



专业基础实验课程教学研究

朱天钰, 田秀娟

(山东科技大学材料科学与工程学院, 青岛 266590)

摘要: 实验课程是工科类专业学生学习内容的重要组成部分。实验课程配备的资源应满足教学需求, 但在实际操作中, 仍然存在资源有限问题, 如仪器台套数不足、可操作功能不丰富、创新思考空间有限等。针对山东科技大学材料科学与工程学院基础实验课程有限资源的问题, 对新能源材料与器件专业现有的实验课程资源进行归类和分析, 提出了优化实验课程思路。根据实验学时和设备条件, 将学习重点放在仪器认识、样品制备、参数选择、结果处理、技能和思路训练方面。在课程规划环节, 优化实验课程安排和设备的配置; 在知识回顾与学习环节, 穿插了解应用实例; 在操作仪器环节, 设置思考项目、变量因素, 让学生相互指导、找寻规律; 在课前预习和课后自习环节, 引入虚拟仿真技术、线上资源。这为专业技术实验、综合实验等课程的开展提供了新的思路。

关键词: 基础实验; 实物资源; 虚拟资源; 有限资源; 课程优化

中图分类号: G424.31

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230230

Research of Teaching Professional Basic Experimental Courses

ZHU Tianyu, TIAN Xiujuan

(College of Materials Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: The experimental course is an important part of the learning content for engineering majors. The resources of experimental courses should meet teaching needs, but in practice, there are still some problems of limited resources, such as insufficient sets of instruments, limited operable functions and limited space for innovative thinking. In view of the limited resources for basic experimental courses in the School of Materials Science and Engineering of Shandong University of Science and Technology, the existing experimental course resources for the new energy materials and devices major are classified and analyzed, and the idea of optimizing experimental course is put forward. According to the experimental hours and equipment conditions, the study focuses on instrument knowledge, sample preparation, parameter selection, result processing, skills and ideas training. The arrangement of experimental projects and the allocation of equipment are optimized in the course planning. The understanding of application examples is arranged in the knowledge review and learning session. Thinking items and variables are set up in the instrument operation process, so that students can guide each other and find rules. The virtual simulation technology and online resources are introduced in the pre-class preview and after-class self-study link. This provides a new idea for the development of professional technical experiments, comprehensive experiments, and other courses.

Key words: basic experiment; physical resources; virtual resources; limited resources; curriculum optimization

随着社会发展与科技进步, 能源和环境危机日益凸显, 各界人士越发关注新能源的转化和利用问题, 也使新能源行业成为国际公认的战略新兴产业, 其中新能源材料的开发和应用是开展新能源技术的关键过程之一。新能源材料与器件专业的目标, 是培养掌握专业知识、具有工程实践能力、可在各领域科研单位和企业工作的

创新型新工科人才。教师除了传授理论知识, 还带领学生研发用于新能源转化和利用的关键材料, 并设计和制造器件, 响应国家“双碳”战略目标。培养过程需要大量资源的投入, 教学方式需要深层的探索和优化^[1-3]。实践课程是工科专业学生所学内容的重要部分, 是将理论知识转化为应用能力的桥梁。本科生的实践教学包含专业基

收稿日期: 2023-04-27; 修回日期: 2023-05-16

基金项目: 山东科技大学群星计划面上项目(QX2022M48); 山东科技大学实验教学项目(XNFZ2022Z06)。

作者简介: 朱天钰(1994-), 女, 在职博士生, 实验师, 主要从事功能材料与器件、新能源材料与器件方面的研究。

E-mail: tianyuzhu@sdust.edu.cn

基础实验、专业技术实验、综合实验、毕业设计等,能够使學生逐步学会设计、开发解决方案,采用合适的方法开展研究,解决复杂的工程问题。

山东科技大学材料科学与工程学院的新能源材料与器件专业基础实验课程内容丰富,包含涉及材料形貌、成分、结构表征和分析的实验(如扫描电镜电子图像观察及能谱分析、X射线物相鉴定),与材料制备和物理化学性能测试相关的实验(如固相反应制备燃料电池材料及结构表征、热重和差热分析),材料应用和器件性能研究实验(如压电陶瓷材料介电常数测定),以及有助加深对材料结构理解的典型晶体结构排列和晶向标定等实验项目。实验内容基于材料科学基础、材料分析测试技术等专业理论课程,目的是培养学生制备材料、测试性能、分析数据以及解决问题的能力,是开展综合实验课程和毕业设计的基础。

随着时代与技术的进步,高校对于课程教学模式的探索越发重视,实验课程的教学改革亦是以产业需求为导向的人才培养优化进程中的重要组成部分^[4-7]。在国际 21 世纪教育委员会的报告《教育——财富蕴藏其中》中,提到教育的四大支柱——使学习者“学会认知、学会做事、学会共处、学会生存”^[8]。越来越多的教师注重学生的价值塑造和兴趣激发,进行教学研究。如采用多学科融合培养模式、成果导向教学体系、自主创新导向的混合教学,以及问题为基础的教学法,应对实验课程面临的资源配置跟不上、内容单一和更新慢、学生操作少、与实际工作脱节等问题;以思政融入、科教融合、教学体系重塑、教学资源建设、学时分配和成绩评价改革等具体措施推进对于学生专业素质、创新意识和批判思维的培养^[9-13]。

实验课程的开展需要相应的资源支撑,课程资源可分为实物资源和虚拟资源。实物资源包括设备、物料资源等,虚拟资源包括时间、操作技能、创新思考空间、外引教学资源等,如图 1 所示。其中,设备和时间资源通常不能轻易改动。基于现有客观条件,教师应当根据教学需求对上课方式和内容进行调整,尽可能让学生获得更多的技能。而要在有限的设备和学时条件下达到该目标,则需要教师调节或开发尽可能满足学生需求的物料、操作技能、创新思考空间和外引教学资源,丰富课堂内容。在创新思维培养方面,基

础实验课程首先考虑让学生掌握基础实验操作和思考方式,培养动手能力,为综合实验建立基础。其教学内容在一定程度上更关注广度,而深度有限,而综合实验在结合专业研究设置思考项、引导学生设计实验方案方面更有优势。

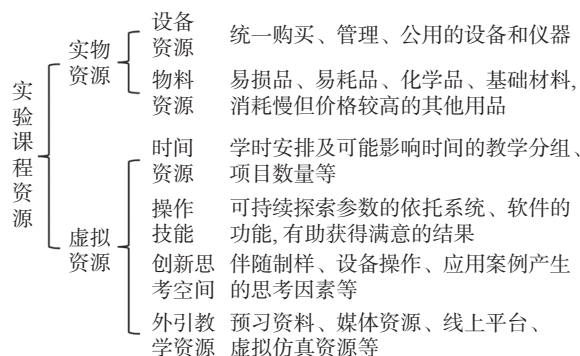


图 1 实验课程资源分类

实验课程可以“教育的四大支柱”为指导设置教学内容,以各实验项目为基础,以每堂课所学为引子,在过程训练中助力学生提炼出解决实际问题的思路。要达到该目标,必然需要能够满足教学需求的资源配置。但不可否认,实际教学中仍然存在资源有限的情况。相比于更加贴近于专业研究的专业技术实验和专业综合实验,专业基础实验的教学效果往往与有限的实物资源有更加密切的关系,又受到设备功能和实验创新设计的影响。本文以新能源材料与器件专业基础实验课程中的实验项目为例,分析实验课程中常见的有限资源问题,探讨相应的课程优化思路。

1 实验课程面临的资源问题

1.1 设备台套数与学生数不匹配,无可持续操作的技术性步骤

部分实验项目的设备、技能、物料、学时资源中的某几种资源有限,但学生有一定的自我思考空间和实验需求。在该类实验项目中,所用设备一般售价较高,内含精密部件,使用、维护要求高,检修和更换零部件的费用昂贵,因而台套数有限,即设备资源有限。无可持续操作的技术性步骤是指在设备和学时有限的情况下,没有配置可供学生持续操作,用以提高个人技能或者探索参数变化对结果影响的软件或硬件功能,即技能资源有限。

以材料的热重、差热分析为例。热分析是材

料类专业学生需要学习的基础实验项目, 可帮助学生掌握数据分析及应用能力。热分析仪在给定测试条件的情况下, 从放样、设置参数到获得结果的过程, 操作难度较小, 但学生不熟练的操作手法可能损坏设备部件或使样品污染仪器内部, 影响后续教学和科研的使用。此外, 由于测试结果的获得需要一段等待升温的时间, 所以在有限的学时下, 一般不安排每位学生完整经历从制样到保存结果的过程。与此类似在材料热膨胀系数测定实验中, 即使有多台设备, 考虑到高温操作的安全性、升降温等待时间和节能问题, 也不宜分配给每个学生单独操作。此类实验项目偏向于演示实验和观察性实验^[14]。

1.2 设备台套数与学生数不匹配, 有可持续操作的技术性步骤

部分实验项目设备资源有限, 但技能资源丰富, 学生有一定的创新思考空间。这类实验的问题在于, 设备台套数极少, 不可能每个人同时操作。

以扫描电镜电子图像观察及能谱分析实验为例。采用场发射扫描电镜表征材料的形貌和进行元素分析是比较基础且方便的材料表征手段, 在各类实验教学或科研中应用广泛, 该实验的优势表现在以下3个方面。

1) 扫描电镜可操作的功能丰富, 可测样品多样, 结果随着操作手法调整显示出直观的变化, 使用者只需多次操作就能熟练使用常用功能。只要时间允许, 使用者便可以一直探索, 即有可持续操作的技术性步骤。

2) 实验中, 制样和获取图像的过程操作难度适中, 学生能够熟悉和掌握一部分实用的操作技能, 锻炼理解和动手能力。即使操作手法不熟练, 也不太可能损坏仪器, 影响后续教学和科研的使用。

3) 所学习的操作技能可以随学时灵活调整。在有限的学时下, 只要分组合理, 每个学生都可以操作制样和调节图像环节, 领悟操作思路, 并在拍摄过程中思考影响图像效果的因素。

再如材料的X射线物相鉴定实验, 学生们都可以按流程制样、放样、设参数、存数据, 测试时间短, 数据呈现快, 结果受参数影响变化直观。其中, 样品的制备手法、测试参数设置及其对结果的影响值得不断探索和尝试, 数据分析和图像处理值得学生相互讨论和寻找技巧。

1.3 设备台套数与学生数匹配, 有可操作的技术性步骤

部分实验项目设备资源适度, 但技能资源、创新思考空间有限, 常见于材料物理性能、电学性能测试实验。该类项目的优势表现在以下两个方面。

1) 实验所用设备体型较小, 台套数满足分组上课学生的使用需求。

2) 在了解基本的原理、仪器功能之后, 学生根据老师发布的任务完成测试, 是基本的上课模式。学生通过对仪器或软件的调节, 可以探索结果的影响因素, 但不需要考虑个人的手法和技能对结果准确度、清晰度的影响, 也不必持续操作, 每个人都有时间完成一部分数据的测试和记录。不足在于, 部分同学认为实验内容的布置限制了其自我发挥和创新的空間。

1.4 教具数量与学生数匹配, 无可操作的技术性步骤

部分实验课程实物资源适度, 创新思考空间较大, 但技能资源不足。以典型晶体结构排列和晶向标定实验为例, 实验中无需使用设备或软件, 不需要调节参数或进行复杂的操作。课程所用教具为晶体结构模型, 模型数量充足, 拆装没有技术要求。学生有大量的时间摸索模型, 回顾理论知识, 其不足表现在以下两个方面。

1) 学生在实验中接触的实物类型单一。

2) 模型虽然有助于将学生的想象具体化, 但又不如动态虚拟模型给予的想象和操作空间大。

1.5 实验项目间内容关联性弱

基础实验课程考虑让学生较为广泛地接触专业相关的仪器设备, 设置项目较多, 但是常有实验项目之间关联性较小的问题。由于样品不同, 项目时间间隔不同, 实验开展没有固定顺序等原因导致实验项目之间的联系不紧密, 学生难以通过基础实验课形成严密的知识体系。该问题与设备资源、时间资源限制有关, 如一台设备或一间实验室用于多个专业的多门实验课程导致资源协调问题, 以及实验项目无法紧跟相关理论课程完成导致时间差问题。

2 实验课程的优化目标

实验课程的优化, 应以想要达成的教学目标为指引, 在实际操作中找到不同实验项目的共通

性,不断优化课程内容,补充因资源有限问题导致的不足。项目实操注重对于学生逻辑、操作、情感和交往思维的训练,使学生学会认知、做事、共处和生存^[15-16]。在教学方法上,灵活使用讲授式、问题探究式、训练与实践式方法,适讲、适看、多操作,设定目标,引发探索,把发现问题的空间留给学生,锻炼学生的总结和表达能力^[17-19]。

学生通过课程学习,应能够自己总结出学习思路,这一思路包括:1)根据实验指导书转化出自己的学习目标,清楚需要认知的对象,形成学习动机和探求未知的热情^[20];2)能够描述设备主要结构和实验原理、制样和操作要求及应用案例,并自发思考每一步操作的联系和实验结果的影响因素;3)用科学的语言分析和总结,领会实验规范和研究精神,掌握学习工具和求知手段,学会实事求是、举一反三^[21]。学生通过实验课程的学习,能够在未来遇到新的仪器时,游刃有余地找到了解和应用这台仪器的方法。在团队探讨项目的过程中,获得处理人际关系、管理群体的行为技能,了解自身、尊重他人,学会认同、分享与合作,并由实际的体验获得满足感^[22-23]。

每一次实验都是认识与实践转化的过程,一次实验只对应单项操作技能,数次实验能够使学生提高操作和思索相结合的综合能力。教师应该跳出单纯的实验教学,而期望在拥有不同项目的整个实验课程结束时,让学生在一定程度上掌握上述技能,形成良好的实验习惯和自主学习能力,允许学生的创造性、差异性,让学生领悟运用知识的智慧^[24-25]。

3 实验课程的优化思路

3.1 明确学习重点,强化拓展思考

对于设备数量少,且无可操作技术性步骤的实验项目,教师需要思考如何抓住学生的学习兴趣,让学生尽可能学到在研究过程中实用的内容,同时尽可能给学生提供动手的机会。

1)将学习重点放在对设备用途、构造、原理的了解,样品制备、参数选择的学习,以及数据的处理和分析;利用仪器实物使学生对于相关名词、含义的理解具体化,并与其他仪器之间形成对比。

2)学生在测试过程中,穿插进行整理步骤、

记录现象、了解应用等环节;教师适当扩展,引发学生对于样品制备、参数选择、曲线对比及误差分析的讨论和思考;学生思考每一步操作的目的、前后步骤的关联以及影响因素,同时尝试以书面语言表述。

3)减少每组实验的人数,让每位同学参与操作过程;同组学生共同完成从制样到获得结果的过程,感受合作完成项目的乐趣。

4)引入虚拟仿真实验技术、线上教学资源等用于学生的预习、课堂练习和课下思考,实现师生互动、生生互动;以分析不同测试数据结合思考题的方式,对学生进行技能训练,鼓励学生进行实验设计。

以材料的热分析实验为例。首先,学生认识仪器的构造及原理等。然后,同组学生共同完成条件选择、放样、设置参数、测试等步骤。测试开始之后,学生根据教师提前测试的数据分析,思考样品的成分和含量在已知、未知情况下分别如何选择测试方法和条件,以及如何根据测试目的分析曲线。最后,学生学习 Origin 作图,并整理、讨论课堂内容。

这项实验中,学生的兴趣点主要在于共同讨论问题、学习用 Origin 作图的过程。设计优势表现在以下 3 个方面。

1)相关内容对学生而言是新鲜的、充实的,能引发相互指导和热烈探讨的,因而使课堂有活力。所讨论的问题作为延伸拓展,不限于本堂课的具体材料和测试条件,意在让学生体会如何灵活运用热分析测试达到实验目的。

2)思考内容的准确描述和回答对于学生而言是个挑战,涉及设计测试条件的思路训练。

3)热分析实验排在课程比较靠后的位置进行,并且图像呈现的内容相比于其他实验更复杂,此时要求学生用 Origin 软件完成,既不会对学生造成过大压力,又能够使其提升作图技能,体验专业软件的实用功能。通过学习,学生的作图、思考分析以及描述结果的能力获得锻炼,该技能还用于其他课程。

3.2 领悟操作思路,提高分析技能

在有限的时间里,让学生充分理解某一功能的用途,对学生来说就是收获,可以从以下 3 点来开展此类实验教学。

1)让学生了解设备的用途、构造和原理,以

及制样要求, 根据学生的能力放开可操作的技能部分, 重点是让学生领悟到如何获取令人满意的图像或数据, 如何处理、分析结果, 这涉及参数设置、常用功能、操作熟练度和分析思路。实操发现, 这些内容能够使教学过程充实, 并且在学生掌握操作技术的同时引发思考, 以思考带动操作能力的提高。

2) 教师合理规划学生的时间, 考虑如何在一个学生进行操作的同时, 调动其他同学探索和讨论的兴趣。设置思考题、讨论项目等, 让学生用不同的样品、同一样品的不同位置、不同的参数操作寻找规律, 相互指导。

3) 借助线上教学资源, 如虚拟操作网站、知识拓展链接和视频等, 充实学生的时间。

以扫描电镜电子图像观察及能谱分析为例, 该实验教学的重点可以放在制样和操作部分。样品来自教师提前准备的粉末、块体等样, 以及临时由学生取自周围环境的样品, 制样的每一步由学生轮流完成。操作设备时, 教师演示基本功能后, 学生逐一操作, 教师从旁指导。前几位同学操作时, 教师指导较细致, 后面操作的同学则会自然而然被其他同学指导。在相互指导、共同探讨的过程中, 学生逐渐熟悉操作, 找到调节的规律, 时间允许时还会进行第二轮操作, 验证自己是否掌握。学生们围绕在仪器周围, 训练技能的同时, 讨论每一步操作与呈现图像美观度、清晰度的关系, 倾听、观察、思考、动手、表达、记录同时进行, 高效提升能力。课程结尾, 学生总结感想, 教师说明如何查阅参考文献, 用科学的语言分析概括。在堂课上, 学生的兴趣点主要在于制样、操作、讨论的过程, 这部分内容对学生而言是期待已久的, 能引发热烈讨论, 因而课堂氛围活跃。优化图像结果的思路不仅能被用于各种实验操作分析, 也能被用于实际生产的因素分析。

3.3 探索规律, 收获启发

对于设备台套数与学生数匹配、有可操作技术性步骤的实验项目, 教师可在给定整体思路的情况下, 引导学生找到可以改变结果的变量因素。学生在操作中寻找规律、相互比较, 共同总结出基于系列数据的结论。

以压电陶瓷材料介电常数测定为例, 教师设定以测得良好的导纳圆并据此分析器件为目标, 引导学生找到可以探索的内容, 如样品尺寸、夹

持方式、频率调节等。测试初期, 学生对于测试曲线和调节方法不熟悉、没思路, 课堂氛围较安静, 教师给予学生一定的摸索时间并观察, 必要时进行提示。当有学生小组逐渐测到更好的导纳圆, 便会将喜悦的情绪体现在表情、语言、动作上, 感染其他同学, 引来他人的观摩。当各组同学都找到方法测出结果之后, 会进一步找原因、寻规律, 探索如何得到更圆滑的曲线, 选择一个较为满意的结果记录到报告中。通过这种方法, 学生能够体会如何寻找、调节变量因素。不同组学生在测试中展开热烈的讨论, 并总结出一定的技巧和测试心得, 获得成就感。

3.4 活用理论, 合作进步

面对实物资源适度、创新思考空间较大, 但技能资源不足的实验项目, 教师应思考如何使学生利用教具更扎实地学习到相关知识。

1) 课堂上, 布置思考项目, 安排学生分组讨论汇报。

2) 预习和复习阶段, 利用线上课程、知识链接、虚拟操作网站、动态模型视频等敦促学生巩固知识、加深理解。

在典型晶体结构排列和晶向标定实验中, 教师举例讲解从哪几方面(如晶体结构、原子分布、堆积方式、配位键、晶胞、物质举例)对晶体结构进行分析。学生分组后自选不同的模型, 在规定时间内查找资料、整理语言, 最后以手持模型为例, 向其他同学讲解基本概念, 并进行扩展介绍。在此过程中, 学生能够将所学知识用于实际分析, 同时培养其自我探索、口头汇报的能力, 促进同学之间的相互学习。

3.5 优化课程安排, 建立项目联系

改进实验项目关联性弱的问题需要实验教师的统筹规划, 改善途径主要是优化课程安排、实验数量和学时分配, 以及在不同项目之间选用相关联的实验材料。为实验课程排课分组时, 考虑每个项目与理论课相关内容的的时间差, 以及学生上课的时间差; 在不同项目之间建立分析思路、应用场景等方面的联系, 让学生感受到不同内容和性质的实验也有其关联性。

4 结束语

实验教学期望学生联系所学理论, 理解实验原理, 了解设备构造, 熟悉仪器操作, 提炼分析

思路,明晰测试手段在实际工程中的应用,为学生未来从事相关行业工作打下基础。教学应以人才培养目标为指引,对于因资源有限而引发的问题,以项目学时为前提条件,若设备、物料、操作技能资源有限,就尽量扩大创新思考空间和外引教学资源;若设备、物料、操作技能资源比较充实,就适当穿插创新思考和外引教学资源。这种处理方式能够应对基础实验课程中的有限资源问题,使学生在课堂上有充足的动手和表达时间,在课外持续思考、学以致用,提升操作技能、创新思维、分析总结和沟通协作能力,也为专业技术实验和综合实验提供了丰富课程内容的思路。

参考文献

- [1] 刘劲松,张校刚.“双碳”背景下新能源材料与器件专业人才培养探索与实践[J].储能科学与技术,2023,12(3):985-991.
- [2] 王志涛,上官恩波,翟海法,等.“碳中和”背景下新能源材料与器件专业建设探讨[J].科教导刊,2023(11):41-43.
- [3] 吴雅罕.新工科背景下新能源材料与器件专业课程教学改革研究[J].科教导刊,2022(36):63-65.
- [4] 蒋坤朋,徐华蕊,朱归胜,等.新工科背景下专业核心课程群产教协同探索:以新能源材料与器件专业化学电源设计与工艺核心课程群为例[J].教育教学论坛,2023(28):30-33.
- [5] 周启航,杨培志,罗川旭,等.新工科背景下虚拟仿真教学模式探索及应用场景分析:以新能源材料与器件专业为例[J].产业与科技论坛,2023,22(10):190-191.
- [6] 宋鸽,王建,王慧,等.基于科研平台的新能源材料与器件专业本科实验教学改革探索[J].中国轻工教育,2022,25(6):77-82.
- [7] 王慧奇,王美,王立勇,等.工程教育认证背景下高校工程专业建设的探索:以新能源材料与器件专业为例[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2023(1):61-64.
- [8] 刘丰霞.教育四大支柱的内涵及其当代教育意义:重读《教育:财富蕴藏其中》[J].教育实践与研究(C),2019(6):4-7.
- [9] 刘飞,查晓明,徐箭.电力电子技术实验教学在新工科培养模式下改革与探索[J].高教学刊,2019(12):129-131.
- [10] 李卫芳,李旭,王冬梅,等.创新能力培养为导向的混合式实验教学模式的探索与实践[J].生命的化学,2022,42(12):2279-2287.
- [11] 刘慧颖,王淑英,任仰武,等.环境卫生学PBL+虚拟仿真混合式实验教学模式的构建与实践[J].卫生职业教育,2023,41(9):100-103.
- [12] 杨特育,王俊.新工科背景下电工电子基础实验教学模式实践探索[J].遵义师范学院学报,2023,25(2):102-105.
- [13] 赵春霞,周静,顾少轩,等.基于OBE理念的新能源材料与器件专业实验教学探索与实践[J].高教学刊,2019(18):83-85.
- [14] 张守庚.高校实验课的分类和特点[J].实验室研究与探索,1991,10(1):33-35.
- [15] 陈小明,王丹.工科新能源材料领域的思政实践[J].广东化工,2023,50(13):220-222.
- [16] 李艺娟.新能源材料与器件专业教师课程思政能力提升研究[J].科教文汇,2023(21):124-126.
- [17] 李谦,赵学玉,杨俊杰,等.新能源材料与器件专业与STEM教育理念融合的实践探索[J].科教导刊,2023(17):40-43.
- [18] 金传玉,徐彩萍,赵利民,等.基于OBE教育理念的材料专业教学改革:以锂离子电池原理与关键技术课程为例[J].高教学刊,2023,9(12):136-139.
- [19] 吴珏,高伟萍,温奇灵,等.“两性一度”理念在新能源专业课程教学中的实践:以“电池材料与器件”课程为例[J].云南化工,2023,50(11):197-199.
- [20] 袁益民.试论教育综合改革的“四大支柱”:也谈“双减”等现象级教育问题的根本解决之道[J].教育视界,2022(25):5-11.
- [21] 李睿颖.重塑对科学素养的理解与认识:评《科学素养的反思》[J].化学教育(中英文),2023,44(1):129.
- [22] 谭文娟,谭细龙.我国学校教育目的的历史演进与特色[J].教学与管理,2022(30):10-13.
- [23] 朱镜人,葛琪.论学校教育中有价值的活动:基于彼得斯分析教育哲学观[J].教育与教学研究,2022,36(9):17-27.
- [24] 李政涛.教育的灵魂在哪里[J].教育,2017(6):1.
- [25] 罗卫星.从一粒沙子里发现灵魂[J].湖南教育(A版),2016(5):44.

编辑 王燕