

基于“5E”教学模式的牛顿环与劈尖干涉实验教学设计

柳 叶, 金靓婕, 刘芬芬, 马帅奇

海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台

收稿日期: 2025年10月8日; 录用日期: 2025年11月18日; 发布日期: 2025年11月27日

摘 要

文章针对传统大学物理实验教学中学生主体性不足的问题,以牛顿环与劈尖干涉实验为载体,采用“5E”教学模式(吸引、探究、解释、迁移、评价)进行教学设计。通过创设情境、引导探究、概念解释、应用迁移和多元评价等环节,激发学生的探索兴趣,培养学生的实验技能和科学素养。整个教学过程注重学生的主体性和实践性,旨在提升学生的问题解决能力和创新思维,同时融入思政元素,培养学生的爱国情怀。

关键词

“5E”教学模式, 牛顿环, 劈尖干涉, 科学素养, 实验教学

Experimental Teaching Design Based on the “5E” Instructional Model: Newton’s Rings and Wedge Interference

Ye Liu, Liangjie Jin, Fenfen Liu, Shuaiqi Ma

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

Received: October 8, 2025; accepted: November 18, 2025; published: November 27, 2025

Abstract

This paper addresses the issue of insufficient student engagement in traditional university physics experiment teaching. Using Newton’s Rings and Wedge Interference experiment as a case study, it adopts the “5E” instructional model (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, Evaluation) for teaching design. Through steps such as creating contexts, guided inquiry, conceptual explanation, application transfer, and multiple assessments, it aims to stimulate students’ exploratory interest and cultivate their experimental skills and scientific literacy. The entire teaching process

emphasizes student-centered learning and practicality, with the goal of enhancing students' problem-solving abilities and innovative thinking. Simultaneously, ideological and political elements are integrated to foster students' patriotic sentiment.

Keywords

"5E" Instructional Model, Newton's Rings, Wedge Interference, Scientific Literacy, Experimental Teaching

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

《大学物理实验》是大部分高等学校理工类专业的必修实践课程，目的是培养学生的实验技能、科学素养和创新能力。牛顿环与劈尖干涉实验作为光学实验的重要组成部分，不仅具有理论价值，而且在实际应用中具有重要意义。可是，在传统实验教学中只注重教授知识和训练技能，忽视了学生的主动探究和知识构建过程，难以实现能力与素养的综合培养目标。因此，本文尝试采用“5E”教学模式，以《大学物理实验》课程中牛顿环与劈尖干涉实验为例，进行教学设计，有效提升教学效果和学生的学习体验[1][2]。

“5E”教学模式是一种以学生为中心、以问题为导向的教学模式，包括吸引(Engage)、探究(Explore)、解释(Explain)、迁移(Elaborate)和评价(Evaluate)五个环节[3][4]，能有效引导学生在探究中主动建构知识。该模式强调学生的主动学习和探究，通过创设情境、引导探究、概念解释、应用迁移和多元评价等过程，促进学生的知识建构和能力提升。

2. 教学任务分析

2.1. 学情分析

本实验的教学对象主要是理工类专业的学生，其在学习该实验之前，通过高中物理和大学物理的学习，已有相关的知识储备，如光学原理、干涉现象等。然而，对于牛顿环与劈尖干涉实验的具体操作和原理理解，学生可能还存在一定的困惑。通过文献和前期调研发现，学生在学习牛顿环与劈尖干涉实验时存在以下核心难点：干涉条纹的清晰度与计数、实验误差来源的分析，以及将理论原理转化为实际测量方法的能力。学生的实验技能和科学素养参差不齐，需要在教学过程中进行差异化指导。

2.2. 教学内容的定位和特点分析

牛顿环与劈尖干涉实验是光学实验中的重要内容，具有理论性和实践性相结合的特点。实验过程中，学生可以直观地观察到牛顿环与劈尖的干涉现象，有助于理解光的波动性和光的干涉相关理论，通过测量平凸透镜的曲率半径和金属丝直径掌握干涉法测量微小量。同时在实验过程中通过实践操作提高学生的实验技能，通过由实验原理到实验设备的转换再到微小量测量分析以及实验数据的处理提高学生的科学素养和创新能力[5]。

3. 教学目标

由牛顿环与劈尖干涉实验的教学内容和“5E”教学模式的特点，确定教学目标，如表1所示。

Table 1. Teaching objectives for the Newton’s rings and wedge interference experiment
表 1. 牛顿环与劈尖干涉实验的教学目标

序号	教学目标	教学实践
1	吸引学生兴趣	通过薄膜干涉现象以及工程实践中如何利用牛顿环测量原件平面度、表面质量、液体折射率的情境，激发学生的学习该实验的好奇心，引导学生主动探究牛顿环与劈尖干涉的实验测量原理和如何将原理转换为实验设备测量以及设备的操作方法。
2	培养实验技能	通过实验设备的规范使用和测量数据处理与分析，培养学生的实验动手能力、观察实验现象的能力和数据处理与分析的能力。
3	理解干涉原理	通过实验观察和理论解释，使学生理解光的波动性和相干性原理，掌握牛顿环与劈尖干涉的基本原理。
4	提升科学素养	培养学生的科学素养，包括科学思维、科学方法、科学态度和科学精神。
5	培养创新能力	通过引导学生探究实验现象和解决实际问题，培养学生的创新思维和问题解决能力。

4. 教学过程设计

根据牛顿环与劈尖干涉实验的教学目标和“5E”教学模式的特点，确定教学过程设计，如表 2 所示。

Table 2. Design of the teaching process for the Newton’s rings and wedge interference experiment based on the “5E” instructional model
表 2. 基于“5E”教学模式的牛顿环与劈尖干涉实验教学过程设计

序号	“5E” 教学模式	环节	教学过程设计	教学实施
1	吸引 Engage	创设情境	通过展示干涉现象的图片或视频，引导学生思考光的波动性和相干性原理，激发学生的学习兴趣和好奇心。	课前准备阶段： 1) 分组：根据大学物理成绩分布将学生分成小组，每组 3~5 人。 2) 阅读材料：牛顿的介绍、牛顿环的发展历程和干涉原理(雨课堂)。 3) 观看视频：观看数字化教材中设备视频资料。 4) 讨论分析：以“俄媒披露俄光学干涉站武器：能把敌人闪瞎眼”为例，分析干涉的过程及系统可行性。讨论生活中常见的干涉现象(如雨后路面、昆虫翅膀等)。
		提出问题	通过光的干涉原理到光学镜头曲率半径如何快速检测等问题，引导学生思考如何利用干涉现象测量平凸透镜的曲率半径和细丝的直径，激发学生的探究欲望。	
2	探究 Explore	分组实验	根据课前分配的小组，每组分配一套实验器材，包括牛顿环、劈尖、显微镜、光源等。针对不同小组设置不同难度的探究任务，比如基础组重点观察干涉条纹，提高组分析误差来源。	课中实施阶段： 教师采用问题引导的方式，组织学生进行小组讨论和实验实操。 研讨一：相干光源的获得？ 研讨二：实验装置结构原理和注意事项？ 研讨三：平凸透镜曲率半径与细丝直径测量原理？ 研讨四：牛顿环实验中干涉条纹的分布情况如何[6] [7]？条纹直径测量不准对实验结果有何影响[8]？误差来源分析。 研讨五：根据实验测量原理如何选取实验设备？
		实践操作	引导学生按照正确的实验操作步骤进行实践，观察牛顿环及劈尖干涉现象，记录实验数据。	
		小组讨论	教师巡回指导，解答学生疑问，鼓励学生自主探究。鼓励学生小组讨论实验现象和实验结果，提出自己的见解和疑问，促进思维碰撞和知识共享。	

续表

3	解释 Explain	理论讲解	结合实验现象和实验结果，讲解光的波动性和相干性原理，以及牛顿环与劈尖干涉的基本原理。针对学生提出的核心难点问题，如干涉条纹的清晰度与计数，进行重点解析。	课中实施阶段： 1) 通过多媒体演示与板书结合，帮助学生理解抽象概念。 2) 根据每个小组不同问题的研讨及汇报，课上环节教师结合 PPT、教材和视频资料进行相关问题的引导和正确的解释。
		概念辨析	引导学生辨析相关概念，如相干光、光程差、半波损失等，加深对干涉原理的理解。	
		答疑解惑	针对学生在实验操作和小组讨论中提出的问题，进行答疑解惑，帮助学生解决困惑。	
4	迁移 Elaborate	应用拓展	引导学生将所学知识应用于实际问题，如设计实验测量其他光学元件的曲率半径。	课中实施阶段： 学生分组讨论，提出解决方案，教师点评指导。归纳总结本次实验的教学内容，分析实验过程出现的问题，点评每个小组的表现，对于有能力且感兴趣的同学布置研讨内容。 研讨六：如何设计实验测量液体折射率等？
		创新设计	鼓励学生根据干涉原理，设计新的实验方案或解决实际问题，培养学生的创新思维和问题解决能力。	
		思政融入	通过介绍牛顿的探索精神与物理学思想，引导学生思考科技在国防、航空航天等领域的重要作用，培养学生的爱国情怀和责任感。	
5	评价 Evaluate	实验报告	要求学生撰写实验报告，包括实验目的、原理、注意事项、数据记录与处理、结果分析等内容，由此评价学生的实验技能和科学素养。	课后任务： 以小组为单位，将实验报告以小论文的形式写好并提交。教师对学生的设计报告和实验报告进行评价，给出反馈意见。组织学生进行小组互评，分享学习心得和体会。教师收集数据，进行统计分析，反馈教学效果。
		小组讨论表现	评价学生在小组讨论中的表现，包括参与度、贡献度、合作能力等，鼓励学生积极参与小组讨论和合作。	
		考核及问卷	通过考试评估学生对知识原理的掌握程度，匿名问卷测量学生学习兴趣与自我效能感的变化。	
		创新设计评价 (参考表 3)	评价学生的创新设计能力和问题解决能力，鼓励学生提出新的实验方案或解决实际问题。	
		思政表现评价 (参考表 4)	评价学生在思政融入环节的表现，包括爱国情怀、责任感等，引导学生树立正确的价值观和人生观。	

Table 3. Reference criteria for evaluating innovative design
表 3. 创新设计评价参考标准

评价维度	优秀(4~5 分)	良好(3~4 分)	合格(2~3 分)
原理正确性	方案基于等厚干涉原理，光路设计合理，公式推导严谨。	原理应用基本正确，但推导过程存在少量瑕疵。	方案原理模糊，或存在重大科学错误。
创新性与可行性	设计方案新颖，且在当前实验室条件下具备可操作性。	方案有一定新意，或对已有方案进行了有效改进，可行性较高。	方案较为常规，或可行性存疑。
表述清晰度	报告结构清晰，逻辑连贯，图文并茂，能够清晰阐述设计思路与步骤。	报告表述基本清楚，但部分环节描述不够详尽。	报告逻辑混乱，难以理解其设计方案。

Table 4. Observation dimensions for classroom ideological and political performance
表 4. 课堂思政表现观察维度

科学精神	在实验受阻时，是否能保持耐心、严谨求实、积极寻求解决方案？
团队合作	在小组活动中是否主动承担责任、乐于分享观点、尊重他人意见？
探索精神	是否在课堂讨论或报告中表现出对科学问题的好奇心和深入探索的意愿？
价值认同	是否能在反思中认识到精密测量等物理学思想对国家科技发展的重要性？

5. 教学实施与效果分析

5.1. 教学实施

在教学过程中，按照“5E”教学模式的五个环节进行组织和实施。通过创设情境、引导探究、概念解释、应用迁移和多元评价等过程，激发学生的学习兴趣和好奇心，培养学生的实验技能和科学素养。同时，教师注重学生的主体性和实践性，鼓励学生积极参与实验操作和小组讨论，促进学生的知识建构和能力提升。

5.2. 效果分析

1) 学习兴趣提升：通过提前发送给学生的学习资料以及相关视频，引导学生了解牛顿环与劈尖干涉实验的背景知识和基本原理，设置讨论分析问题，引导学生查阅资料，激发了学生的好奇心，使学生有意愿积极参与实验操作和小组讨论。匿名问卷反馈表明，学生的学习兴趣与自我效能感明显提高。

2) 实验技能提高：学生通过实验实操和小组讨论，掌握了测量平凸透镜曲率半径和细丝直径的方法，熟练使用了读数显微镜等实验设备。实验报告分析显示，学生的实验操作与数据处理能力得到了有效提升。

3) 科学素养提升：学生通过理论讲解和概念辨析、观察干涉现象和分析实验数据，培养了观察分析物理实验现象的能力和自主解决问题的能力。同时，通过融入军事应用和思政元素，培养了学生的爱国情怀和军事备战创新意识。

4) 创新能力培养：通过课后作业和实验报告的评价反馈和应用拓展、创新设计的环节，教师发现学生对实验原理和方法有了更深入的理解，实验技能得到了显著提升。学生参加创新竞赛情况表明，参赛报名人数明显增多，学生参加省赛获奖等级明显提高，有效培养和提高学生的实践操作能力和创新意识。

5) 思政融入效果良好：通过思政融入环节，引导学生思考科技在国防、航空航天等领域的重要作用，培养了学生的爱国情怀和责任感。

6. 讨论与反思

6.1. 研究局限性与改进方向

本研究虽然在前期探究实验的基础上[5]再进行“5E”模式探索实践，力求严谨，但仍存在一些局限：

1) 样本代表性：研究对象仅限于本校部分班级，样本量较小，未来将扩大样本范围，有机会进行跨校研究，以验证模式的普适性。

2) 教师因素：“5E”模式对教师的课堂组织与引导能力要求较高，教学效果会受教师个人认知和教学风格的影响。

3) 长期效果未知：本研究主要评估了短期教学效果，该模式对学生长期科学素养和创新能力的保持作用，有待后续追踪研究。

6.2. 与已有研究的比较

本研究的发现与国内外关于“5E”模式在科学教育中有效性的研究结论一致。本研究的贡献在于,一方面将这一模式系统地应用于大学物理这一特定实验,并提供了详尽的、针对核心难点的教学设计方案与实证数据,丰富了该模式在高等教育阶段的应用案例;另一方面在“5E”教学模式的应用与思政元素的融入方面进行了创新尝试。通过将科学史、科学家精神与物理学思想相结合,使思政教育更加自然、有效。

7. 结论与展望

本文采用“5E”教学模式和研讨式教学方法对牛顿环与劈尖干涉实验进行了教学设计。通过创设情境、引导探究、概念解释、应用迁移和多元评价等过程,激发了学生的学习兴趣 and 好奇心,培养了学生的实验技能和科学素养。同时,之后将继续融入军事应用和思政元素,培养学生的爱国情怀和军事备战创新意识,为培养高素质军事人才做出贡献。实践证明,“5E”教学模式在物理实验教学中具有显著的优势和效果,需继续深化“5E”教学模式在物理实验教学中的应用和研究,探索更多适合物理实验教学的模式和方法。在今后的研究中,同时也将注重学生的差异化和个性化发展,为学生提供更多元化的学习资源和支持。相信在不久的将来,“5E”教学模式将在物理实验教学中发挥更大的作用和价值。

参考文献

- [1] 何光宏, 韩忠. 大学物理实验探究式教学的思考[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(7): 292-294.
- [2] 刘存海, 柳叶, 张纪磊, 周鸣宇. 基于研讨式教学的《电子在电磁场中的运动规律研究》实验教学设计[J]. 教育进展, 2019, 9(2): 127-132. <https://doi.org/10.12677/AE.2019.92026>
- [3] 周玉修, 程融, 周学懋, 等. 基于 STEAM 教育理念的 5E 教学模式在大学物理教学中的应用探究[J]. 科技风, 2023(30): 112-114.
- [4] 宋连鹏, 周丽, 艾娉婷. “5E”教学模式在大学物理实验教学中的应用[J]. 物理通报, 2021(6): 100-102.
- [5] 柳叶, 刘存海, 刘芬芬, 金靓婕, 梁小蕊. 基于问题引导的研讨式实验教学设计——以《牛顿环与劈尖干涉》实验为例[J]. 创新教育研究, 2024, 12(12): 594-599. <https://doi.org/10.12677/ces.2024.1212932>
- [6] 张博涵. 牛顿环实验真实暗纹级数的研究[J]. 物理通报, 2019(6): 127-129.
- [7] 曹佳妍, 顾菊观, 苏婷燕. 牛顿环最佳测量环数的探讨[J]. 大学物理实验, 2014, 27(4): 45-47.
- [8] 厉桂华, 赵文丽, 丛晓燕, 等. 不同测量位置对牛顿环仪曲率半径大小的影响探究[J]. 大学物理实验, 2022, 35(2): 53-55.