

面向新工科创新人才培养的近代物理实验教学改革

李兰兰, 张颖, 李徽, 张科

淮南师范学院电子工程学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2026年7月14日; 录用日期: 2026年8月18日; 发布日期: 2026年8月28日

摘要

新一轮科技革命与产业变革推动新工科建设深入开展, 对工程技术人才的创新能力、实践能力和跨学科素养提出更高要求。近代物理实验作为物理学类专业的核心实验课程, 是连接基础理论与前沿科研的关键纽带, 但其传统教学存在数字化资源不足、教学技术滞后、内容与前沿脱节、考核模式单一等问题, 难以适配新工科人才培养需求。本文围绕新工科创新人才培养目标, 从教学改革必要性、教学资源建设、教学方法改革、教学内容优化及考核评价体系构建五个方面, 结合光电效应、弗兰克-赫兹、密立根油滴等具体实验项目, 提出系统性改革举措。通过构建多元教学资源、创新教学方法、优化教学内容、建立多元化考核体系, 破解传统教学痛点, 强化学生创新思维与实践能力, 实现课程教学与新工科人才培养要求的精准对接, 为高等院校近代物理实验课程教学改革提供实践参考。

关键词

近代物理实验, 新工科, 人才培养目标, 教学改革

Reform of Modern Physics Experiment Teaching for Innovative Talent Training in Emerging Engineering

Lanlan Li, Ying Zhang, Hui Li, Ke Zhang

School of Electronic Engineering, Huainan Normal University, Huainan Anhui

Received: July 14, 2026; accepted: August 18, 2026; published: August 28, 2026

Abstract

The new round of technological revolution and industrial transformation has driven the in-depth

文章引用: 李兰兰, 张颖, 李徽, 张科. 面向新工科创新人才培养的近代物理实验教学改革[J]. 创新教育研究, 2026, 14(8): 523-529. DOI: 10.12677/ces.2026.148634

development of Emerging Engineering Education, placing higher demands on the innovation ability, practical skills, and interdisciplinary competence of engineering talents. As a core experimental course for physics majors, Modern Physics Experiment serves as a key link connecting fundamental theories with cutting-edge research. However, traditional teaching methods in this course face challenges such as insufficient digital resources, outdated instructional technologies, a disconnect between content and cutting-edge developments, and rigid assessment models, making it difficult to meet the talent cultivation needs of Emerging Engineering Education. Focusing on the goal of cultivating innovative talents in Emerging Engineering Education, this paper proposes systematic reform measures from five aspects: the necessity of teaching reform, construction of teaching resources, reform of teaching methods, optimization of teaching content, and establishment of an assessment system. Using specific experimental projects such as the photoelectric effect, Franck-Hertz experiment, and Millikan oil drop experiment as examples, this study presents practical reform strategies. By developing diverse teaching resources, innovating teaching methods, optimizing teaching content, and establishing a diversified assessment system, the proposed approach addresses key challenges in traditional teaching, enhances students' innovative thinking and practical abilities, and aligns the course more closely with the talent cultivation requirements of Emerging Engineering Education. This research provides a practical reference for the reform of Modern Physics Experiment courses in higher education institutions.

Keywords

Modern Physics Experiment, Emerging Engineering Education, Talent Cultivation Objectives, Teaching Reform

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

当前，以人工智能、量子信息、生物科技为代表的新一轮科技革命与产业变革正以前所未有的速度推动着传统行业的深度转型升级，也对新时代工程技术人才的核心素养提出了更为严苛的要求——不仅需要扎实的专业功底，更需具备突出的创新思维、较强的实践操作能力以及跨学科融合的综合素养[1]-[3]。在这样的形势下，新工科建设就是我国高等教育主动适应时代发展和应对产业变革的重要举措。通过新工科建设可以培养出能妥善解决复杂工程难题、引领未来产业发展的高素质复合型工程技术人才，为我国科技自主发展和产业高质量进步打下坚实的人才基础[4]-[7]。

近代物理实验课程作为面向理科物理学类专业高年级学生开设的核心专业实验课程，是连接基础物理理论与前沿科学研究的关键桥梁，更是衔接基础物理实验与专业科研实践的重要纽带，在整个物理实验教学体系中发挥着不可替代的承上启下作用。该课程具有涉及知识面广、实验综合性强、多学科交叉融合的鲜明特点，涵盖了量子物理、相对论、凝聚态物理等多个现代物理学分支，整合了物理、电子、计算机、材料等多学科的技术与方法[8]-[12]。从教学价值来看，近代物理实验作为现代物理学理论的可视化、具象化载体，能够将量子力学、相对论等抽象难懂的理论知识转化为可操作、可观测的实验现象，帮助学生跳出纯理论的认知局限，更直观地理解核心概念，熟练掌握科学探究的基本方法与思维模式，为后续从事专业研究奠定坚实基础。从应用价值而言，课程所涉及的实验技术与研究方法，已深度渗透至微电子、新材料、量子信息、生物医学、航天航空等前沿工程领域，成为推动新技术、新成果研发的重要支撑，也为学生后续跨学科发展、适应新工科建设需求提供有力的能力保障。然而传统近代物理实验

教学存在数字化资源不足、教学技术滞后、内容与前沿技术脱节、考核模式单一和评价反馈机制不健全等问题,这在很大程度上难以满足新工科人才培养需求。因此加快近代物理实验教学改革是十分必要的。

2. 新工科背景下近代物理实验教学改革的必要性

面向新工科创新人才培养目标,近代物理实验课程作为衔接物理理论与前沿实践的核心载体,对近代物理实验课程进行教学改革已刻不容缓。当前,传统近代物理实验教学存在的诸多突出问题,严重制约了新工科所需高素质复合型人才的培养质量,推进课程改革势在必行。近代物理实验课程当前的教学状况,确实面临一系列现实问题,亟需引起重视[13]-[15]。从教学资源来看,数字化建设进展缓慢,课程内容仍以传统纸质教材和固定实验视频为主,缺乏具有交互性和沉浸感的教学素材。这直接限制了学生在自主学习与个性化发展方面的空间。与此同时,智慧教学手段的引入不够充分,大数据、虚拟仿真等现代技术未能有效嵌入教学流程,教学方式相对固定,缺乏灵活性,也难以激发学生的探索意识。再看实验内容本身,与现代科技发展的衔接存在明显断层。大部分实验仍停留在经典项目层面,涉及量子信息、新材料等新工科前沿领域的实验技术少之又少。这种脱节使得实验教学难以真正对接产业实际需求,学生接触不到最新的技术趋势。评价方式的问题同样突出,目前考核大多以实验结果和书面报告为依据,对学生在实验设计、创新实践、团队协作等方面的能力缺乏过程性考核。这种单一化的评价体系,难以真实反映学生的综合素养。这些问题叠加在一起,不仅削弱了近代物理实验课程在人才培养中的价值,也与新工科背景下对人才能力的要求不符合。可以说,推动近代物理实验教学的系统改革,可以打破传统物理实验课堂的固有模式,针对性优化实验思路和参数,进而设计出优良的实验方案,引导学生主动运用量子理论解释宏观现象等,提升新工科人才培养质量、发挥课程衔接基础与前沿科技之间关键作用。

3. 近代物理实验课程教学资源建设



Figure 1. Construction of teaching resources for modern physics experiment course
图 1. 近代物理实验课程教学资源建设

建设配套教学资源,是近代物理实验课程改革的重中之重,同时也是解决传统教学现存问题、培养新工科创新型人才的有效手段[16]-[18]。这门课程涉及诸多看不见、摸不着的微观物理过程,学生理解难度大,实验操作门槛也比较高。以往单一的授课模式,很难同时兼顾理论讲解、动手实操以及学生创新能力培养。基于此,本课程以各个独立实验项目为基础,全方位建设配套教学资源,主要包含课件视频、动画素材、教学设计、虚拟仿真实验、线上题库以及教学案例几大板块。具体建设内容如图 1 所示。

第一,制作教学视频与线上课件。教学视频主要服务于实验实操,完整录制设备调试、规范操作、数据采集等关键步骤,帮助学生提前熟悉实验流程,降低实际操作中的出错率。线上课件侧重于理论知识,针对每个实验,详细讲解实验原理、设备构造,归纳实验误差的来源与对应的改进方法。

第二,制作动画素材与课堂 PPT。微观规律讲解一直是该课程的教学难点,为此我们制作 Flash 动画素材,以动态形式演示真空态获取、电子与原子碰撞等微观物理过程,把抽象难懂的量子物理知识转化为直观画面,降低教学难度。同时配套对应的课堂 PPT,整合课程知识点、动画素材、操作提示和典型习题。

第三,编制专属教学设计。针对每个实验项目单独设计授课方案,明确教学目标、课时分配以及课程重难点,并给出对应的重难点解决办法、课堂互动形式与分层教学方案。统一课前预习、课堂实操、课后总结的完整教学流程。

第四,开发虚拟仿真实验。部分实验设备采购成本高、损耗快,部分高危实验还存在安全隐患,没办法让学生反复动手练习。对此,我们搭建激光多普勒测速、量子关联效应等虚拟实验场景,学生可以不受时间和场地限制,自主调节实验参数、重复完成全套实验操作,有效弥补真实实验的客观局限性。

第五,搭建线上作业与考试系统。结合不同实验的核心知识点,设计多层次、多类型的题目,涵盖概念判断、故障分析、数据处理、综合应用等题型。例如围绕密立根油滴实验,重点设置数据拟合、误差分析类题目。该系统可用于布置课后作业、组织阶段测试和期末考核,实现全过程常态化教学考核。

第六,编写应用型教学案例。打破只讲解实验操作的单一教学模式,深挖各个实验技术的实际应用场景,结合微电子、量子信息、精密检测等前沿工科领域编写教学案例,让学生明白基础物理实验在行业中的实际作用,培养学生的工程思维与创新应用能力。

4. 近代物理实验课程教学方法改革

在新工科人才培养背景下,传统近代物理实验课程“讲授原理、统一实验、上交报告”的固化教学模式弊端日渐凸显,已经无法适配现阶段创新型人才的培养需求。依托 OBE 成果导向教育理念,课程改革要打破老旧教学思维,不再以老师讲课为主,重点关注学生实际掌握的知识与实操能力,围绕能力培养来安排教学内容。近代物理实验课程教学方法改革主要举措如图 2 所示。

第一,分类重构实验项目。结合能力培养难度,将实验内容划分为基础、设计、探究三个层级,基础层夯实学生必备操作技能,设计层增设开放性物理问题,探究层结合科研与产业真实课题。例如完成弗兰克-赫兹基础实验后,鼓励学生自主设计原子能级验证课题。第二,改变课堂教学模式。依托线上视频、虚拟仿真资源,让学生课前自主预习实验原理与操作步骤;课堂不再进行重复性理论讲解,教师主要组织小组研讨,协助学生解决实操难题,引导学生独立梳理实验思路、解读实验数据对应的物理机制。第三,推行小组项目式学习。以小组为单位布置专项实验任务,涵盖量子隧穿场景搭建、光电器件性能测试等综合性实验,全过程强化团队协作,并通过成果汇报、学生互评的方式,深化学生对实验内容的理解。



Figure 2. Reform of teaching methods for modern physics experiment course
图 2. 近代物理实验课程教学方法改革

5. 近代物理实验课程教学内容优化

基于 OBE 教育理念,为满足新工科对复合型人才的需求,我们需要对近代物理实验的教学内容进行优化升级。传统实验内容老旧、训练内容浅显,和当下前沿技术、行业实际需求脱节,学生只能单纯验证课本理论,很难学以致用。对此,我们从优化经典实验项目、增设前沿科技两方面调整教学内容。针对光电效应、密立根油滴实验这类经典项目,摒弃以往只简单观察物理现象、敷衍完成实验的教学方式,增加实验的操作难度。开展光电效应实验时,除基础操作外,增加普朗克常数计算、初动能测量等内容,教导学生深度分析实验误差并尝试优化实验设备;优化密立根油滴实验时,加入多规格油滴对比测试,开展数据拟合、误差修正训练,培养学生严谨的实验素养。同时结合前沿科技拓展课程内容,在弗兰克-赫兹实验中补充电子自旋共振知识,关联量子通信、量子计算等新兴领域。此外结合微电子、新材料等工科知识,增设半导体光电特性测试实验,实现跨学科教学。优化后的教学内容既能巩固学生物理基础,又能接轨行业前沿,可以有效提升学生实操水平与创新能力,满足新工科人才培养要求。

6. 近代物理实验课程考核评价

近代物理实验课程的最终成绩,是通过期末考试占 50%和平时成绩占 50%算出来的。其中,期末考试要考两部分,一部分是理论知识,另一部分是实际的实验动手操作。平时成绩由四部分组成:实验操作占 30%、实验报告占 50%、出勤占 10%,还有其他表现占 10%,详见表 1。该课程考核评价方法,主要是为了落实新工科创新人才的培养要求,检验近代物理实验课程教学改革的效果,帮助学生提升综合能力,不再像以前那样只看学生的实验报告和结果;而是注重学生整个实验过程的考核。例如光电效应实验,课程过程方面的考核占 40%,主要看学生课前有没有预习、课堂上操作熟不熟练、小组讨论有没有参与;结果方面的考核占 30%,主要看实验报告写得全不全、数据处理对不对、误差分析合不合理。弗兰克-赫兹实验操作时,额外增加了 30%的创新思维考核内容,让学生自己设计实验改进方法,重点分析优化电路减少干扰、试试不同气体对实验结果的影响,以此来看学生的创新思维和解决问题的能力。

总的来说,这种实验课程考核方法既会考实验理论基础,保证学生掌握核心的实验技能,也会通过创新考核,调动学生主动探究的积极性,全面提升学生的实验操作、科学探究、团队协作和创新实践能力。

Table 1. Assessment criteria for modern physics experiment course
表 1. 近代物理实验课程考核细则

考核项	0~59	60~74	75~89	90~100
实验操作	实验方法不合理或操作过程不规范,未能得出基本的实验现象(实验结果)。历次实验实操平均分在 <59。	实验方法基本合理,操作过程基本规范,得出的实验现象(实验结果)与实验项目目标要求符合度一般。历次实验实操平均分在 60~74 之间。	实验方法比较科学合理,操作过程比较规范,得出的实验现象(实验结果)与实验项目目标要求符合度较高。历次实验实操平均分在 75~89 之间。	实验方法科学合理,操作过程规范,得出的实验现象(实验结果)与实验项目的目标要求有很高的符合度。历次实验实操平均分在 90~100 之间。
实验报告	实验报告格式不规范,内容不完整,记录不清楚,实验结果分析不符合实验项目的目标要求。历次实验实操平均分 < 59。	实验报告格式基本规范,内容基本完整,记录总体清楚,实验结果分析基本符合实验项目的目标要求。历次实验实操平均分在 60~74 之间。	实验报告格式比较规范,内容比较翔实,记录比较准确,实验结果分析比较到位,实验总结基本体现自己的独特实验体验。历次实验实操平均分在 75~89 之间。	实验报告格式规范,内容翔实,记录准确,实验结果分析到位,实验总结体现自己的独特实验体验或想法。历次实验实操平均分在 90~100 之间。
课堂考勤	不严格执行考勤制度,不遵守课堂纪律,无故旷课 2 次及以上。	无故旷课 1 次,不遵守课堂纪律,或请假调课次数超过 3 次。	能较好地执行考勤制度,遵守课堂时间纪律,请假调课次数不超过 2 次。	严格考勤制度,遵守课堂时间纪律,无无故缺勤现象,请假但有补学等次数不超过 1 次。满分 100 分。每次请假且无补学的扣 5 分。
其他表现	不积极参与课堂讨论、回答老师提出的问题,不能与其他同学进行实验合作。	有参与课堂讨论,回答老师提出的问题。能与其他同学进行实验合作。	积极参与课堂讨论,回答老师提出的问题。与其他同学协作关系良好。	积极参与课堂讨论,回答老师提出的问题,主动协助老师管理进行课程管理,实验中能积极主动帮助其他同学。

7. 结论

本文围绕新工科创新人才培养的目标,聚焦传统近代物理实验教学中存在的数字化资源不足、教学技术跟不上、内容与前沿脱节以及考核方式单一等问题,从教学资源建设、教学方法改革、教学内容优化和考核评价体系构建等方面,提出了系统的教学改革思路。实践证明,通过搭建包含多种素材的教学资源体系、创新以学生为核心的教学方法、优化兼顾经典与前沿的教学内容,再加上建立科学多元的考核机制,就能有效解决传统教学中的痛点问题,充分发挥近代物理实验课程承上启下的作用,也能切实提升学生的创新思维、实践操作能力和跨学科学习素养。该方案成功实现了近代物理实验教学与新工科人才培养需求的精准匹配,也体现了这门课程在培养高素质复合型工程技术人才中的重要意义,能为高校物理学类专业的近代物理实验教学改革,提供简单可行的实践思路和参考。未来,我们还可以结合产业发展的实际需求,进一步优化前沿实验内容和教学资源,不断完善改革方案,让这门课程的育人效果更好。

基金项目

安徽省高等学校质量工程项目“大学物理实验”(2023jcjs142);教育部产学合作协同育人项目“基于新工科背景的大学物理实验室建设”(202102569003);安徽省教育科学研究项目“基于大数据的高中物理智慧课堂教学模式研究”(JK21101);安徽省高等学校质量工程项目“物理学卓越教师培养创新项目”(2023zybj047)。

参考文献

- [1] 赵贺潘, 张茜茜, 吕泽柔. 核心素养导向下新工科人才培养的现状审视及提升路径[J]. 高教论坛, 2026(1): 87-91.
- [2] 王琦. 新工科背景下拔尖创新人才培养模式探索与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(32): 38-41, 45.
- [3] 王素梅, 葛春雷, 张秋菊. 多主体协同: 美国与德国关键新兴技术人才培养经验和启示[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(2): 250-259.
- [4] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 1-7, 61.
- [5] 吴岩. 新工科: 高等工程教育的未来——对高等教育未来的战略思考[J]. 高等工程教育研究, 2018(6): 1-3.
- [6] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 15-19, 65.
- [7] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26.
- [8] 梁少军, 乐松. 创新型设计性近代物理实验教学实践探索[J]. 大学物理实验, 2023, 36(5): 128-132.
- [9] 董有尔, 唐晋娥, 张天喆. 近代物理实验教学改革的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2001, 18(6): 79-82.
- [10] 刘春光, 安奎生, 陈丽宏. 科研成果转化为近代物理实验教学内容的研究与实践——以“偶氮染料掺杂聚合物薄膜材料光学特性测量”实验为例[J]. 大学物理实验, 2017, 30(6): 129-132.
- [11] 潘崇佩, 廖康启, 孔勇发. 生成式人工智能背景下的近代物理实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(12): 117-122.
- [12] 陈靖, 孔勇发, 徐音, 陈宗强. 新工科背景下近代物理实验教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(1): 174-179.
- [13] 符斯列, 唐吉玉, 刘朝辉, 等. 面向三级师范认证的“预习汇报 + 结果答辩”近代物理实验教学模式[J]. 物理实验, 2025, 45(5): 29-34.
- [14] 杨智慧, 刘海林, 赵文增, 等. 数字信息化技术在近代物理实验教学中的应用探索[J]. 物理实验, 2025, 45(6): 39-46.
- [15] 张映辉. 适应新工科的大学物理, 物理实验课程改革方向与路径初探[J]. 物理与工程, 2018, 28(5): 101-105.
- [16] 仲伟博. 近代物理实验课程教学探索——以声光效应实验为例[J]. 大学物理实验, 2021, 34(6): 116-118.
- [17] 钱建强, 蔡微, 崔丹丹, 李文萍, 张高龙. 助力工科研究生创新能力培养的近代物理实验教学探索[J]. 物理实验, 2025, 45(9): 18-24.
- [18] 王立英, 秦珠, 廖怡, 戴海涛, 米文博. 新工科下多学科交叉创新性物理实验课程改革[J]. 大学物理, 2019, 38(9): 43-48.