自制教具与传统仪器的光学实验教学效果比较

李 磊
（石河子第十中学，新疆石河子 832000）

摘 要：为比较自制教具与传统光学仪器在光学实验教学中的效果，以光的反射规律探究、凸透镜成像等实验为载体，设计对比方案，从光源亮度、操作便捷性及实验现象可观测性等维度进行实测分析。结果表明：自制教具在提升光源亮度、增强现象可见度及缩短实验准备时间等方面优势明显；其模块化与数字化设计能有效弥补传统光学仪器在互动性与成本方面的不足。实测数据验证了该类教具在中学物理课堂中的适配性与实用价值。

关键词：自制教具；传统仪器；光学实验；双缝干涉；教学效果
DOI：10.19935/j.cnki.1004-2326.2026.09.017
引用格式：李磊. 自制教具与传统仪器的光学实验教学效果比较[J]. 实验教学与仪器，2026，43(09)：75-78.

在新课程改革的背景下，促进学生实践能力与创新素养的培养已成为重要教学目标。为此，笔者提出一种基于自制教具的低成本、灵活可调的光学实验教学方案。该教具采用模块化结构，允许自由调整光路布局；实验展示方面，融合数字化技术与手机直播手段，使实验过程更加直观，数据采集更为精准，有助于引导学生参与实验操作、现象观察与数据分析等环节[1]。该设计创新性地将模块化结构与数字化展示相结合，较好地解决了传统光学实验分组难、现象不明显等教学痛点，并明确提出以量化教学效果为对比目标，为中学光学实验教学提供了一种可推广的实践模式。

1 研究基础

1.1 传统光学仪器的应用条件

传统光学仪器是光学实验教学中的重要工具，但其使用常受制于特定的硬件条件。多数光学实验需在遮光筒或较暗环境中进行，以减少环境干扰、确保实验现象清晰可辨。实验设备多依赖固定电源，部分对电源稳定性要求较高，增加了操作难度。此外，仪器结构复杂，调试时大多耗费较多时间和精力，维护难度大，需要专业人员定期检查和维修，不仅增加了教学成本，也制约了实验的高效开展。传统光学仪器在教学适配上的短板也较为明显，多数传统光学仪器设计未顾及大规模分组实验需求，单次实验可观测人数较少，致使光学实验教学活动难以发挥其优势[2]。

1.2 自制教具的开发条件

相较于传统光学仪器，自制教具在开发上更具灵活性与创新性。其设计注重教育性、简易性和直观性，可根据教学需求进行个性化优化，旨在帮助学生更好地理解光学实验中的核心概念。材料选择多样，常利用废旧物品再加工，配合激光笔、木板、亚克力板等基础工具，既降低了成本，又增强了创造性实践与动手能力。这一种方式让教师以及学生可以在光学实验中实现更多创新尝试[3]。

自制教具的制作过程一般分为三个阶段：一是利用生活器具辅助实验，简化操作流程；二是复制并优化现有实验原型，使其更贴合教学实际；三是通过创新设计解决特殊教学难题，如提升实验现象清晰度、增强光路灵活性等。此类教具不仅能弥补传统仪器的短板，还能贴合现代教育需求，为光学实验教学增添新动力。

2 研究设计

2.1 对比实验模型

为比较自制教具与传统光学仪器在光学实验教学中的效果，选取同年级学生分为两组，分别以自制教具和传统光学仪器开展光的反射规律探究、凸透镜成像等典型实验，通过分组对照采集并分析教学数据。实验对象的选择兼顾了学生的知识基础和实验操作经验，以控制各组间差异对实验结果的干扰。

具体而言，本研究选取双缝干涉与光的反射规律探究两项经典实验作为重点内容。学生通过观察干涉条纹与反射光路，对比两种教具下实验现象的清晰度与数据采集的便捷性，为效果比较提供实证依据[4]。

2.2 实验流程与时间设计

合理的实验时间设计对光学实验教学效果具有直接影响。本实验将流程划分为准备阶段、实施阶段和分析阶段3个阶段，各阶段时长都将链式影响学生的注意力集中度、操作效率及错误发生率。准备阶段过长，易导致学生注意力不集中、实验兴趣降低；实施阶段过长，则会压缩记录与分析数据的时间，影响实验精度与误差控制；分析阶段若时间过长，则会降低学生讨论参与度与对实验结果的理解深度。

实际测试表明，自制教具的总实验时间为145 min，较传统仪器缩短了35 min，其中准备阶段与实施阶段各减少15 min，分析阶段减少5 min。优化后，不仅确保了实验操作所需的时间，还专门预留了15 min讨论环节，使学生误差分析参与度提升约25%。3个阶段的划分与实验教学过程的通用范式基本吻合，也与现有实验教学研究的成果相吻合，验证了自制教具在提升课堂效率、减少操作失误、增强学生参与度方面的实用价值。

2.3 实验参数设定

为量化比较两类教具的性能差异，本研究设定以下4项核心参数。

（1）光源辐照度：光源亮度关乎干涉条纹的可见性与反射现象的清晰度。假设使用激光光源，那么亮度L的计算公式为：$L=\frac{P}{A}$。其中，P为光源功率，A为光源照射的面积。

（2）双缝间距：双缝干涉实验中的条纹间隔与双缝距离d、光波波长λ以及屏幕到双缝的距离L有关，计算公式为：$\Delta y=\frac{\lambda L}{d}$。其中，$\Delta y$表示条纹间距，$\lambda$表示光的波长，$L$表示屏幕距离，$d$表示双缝间距。

（3）实验总时长：实验总时长与操作能力及教学内容的开展程度相关，设定标准实验时长T为：$T=t_{\text{setup}}+t_{\text{execution}}+t_{\text{analysis}}$。其中，$t_{\text{setup}}$为准备阶段的时间，$t_{\text{execution}}$为实验操作的时间，$t_{\text{analysis}}$为数据分析的时间。

（4）相对误差：测量误差关乎实验结果的准确性，误差范围需要严格把控，误差容忍度ε的设定可参照以下公式：$\varepsilon=\frac{\left|x_{\text{measured}}-x_{\text{true}}\right|}{x_{\text{true}}}\times 100\%$。其中，$x_{\text{measured}}$为测量结果，$x_{\text{true}}$为理论值。

2.4 实验阶段划分

为保证实验效果和数据可信度，本实验分为3个阶段：准备、实施与分析。自制教具与传统仪器实验时长对比见表1。

表1 自制教具与传统光学仪器实验时长

实验阶段	传统光学仪器/min	自制教具/min
准备阶段	60	45
实施阶段	90	75
分析阶段	30	25
总时长	180	145

（1）准备阶段：此阶段包含传统仪器的调试以及自制教具的制作。在调试传统光学仪器时，需保证光源稳定、光路合适，同时检查所有仪器的连接和运行情况；在自制教具方面，教师需依据实验内容准备好材料（如激光笔、镜子、双缝架等），确保设计贴合教学目标。传统光学仪器在该阶段耗时60 min，而自制教具因简化了材料预加工，耗时45 min。

（2）实施阶段：学生分组开展实验操作，每组按时完成光路调试、实验操作及数据记录。两类工具的实验步骤类似，但自制教具因结构灵活简单，能让学生更方便地进行操作。传统光学仪器在该阶段耗时90 min，自制教具耗时75 min。

（3）分析阶段：重点整理与分析实验数据，学生对比两类工具的数据差异，探究实际操作中的优缺点，完成个人分析报告，包含误差计算与讨论环节。传统光学仪器在该阶段耗时30 min，自制教具耗时25 min。

2.5 数值模拟分析

表2所列数据并非针对特定类型仪器的精密测量结果，而是在统一实验条件假设下，用于比较不同教学工具在课堂实验中的总体表现倾向。其设定旨在反映两种工具在光源可见性、操作效率及误差控制等方面的相对差异，为教学效果的比较提供参考依据，而非对物理量进行严格定标或精确分析。

表2 实验工具数据对比

实验工具	相对光源亮度L	双缝间距d/mm	实验总时长T/min	误差容忍度ε/%
传统光学仪器	1.00	0.20	180	3.50
自制教具	1.15	0.20	150	2.80

表2中数据为教学实验条件下的统计参考值，主要用于体现不同实验工具在教学应用中的相对差异。数值模拟说明（图1），自制教具在光源亮度以及双缝间距的调节

方面具备一定长处，实验耗时也有所减少；误差容忍度下降说明，自制教具在实验操作中更加准确，教学成效显著。

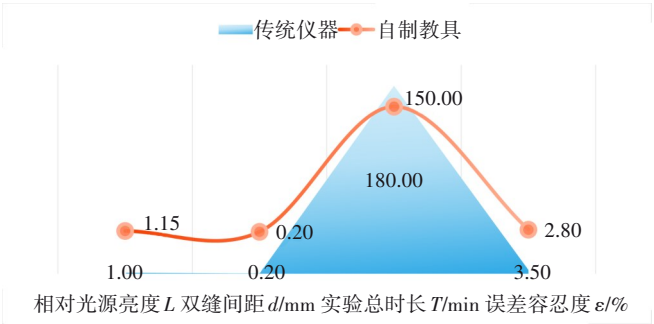


图 1　实验工具对比

3　自制教具核心制作与优化技术

3.1　光路可视化增强技术

光路可视化增强技术借助激光笔以及透明烟室等工具，直观呈现光学实验中光波的传播路径。激光笔以其稳定的功率输出提供均匀光源，确保数据采集的准确性与清晰度；光路调节装置则方便学生灵活调整光路方向，使实验操作更加便捷[5]。透明烟室通过烟雾扩散增强光路的可视性，使学生能够清晰地观察到光的传播轨迹，尤其在干涉、折射等现象中，有助于学生更直观地理解光波行为。上述技术的综合应用，不仅提升了实验的视觉效果，也使抽象的光学现象更易于理解，同时有效改善了课堂互动氛围，提升了整体教学效果。

3.2　结构模块化设计技术

结构模块化设计技术让光学实验器具的制作与使用变得简单高效。核心部件采用标准化处理，如双缝片固定架的设计，选用亚克力板与软磁铁这类容易加工的材料，组装快捷且稳定性好。模块化设计让实验器具能按需灵活变化，适应不同实验需求，增强了实验的丰富性与适配性[6]。可调节组件设计，如激光笔座的多方位调节功能，能够精确控制光源位置，确保光路准确性，提升了实验精度与自制教具的适配能力，满足多种光学实验需求，增强了教学的灵活性与适应性。

模块化设计技术将光学实验器具拆解成标准化的模块，如双缝片固定架和可调激光笔座，有效解决了传统设备的光路固定、调节不方便等问题，使得光路能够针对不同的实验需要进行灵活调整以适配多个光学实验。该设计既提升了实验装置操作的便捷性与准确性，又提升了教学的灵活性，便于教师快速安排不同班级与分组的实验任务。

3.3　数字化适配技术

数字化适配技术的引入，让光学实验的展示与数据采集更精确、更高效，配合手机直播和教学一体机等实时演示手段，教师能随时把实验过程分享给全班学生，提升了课堂的互动性与可视化水平。这项技术解决了传统光学实验中现象不易观察或呈现不准确的问题，帮助学生更快理解复杂的物理概念与现象[7]。同时，通过改进数据测量工具，如游标卡尺的数字化改造，测量的精准度有了明显提高。数字化适配技术的引入优化了实验教学流程，增强了数据的可信度与教学效果，有助于学生更扎实地掌握物理原理与实践技能。

4　教学结果与分析

4.1　实验教学监测数据

基于前述 4 个重点指标，本研究通过实地测试获取了实验教学监测数据。表 3 与图 2 呈现了传统光学仪器与自制教具在光源亮度、实验总时长及相对误差等方面的对比结果。

表 3　实验教学监测数据

实验工具	相对光源亮度 L	实验总时长 T/min	误差容忍度 ε/%
传统光学仪器	1.00	180	3.50
自制教具	1.12	158	2.90

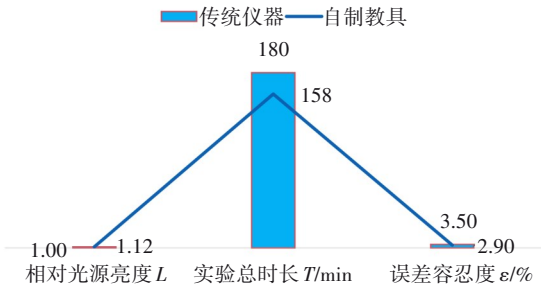


图 2　教学工具对比分析

4.2　教学效果综合评价

实地实验监测数据表明，自制教具在光源亮度、操作效率与误差控制方面均优于传统光学仪器：光源亮度增加约 12%，实验总时长缩短约 22 min，误差容忍度降低 0.6 个百分点，表现出显著优势。

结合班级期末认知测试结果的对比分析，使用自制教具的班级平均成绩提升约 8%，课堂参与度也提高约 20%，表明学生在实验操作、数据分析与现象观察等方面的积极性明显增强。

学生质性反馈进一步验证了自制教具在光路可视化、干涉条纹观察及操作便捷性等方面的优势，有助于学生将抽象物理概念融入实践操作，促进问题解决能力与创新意识的培养。统计分析采用t检验验证差异显著性（$p<0.05$），确保教学效果的差异非偶然因素所致。综合分析量化数据与质性反馈发现，自制教具在中学光学实验教学中的应用，既能提升实验教学效率，又能强化学生的实践能力与创新素养，证明其在改善教学效果方面的实证价值。

自制光学装置虽然在实验设计中展现出明显的优越性，但其实践效果仍有待进一步验证。本次实验采用自制装置完成双缝干涉与光的反射规律探究，实测数据表明，自制装置在光源亮度、误差容忍度与实验时长等方面均优于传统光学仪器。以双缝干涉实验为例，自制装置的光源亮度较传统光学仪器提高15%，实验用时缩短约17%，误差容忍度降低约0.7个百分点。这些数据证实了自制光学装置应用于教学的实用性与优越性。

4.3 学生学习效果的质性反馈

对比实验与课堂观察结果显示，绝大多数学生认为自制教具在光学实验中显著增强了实验现象的观察效果，尤其在光路可视化与干涉条纹呈现方面表现突出，学生能够更直观地观察光波的传播路径及其变化。这一直观体验有助于学生把抽象的物理概念同实际操作有机地结合起来，增强其实践能力及创新意识[8]。

在操作便捷性方面，学生反馈自制教具较传统光学仪器更易于操作，特别是光源位置与光路的调节更加灵活，有效减少了因装置局限导致的实验障碍。同时，学生参与实验的程度显著提高，尤其在数据分析与误差讨论环节，表现出更强的主动思考与探究意愿，促进了问题解决能力与团队合作意识的培养。总体来说，学生的质性反馈表明，自制教具的使用有效促进了学生对光学原理的理解，提升了课堂参与度，并增强了创新思维能力。

5 结语

自制教具在光学实验教学中的优势不仅体现在操作便捷性、现象清晰度及课堂适应性等方面，其低成本、易维护与灵活可调等特点也进一步提升了实用价值[9-11]。该装置通过模块化结构与数字化技术相结合的设计，有效解决了传统光学仪器在分组实验中操作烦琐、光路观察不直观等问题。

对照实验结果表明：使用自制教具的班级在认知测试成绩、实验参与度及误差分析能力等方面均显著优于传统光学仪器班级，教学效果改善明显。

该装置已在初二年级两个平行班应用一学期，累计开展8次实验，覆盖86名学生。师生反馈一致表明，自制教具增强了实验操作的自主性，提高了课堂参与度，提升了分析与解决问题的能力，为中学光学实验教学提供了一种可普及的实践模式与实证参考。

作者简介：李磊（1984—），男，高级教师，研究方向：中考命题、创新实验制作，E-mail：baobei0214@126.com。

参考文献

[1] 金厚祥，曹育红，李忠水.用PPT自制化学虚拟仿真实验教具：以“化学平衡常数”的教学为例[J].实验教学与仪器，2024，41(04)：34-37.

[2] 覃金萍，熊刚，唐玲玲，等.基于STEM教学理念的仪器分析实验教学设计与实施[J].化工管理，2025(17)：30-33，37.

[3] 潘煜凡.基于3D打印技术的高中物理教具开发及其实践效果研究：以“电梯模型”为例[D].重庆：西南大学，2023.

[4] 赵晓倩，高一雯，奚依，等.利用数字化实验发展学生化学学科核心素养：以“苯酚的弱酸性”教学为例[J].化学教与学，2023(12)：88-90.

[5] 杨雪，孙斌，董爱军，等.自制探究“光的反射定律”实验教具[J].实验教学与仪器，2024，41(11)：91-92.

[6] 吉玉，杨伟杰，刘艳杰.混合教学模式在仪器分析实验中的应用[J].实验教学与仪器，2024，41(09)：9-12.

[7] Zhao Y W. Exploring the Dual Subjectivity of Kindergarten's Self-made Play and Teaching Aids Activities from the Perspective of Children's Play Development in China [J]. Journal of Educational Technology and Innovation, 2024, 6 (01): 1-9.

[8] 毛硕.初中物理光学实验教学改进与实施的实践研究[D].上海：上海师范大学，2025.

[9] 丁双红，王中训，晋刚.基于智能手机“物理光学实验”教学模式的探索[J].教育教学论坛，2023(35)：165-168.

[10] 彭建平.以学生自主创新实验为载体发展学生科学思维：以初中物理光学实验为例[J].数理天地(初中版)，2024(04)：116-117.

[11] Sopekan O, Ejiogu L I. Predictive estimate of openness to experience and self-efficacy on early years teachers' perception of hands-on materials for classroom teaching in Lagos, Nigeria [J]. Journal Plus Education, 2023, 34 (02): 290-306.