



基于 PBL 模式的有机光电子综合实验课程 建设与研究

王 锦¹, 薛 伟²

(1. 南京邮电大学 材料科学与工程学院, 南京 210023; 2. 南京邮电大学 化学与生命科学学院, 南京 210023)

摘要: 依托高校实验室资源和学科特色, 基于问题学习(PBL)的教学模式, 构建了有机光电子系列综合实验课程。采用多元化的教学内容和方法, 对培养具有敏锐的问题意识、开阔的科学视野、灵活的思维能力和团队协作能力的创新型人才进行了有益尝试和积极探索, 为高校实验室开展综合开放创新实验课程建设提供了理论支持和实践指导, 对高校持续提升教学质量、开拓人才培养新模式具有重要意义。

关键词: PBL 教学模式; 通识教育; 实验课程; 高校实验室

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240117

Construction and Research of Organic Optoelectronics Comprehensive Experimental Courses with the Problem-Based Learning Model

WANG Jin¹, XUE wei²

(1. School of Material Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;

2. School of Chemistry and Life Sciences, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Combining the discipline advantages and resources of university laboratories, a series of organic optoelectronics comprehensive experimental courses have been constructed with the problem-based learning (PBL) model. With diversified teaching content and methods, the ways of cultivation talents with keen problem awareness, broad scientific perspective, flexible thinking ability and team collaboration ability have been explored. These provide theoretical support and practical guidance for the construction of comprehensive open innovation experimental courses in university laboratories, and is of great significance for promoting the improvement of higher education quality and the innovation of talent training ways.

Key words: problem-based learning; general education; experimental course; university laboratories

随着科技的不断进步, 人类正在步入一个万物互联的世界。传统学科之间的界限逐渐模糊, 不同专业领域相互渗透、融合和促进, 交叉学科得到了蓬勃发展。跨界融合已然成为创新发展的核心动力, 只有通过融合创新持续催生新质生产力, 才能使我国在未来发展和国际竞争中占据战略主动地位。而科技创新的每一步进展, 都离不开人才的支撑和推动。因此, 培养能从多角度审视问题、能运用不同领域的专业知识、能提出富有创意和实际价值解决方案的跨学科创新型人

才, 成为高等教育与改革发展的大势所趋。

与此同时, 我国也发布了一系列与人才培养相关的政策文件^[1], 为人才培养指明了方向。如在《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》明确提出了人才培养的指导原则, 强调要“坚持面向世界、面向未来、面向现代化, 充分发挥教育在人才培养中的基础性作用, 立足培养全面发展的人才, 注重培养应用型人才, 深化教育改革, 提高教育质量, 促进教育公平^[1-2]。”纲要不仅强调了人才培养的全面性和应用性, 而且要求

收稿日期: 2024-03-08

基金项目: 2023 江苏省大仪开放共享自主研究课题(JSKC20022); 南京邮电大学实验室工作研究课题(2023XSG07); 南京邮电大学校级科研基金(NY222156)。

作者简介: 王锦, 博士, 高级实验师, 主要从事有机光电材料及器件方面的研究。E-mail: iamjwang@njupt.edu.cn

注重创新能力的培养, 加强实践能力和应用技能的培养。同时, 要推动高等教育与社会发展的相互促进与融合, 培养一大批具有实践经验和解决实际问题能力的高层次应用型人才。

高校实验室作为大学生实践能力培养的重要实践平台, 承担着保障学生开展探索研究和科研创新的重要任务, 是科学精神传播的重要场所。为了响应社会发展的需求, 我们必须深刻认识到高校实验室在人才培养中的关键作用。在课程设置上探寻创新点, 注重不同学科之间的交叉, 才能探索出培养具备跨学科知识和技能的优秀人才的新路径, 培养出既具备跨学科背景又富有创新精神的新一代人才。

通识教育是一种非功利性教育, 是以培养完全、完整的人为目标, 提供多元化的知识体系, 注重不同学科知识的融会贯通, 是专业教育的重要补充^[3-6]。通识教育是实现全面、多维度教育的重要途径, 作为专业教育的重要补充, 可以为专业教育提供更为宽广的视角。如何将通识教育的理念融入到高校实验实践教学当中, 是当前实验课程建设的重要课题。如何利用高校实验室资源开展通识教育, 将成为高校培养具有跨学科视野、优秀科学素养、良好协作能力的创新型人才的重要途径。

本文基于 PBL 教学模式, 依托柔性电子国家重点实验室的“有机光电子”学科优势, 探索建设了“有机光电薄膜材料与器件可靠性分析”“有机光电薄膜制备及其力、电、光性能表征”等综合实验课程, 为培养具有宽阔的科学视野、灵活的科学思维、严谨的科学态度, 以及良好的团队协作能力的创新型人才提供了新模式。

1 高校实验室开展通识教育的优势及可行性

高校实验室是开展实验实践教学、科学研究等活动的重要平台, 汇聚了多元化的实验实践教学资源、工程研究中心、工程训练中心、分析测试中心, 实验教学中心等, 拥有充足的实验空间、尖端的仪器设备、前沿的科学研究成果、高素质的专业技术人才以及各具特色的学科优势。这些丰富的实践教育资源为高校实验室开展通识教育提供了强有力的支撑和坚实保障, 确保学生能够获得全面、深入且具有实践性的学习

体验。

目前, 通识教育在高校实验室中得到了广泛的关注和实践。许多高校实验室结合自身的学科优势, 充分利用实验室资源, 开展了丰富多样的通识教育探索工作。这些工作不仅拓宽了学生的视野, 也促进了科学知识与日常生活的联系^[7-11]。如复旦大学推出的“身边的基因”通识课程, 让学生有机会参观实验平台, 亲身体验显微镜操作, 甚至进行基因检测等实践环节。这样的教学方式让学生更加直观地了解基因科学, 让学生从日常生活现象中观察发现科学现象, 提炼科学概念, 从而增强了学生对生命科学的兴趣和理解^[7]。山东大学微生物技术研究院依托国家重点实验室学科优势构建了其特色的微生物通识教育体系, 开发了 20 多门通识课程, 如“微生物与人类”“你身边的微生物大揭秘”等。这些课程不仅帮助学生了解微生物与现实生活的关系, 还传授了微生物学的专业知识。同时引入了“体验式、互动式、探究式”的教学方式, 让学生在互动和探究中深入学习, 从而探索出了高校创新生物学通识课程建设的新模式^[8]。南开大学数字素养通识实验教学虚拟教研团队则专注于数字素养通识实验课程群的建设。他们分层次、分阶段地解决了数字素养教育方面的问题, 有效地培养了学生处理数字信息以及利用数字手段进行表达和解决问题的能力^[9]。这样的课程对于培养适应信息化时代需求的人才具有重要意义。这些成功案例都为其他高校实验室开展通识教育提供了宝贵的借鉴。通过结合自身的学科优势和实验室资源, 高校实验室可以开展更多具有学科特色的综合实验实践课程, 充实高校通识教育课程体系, 为人才培养提供有力支撑。

2 基于 PBL 模式的综合实验课程建设探索

2.1 PBL 模式教育理念

PBL 是一种以问题为导向的教学模式^[12-15]。它是以学生为中心, 以解决问题为核心学习内容, 通过引导学生主动发现问题、分析问题, 进而解决问题的一种教学理念。在教学过程中, 教师作为引导者和协助者, 保障教学过程的顺利推进实施。

2.2 基于 PBL 模式综合实验课程

基于 PBL 模式综合实验课程是一种以学生为

主体,问题驱动型实验实践教学模式,具有问题意识、跨学科性、自主学习、实践应用等鲜明特点。相比于传统的专业实验课程,PBL模式综合实验课程在设计和实施阶段展现出了显著的区别和特点。以材料学科中的“材料分析方法”传统专业实验课程为例^[16],其实验实践环节围绕不同的实验设备和技术展开,设立多个实验项目,每个实验项目专注于某一特定的实验技术或者设备,如实验项目“扫描电子显微镜的结构原理及图像衬度观察”^[16]“透射电子显微镜结构原理及明暗场成像”^[16]等,这些实验项目的实验内容分别以扫描电子显微镜、透射电子显微镜设备为主,要求学生掌握这些设备的工作原理以及应用实例。通过这些实验学生能够深入理解并掌握某一特定的材料分析方法,要求熟练掌握实验操作规程,侧重培养学生的实验技能。然而,由于这些基于单一表征方法的实验设计针对性强,且相对独立于其他表征手段,不利于培养学生的跨学科视野和横向思维能力。在万物互联、学科交叉融合的时代背景下,其局限性愈发明显。

而基于PBL模式综合实验课程,紧紧围绕通识教育的核心教育理念,以培养具有宽阔的科学视野、浓厚的科学探究热情,以及良好的团队协作能力的创新型人才为目标,强调以解决问题为目标,鼓励学生关注并深入探索科学问题,培养学生发现、分析、设计和处理问题的能力,提高学生对科学问题的敏感性;重视跨学科的融合,鼓励学生从多个学科角度思考问题,培养其全面思考和综合分析的能力;注重学生的自主学习,鼓励学生通过自主学习和研究,寻找解决问题的方法和途径;注重实践应用,鼓励学生将所学知识运用到实际研究工作中,提高其解决实际问题的能力。

因此,基于PBL模式综合实验课程在设置时,应充分考虑课程内容的广泛性、前沿性、开放性,确保课程始终与时俱进,能够激发学生的创新思维。同时,教学过程应注重引导性,激发学生对实验项目的好奇心。此外,课程评价体系的全面性也非常重要,评价体系应涵盖知识掌握情况、问题解决能力、团队协作能力等多个方面。

2.3 基于PBL模式有机光电子综合实验课程建设

依托柔性电子全国重点实验室的有机光电子学科优势,采用PBL教学模式,以问题为导向,围绕特定主题或目标设置实验项目。这些实验项目涵盖从材料合成到表征的多方面实验内容,使学生能够通过一个完整的项目全面了解材料分析的各个环节。学校已先后建立了“有机光电薄膜制备及其力、电、光性能表征”“有机光电薄膜材料与器件可靠性分析”“有机半导体材料合成与谱学分析”“有机纳米晶体制备、结构分析及器件应用”等综合实验课程,这些综合实验项目不以简单掌握实验操作技能为目标,更强调学生的问题解决能力、实验设计能力和团队合作能力。由于这些实验项目涉及多个实验环节和多种实验技术,为学生提供了处理更复杂问题的挑战。“有机光电薄膜制备及其力、电、光性能表征”综合实验课程的内容设置如图1所示,以组为单位各有侧重。课程内容不仅覆盖领域广泛,而且内容之间相互关联、相互交织,体现了通识教育的核心理念与教育目标。不仅让学生有更多机会进行创新思考和实践,还能让他们从材料、物理、信息、电子、化学等多个学科领域更深入地理解材料分析在实际研究和工作中的应用。

综合实验项目内容繁多且覆盖面广泛,而实验课时却相对有限。因此,实验项目以“总讨论—分实施—再讨论”的步骤开展,如表1所示。首先,由教师筛选实验样品,样品可以是前沿研究材料也可以是已商用材料,但必须能够全面展示材料制备、结构性能与可靠性分析过程,并且具有实际应用价值或研究意义。其次,学生调研分析并开展实验内容讨论,并依据实验内容的分解分别成立多个实验小组。每位同学根据兴趣选择加入一个实验小组,通常3~4人为一组。然后,各小组各自独立开展相关实验,并分析处理实验数据,实验过程中教师适时给予方法引导和技术指导,并引导学生调整优化实验过程。最后,各实验小组分别汇报讨论实验进展及实验心得,学生分享实验结果,进行反思和总结。教师引导学生关注小组之间实验内容的联系,关注不同实验方法之间的关系,关注不同学科之间的联系,激发学生的创新思维和跨学科能力。

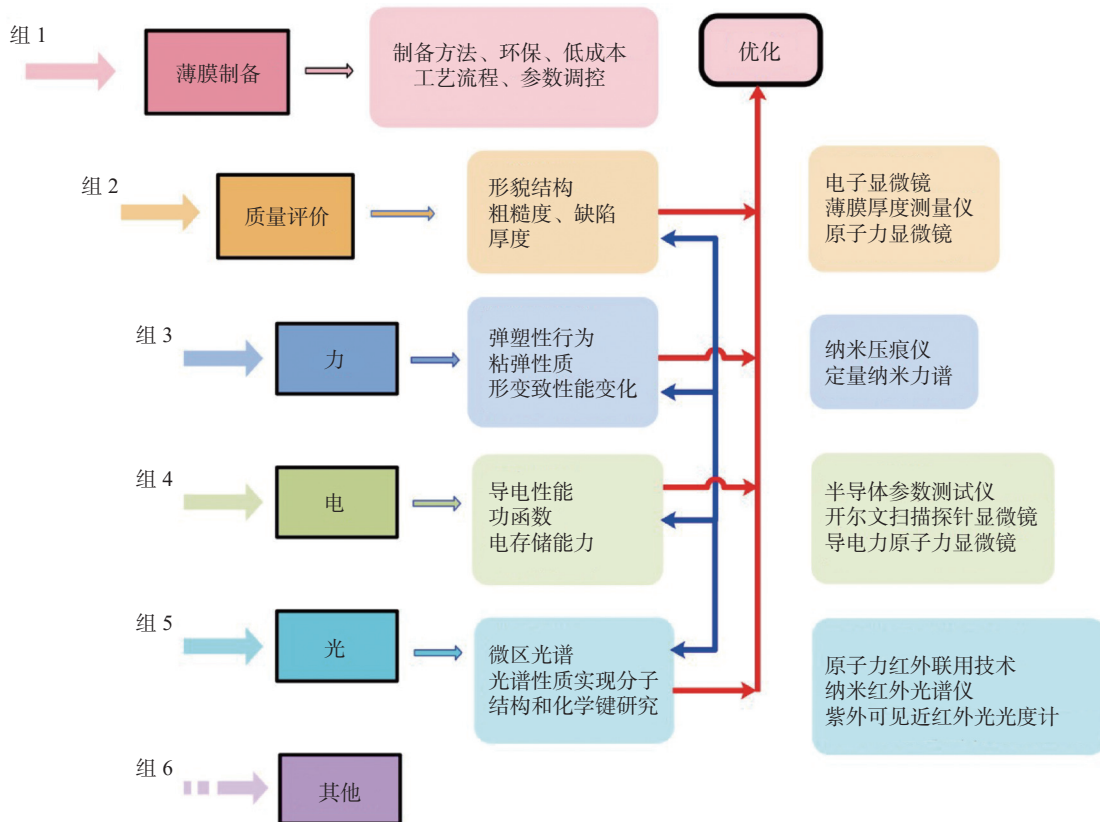


图 1 有机光电薄膜制备及其力、电、光性能表征课程内容

表 1 基于 PBL 模式综合实验课程实施过程

人员	过程		
	总讨论	分实施	再讨论
学生(主导)	① 调研	① 分组开展实验	① 小组内讨论
	② 选择实验内容	② 调整优化实验方案	② 小组间讨论
	③ 设计实验方案	③ 展示实验过程	③ 展示汇报实验成果
	④ 讨论方案可行性		④ 总结反思
教师(辅助)	① 讲解实验项目背景	① 指出实验存在的问题	① 总结
	② 提供实验样品	② 引导学生修正实验过程	② 评价
	③ 引导学生设计实验方案	③ 提醒学生关注实验联系	
	④ 协调学生分组		

以“有机光电薄膜材料与器件可靠性分析”为例，本综合实验项目目前已作为开放实验项目面向学院 2022 级材料物理和材料化学专业的本科生开展，涵盖两个专业 3 个班级的学生。本项目不仅为学生提供了实践操作的平台，更为学生在后续的大学生科技创新训练计划、“互联网+”大学生创新创业大赛等实践项目的探索中，提供了具体而实用的实验研究思路。

本综合实验项目主要涉及有机光电薄膜制备技术、薄膜性能表征技术、有机光电器件制备技术(有机发光器件/存储器件)、薄膜/器件失效分析

方法等实验内容。根据实验内容，分设了多个实验小组，每个实验小组的内容有关联但却各有侧重，如“薄膜性能表征技术”实验小组侧重对影响薄膜性能的因素，包括薄膜制备方法、薄膜厚度、粗糙度、聚集状态等的跟踪；“薄膜/器件失效分析方法”实验小组则侧重利用形貌、结构以及表面元素信息等实验表征方法，包括扫描电子显微镜、扫描探针显微镜、透射电子显微镜、X 射线粉末衍射仪及紫外光电子能谱等技术来跟踪薄膜/器件在外加光电力载荷情况下稳定性演化过程。通过本综合实验项目的学习，不仅可以

学生了解到薄膜制备工艺、影响薄膜性能的因素,还能学习到研究薄膜形貌、结构以及性能的方法,以及影响薄膜/器件稳定性因素等,完善了学生的知识结构,拓展了学生的科学思维。此外,在实验项目实施过程中,始终以问题为导向,模拟真实的实验研究环境,有利于学生实际应用能力提高,激发了他们的学习兴趣和动力。通过调研—讨论—设计—实验—再讨论的过程,培养了学生的批判性思维以及团队合作精神,提高了学生的解决问题能力。总之,学生通过基于PBL模式有机光电子综合实验课程的学习及实践,不仅获得了超越所在学科的专业知识,拓宽了知识视野,更是通过学科的交叉融合,激发其创新思维,培养了创造力和解决复杂问题的能力。

2.4 基于PBL模式的有机光电子类综合实验课程评价体系构建

在泰勒的课程目标模式理论指导下,为了更准确地评价课程目标的实现度,课程评价在课程体系建立和实施过程中是必不可少的关键一环^[17]。基于PBL模式有机光电子综合实验课程从教师教学质量和学生学习情况出发,构建了过程评价和结果评价相结合的多元化的课程评价体系,并取得了显著成效。

2.4.1 从教师教学质量出发的课程评价

教学督导组专家、同行、管理人员和学生分别对教师教学进行线上评价和线下监督,尤其是教学督导组专家,在教师的教学过程中现场进行督导检查,实现对教学情况的实时、动态监控,可以更好地掌握教师的实验课程教学情况,帮助教师发现其在实验教学过程中的不足并及时给予指导,提高教师的实验课程教学质量。同时专家、同行、管理人员以及学生对于该课程的线上教学评价结果也会反馈给课程教师,使其通过评价发现课程本身和教学过程中存在哪些问题,及时进行整改,不仅有利于课程的顺利实施,也将进一步有针对性指导教师如何提升课程教学质量和教学效果。

2.4.2 从学生学习情况出发的课程评价

学生学习情况主要体现在实验课程成绩上。实验课程成绩评价主要由实验预习、实验操作、实验报告3个模块组成。传统的实验课程评价方式一般是笼统地进行评价模块划定(以课程成绩满分100分为例)包括:实验预习(20分)、实验操作

(30分)、实验报告(50分)。任课教师通过批阅打分、综合评价打分的方式量化课程成绩。但是在实际评价过程中,尤其是实验操作模块,教师的主观印象对评价结果影响较大^[18]。基于PBL模式的有机光电子类综合实验课程考核内容更侧重于实验过程评价,构建以学生为主体的多元评价方式,具体评价标准如表2所示。在实际教学过程中,任课教师通过实施详细而具体的课程评价内容,能够让学生在实验调研准备、小组讨论、实验操作、实验数据处理、实验总结以及自我反思与评价等过程的多个环节中,充分发挥学生主体作用。学生带着问题去检索文献、设计实验方案,以及小组课前讨论,可以激发其求知和研学的外驱力;学生通过基本操作学习、小组协作完成实验操作,培养其严谨的科学态度和团队协作精神;学生对于实验数据的记录、处理,锻炼其创新的科学思维和勇于探索的科研实践能力。实验反思与自我评价以及实验互评环节,更可以提升学生对课程的获得感和成就感,引导学生逐步形成内驱力,提升专业兴趣和创新能力。

表2 基于PBL模式综合实验课程成绩评价内容

评价内容	权重	主要内容及评价标准	分值/分
实验准备	0.1	实验预习报告	2
		实验方案设计	2
		小组讨论	3
		回答问题	3
实验操作	0.4	基本操作	10
		实验态度	6
		小组协作	6
		实验安全	6
		实验结果	12
实验数据处理	0.2	数据真实合理性	6
		实验数据处理性	8
		实验报告撰写	6
实验反思 自我评价	0.2	实验结果讨论	10
		实验方法科学性	5
		自我评价	5
实验互评	0.1	实验完成情况	5
		实验操作规范	3
		实验纪律态度	2

良好的课程评价体系是促进教与学良性循环的“利器”^[18]。基于PBL模式的有机光电子类综合实验课程从教师教学质量和学生学习情况出发构建的多元化课程评价体系将教师、同行、学生评价贯穿整个实验教学过程,整合了教与学的积

极性, 在提高任课教师教学质量和培养学生创新能力方面都起到了显著的积极作用, 有利于创新型人才的培养。

3 结束语

本文深入探讨了高校实验室开展以通识教育为目标的综合实验课程建设的必要性和潜在优势。基于 PBL 教学模式, 尝试构建了“有机光电薄膜材料与器件可靠性分析”等有机光电子类综合实验课程, 详细阐述了综合实验课程的“总讨论—分实施—再讨论”实施开展过程。深入讨论了该课程与专业实验课程在内容设置等多方面存在的差异, 并从教师教学质量和学生学习情况出发构建了多元化课程评价体系。本研究为培养学生敏锐的问题意识、开阔的科学视野、灵活的思维能力和高尚的人格精神作出了积极的尝试与探索。

参考文献

- [1] 西藏自治区发展和改革委员会. 西藏自治区中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)[EB/OL]. [2018-06-29]. https://drc.xizang.gov.cn/zwgk_1941/fz/zxx/201806/t20180629_174191.html.
- [2] 彭培英, 朱海荣. 地方本科院校装控专业人才培养模式的探索[C]//第十五届全国高等学校过程装备与控制工程专业教学与科研校际交流会, 武汉: 教育部机械类专业教学指导委员会过程装备与控制工程专业教学指导分委员会, 2017: 190-192.
- [3] 王爱华, 阎冰洁, 霍国良, 等. 通识教育视野下的工程训练课程转化[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(4): 86-90.
- [4] 李国伟, 孙士斌, 陆后军. “工业 4.0: 互联网+智能制造”通识教育课程建设的探索与实践[J]. 工业和信息化教育, 2022(2): 51-53.
- [5] 吴健, 刘昊. 面向新时代通识教育的探索与思考[J]. 中国大学教学, 2022, 4: 9-13.
- [6] 贾雯旭. 通识课程中差异化教学再探索[J]. 高教论坛, 2023, 10: 30-35.
- [7] 皮妍, 赵雪莹, 丁炜蕴. “以学为中心”的教学模式在通识课程中的探索[J]. 高校生物学教学研究, 2021, 11(2): 11-15.
- [8] 于晓娜, 王仁卿. 体验、互动、探究: 高校创新生物学通识课程建设与示范[M]. 济南: 山东大学出版社, 2020.
- [9] 冯欢, 涂俊. 大学生数字素养通识实验课程体系建设[J]. 实验室科学, 2022, 25(5): 95-99.
- [10] 房明, 王洪君. 机器人通识类课程实验教学研究与实践[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(4): 99-104.
- [11] 周楠, 施建章, 杜小红. 通识课程“材料与人类社会”教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2023(2): 61-64.
- [12] 张梦萌, 于红超, 钱勇. PBL 教学法在“聚合物改性”实验教学中的应用[J]. 东华理工大学学报(社会科学版), 2022, 41(1): 97-100.
- [13] 张宽朝. PBL 实验教学模式在高校生物类专业实验教学中的应用[J]. 惠州学院学报, 2020, 40(6): 109-115.
- [14] 孙剑奇, 曹小华, 尹健美. PBL 教学法在分析化学实验教学中的应用[J]. 广东化工, 2022, 49(17): 208-209.
- [15] 韩秀丽, 汪金花, 李鸣铎, 等. 新工科需求下 PBL 教学深度学习的模式研究[J]. 华北理工大学学报, 2022, 22(2): 87-92.
- [16] 周玉. 材料分析方法[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [17] 刘思澄. “双一流”背景下材料化学专业课程体系建设研究: 以 E 大学为例[D]. 上海: 华东理工大学, 2022.
- [18] 王薇, 任家强, 周宝晗, 等. 工科基础化学实验课程过程性评价体系的构建与实践[J]. 化学教育, 2024, 45(6): 23-29.

编辑 葛晋