

“项目 + 竞赛” 驱动的物理化学实验教学改革研究

董凌云*, 宋子琪, 王亚茹

保定学院, 河北 保定 071000

DOI:10.61369/ETI.2025100011

摘 要 : 传统的物理化学实验教学模式常存在理论与实验脱节、学生兴趣低、创新能力培养不足等问题。为提升物理化学实验教学质量, 培养学生综合实践能力与创新思维, 本研究提出并深入探讨“项目 + 竞赛”双驱动教学模式改革的内涵与路径。本研究首先系统梳理了当前物理化学实验教学现状与引入项目、竞赛元素的内在价值, 聚焦分析实施过程中面临的核心挑战, 如项目设计、竞赛衔接、资源调配及评价体系等关键环节的困境。在此基础上, 研究提出并详细阐述了五个具体、可操作的核心策略: 多元化真实项目库建设、多层次竞赛活动体系化嵌入、动态化过程性评价体系重构、“双师型”导师队伍培养强化、校内外实验资源协同整合。

关 键 词 : 物理化学实验; 项目驱动; 竞赛驱动; 教学改革; 实践能力

Research on the Reform of Physical Chemistry Experimental Teaching Driven by "Project + Competition"

Dong Lingyun*, Song Ziqi, Wang Yaru

Baoding University, Baoding, Hebei 071000

Abstract : The traditional physical chemistry experimental teaching model often suffers from problems such as disconnection between theory and experiment, low student interest, and insufficient cultivation of innovative abilities. In order to improve the quality of physical chemistry experimental teaching and cultivate students' comprehensive practical ability and innovative thinking, this study proposes and deeply explores the connotation and path of the reform of the "project + competition" dual-driven teaching model. This study first systematically combed the current status of physical chemistry experimental teaching and the intrinsic value of introducing project and competition elements, focusing on analyzing the core challenges faced during the implementation process, such as the dilemmas in key links such as project design, competition connection, resource allocation, and evaluation system. On this basis, the study proposed and elaborated on five specific and operable core strategies: the construction of a diversified real project library, the systematic embedding of multi-level competition activities, the reconstruction of the dynamic process evaluation system, the cultivation and strengthening of the "double-qualified" mentor team, and the collaborative integration of experimental resources inside and outside the school.

Keywords : physical chemistry experiment; project-driven; competition-driven; teaching reform; practical ability

引言

物理化学实验是化学及相关学科本科人才培养体系中的核心实践环节, 对深化理论理解、掌握科学方法、培养实验技能和创新思维具有不可替代的作用。然而, 当前物理化学实验教学普遍面临一些共性问题: 教学内容多以验证经典理论为主, 项目设计缺乏前沿性和挑战性, 难以有效激发学生的主动探索精神; 教学过程偏重操作流程和标准结果, 忽视了实验设计中科学思维的引导和研究能力的培养; 评价体系侧重于报告书写和结果准确性, 对学生发现问题、分析问题、解决问题的综合实践能力评价不足。这些因素制约了学生创新潜能的发挥和实践应用能力的提升。

课题: 河北省高校创新创业教育教学改革研究与实践项目, 基于“项目 + 竞赛”双驱动的物理化学实验教学改革研究, 项目编号: 2023cxxy251

第一作者: 董凌云 (1983.01—), 女, 汉族, 河北保定人, 研究生, 教授, 研究方向: 无机合成。

第二作者: 宋子琪 (1993.03—), 汉族, 河北保定人, 研究生, 讲师, 研究方向: 有机合成。

第三作者: 王亚茹 (1971.12—), 汉族, 河北保定人, 本科, 高级实验师, 研究方向: 无机合成。

一、物理化学实验教学现状与“项目+竞赛”驱动模式价值概述

（一）当前物理化学实验教学的基本形态与特点

当前物理化学实验教学在高校本科培养中占据重要位置，其教学形态主要呈现为依托标准实验室环境、遵循固定教材流程、实施按部就班的实验操作。典型的特点包括教学内容以验证物理化学基础定律和测定经典物理常数为主，如恒温槽组装与性能测试、电导率测定与应用、溶液表面张力测定等。教学过程普遍采用“教师讲解示范—学生模仿操作—数据记录处理—撰写标准报告”的线性流程，强调实验操作的规范性和数据结果的准确性。其教学功能定位侧重于巩固理论课知识、训练基本实验仪器操作技能和培养严谨的科学记录与数据处理习惯。

（二）“项目+竞赛”驱动教学模式的内涵与发展意义

“项目+竞赛”驱动教学模式是一种融合了项目式学习和学科竞赛元素的创新性教学范式，将其引入物理化学实验教学具有深刻的改革内涵和积极的发展意义。其核心内涵在于将真实的科研项目或工程问题、以及具有挑战性和竞技性的学科竞赛内容作为实验教学的载体和驱动力。具体表现为实验任务设计由传统的单一验证性实验转向解决实际问题的综合性项目，教学过程由被动模仿转向主动探索与研究，并通过引入校级、省级乃至国家级物理化学或相关领域的学科竞赛目标，形成阶段性成果导向和竞争激励机制。

二、“项目+竞赛”驱动模式下物理化学实验教学实施的关键挑战

（一）教学项目来源单一性与真实性保障困境

在推行“项目+竞赛”驱动模式时，首要面临的挑战是如何获得足够多且高质量的物理化学实验项目。目前，可用于教学的项目来源渠道相对单一，主要依赖教师个人科研课题的简化版本或经典文献中的模拟实验，但教师科研项目往往难度大、周期长，难以直接匹配本科生的知识储备和实验课时限制，而纯模拟实验又缺乏真实场景的吸引力。项目真实性的保障面临具体困难，即如何将真实产业界的物理化学相关实际问题提炼转化为适合教学、具有明确物理化学原理支撑、可在一段教学周期内完成并取得阶段性成果的教学项目^[1]。

（二）学科竞赛有效衔接与普及参与度提升难题

将学科竞赛有效嵌入物理化学实验教学过程面临双重难题。一方面，目标层次衔接困难，现有的国家级、省市级物理化学类竞赛如大学生化学实验创新设计竞赛，题目难度高、综合性强，通常需要经过多轮选拔和专门培训，难以作为日常实验教学的主要内容和评价标准，如何在基础实验教学中设计与高等级竞赛衔接的低年级友好型竞赛活动或项目分级至关重要。另一方面，竞赛资源有限性导致普及参与度难以提升，高水平竞赛往往只能惠及少数拔尖学生，如何设计面向全体学生的、分层级的校内或区域性的小型化、专题化物理化学实验技能竞赛或创新项目挑战

赛，让尽可能多的学生在参与项目过程中自然而然地获得竞赛体验和提升机会，避免竞赛驱动异化为精英化选拔，是实现全体学生能力提升的核心挑战之一。

三、“项目+竞赛”驱动的物理化学实验教学改革核心策略

（一）构建立体化多层次真实教学项目库

克服项目来源单一和真实性不足的关键策略是构建立体化、多层次的真实教学项目库。首先，实施“产学研用协同项目转化机制”，积极与对口企业、科研院所建立稳定联系，设立专门工作组负责收集、遴选具有教学价值的实际物理化学问题如新能源材料性能测试优化、环境污染物吸附与降解机理探究、药物分子溶解与传递动力学模拟等，并协同将其降阶、解构为基础模块、进阶模块和综合挑战项目库。其次，建立“教师科研教学化孵育机制”，鼓励教师将自身研究的前沿方向简化提炼，设计开发成具有探索性质的开放性实验课题，如新型功能材料的物化性能表征、复杂体系的热力学或动力学模拟等^[2]。第三，创建“经典实验项目再提升机制”，对现有教材中的经典实验进行“主题化+探究性”改造，如将“溶解热测定”升级为“某特定药物溶剂化过程的能量优化设计研究”。项目库需明确标注难度系数、覆盖知识点、所需实验技能、所需仪器设备和大致学时要求，建立动态更新评审流程以保障项目的时效性和教学适配性，确保项目真实、有趣、可操作且富有挑战性。

（二）系统化设计与嵌入式分层竞赛活动体系

解决竞赛衔接与普及性难题的策略在于系统化设计和嵌入式落地分层竞赛活动体系。该体系应紧密围绕物理化学实验核心技能与创新能力培养目标，构建从易到难的“四级竞赛塔”：最底层为“课堂即赛”，在日常项目实验中融入小型化挑战任务，如限时精确完成某操作、提出改进方案等，以项目积分作为过程性评价部分。第二层为“专项实验技能月赛”，如滴定技巧大赛、光谱操作与解析竞赛、数据处理与图表绘制竞赛等，单项突出技能。第三层为“学期综合项目挑战赛”，学期末以项目答辩或成果展评形式进行，围绕学期核心项目展开，模拟高层次竞赛初筛。顶层对接国家级或省部级大学生物理化学实验竞赛或化学创新设计竞赛，此层级要求严格选拔和集中培训，但对低年级学生的日常项目学习产生强大的吸引力和榜样效应^[3]。关键策略是实现“嵌入式”与“分层级”，确保从基础教学到拔尖培养的无缝衔接，让每名学生都能在适合的层级找到目标、体验竞技、获得成就感。赛前辅导资料包、项目中期评审交流会、赛后点评反馈会均需纳入教学环节统一管理。

（三）构建动态化过程导向多元评价体系

破除原有评价体系滞后的核心策略是构建一个动态化、过程导向、多维度、可量化的评价体系。评价维度需涵盖：项目前期规划能力包含文献调研深度广度、方案设计的逻辑合理性与创新性；项目中期实施过程能力包含操作的规范性及灵活性、仪器使用熟练度、实验观察记录详实度、遇到问题时的应变解决策略、

团队内沟通协作表现；项目后期产出能力包含数据处理的严谨性准确性、结果分析讨论的深度与批判性思维、成果报告书写或PPT展示的表述清晰度规范性、最终项目成果的创新价值或达成度评价；竞赛活动表现包含校内竞赛参与度、获奖情况等级、对项目的贡献度、答辩表现等^[4]。具体操作上，设计一套详细的线上记录表模板，要求学生按项目阶段节点上传关键材料如研究提纲、初始方案、实验日志关键页含问题记录、阶段小结、改进方案草稿、数据初步分析、最终报告草稿至答辩定稿等；同时引入教师团队过程评价如随堂观察记录、小组阶段性进展访谈评价、实验室考勤操作表现记录，并结合重要的阶段性评审答辩会评分、项目完成度和竞赛结果等多方数据进行综合评分，该综合评分应显著弱化单一报告分数的权重，将评价贯穿始终并重点突出过程表现与实践能力成长。

（四）强化双师型联合导师指导机制

项目实施与竞赛辅导的有效开展，有赖于高素质的双师型导师团队支撑。核心策略是实施“校内导师 + 企业行业专家联合指导制度”。校内层面，打破教研室界限，组建由物理化学理论课教师、实验中心专职教师、具有工程背景的工程化学教师、分析测试中心技师等构成的跨学科教学团队，明确分工，定期开展集体备课与项目研讨活动，提升项目指导能力和整合资源能力。校外层面，积极聘任企业高级工程师或研发人员作为产业导师，采用线上线下结合方式，深度参与指导项目，特别是产业化转化方向的选题、方案论证和中后期成果评估。对于高水平竞赛项目，组建竞赛导师团，实行主教练负责制，包含资深实验教学名师、学科竞赛指导教师及有获奖经验的青年教师或博士后协同精准辅导^[5]。同时，建立导师持续发展计划，鼓励并支持团队教师参加行业新技术、新设备培训、访问工程项目、深入企业实践考察并反馈教学项目开发中。建立导师业绩评价与激励机制，将其在课程教学改革、项目开发指导、竞赛辅导成果等方面的工作纳入绩效考核与职务晋升评价体系，有效激发导师参与改革的内生动力与持续热情。

（五）优化整合与共享开放实验资源平台

资源瓶颈的有效突破，依赖于校内外实验资源的优化整合与

开放共享平台建设。内部层面，推进实验室管理机制改革，实施跨课程项目实验时段预约制与弹性化管理。物理化学大型精密设备，如扫描探针显微镜、光谱电化学系统、比表面及孔径分析仪等，在保障教学时间的基础上，逐步延长开放共享时间，支持项目研究与竞赛准备。建立并持续更新专用耗材库房，在为验证性基础实验提供标准包的同时，为研究性项目配置灵活的物料申领通道，鼓励学生适度探索创新设计可能涉及的不同耗材组合。大力建设虚拟仿真实验平台，有效支持实验预习，如模拟高难度操作、预演安全风险、拓展补充常规实验室难以开展的极端条件实验场景等，显著提高线下实验效率，降低真实操作事故风险^[6]。外部层面，探索实质性高校与企业间仪器设备共享计划，签订合作协议，使学生在真实产业项目攻关中，可依规申请预约使用企业内的某些特定高端物理化学表征设备资源，拓展项目研究的深度与广度。

四、结束语

本研究深入探索并系统构建了“项目 + 竞赛”双轮驱动的物理化学实验教学改革创新模式。该模式通过引入真实世界的研究问题与工程任务、融入富有挑战性的多层级学科竞赛目标，从根本上改变了物理化学实验教学的传统形态，有效激发了学生的学习内驱力和研究兴趣。针对实施过程中面临的核心挑战教学项目来源单一性与真实性保障困境、竞赛衔接层次性与普及参与度提升难题、过程性动态评价体系滞后性问题，我们提出了五大具体可操作的核心应对策略。未来将持续深化项目制教学与竞赛辅导融合点细化评价指标与量表提升其信效度不断更新与扩展真实教学项目库并积极探索利用信息技术如人工智能辅助实验数据分析与方案优化等新途径进一步巩固和提升“项目 + 竞赛”驱动教学模式的改革成效为新时代拔尖创新型化学人才培养提供更坚实的实践支撑。

参考文献

- [1] 王登科, 吴冠杰, 肖潇, 等. 虚实并重结合翻转课堂在物理化学实验教学中的改革探索 [J]. 化工管理, 2025(4): 27-30.
- [2] 唐森, 张鹏, 陈显玲, 等. 基于 OBE 理念下的“物理化学实验”教学改革探究 [J]. 安徽化工, 2024, 50(1): 190-193.
- [3] 魏云霞, 董洁, 马明广. “新工科”背景下《物理化学实验》课程思政元素的挖掘与融合 [J]. 教育进展, 2023, 13(12): 10437-10442.
- [4] 李双宝, 张志会, 蒋云霞. 工程教育认证背景下物理化学实验课程教学改革思考 [J]. 吉林化工学院学报, 2023, 40(8): 13-17.
- [5] 王宝辰, 吴友吉, 林伟伟. 双液系气-液平衡相图实验教学改革探索 [J]. 广东化工, 2023, 50(2): 196-197.
- [6] 薛丽平, 鞠丰阳, 段英. 基于 OBE 理念的制药工程专业物理化学教学改革与探索 [J]. 化学工程与装备, 2023(6): 285-286.