

基于光电类探究型实验教学模式与实践探索



蒋福春*

深圳大学物理与光电工程学院, 广东深圳 518000

摘要: 在新工科建设与工业 4.0 深度融合的背景下, 光电类人才创新能力的培养成为高等教育的重要任务。本文立足于光电类课程实验性与应用性强的特点, 系统梳理了当前光电实验教学在教学目标、内容、方法、资源及评价等方面存在的问题, 并提出构建以探究为核心的实验教学模式。该模式围绕多层次实验项目体系、开放性实验目标、多样化实验方法、结果不确定性设计等原则展开, 融合问题导向教学、项目驱动教学等现代教学方法, 并整合优化实验设备资源、编写探究型实验教材、建设虚拟仿真实验平台。通过实际教学案例分析, 验证了该模式在激发学生主动性、提升其创新与实践能力方面的有效性, 为培养符合行业需求的复合型光电人才提供了可行路径。

关键词: 实验教学; 光电实验; 虚拟仿真; 教学改革

DOI: [10.57237/j.jeit.2025.04.003](https://doi.org/10.57237/j.jeit.2025.04.003)

Practice and Explorations on the Inquiry-based Experimental Teaching Model of Optoelectronics

Jiang Fuchun*

College of Physics and Optoelectronic Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

Abstract: Against the backdrop of the deep integration of emerging engineering education and Industry 4.0, cultivating the innovative abilities of optoelectronic talents has become a crucial task in higher education. Given the highly experimental and applied nature of optoelectronic courses, this paper systematically reviews the current problems in optoelectronic experimental teaching regarding teaching objectives, content, methods, resources, and evaluation. It proposes the construction of an inquiry-based experimental teaching model. This model is developed around principles such as a multi-level experimental project system, open experimental objectives, diverse experimental methods, and the design of uncertain outcomes. It integrates modern teaching approaches like problem-oriented and project-driven teaching, optimizes the use of experimental equipment resources, compiles inquiry-based experimental textbooks, and establishes virtual simulation experimental platforms. Through the analysis of practical teaching cases, the effectiveness of this model in stimulating students' initiative and enhancing their innovative and practical abilities is verified, providing a feasible pathway for cultivating versatile optoelectronic talents that meet industry demands.

Keywords: Experimental Teaching; Optoelectronic Experiment; Virtual Simulation; Teaching Reform

基金项目: 国家自然科学基金 (61974094); 广东省重点领域重大研发计划 (2020B010169003);
深圳大学实验室与设备管理研究基金项目 (2021008).

*通信作者: 蒋福春, jfc@szu.edu.cn

收稿日期: 2025-10-30; 接受日期: 2025-12-03; 在线出版日期: 2025-12-30

<http://www.jeduit.com>

1 引言

在工业 4.0 和新工科建设时代双重背景下, 光电技术作为现代科学技术领域的关键组成部分, 正以前所未有的速度推动着众多行业的变革与创新。从光通信网络实现高速信息传输, 到光电显示技术为人们带来绚丽多彩的视觉体验, 再到光传感器在智能家居、医疗诊断、环境监测等领域的广泛应用, 光电类技术无处不在, 彰显出其在经济发展和进步中的核心影响力[1, 2]。

随着光电产业的蓬勃发展, 对具备扎实专业知识、卓越实践能力和创新思维的光电类专业人才的需求急剧增加。光电类专业教育承担着为该领域输送高质量人才的重要使命, 而实验教学在这一过程中扮演着不可或缺的角色。传统的光电类实验教学模式在过去的教育实践中发挥了一定作用, 但在适应现代光电技术发展和人才培养要求方面逐渐暴露出诸多局限性[3]。

传统实验教学往往侧重于理论知识的简单验证, 实验内容固定、步骤明确, 学生多是按部就班地完成实验, 如同执行指令一般, 缺乏主动思考和探索的空间。这种模式下培养出的学生在面对实际复杂的光电问题时, 可能因缺乏创新意识和自主探究能力而难以有效应对。此外, 教学方法上以教师为中心的讲授式教学占主导, 学生被动接受知识, 不利于培养学生的独立思考能力和团队协作精神。在评价体系方面, 过于注重实验结果的正确性, 而忽视了学生在实验过程中的表现, 包括实验设计思路、操作技能的提升以及遇到问题时的解决能力等[4]。这些局限严重制约了学生创新意识与实践能力的提升, 难以适应现代光电技术发展及行业对人才创新能力的要求[1, 5]。

为了克服这些不足, 满足光电行业对创新型人才的迫切需求, 开展基于光电类探究型实验教学模式的实践探索具有重要意义。这种探究型教学模式强调以学生为主体, 以问题为导向, 鼓励学生主动参与实验过程, 在自主探究和解决问题的过程中深入理解光电知识和技能。通过设计具有开放性和挑战性的实验项目, 激发学生的好奇心和求知欲, 培养他们的创新思维和实践能力。本研究通过分析传统光电类实验教学的现状, 旨在通过深入的实践探索, 构建一套行之有效的光电类探究型实验教学模式, 为光电类专业人才培养提供有力支撑。

2 光电类实验教学模式现状与问题分析

2.1 教学目标与课程设置现状及问题

(1) 目标定位模糊

传统光电类实验教学在目标设定上, 往往未能清晰地将其行业需求与理论知识应用、实践技能培养和创新思维发展有机结合, 缺乏清晰明确的定位。往往将实验视为理论知识的附属品, 主要目的是对理论进行验证, 而不是将其作为培养学生综合能力的关键环节。这种理念导致实验教学在整个教学体系中的地位相对较低, 没有充分发挥其应有的作用。教师在教学过程中更关注学生是否能得出正确的实验结果, 而忽视了学生在实验过程中的体验和能力的培养, 例如对于学生在实验中出现的与预期不同的结果, 没有引导学生深入探究本质原因, 而是简单归结为操作失误、仪器精度不够等原因。例如, 在光电子技术课程教学目标中, 仅表明学生要理解光电器件原理, 但对于学生是否能分析复杂光电器件系统故障, 或者能否进行新型光电器件的初步设计等能力要求未作界定, 导致学生学习方向不够明确, 教师教学重点也难以精准把握[6]。

(2) 能力培养失衡

目前教学目标过于注重知识的传授, 而对学生实践能力、创新能力和综合应用能力的培养重视不足。在光电类课程教学中, 理论知识讲解占据了大量课时, 实验教学往往沦为理论的附属。以光电信息物理基础课程为例, 教师通常花费大量时间推导公式、讲解理论模型, 而学生进行实验操作验证理论的机会较少, 且实验内容多为验证性实验, 缺乏设计性和探索性, 使得学生在面对实际光电工程问题时, 难以将所学知识灵活运用, 创新思维和实践动手能力得不到有效锻炼[7]。

(3) 缺乏前瞻性

教学目标未能紧密结合光电行业的快速发展趋势进行设定。光电技术作为前沿科技领域, 新成果、新技术不断涌现, 如量子光学、光通信新技术等。然而教学目标中却很少体现对这些新兴领域知识和技能的要求, 导致学生所学知识与行业实际需求脱节, 毕业后进入工作岗位需要较长时间重新学习适应, 无法快速满足企业对光电专业人才的创新与应用能力要求[8]。

2.2 教学内容

光电领域发展迅速，但传统实验教学内容更新缓慢。很多实验项目还是几十年前的内容，如传统的光的干涉、衍射实验，使用的仪器和方法多年未变。这使得学生所学与行业实际需求脱节，无法接触到新的光电技术和应用，像光镊技术、量子光学相关实验内容在传统教学中基本缺失，体现不了光电专业和特色，缺少一定的新意，模式单一，内容陈旧，实验操作步骤刻板，跟不上行为发展的需要，谈实践创新能力的培养就是一句空话，这就是现今实验内容更新滞后的表现，难以培养学生的创新素质。

目前实验内容大多是孤立的知识点验证，缺乏综合性[9]。各个实验项目之间联系不紧密，没有形成一个有机的整体。例如，光学实验和电学实验分开进行，没有将光电结合的综合性实验，学生难以理解光电一体化的实际应用，如在光电传感器的设计实验中，应综合光学成像和电学信号处理知识，但传统教学中很少涉及，这是由于实验教学内容综合性不足引起的。

2.3 教学方法方面

灌输式教学：教师在实验教学中占据主导地位，采用灌输式教学方法。在实验前，详细地向学生讲解实验原理、步骤、仪器使用方法，学生只需按照教师所讲进行操作。这种方法剥夺了学生自主思考和探索的权利，学生在实验过程中缺乏主动性，例如在光电效应实验中，学生只是机械地记录数据，而不会主动思考改变实验条件可能带来的结果变化，限制了其批判性思维的养成。

缺乏个性化指导：由于班级学生人数较多，教师很难在实验过程中对每个学生进行个性化指导。每个学生对知识的掌握程度和学习能力不同，但在传统教学模式下，教师只能按照统一的标准和进度进行教学，导致部分学生跟不上教学节奏，而部分学生则觉得教学内容过于简单，影响了整体教学效果。

2.4 教学资源方面

实验设备老化：很多学校的光电类实验设备老化、陈旧，不能满足现代光电实验教学的要求。一些关键设备的精度下降，影响实验结果的准确性。例如，用于光谱分析的光谱仪分辨率低，无法准确测量新型光电材料的光谱特性。而且设备数量有限，不能保证每

个学生都有足够的操作时间，限制了学生实践能力的培养。

资源利用效率低：现有的教学资源，如实验教材、多媒体资料等，没有得到充分有效的利用。实验教材内容单一，缺乏拓展性和引导性；多媒体资料往往只是简单的实验演示视频，没有与实际实验教学深度融合，不能激发学生的学习兴趣 and 探索欲望[10]。

2.5 教学评价方面

评价方式简单：传统的教学评价主要以实验报告和实验结果为依据。这种评价方式过于简单，不能全面评价学生的实验能力。例如，有的学生可能通过抄袭完成实验报告，但在评价中却难以被发现。而且只看重结果会导致学生忽视实验过程中的问题解决、团队协作等能力的培养[11]。

反馈机制不完善：评价结果的反馈不及时、不全面，教师往往只是给出一个分数或简单评语，没有深入分析学生在实验中存在的问题和改进方法。学生无法从评价中获得有价值的信息，不利于学生后续的学习和能力提升。

3 光电类探究型实验教学模式的实践探索内容

3.1 多层次实验教学项目体系构建

(1) 基础探究实验项目

设计一系列具有代表性光电类核心的实验项目，涵盖学科基本概念和原理，旨在掌握基本实验原理、方法和技能，巩固理论知识。如从光电效应、光的干涉和衍射等基本光电现象入手，设计一些简单的探究项目，如探究不同材料的光电效应特性、改变光的波长对干涉条纹的影响等。这些基础项目旨在让学生熟悉基本原理和实验方法，为后续的深入探究打下基础。

对于一些实验现象暂时无法用现有的理论进行解释，可以根据实验现象结合现有的理论形成新的假设理论，再通过实验进行探究假设理论的可行性。在指导学生进行量子点发光特性实验时，由于温度过高而使量子发生不可逆的淬灭现象，从理论上无法解决，我们引导学生从淬灭现象分析形成的各种可能原因，再通过自行设计实验装置逐一验证，从而分析出量子点淬灭的机理，更分析出几种不同的淬灭方式和避免

发生淬灭现象的方法。通过这种方式加深了学生对量子点性能的理解,培养了其解决实际问题的能力和一定的创新意识。

(2) 综合探究实验项目

综合探究实验主要培养综合运用知识解决实际问题能力,提高实验设计和数据分析能力,

以基础实验为基础,结合实际应用为主要导向,掌握基本的实验技能,紧跟多学科多领域的前沿科学技术,不断提高解决实验技术问题的能力和创新能力。

综合探究实验项目可结合多个光电知识点以及相关学科知识,开发综合应用实验项目。例如,设计“基于光电传感器的智能安防监控系统”实验,可要求学生综合运用光学成像原理、光电转换技术、信号处理与传输知识以及计算机编程技能,构建一个能够实现目标检测、识别与报警功能的完整安防监控系统。通过此类实验,提高学生的综合应用能力和跨学科思维能力,使其能够将所学知识融会贯通并应用于实际复杂问题的解决。

(3) 前沿创新探索项目

前沿创新探索项目主要以激发创新思维或科研能力,培养独立开展研究工作能力,应引导关注学科前沿热点,自主选题研究。引入光电领域前沿研究热点或具有挑战性的开放性问题,设立创新探索实验项目。如光电专业在其它领域的应用探索,这些项目可以拓宽学生的视野,激发学生的创新思维,让学生了解光电领域的发展方向。

笔者在《现代分析测试技术》课程中,给学生讲述 X 射线衍射的基本理论以及理论与实验中的差异的过程中,带着问题分析如何减少理论与实验而引起数据的偏差,以及在仪器设备端如何实现实验与理论数据无限接近,再通过学生的逐一演练,使学生更深刻更直观地了解如何运用 X 射线衍射技术对晶体进行物相分析;到此课程并未结束,联想到医学上对胆结石和肾结石等结石的形成根本原因无法明确,而这些结石在人体的各种器管中形成,各种器管犹如人工合成晶体的反应腔,基本原理一致,于是将临床医学上得到的病人的各种结石当成晶体试样进行逐一分析,从而通过跟医生合作分析出何种器管出了何种问题,这项技术的运用在 X 射线衍射技术和医学界均属首创。通过这种方式一方面的扎实了看似单调的基础知识,另一方面夯实了学生的基本的实验素养,同时将相关技术拓展到医学相关领域,极大地调动了学生的创新的自信心和主动性。

多层次实验教学项目体系的构建是光电类探究型实验教学模式的重要组成部分,这三次层的实验教学的关系可以采用图 1 所示的金字塔式图形表示。基础探究实验是学生接触实验的基础阶段,可由稍简单的实验模块组成,综合探究性实验可在基础实验之上的提升实验,对学生可提更高的要求,优秀学生在完成综合探究性实验的基础上可参与前沿创新探索项目,代表高层次的实验项目[12]。



图 1 三次层的实验教学项目的“金字塔”关系

3.2 设计光电探究型实验项目的原则

(1) 实验目标开放性

设定具有一定开放性的实验目标,允许学生在完成基本实验要求的基础上,根据自己的兴趣和理解进一步拓展和深化实验目标。

例如,在“光通信系统性能优化实验”中,除了要求学生搭建一个基本的光通信系统并实现数据传输功能外,鼓励学生自主探索提高系统传输速率、降低误码率的多种可能途径,如优化光源调制方式、改进光探测器性能或采用新型光信号处理算法等,从而使学生在更广阔的空间内发挥自己的创造力和想象力。

(2) 实验方法多样性

在实验项目设计中,不强求学生采用统一的实验方法,而是提供多种可行的实验方法或技术路线供学生选择,并鼓励学生自主探索和尝试新的实验方法。

例如,在“光电材料特性测量实验”中,针对光电材料的吸收光谱测量,既可以引导学生使用传统的分光光度计或者光栅光谱仪,也可以启发学生利用现代先进的微纳光学技术,如微腔光谱学或表面等离子体共振光谱技术,来实现更高精度和灵敏度的测量。这种实验方法的多样性设计能够激发学生的创新思维,

培养学生的实验设计能力和独立解决问题的能力。

(3) 实验结果不确定性与探索性

有意设计一些实验结果具有一定不确定性或探索性的实验项目，让学生在实验过程中面对未知结果时能够积极思考、深入分析，并通过不断调整实验参数和方法来探索和发现新的规律或现象。

例如，在“非线性光学效应实验”中，由于非线性光学过程对实验条件极为敏感，实验结果往往具有较大的不确定性。学生需要在实验过程中仔细研究光强、相位匹配条件、材料特性等多种因素对非线性光学效应（如二次谐波产生、光参量放大等）的影响，并通过反复实验和数据分析来揭示其中的内在规律，这种实验结果的往往具有一定的不确定性，可引导学生探索产生不确定性的物理因素。

3.3 教学方法创新与应用

(1)、问题导向教学法

1、问题情境创设

在实验教学前，教师通过展示实际生活中的光电应用案例、讲述光电领域的科技前沿动态或播放相关的实验现象视频等方式，创设生动有趣且富有启发性的问题情境，激发学生的好奇心和求知欲。

例如，在引入“太阳能光电转换效率提升实验”时，教师可以先展示当前全球能源危机的严峻形势以及太阳能作为清洁能源的巨大潜力，然后提出问题：“如何提高太阳能电池的光电转换效率，使其能够更广泛地应用于能源领域？”从而引导学生主动思考并积极参与到后续的实验探究过程中。

2、问题引导与启发式教学

在实验教学过程中，教师围绕实验项目的各个环节，巧妙设计一系列具有针对性和启发性的问题，引导学生逐步深入探究实验原理、方法和结果。

例如，在“激光原理与技术实验”中，教师可以在学生进行激光谐振腔搭建时提出问题：“谐振腔的长度和反射镜的曲率半径对激光输出特性有何影响？如何通过调整这些参数来优化激光的模式和功率？”当学生在实验过程中遇到问题或出现异常现象时，教师不是直接给出答案，而是通过提问的方式引导学生自己分析问题产生的原因，如：“你检查过光路的准直情况吗？激光工作物质的能级结构是否与你预期的一致？”这种启发式教学方法能够充分调动学生的思维积极性，培养学生的自主学习能力和独立思考能力。

(2) 项目驱动教学法

将整个实验教学内容设计成一个或多个具有明确目标和任务要求的项目，然后将项目按照实验流程和知识体系分解为若干个相对独立又相互关联的子任务，每个子任务对应一个具体的实验环节或知识点。

例如，在“智能光电家居控制系统实验”项目中，可以将其分解为光电传感器选型与应用、光通信网络搭建、控制电路设计与编程、系统集成与调试等子任务。以项目任务为驱动，引导学生按照项目要求逐步完成各个子任务，在完成任务的过程中学习和掌握相关的光电知识和技能。这种教学方法能够使学生更加明确学习目标和方向，提高学生的学习积极性和主动性，同时培养学生的项目管理能力和系统思维能力。

在学生完成项目任务后，对项目成果进行全面、客观的评价。评价内容不仅包括实验结果的准确性和可靠性，还包括实验方案的合理性、创新性，实验过程的规范性、团队协作能力以及学生在项目中的表现和收获等方面。评价方式采用多元化的评价主体，包括教师评价、学生自评和小组互评等，使评价结果更加全面、公正。在评价完成后，及时将评价结果反馈给学生，让学生了解自己在项目中的优点和不足之处，同时针对存在的问题提出改进建议和指导意见，促进学生不断反思和成长。例如，我们在“光电传感器网络优化实验”项目评价中，教师可以先对学生提交的实验报告、实验数据以及实验演示进行详细的评价，然后组织学生进行自评和小组互评，让学生从不同角度了解自己在项目中的表现。最后，教师根据评价结果进行总结和反馈，指出学生在传感器节点布局、数据传输协议设计、网络拓扑结构优化等方面存在的问题，并提出相应的改进建议，帮助学生进一步提高自己的项目实践能力和创新思维能力。

3.4 教学资源整合与拓展

实验设备资源优化与更新

1.现有设备的优化利用

对实验室现有的光电实验设备进行全面清查和评估，根据实验教学需求和设备实际状况，制定合理的设备优化利用方案。对于一些功能正常但使用效率较低的设备，通过开发新的实验项目或改进实验教学方法，充分挖掘其潜力，提高设备的利用率。

例如，笔者曾对传统的X射线衍射仪进行适当的改造升级，添加相应的装置和设计新的算法，优化利用，

开发出新的实验项目：①用 X 射衍射仪分析表征光电材料晶粒大小和微观应力，拓展了传统 X 射衍射仪的功能和应用范围。②利用传统 X 射衍射仪检测病人的胆结石和肾结石的教学实验项目，分析结石结构，从而引导学生得出病人哪些器官的有问题的。

新型实验设备的引进与更新

密切关注光电领域的科技发展动态和实验设备的更新换代趋势，结合学校的实际教学和科研需求，有计划地引进一批先进的新型光电实验设备。如高精度光谱分析仪、飞秒激光加工系统、量子点制备与表征设备等，这些新型设备能够为学生提供接触前沿光电技术和开展创新性实验研究的机会，提升实验教学的质量和水平。同时，建立完善的实验设备维护和管理机制，确保新设备的正常运行和有效使用，延长设备的使用寿命。

(2) 实验教材与资料建设

1. 编写探究型实验教材

组织教师团队编写具有特色的光电类探究型实验教材，教材内容应紧密围绕探究型实验教学模式的理念和要求，突出实验项目的设计性、探究性和创新性。教材编写过程中，注重将光电领域的基础知识与前沿技术相结合，融入丰富的实际应用案例和实验数据，使教材既具有理论深度又具有较强的实用性和可读性。同时，教材应配备详细的实验指导手册，包括实验目的、实验原理、实验步骤、数据记录与分析方法、问题讨论与思考等内容，为学生提供全面、系统的实验学习指导。

笔者团队已完成了撰写《现代分析检测技术》的实验教材，根据实验室现有的仪器设备情况，分别从光学显微镜、扫描电子显微镜、扫描探针显微镜、原子力显微镜、X 射线衍射仪以及紫外-可见-近红外分光光度计等内容，运用了大量的光电行业的实际案例并结合前沿的应用技术的实验项目，可引导学生进行有针对性、有目标感地进行实验探究。

2. 拓展实验教学资料来源

除了实验教材外，积极拓展实验教学资料的来源渠道，引导和鼓励学生自主查阅相关的学术数据库、科研机构的专业报告、企业的技术文档以及行业会议与研讨会资料等。

如在探究“新型光电探测器研发”实验时，可查阅 IEEE Xplore、Web of Science 等数据库，了解探测器结构创新与性能提升方法，掌握不同材料体系（如量子点、二维材料等）在探测器应用中的优势与挑战，

为实验设计与数据分析提供坚实理论支撑与创新思路借鉴。

3.5 网络教学平台与虚拟实验室建设

(1) 网络教学平台的搭建与应用

搭建专门的光电类实验教学网络平台，平台功能应涵盖实验课程管理、实验教学资源发布、实验预习与报告提交、在线交流与讨论、实验成绩评定等多个方面。教师可以通过网络教学平台发布实验教学大纲、实验课件、实验视频等教学资源，方便学生进行实验预习和课后复习。学生可以在平台上提交实验预习报告、实验数据和实验报告，教师能够及时进行批改和反馈。同时，平台设置在线交流论坛，方便师生之间、学生之间进行互动交流，及时解决实验过程中遇到的问题。例如，在实验预习环节，学生可以在网络教学平台上观看实验操作视频，了解实验仪器的使用方法和实验步骤，然后通过在线测试检验自己的预习效果；在实验过程中，学生可以将遇到的问题发布到论坛上，教师和其他同学能够及时给予解答和帮助；在实验结束后，学生在平台上提交实验报告，教师进行在线批改并给出成绩和评语，学生可以查看自己的成绩和评语，了解自己在实验中的不足之处，以便在今后的学习中加以改进。

(2) 虚拟实验室的建设与利用

利用虚拟现实（VR）或虚拟仿真技术构建光电类虚拟实验室，虚拟实验室应具备高度逼真的实验环境和实验仪器设备模拟功能，能够让学生在虚拟环境中进行实验操作和实验探究[13, 14]。虚拟实验室可以提供一些在实际实验室中难以开展或成本较高的实验项目。如笔者团队已完成的深圳大学虚拟课程《宽禁带半导体材料综合全分析虚拟仿真实验》，并获得广东省第二批国家级一流本科课程，见图 2(a)所示，其中包括 6 台大型仪器设备的虚拟仿真，见图 2(a)所示，7 种制样技术，13 个关键知识点，每条线 50 个以上操作步骤，模块可实现自主搭建、自由操作的效果，使学生能够系统了解大型仪器的硬件结构与技术原理，掌握关键技术原理和方法，能培养学生独立思考及综合性实践探索的综合能力，虚拟实验设置中实验错误提示和帮助功能，当学生在虚拟实验操作中出现错误时，能够及时给予提示和指导，帮助学生正确完成实验操作，提高学生的实验技能和问题解决能力。通过教学反馈调查，超过 90%的学生认为虚拟仿真实验系统对理解

复杂仪器原理和掌握实验流程有显著帮助,有效提升了学习效率和实操信心[15]。



图2 宽禁带半导体材料综合分析虚拟仿真实验

4 结束语

本文通过对基于光电类探究型实验教学模式的实践探索,分析了传统光电类实验教学的现状、阐述了探究型实验教学模式的优点,介绍了光电类探究型实验教学项目的设计与实施内容。实践表明,该教学模式能够有效提高学生的学习兴趣、实践能力和创新思维,为培养高素质光电专业人才提供了有益的参考。在今后的教学中,我们将进一步完善探究型实验教学模式,例如通过增加跨学科项目、引入企业真实课题等方式,不断提高教学质量和教学水平。

参考文献

- [1] 漆强,刘爽.光电综合实践教学平台构建[J].实验室研究与探索,2017,36(1):166-168.
- [2] 明海,陈博,章江英.大力加强光学专业学生的素质教育和创新能力培养:促进光学、光电类高等人才的培养[J].光电子技术与信息,2004,17(4):15-18.
- [3] 陈佰满,林有胜,何清,等.高校科研反哺教学的路径探索与分析[J].创新创业理论与实践,2021,4(3):114-117.
- [4] 刘霞,陈柳浅析高校实验教学存在的问题及对策[J].中国电力教育,2014(11):174-1.
- [5] 吴中江,黄成亮应用型人才内通及应用型本科人才培养[J].高等工程教育研究,2014(2):66.
- [6] 华杰,汪津,冯博.新工科背景下半导体物理课程教学改革[J].高师理科学刊,2024,44(7):103-106.
- [7] 成华付.于高校实验室建设与本科实验教学的几点思考[J].高等教育研究,2009,26(3):47-49.
- [8] 夏明岗,张胜利,张磊,等.物理实践课程一种新模式的实践与探索.大学物理,2023,42(6):46-51.
- [9] 叶荔辉.基于STEM教育理念的PBL教学模式设计与实践研究[J].电化教育研究,2022,43(2):95-101.
- [10] 杨智明,俞洋,姜红兰,便携式数字信号处理课程实验教学平台设计[J].实验室研究与探索,2014,33(1):76-80.
- [11] 杨莺,王彩琳,杨媛等.数字化赋能“半导体物理”教学新范式的探索[J].电气电子教学报,2025,47(3):93-98.
- [12] 赵江,科研为导向反哺教学的教育模式用于半导体物理课程的教学改革[J].物理与工程,2024,34(1):67-72.
- [13] 陈建敏,姬五胜,赵宝乐.基于LabVIEW和Diango的线上虚拟仿真实验室[J].物联网技术,2024,14(2):154-158.
- [14] 张功,张静,付秀华,等.基于虚拟仿真软件的线上线下混合实验教学模式探索:“薄膜光学与技术”课程为例[J].教育教学论坛,2024(46):109-112.
- [15] 张敏,文福安,刘俊波,高质量虚拟仿真实验教学课程内涵和特征,实验技术与管理,2022,39(3):1-4.