



基于 TRIZ 创新法构建 CIPP 型实验教学评价体系

崔孝玲, 冯辉霞, 张德懿, 王 鹏

(兰州理工大学 石油化工学院, 兰州 730050)

摘要: 实验教学在工程应用型人才的培养中发挥着重要作用。传统的实验教学评价体系存在目的不明确、指标不全、评价方式单一等问题, 降低了评价的质量和效果。整合“发明问题解决理论”(TRIZ)创新思维分析工具和解决问题工具, 将其融入背景、投入、过程与成果(CIPP)评价模式的各个环节, 形成基于 TRIZ 创新法的 CIPP 型实验教学评价体系, 对物理化学实验教学从多方面进行评价, 并构建了多层次分级评价指标群。应用效果分析表明该评价体系可操作性强, 方法更科学、全面, 既有利于提高教学质量、促进师生创新实践能力和创新思维的共同发展, 又推动了教育过程不断持续改进。

关键词: 实验教学; 评价体系; TRIZ; CIPP; 创新人才培养

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230540

Constructing the CIPP Experimental Teaching Evaluation System Based on TRIZ Innovation Methods

CUI Xiaoling, FENG Huixia, ZHANG Deyi, WANG Peng

(School of Petrochemical Technology, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Experimental teaching plays an important role in cultivating engineering applied talents. However, the traditional experimental teaching evaluation systems suffer from unclear purposes, incomplete indexes and a single evaluation method, which reduce the quality and effect of the evaluation. In this paper, we integrate the theory of inventive problem solving (TRIZ) innovative thinking analysis tools and problem-solving tools and form a “context, input, process, product” (CIPP) experimental teaching evaluation system based on the TRIZ innovation method, adopt multiple evaluations of physical chemistry experimental teaching in terms of background, input, process and products, and construct a multi-level and graded evaluation index group. The application effect analysis shows that the evaluation system is highly operable, more scientific and more comprehensive, which is beneficial for improving the teaching quality, fostering the common development of teachers and students’ innovative practical abilities and innovative thinking, as well as creating a virtuous cycle of continuous improvement in the education process.

Key words: experimental teaching; evaluation system; TRIZ; CIPP; innovative talent cultivation

在社会对工程应用型人才的迫切需求背景下, 实践教学逐渐成为高校人才培养质量评价和考核的重要标准^[1]。作为实践教学必不可少的环节, 实验成为培养学生创新思维和提高工程实践能力的有效途径^[2]。物理化学实验综合了大学化学各分支领域所需的研究工具和方法, 是一门融合理论、实践和技术的综合实验课程, 在培养工程

技术人才知识结构和能力结构中发挥着重要作用。目前国内外研究集中于高校实验教学的基础理论^[3-4], 忽略了实验教学的评价研究^[5], 针对具体实验课程的教学评价研究更是寥寥无几。因此, 建立科学、合理的评价方法对实验教学评价进行系统的研究, 对于确保实验教学质量, 培养高素质的应用型人才具有重要的意义。

收稿日期: 2023-11-17; 修回日期: 2024-06-19

基金项目: 兰州理工大学高等教育研究项目(GJ2022B-25); 教育部产学合作协同育人项目(20220605940220929); 兰州理工大学一流本科课程建设项目(269412)。

作者简介: 崔孝玲(1980-), 女, 博士, 正高级工程师, 主要从事化学化工类实验教学与管理工作。E-mail: xlcuilw@163.com

1 背景研究

1.1 实验教学评价现状与 CIPP 评价模式

目前学校每年有 14 个专业、1000 余名本科生开设物理化学实验课程。如此量大面广的课程采用传统的评价体系存在以下问题^[6]:

1) 评价目的不明确

评价目的仅仅考虑实验结果的达成,而忽略了与综合素质培养有关的技能提升,能力培养等,使评价结果缺乏针对性和有效性。

2) 评价指标不全面

学生作为唯一评价主体,被动接受评价;指标设置重结果轻过程,不能对实验的全过程进行综合评价。评价结果的可信度与权威性下降。

3) 评价方式单一

目前采用的评价方法没有结合具体的实验内容进行针对性的特色考核与评价;评价过程受到时间和资源的限制,导致评价的深度和广度不足;评价方法往往倾向于一种标准化的评价,忽视了学生个体差异和多样化的学习路径,严重降低了实验教学评价的质量和效果。

斯塔弗尔比姆在 20 世纪 60 年代首次提出 CIPP 评价模式,在教育领域被广泛接受并应用,主要包括 4 个维度:背景评价(Context)、投入评价(Input)、过程评价(Process)与成果评价(Product)^[7]。作为一种综合评价模式,其基本观点是:评价的目的不在证明,而在改进。因此又称为决策导向或改良导向评价模式。其优点是:首先对目标的合理性进行评估,进而对教育活动的不同阶段采用不同的评价方式,使评价更科学和全面,体系更完整;强调形成性评价,进而为教育决策提供更多信息,评价活动更具指导性和实用性,促进评价成为提高教学质量的工具^[8]。因此,CIPP 模式是对实验教学过程从计划到实施的全部过程系统进行评价监控的评价模式。

要保证 CIPP 评价结果的真实合理,在评价中需做到目标合理、内容广泛、指标多样化。影响 CIPP 实验教学评价设计的因素多而杂,在实施过程中需要对各评价指标不断修正和完善。如何精准确定各 CIPP 实验评价指标体系,实现创新人才培养目标和实验教学的完美融合,最终进行全过

程的综合有效评价,是将 CIPP 应用于实验评价体系需解决的关键问题。

1.2 TRIZ 创新法在实验教学评价中的应用

TRIZ 是由根里奇创造的发明问题解决理论^[9]。其核心理论体系包括创新思维方法、问题分析方法、技术系统进化法则、技术矛盾解决原理、创新问题标准解法、发明问题解决算法等。TRIZ 可揭示事物的内在规律和原理,关注系统中存在的矛盾并完全解决矛盾,获得最终理想解。迄今为止,TRIZ 已经发展成为一种有效解决实际问题的创新理论。在美国、俄国等国家,一些大学已将其视为工程设计方法学的重要内容。国内一些高校也将 TRIZ 创新法纳入本科必修课程,旨在从方法论层面培养学生的创新能力^[10]。但目前将 TRIZ 理论应用于教学评价的研究较少,更少应用于实验教学评价。鉴于 TRIZ 可提供系统性的创新框架和解决问题的方法,实验教学评价中应用 TRIZ 可以促进学生的创新能力和创造力的培养,帮助学生系统性地思考问题、解决矛盾,并提供创新的思路和方法^[11],进而提高学生实验的积极性和主导性,提升工科专业学生的工程能力和创新能力,推动毕业生就业创业,全面提高教育质量。

2 TRIZ 构建 CIPP 型实验教学评价体系的设计框架

本文针对目前传统实验教学评价方法不合理、评价体系不完善的问题,将 TRIZ 理论有机整合于 CIPP 模式,改进物理化学实验教学的评价形式和考核标准,最终提高学生的创造性思维和应用工程实践能力。应用 TRIZ 理论设计的 CIPP 型实验教学评价指标,可更好地促进教学优化,实现教育过程的良性循环。主要研究内容和研究方法如下 4 个方面。

2.1 背景评价(Context)

背景评价主要对课程的背景和目标进行评价。物理化学实验课程的背景特点是学生已具有化学实验操作基础,需要培养学生利用化学实验方法解决实际问题的能力。因此优化课程内容,调整课程体系是背景评价的重要指标^[12]。

1) 融入 TRIZ 思维的课程内容优化设计

利用功能分析、因果链分析、发明原理、矛盾的解决、物-场模型等基于 TRIZ 理论的创新思

维工具,优化课程教学内容,理顺各实验对应理论课各章节之间的关系,确定实验教学重点和难点;以减少与前修课程重复和“少而精”为原则,采用九宫格法、矛盾矩阵法分析课程关联,更新和完善实验项目,重新调整实验顺序,修订课程大纲和培养目标。最终形成创新思维融入物理化学实验内容的案例。

2) 依据 TRIZ 物-场模型标准解方法调整实验课程体系。

减少内容单一的操作型和验证型实验项目,提高综合设计型实验项目的质量和比例,解决因实验学时少,实验教学对学生的动手能力、创新能力培养不足的问题,提高人才培养的质量。

2.2 输入评价(Input)

输入评价是对课程所需的资源、条件、方法和方案等进行评估,以确保课程能达到预期目标。需要根据输入评价结果对实验教学环境、教学方法等进行修订。

1) 应用 TRIZ 分离原理采用线上线下相结合的实验教学模式。将实验教学分为实验室和网络教学2个平台进行。制作 TRIZ 创新法融入物理化学实验线上资源,并建立学习进度审查系统,赋予学生开展实验更大的灵活性与自主性,充分发挥学生在实验教学中的主体地位。教师实时根据平台对实验效果进行评价,动态调整线上线下教学模式权重。

2) 应用 TRIZ 理论的分割原理分时、分段、分内容安排实验进程。采用 TRIZ 套叠法和多维法解决物理化学实验量大面广,实验室设备资源和教师、学时有限与学生学习能力提高之间的矛盾^[13]。将实验内容中的目的、原理、数据处理、分析讨论部分安排在线上进行,而有限的实验室内解决线上学习难点,规范实验操作、准确筛选数据,可极大地节省实验时间,增加师生互动时间,培养学生养成主动发现问题-解决问题-反思反馈的独立实验能力,这一技术矛盾的解决,既能提高教学质量,还有助于创新人才的培养。

2.3 过程评价(Process)

过程评价是对实验教学活动 and 结果进行全面监控的评价方法。它主要评估课程实践教学的执行情况,包括实验项目的设计、实施进度、执行情况、教学目标的达成度等。

1) 引入 TRIZ 理论将实验过程进行分段量化,从预习、操作、结论、报告和创新意识等分别给出评价。增加预习部分的权重,要求学生自行设计备选的实验方案,分析每一种方案的可行性。报告总结部分要求学生分析实验结果,总结实验中的收获和得失,提出改进方案。同时加入实验过程考核,将体现创新能力的分值提高。

2) 应用 TRIZ 逆向思维反向设计实验教学过程。引导学生灵活运用正逆双向思维方法,促使学生积极主动地思考,通过翻转教学提高师生的理性思维和创造性思维能力。

3) 应用 TRIZ 理论对实验过程采用多元化评价方式^[14],包括学生自评、小组互评、教师总评、师生互评等。此外还引入操作评价,评价学生的实验操作技能的规范性和熟练度,从而增强学生对技能操作的重视程度,加强技能训练,推动课程目标达成。

2.4 成果评价(Product)

成果评价用于评估物理化学实验课程的实施成果,主要包括采用问卷调查、分组讨论等方法进行形成性评价和总结性评价。通过实验的终极成果分析学生对物理化学实验技能和相关理论知识的掌握程度;同时,通过教学反馈,分析教师实验教学设计、实验教学过程以及教学结果方面的情况;此外,还可以通过分析学生就业率和毕业生的反馈等数据,评价实验对学生工程能力和创新能力的培养效果。应用 TRIZ 结果分析法从学生课程目标达成度、实验操作技能、创新能力培养以及教学成果4个指标出发^[15],对实验教学效果作出全面评价。

3 基于 TRIZ 的 CIPP 型实验教学评价指标体系

学校开设物理化学实验的专业多数已通过了工程教育专业认证,如化学工程与工艺、金属材料工程、高分子材料与工程、材料成型与控制工程等。以此为契机,继续以工程教育专业认证理念为引领,全面落实工程教育认证标准要求,持续深化对该门课程的教学改革,尝试建立基于 TRIZ 的 CIPP 型实验教学评价模式^[16],形成了如图1所示的评价体系设计框架和如表1所示的评价指标体系,包括4个一级指标、13个二级指标

和 26 个三级指标。由于该模型处于构建初期, 尚未分配指标权重, 后期会根据运行和反馈动态调整指标点并进行合理赋权。另外, 为保证指标选

取的科学性和合理性, 还采用专家论证、学生问卷、实验教师调研、校友回访、企业调研等方法对评价指标点进行动态筛选和优化。

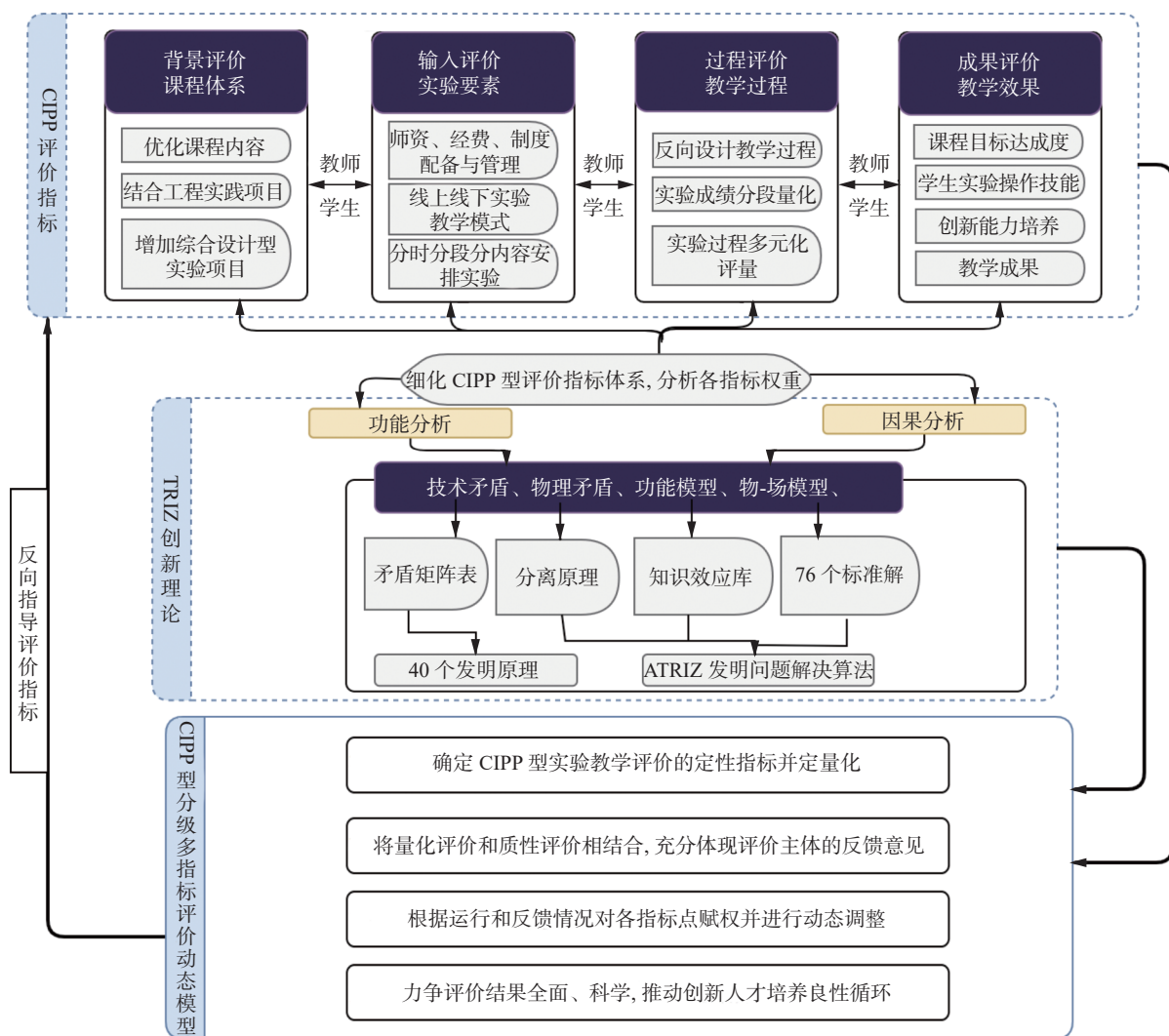


图 1 TRIZ 构建 CIPP 型实验教学评价体系设计框架

4 基于 TRIZ 的 CIPP 型实验教学评价体系应用效果分析

将基于 TRIZ 的 CIPP 型实验教学评价体系应用于 2022—2023 学年、2023—2024 学年完成物理化学实验的班级, 使评价覆盖实验课程全过程, 并及时发现问题, 给予信息反馈, 对评价指标进行实时动态修正, 促进了实验课程的有效运行和可持续发展。具体效果有如下 4 个方面。

1) 该评价体系能够建立以学生为主体、教师为主导的创新教学模式, 注重评价学生的学习过程、综合能力和创新能力, 同时推动教师持续改

进教学方法、提高教学水平。

2) TRIZ 创新法细化实验教学评价的各个环节, 有助于学生创新能力的培养和提升。应用 TRIZ 模型并寻找标准解, 可优化物理化学实验课程体系, 实现课程、教学与评价一体化, 解决系统效应不足的问题, 优化物-场模型, 提高学生的创新能力。

3) 应用 TRIZ 发明原理和矛盾标准解理论构建 CIPP 型实验教学评价体系, 突出了发展导向, 既保障评价结果全面、科学, 又建立了双向反馈机制, 实时动态改进各阶段性评价结果, 形成良性循环。

4) 2022—2023 学年物理化学实验课程目标达成度提升了 9.8%, 2023—2024 学年提升了 12%。依据 CIPP 评价体系重塑了“知识与认知-创新思维-创新人格”三方面分层次课程目标体系, 进

行线上线下混合式教学, 将学习效果的评定方式改为形成性和总结性评价相结合, 将形成性评价的权重提高到 40%, 并细化评价指标表, 激励学生和教师双向指导, 促进双方共同全面发展。

表 1 基于 TRIZ 的 CIPP 实验教学评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
背景评价 课程体系	培养目标	定位合理, 增强学生利用化学实验方法探究实际问题的能力 明确与相关课程的关系: 补充、递进或延伸; 课程培养计划设置合理, 课程大纲和培养目标一致
	体系架构	实验项目能涵盖本课程基本内容, 实验项目顺序、学时、任务量设置合理 综合设计性实验和创新实验比重高, 培养学生分析解决问题能力
	企业需求	培养学生应用物理化学原理处理复杂工程问题的能力, 有效支撑毕业要求 实验项目与工程技术问题联系紧密, 培养学生的工程实践能力
输入评价 实验要素	教学资源	师资队伍合理, 核心骨干稳定、科研实力强、教学水平高、职称学历和年龄结构合理 实验室管理规范, 具有完善的制度制定、执行和更新机制
	教学条件	有专项经费用于实验室基地建设、设备更新与维护、创新实验项目建设等, 投入合理, 产出有效 配备相应的校外实践基地、仿真实验软件和其他辅助实验教学设施
	计划安排	有专门的网络实验教学平台, 建设并开放创新法融入物理化学实验的线上资源, 可实施混合式实验教学 实现分时、分段、分内容安排实验进程, 并进行有效管理。节省实验时间, 增加师生互动, 培养学生科学思维能力, 提高创新人才培养质量
过程评价 教学过程	教学方法	对预习、操作、结果、报告和实验心得分段进行成绩评分与评价 建立实验过程评价数学模型, 优化各过程评价比例权重。有详细、合理并公正的评分量规标准
	教学管理	预习要求学生自行设计实验方案, 分析可行性。报告总结既要分析实验结果, 也要总结得失经验, 提出改进方案。培养学生自主学习、分析和解决问题的能力 将创新能力培养在各实验过程进行赋值, 优化数学模型使赋值合理
	教学能力	教师讲解清楚、指导规范, 注重安全意识、工程实践能力和团队合作能力培养 对实验项目、教学方法、教学效果等采用多元化评量方式, 全面评价实验教学质量
成果评价 教学效果	课程目标达成	完全支撑各专业对物理化学实验的毕业要求指标点。培养学生对毕业要求所应具备的能力, 实现课程 80% 以上目标达成度 培养学生面对复杂工程问题, 具备“调研、设计、实施、归纳”的正确研究思路, 并能开展研究
	实验操作技能	学生熟练掌握相关仪器设备使用方法及数据处理方法, 掌握实验相关的相关理论知识并可以进行迁移应用, 夯实专业知识, 并培养安全、健康、法律、文化及环境等工程实践因素的意识 培养学生能使用现代工程和信息化技术工具, 对复杂工程问题进行预测与模拟, 并理解其局限性
	创新能力培养	让学生在实验教学中开创新灵感思维, 激发创新欲望, 开展探究性实验活动, 增强创造性思维, 提高创新能力 培养学生的自主学习能力, 实现终身学习
	教学成果	建立以学生为主体、教师为主导、分层次和模块化的物理化学实验教学体系, 并持续改进教学方式和考核方式 “以赛促教”, 学生和教师参加竞赛, 检验实验教学效果, 并推广教学成果, 推动省级、国家级实验课程教学基地建设

5 结束语

整合 TRIZ 功能分析、因果链分析、剪裁、特性传递等创新思维分析工具, 以及发明原理、技术矛盾、物理矛盾等创新思维解决问题工具^[9], 将其融入 CIPP 型实验评价体系的各个评价环节, 形成 TRIZ 理论融合 CIPP 型实验教学评价体系, 构

建多层次分级评价指标群、细化指标点并进行定性甚至定量化表述, 方法可操作性强, 能实现实验教学的全面、科学评价, 既提高教学质量, 又推动了应用创新人才培养的良性循环。在后续实施过程中应重点解决具体指标点的精炼和细化; 采用何种调研方式和数学模型对各指标点进行权重赋值并优化; 如何将量化评价与质性评价相结

合提高评价结果的可靠和全面性。这些都需要更多的实践来检验和修正,并不断改进和完善,确保评价“回头看”。通过多渠道、多方式对所构建的评价体系进行全校推广,建立学生实验教学评价档案,长期跟踪和评价实验教学,对于促进教学改革、推动学校发展有深远意义。

参考文献

- [1] 张春良,刘长红,江帆,等. “多元协同、多维评价”工程人才培养模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2022(3): 112-116.
- [2] 齐书宇,黄丹宁. 从多维分裂到融合建构: 本科生工程实践能力培养的争议与反思[J]. 清华大学教育研究, 2022, 43(2): 84-93.
- [3] 孙佳林,黄昆林,付文生,等. “化学实验教学研究”课程的改革探索与实践[J]. 化学教育, 2023, 44(12): 53-59.
- [4] 江永亨,任艳频,于莹. 从学习规律视角考察高等教育实验教学的基本属性和课程设计要点[J]. 中国大学教学, 2022(3): 58-62.
- [5] 于雪,成乐琴,张跃伟. 高分子材料与工程专业有机化学实验考核评价体系的构建与实践研究[J]. 高分子通报, 2022(8): 99-106.
- [6] 蔺延洁,张金然,王佳,等. 多维度教学评价的物理化学实验教学改革探究[J]. 云南化工, 2023, 50(5): 174-176.
- [7] 蒋晓光,李文俊. “新工科”背景下工程人才创新能力培养评价研究: 基于 CIPP 模型的 7 所地方高校实证分析[J]. 中国高校科技, 2022(8): 5-9.
- [8] 许祥云,王佳佳. 高校课程思政综合评价指标体系构建—基于 CIPP 评价模式的理论框架[J]. 高校教育管理, 2022, 16(1): 47-60.
- [9] 孙永伟,谢尔盖·伊克万科. TRIZ: 打开创新之门的金钥匙 I [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [10] 李牧南. 新工科背景下 TRIZ 导入理工科高校创新创业课程体系的路径分析[J]. 创新创业理论研究与实践, 2023, 6(6): 15-18.
- [11] 张雯,徐冬梅,刘志伟. 专业课教学创新方法 TRIZ 理论的渗透及效果评价: 以大学生物类课程为例[J]. 教育教学论坛, 2023, 3(10): 153-156.
- [12] 葛文杰. “双一流”建设背景下的高等工程教育重塑与课程教学深度改革[J]. 中国大学教学, 2021(9): 53-61.
- [13] 单泉,陈砚,马廉洁,毕长波. TRIZ 理论在机械原理实验教学中的应用研究[J]. 高教学刊, 2022, 8(22): 144-147.
- [14] 钟佳容,谢翌. 基于改进导向的学校课程质量评价指标体系建构[J]. 课程·教材·教法, 2024, 44(5): 13-21.
- [15] 钟柏昌,龚嘉欣. 基于 TRIZ 的跨学科创新能力评价: 试题编制与证实[J]. 现代远程教育研究, 2023, 35(4): 75-82.
- [16] 干苗苗,张扬,包颖,等. 基于混合式教学和形成性评价的实验教学改革: 以分析化学实验为例[J]. 教育进展, 2023, 13(4): 2263-2267.

编辑 钟晓