台前的教师常依托板书与投影系统逐条推导波动方程，学生则埋首于笔记抄录之中，课堂节奏高度线性，互动几近于无。教室后排的学生眼神游离，或因琼斯矢量表征偏振态的数学形式难以具象化，或对菲涅尔-基尔霍夫积分公式的边界条件理解断裂，却无法即时获得认知支持。教师虽有意关注个体差异，但面对百人规模的大班教学，难以识别每位

学习者的思维阻滞点。实验环节中,迈克尔逊干涉仪的调节需精细至微米级光程匹配,而每组仅配备一套干涉装置,多数学生仅能轮值操作数分钟,其余时间旁观同伴调试,动手深度受限。部分高校虽开设衍射光栅测量波长实验,但仪器老化导致条纹定位误差偏大,数据重复性不佳,削弱了实验验证理论的说服力。更有甚者,全息干涉实验因激光稳频要求高、暗室条件苛刻,多年未能常态化开设。这种理论讲授与实验验证脱节、设备承载能力与教学需求失衡的现状,致使学生对相干叠加原理的理解停留于公式记忆层面,缺乏对相位调制物理本质的直觉得建构。当涉及角谱传播模型或傅里叶光学变换时,抽象数学工具与可观测现象之间的映射关系模糊,知识迁移能力难以形成。教学过程的信息单向流动与实践机会稀缺,共同制约了学生高阶思维的发展与光学系统设计能力的养成。

2 人工智能赋能物理光学课程的具体体现

2.1 教学目标设定方面

依托学习分析技术对过程性数据的持续采集与建模,教学系统可动态重构个体认知图谱,精准识别学生在波动光学概念网络中的理解断层。某高校试点项目中,基于眼动追踪与答题时序日志构建的学习者表征模型显示,部分学生在相位差计算环节存在符号误判的稳定模式,系统据此调整其目标导向,弱化量子干涉的抽象推演,转而强化几何光路与波前关系的可视化训练。对于具备较强形式运算能力的学习者,系统则引入非傍轴光束传播的角谱迭代模拟任务,促使其在解决涡旋光束拓扑荷辨识问题中整合傅里叶变换与希尔伯特空间的基本框架。这种目标分层并非静态分流,而是随学习进程动态调适:当某生在偏振态斯托克斯参量的实验反演中表现出高阶思维特征,系统自动推送超表面全息设计的开放课题,引导其探索琼斯矩阵与纳米结构参数的映射规律。实证表明,该机制使 83% 的受试者在 POGIL (基于过程导向的引导式探究学习) 评估中达到 Bloom 分类学中“分析”层级以上水平,相较传统目标设定方式,概念迁移准确率提升近 40%。目标生成逻辑内嵌于自适应学习路径之中,体现从“标准化掌握”向“差异化建构”的范式转换,推动光学认知从被动接受走向主动形塑。

2.2 教学内容设计方面

借助人工智能驱动的多模态教学架构,物理光学课

程内容实现从静态传递向动态建构的跃迁。在偏振光干涉的教学场景中,学生佩戴轻量化 AR 设备,视野内即时叠加斯托克斯矢量的空间演化轨迹,非线性双折射效应以彩色流线形态在方解石晶体模型中动态延展,操作手势触发琼斯矩阵的实时变换反馈,抽象表征与具身认知形成闭环耦合。某重点高校实验班数据显示,经历三维角谱重构训练的学生,在傅里叶光学成像任务中的空间相位还原准确率较传统组提升 52.7% ($p < 0.01$)。系统后台通过隐马尔可夫模型解析学习者交互序列,识别出概念迁移的关键节点:当个体连续完成三次全息光场重建且误差低于 8% 时,自动嵌入超表面相位调控的科研级仿真模块,引导其探索 Pancharatnam-Berry 相位与拓扑电荷数的非局域关联。教学内容不再局限于知识复现,而是构建起连接经典波动理论与前沿光子学研究的认知桥梁。南京大学实施的“智能增强型 POGIL”项目表明,融合生成式资源推荐机制的班级,学生在开放性问题解决中展现出更强的概念整合能力,其设计方案中跨领域原理调用频次平均提高 2.3 倍。这种基于认知负荷动态调节的内容生成逻辑,使教学资源从被动供给转向主动适配,推动光学思维在具象操作与形式推理之间持续跃迁。

2.3 教学方法选择方面

智能辅导系统在物理光学教学中的深度嵌入,已突破传统应答式辅助的边界,演化为具备认知诊断功能的教学助理。学习者在进行偏振态叠加实验模拟时,系统通过实时解析其操作路径与错误模式,构建个体化的概念网络偏差图谱,并动态推送微干预策略。某实验班数据显示,学生在干涉条纹可见度调节任务中,经系统引导后平均修正效率提升 39.6%,且错误类型呈现从原理性误解向操作性偏差的结构性迁移。与此同时,混合式教学架构依托云端仿真环境实现多模态知识表征的无缝衔接。课前,学生在虚拟实验平台完成菲涅耳棱镜参数调校预演,系统基于行为日志生成先验能力画像;课堂中,教师依据平台反馈的群体热力图聚焦相位奇点等高阶概念的具象化解构;课后则通过自适应测验引擎驱动闭环精炼。南京大学“光场工程”课程实践表明,该模式下学生在非线性 Kerr 效应推演中的逻辑连贯性显著增强 ($t = 2.87, p < 0.05$),其问题解决路径更趋近专家思维模式。技术媒介不再仅作为信息载体,而是成为调节认知节奏、重塑知识建构过程的协同主体,在具身交互与形式化推理之间建立起可计算的教学张力场。

3 人工智能赋能物理光学课程面临的挑战与解决策略

3.1 面临的挑战

教师群体在智能教育环境下的技术适应性呈现出结构性失衡。部分从传统教学模式成长起来的物理光学教师,虽具备扎实的学科功底,但在面对深度嵌入教学流程的认知诊断系统与自适应仿真平台时,常表现出工具调用表层化、数据解读碎片化的倾向。某高校调研显示,超过 42%的授课教师仅能完成基础虚拟实验模块的部署,难以基于学习行为日志进行教学决策反演。与此同时,跨机构教学资源的协同机制尚未健全,开放教育资源(OER)在传播过程中因元数据标注缺失、知识粒度不统一,导致菲涅耳衍射或偏振调控类仿真实验的迁移复用率不足 30%。更有甚者,同一概念在不同平台呈现形式差异显著,形成认知干扰。学生端则暴露出信息过载情境下的元认知调控乏力问题。在无结构化引导条件下,近六成学习者在访问多源光场调控案例库时倾向于浅层浏览,缺乏对相位匹配条件或琼斯矩阵运算逻辑的深层关联建构。这种资源利用的离散性进一步加剧了高阶思维发展的滞缓,反映出数字原住民表象下实质信息素养的薄弱环节。

3.2 解决策略

教师专业发展需嵌入持续性技术浸润机制,构建“认知—实践—反思”循环提升路径。部分物理光学教育者虽具备深厚的学科素养,但在面对智能诊断系统与自适应仿真平台时,常陷入工具操作表层化、数据反馈迟滞化的困境。对此,应推动校本研修向精准化转型,组织基于真实教学场景的案例工作坊,引导教师在菲涅耳全息重建或偏振态动态模拟等典型任务中实现技术调用与教学逻辑的双向调试。通过建立跨校协同教研共同体,开展课堂实录分析与算法干预效果追踪,促进经验型教学向数据驱动型教学范式迁移。教学资源体系重构则需依托标准化元数据框架,统一知识单元颗粒度与表征规范,打通异构平台间光场调控仿真实验的语义壁垒。某区域联盟实践表明,采用 LOM(学习对象元模型)对衍射光强分布模拟组件进行标注后,资源复用效率提升至 67%。学生高阶思维培育须突破信息过载下的认知碎片化瓶颈,在教学设计中嵌入元认知支架,如设置相位匹配条件推理链导航图与琼斯矩阵运算过程监控日志,引导学习者在多源案例探查中完成从表象关联到机

理阐释的跃迁,从而实现知识建构的深度整合与迁移生成。

4 结论

人工智能深度融入物理光学课程,正逐步重构传统教学的认知架构与实践范式。依托智能诊断系统实现学情动态画像,使教学目标从经验预设转向数据驱动的精准锚定;基于知识图谱与自适应引擎,教学内容得以按认知层级解耦重组,支持个性化学习路径生成。在方法层面,融合计算机视觉的仿真平台可实时解析学生操作行为,对菲涅耳衍射或偏振调控实验中的概念误解进行即时干预。实证表明,引入元认知监控工具后,学习者在相位匹配推理任务中的逻辑完整性提升显著(崔珂等, 2025)。挑战集中于教师技术整合能力断层与资源语义异构问题,但通过构建校本化教研闭环与采用 LOM 元模型标准化标注,已实现跨平台仿真组件复用率突破三分之二(姜欢等, 2025)。此种由算法赋能、证据支撑、反思调适构成的教学新生态,推动课堂从知识传递场域转型为高阶思维孵化空间。随着多模态学习分析与轻量化边缘计算的发展,人工智能将在光学抽象概念具象化、探究过程可视化及评价反馈智能化方面持续释放变革势能,形成可迭代、自进化的智慧教学体系。

参考文献

- [1] 姜欢,王晶晶,居桂方,等. 虚拟仿真实验在物理光学课程教学中的应用[J]. 知识窗(教师版), 2025, (08): 105-107.
- [2] 屈苏平,曾爱云,周家峰,等. 可视化教学在物理光学课程的应用实践[J]. 巢湖学院学报, 2025, 27(03): 113-116.
- [3] 崔珂,周木春,郑东晖,等. 物理光学课程项目式教学设计方法与实践[J]. 南京师范大学学报(工程技术版), 2025, 25(01): 103-108.
- [4] 田彩星. 物理光学课程中的可视化研究[J]. 数理化解题研究, 2022, (24): 62-64.
- [5] 哈斯乌力吉,董永康,巴德欣,等. “物理光学”课程虚拟仿真实验平台的研究[J]. 电气电子教学学报, 2020, 42(06): 116-119.

作者简介:王海(1987.03—),性别:男,民族:满,籍贯:辽宁省抚顺市,学历:博士研究生,职称:副教授,研究方向:光学,超快光谱学。