

# 新工科牵引下大学物理实验三阶递进分层 教学设计改革

丁林杰

湖北工程学院物理与电子信息工程学院, 湖北 孝感 432100

DOI: 10.61369/SDME.2025290040

**摘 要 :** 为响应新工科对人才培养提出的高阶能力需求, 本文针对大学物理实验教学存在的项目割裂、能力培养目标模糊、评价方式单一等核心问题, 提出并系统构建“基础技能 – 综合应用 – 创新设计”三阶能力递进的分层实验教学框架。以“系统化、工程化、个性化”为设计原则, 清晰界定各阶段教学目标、重构模块化与项目化教学内容、革新教学方法与评价体系, 并辅以必要的资源与机制保障, 旨在实现学生实践能力从规范化操作到复杂问题解决, 再到自主创新的阶梯式、系统性成长。详细阐述了该框架的设计逻辑、各层次的具体实施路径及支撑体系, 以期为大学物理实验教学的系统性改革提供一套完整、可操作的理论与实践方案。

**关 键 词 :** 新工科; 大学物理实验; 分层实验体系; 三阶递进框架; 多元评价; 教学改革

## Teaching Reform of Three-Stage Progressive and Hierarchical Design for College Physics Experiments Driven by Emerging Engineering Education

Ding Linjie

School of Physics and Electronic Information Engineering, Hubei Engineering University, Xiaogan, Hubei 432100

**Abstract :** To respond to the demand for advanced competencies in talent cultivation imposed by emerging engineering education, this paper addresses the core problems existing in college physics experiment teaching, such as fragmented experimental projects, ambiguous competence training objectives, and a singular evaluation method. It proposes and systematically constructs a hierarchical experimental teaching framework featuring a three-stage progressive competence development pathway of "Basic Skills – Comprehensive Application – Innovative Design". Guided by the design principles of "systematization, engineering-oriented approach and personalization", this framework clearly defines the teaching objectives of each stage, reconstructs modularized and project-based teaching content, innovates teaching methods and evaluation systems, and is supported by necessary resource and mechanism guarantees. The aim is to realize the stepped and systematic growth of students' practical abilities, advancing from standardized operations to complex problem-solving, and further to independent innovation. This paper elaborates in detail on the design logic of the framework, the specific implementation paths of each level, and the supporting system, expecting to provide a complete and operable theoretical and practical scheme for the systematic reform of college physics experiment teaching.

**Keywords :** emerging engineering education; college physics experiments; hierarchical experiment system; three-stage progressive framework; diversified evaluation; teaching reform

在全球科技革命与产业变革时代背景下, 为提升国家硬实力和国际竞争力, 教育部多次主导高校工程教育发展战略研讨, 短时间内先后形成了复旦共识、天大行动、北京指南, 奏响了我国新工科教育改革的序曲。<sup>[1-3]</sup> 新工科人才培养强调多学科交叉、创新驱动与解决复杂工程问题, 推动工程教育从“适应服务”转向“支撑引领”。除了部属高校, 地方院校也是“新工科”建设的生力军, 要因地制宜, 充分利用地方资源, 发挥自身优势, 对接地方经济社会发展和企业技术创新要求, 全面提升工程教育质量以适应引领经济发展。大学物理实验作为工程人才培养的实践基石, 对培养学生的实际动手能力、探究综合能力、创新能力有着重要作用。<sup>[4-7]</sup> 传统教学模式以验证性、孤立性实验为主, 将实验课程视为一系列独立实验项目的“合集”, 各项目间缺乏内在逻辑关联, 教学目标停留在知识与技能

基金项目: 湖北工程学院教研项目, 新工科视域下《大学物理》课程教学内容优化改革与实践 (JY2025038)。

作者简介: 丁林杰, 男, 博士, 副教授, 主要从事物理教学科研工作, 研究方向为低维凝聚态物理。

点的简单累加,导致学生学习体验碎片化,难以形成系统的实践思维和能力进阶,与“创新能力生成”的新工科培养目标严重脱节,其教学价值亟待重新审视。并且,单一的实验报告评价,也无法全面衡量学生的实践素养与工程潜力。

推动大学物理实验教学进行一场触及根本的、系统性的改革,已成为支撑新工科人才培养的紧迫课题。<sup>[7]</sup>改革必须从顶层进行体系化重构,将离散的实验项目整合为指向明确能力目标的、层层递进、有机衔接的教学系统。本文提出“基础技能-综合应用-创新设计”三阶能力递进框架,基于能力生长规律,将大学物理实验从“知识验证场所”系统改造为“能力生成与创新孵化器”,为学生的工程实践与创新能力发展提供清晰的成长路径和坚实的平台支撑。

## 一、三阶递进分层实验教学设计理念与原则

三阶递进框架的构建主要遵循以下核心理念与设计原则,确保教学改革的方向性与科学性。

### (一) 系统化与层次化

打破力、热、电、光、近代物理的板块割裂,以“能力发展”为主线,重新组织教学内容。三个层次目标清晰、内容递进、评价各异,构成一个完整的教学闭环。

### (二) 工程与能力导向

将工程实践中的真实问题、科学思维方法和项目管理流程融入实验教学环节。每个层次不仅突显“怎么做实验”,更强调“为何这样做”、“如何设计实验解决问题”,着力培养学生的工程思维与创新能力。

### (三) 开放性与自主性

随着阶段的升高,教学从教师主导的标准化训练,逐步转向学生中心的开放式探究。本框架为学生提供从模仿、应用到创造的渐进式自主空间,激发学生的内生学习动力。

## 二、三阶递进分层实验教学设计与改革路径

### (一) 基础技能: 筑牢规范与思维根基

基础实验技能掌握主要培养学生严谨的科学态度,系统掌握物理实验的基本方法、仪器的规范操作、数据处理与误差分析技能,为后续学习奠定坚实的“方法论”基础。教学内容设计包含两个层面。一是核心实验模块化,精选物理领域的经典验证性实验,教学重点从“验证定律”转向“掌握方法”。例如,将“长度测量”模块化为游标卡尺、千分尺、光学测长仪等不同精度等级测量工具的选择与使用策略。二是结合虚拟仿真。结合现有条件资源,部分实验结合虚拟仿真技术,让学生在课前熟悉复杂仪器(如分光计、示波器)的调节流程和原理,将实体实验课时集中于现象观察、数据采集与深度分析。

同时,改革教学方法,采用“精讲示范-严格训练-即时反馈”模式。教师重点讲解实验设计思想、仪器工作原理和操作规范,学生通过反复练习形成肌肉记忆和操作直觉。注重过程性评价考核方式,重点评价操作流程的规范性、原始数据记录的完整性以及数据处理(如不确定度计算、误差分析、作图)的严谨性。操作或数据处理出现重大不规范,则实验考核不予通过。

### (二) 综合应用: 训练融合与设计思维

为适应学生思维转换,设计少部分“过渡性”项目,如“分光计测金属杨氏弹性模量”,实现“基础技能”到“综合应用”能力的平滑过渡。

综合实验应用主要培养学生综合运用多领域物理知识和技术手段,设计并实施实验方案解决综合性问题的能力,初步建立系统思维和工程化解决问题的意识。其教学内容设计主要有两个方面。主题式综合项目,设计源于实际应用或科技前沿的“主题项目”。例如,“传感器特性与应用”主题,串联温度传感器标定(热学)、磁阻传感器测量(磁性)、光电传感器特性测量(光学)及其在简单控制系统中的应用(电路设计)。跨学科问题导向实验,设计与材料科学、电子信息、生物医学等交叉的实验。如“利用超声探测材料缺陷”(声学与材料)、“溶液浓度光谱分析”(光学与化学)。

教学上全面推行“项目式学习”与小组协作。教师发布项目任务书,学生以小组形式完成文献调研、方案论证、实验实施与总结汇报。教师角色转变为项目顾问和资源协调者。实行“方案设计+过程实施+成果答辩”的复合评价方式考核,重点考察实验方案的创新性与可行性、团队协作的有效性、问题解决过程的逻辑性以及最终结果的可靠性。

### (三) 创新设计: 激发探究与创造潜能

为进一步适应学生思维转换,设计少部分“过渡性”项目,如“基于霍尔效应原理的地磁场测量”,实现“综合应用”到“创新设计”能力的平滑过渡。

创新设计实验主要激发学生创新潜能,使其完整经历“发现问题-文献调研-方案设计-实验探索-分析总结-成果表达”的科研全过程,培养初步的科研素养、批判性思维和坚韧的科学精神。其内容设计主要体现在两个方面。全开放创新课题,来源多样化,如教师科研项目的子课题或生长点,企业提供的实际技术难点;全国性学科竞赛(如大学生物理实验竞赛)题目,学生自主提出的兴趣导向课题。前沿与特色融合,鼓励课题与学校优势学科或前沿领域(如人工智能、光电信息、新能源新材料)结合,例如,“基于深度学习的光谱数据分析”检测材料成分。

教学上推行“导师制”与“完全开放实验室”模式。学生进入导师的科研团队或创新实验室,在导师指导下开展中长周期的自主研究。定期组织“创新沙龙”进行跨组交流。推行“创新性成果多元化评价”,成果形式可以是研究论文、发明专利、实物

作品、竞赛获奖、软件著作权等。评价核心在于项目的原创性、探索深度、技术复杂度和潜在应用价值。

### 三、支撑分层体系有效运行的保障系统

教学资源平台建设：编写与“基础技能－综合应用－创新设计”三阶框架精准配套的层次化教材、实验指导书与项目指南，确保教学内容逐级递进。加快建设数字化平台集成，如虚拟仿真模块、项目案例库、仪器视频库等在线教学资源平台，支持学生自主学习、在线预习、提交报告和拓展探究。

师资队伍能力提升：强化教师实践能力，建立教师工程实践能力培训机制，鼓励教师赴企业研修、挂职、深度参与横向课题与技术攻关。组建跨学科教学团队，合作开发综合性与创新性实验项目，实施联合指导。

实验室管理机制改革：实施预约的实验室开放制度，为“创新设计层”配备专用空间和先进设备。建立实验器材与耗材的弹性申领机制，支持创新探索。

校企与校际协同机制：校企深度融合，与行业企业共建联合实验室、实习实训基地，引入真实工程问题、研发项目作为高阶教学项目来源。校际开放共享，通过虚拟教研室、课程联盟等形式，与兄弟院校共享优质的分层实验项目设计、教学资源与

经验。

质量监控与激励评价体系：动态反馈与评估，建立学生能力成长跟踪系统，定期收集学生、教师、企业反馈，用于评估各层次教学效果并迭代优化资源与项目。多元激励与评价，将教师参与培训、开发分层资源、指导创新项目纳入工作量计算与绩效评价。设立学生创新项目奖学金、竞赛奖励，激发学生参与高阶挑战动力。常态化沟通平台，建立定期举行的跨学科教学研讨会、校企合作对接会，确保各方信息同步、问题及时解决。

### 四、结束语

构建“基础技能－综合应用－创新设计”三阶能力递进框架，是对大学物理实验教学进行系统性、结构性改革的积极探索。通过清晰的能力阶梯设计，将教学目标从离散的知识点转化为连贯的能力发展路径；通过项目化和开放性的内容重构，使学习过程与工程实践和科研探索无缝对接；通过多元化的评价方式，引导教学重心转向创新思维与综合素养的培养。在未来，进一步优化各层次能力评价标准、人工智能技术在个性化学习中的应用，以及分层体系与专业课程体系的深度融合机制，将持续推动实验教学改革向纵深发展。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 刘吉臻, 翟亚军, 荀振芳. 新工科和新工科建设的内涵解析 [J]. 高等工程教育研究, 2019, 3: 21-28.
- [4] 朱世坤, 冯笙琴, 王正清. 地方综合性大学物理实验教学改革研究与实践 [J]. 大学物理, 2009, 28: 54-57.
- [5] 张凤琴, 林晓珑, 王逍. 创新人才培养下的大学物理实验教学改革研究 [J]. 大学物理, 2017, 36: 36-39.
- [6] 贺柳良, 张长伦, 黄伟, 马黎君. 大学物理实验课程教学体系改革的探索 [J]. 中国现代教育装备, 2021, 353: 91-93.
- [7] 裴萍, 彭敏, 王亚辉. 大学物理实验课程体系改革的实践与思考 [J]. 职业教育, 2024, 13: 1398-1403.