

信息化技术在有机化学实验教学中的应用浅析

李瑞歌¹, 吕东灿¹, 高光芹¹, 许家喜^{1,2}, 申文波^{1,*}

¹河南农业大学理学院, 郑州 450002

²北京化工大学化学学院, 北京 100029

摘要: 旨在探讨多样化的信息化技术在有机化学实验教学中的应用, 以及这些技术如何改善教学效果、激发学生学习的兴趣和积极性, 提高学生的实验技能和创新能力。通过分析当前有机化学实验教学的现状, 本文提出了一系列创新的信息化融合教学改革方法, 并探讨了信息化技术在这些方法中的应用潜力。分析了现代化信息技术在高等教育中面临的挑战和机遇。

关键词: 有机化学实验; 信息化技术; 教学改革; 创新能力; 实验技能

中图分类号: G64; O6

Application of Information Technology in Organic Chemistry Laboratory Teaching

Ruige Li¹, Dongcan Lv¹, Guangqin Gao¹, Jiayi Xu^{1,2}, Wenbo Shen^{1,*}

¹ College of Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China.

² College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

Abstract: This paper examines the application of various information technologies in organic chemistry laboratory education and investigates how these technologies can enhance teaching effectiveness, stimulate students' interest and enthusiasm for learning, and improve their experimental skills and innovative capabilities. By analyzing the current state of organic chemistry laboratory education, this study proposes a series of innovative pedagogical reform methods that integrate information technology and explores the potential of these technologies within these methods. Additionally, the paper discusses the challenges and opportunities presented by modern information technology in higher education

Key Words: Organic chemistry laboratory; Information technology; Teaching reform; Innovation ability; Experimental skill

1 引言

化学作为一门基础学科, 在高等教育教学中起着十分重要的作用, 而化学学科中的有机化学, 更是化学、化工、环境、材料、生物、医药、农药、轻工等专业的基础课, 掌握相关的有机理论知识和实验操作对专业学习和发展具有重要的理论和实践指导作用^[1]。有机化学实验作为有机化学理

收稿: 2024-05-10; 录用: 2024-07-09; 网络发表: 2024-08-19

*通讯作者, Email: shenwenbohit@163.com

基金资助: 2023年校级教改项目成果(2023XJGLX125); 2023年河南省高校实验室工作研究会研究项目(ULAHN202320); 2024年校级高等教育教学改革研究与实践项目(2024XJGLX134)

论课程的重要支撑^[2-5],是培养学生基本素质和科研能力的重要教学环节,它能够帮助学生巩固和深化有机化学的理论知识,培养学生的实验技能和科学态度。

在高等教育教学过程中,对于有机化学理论课和实验课的教学目前大都仍停留在传统的教学模式,缺少信息化技术的应用。随着科技的进步,信息化技术的表现形态越发多元化^[6-9]。目前,互联网、大数据、人工智能等新兴信息技术与教育教学的融合,正在构建网络化、数字化、个性化、终身化的教育体系。信息化技术的应用不仅能够提高教育资源的利用效率,还能够促进教育公平,使得优质教育资源得以共享,同时也为个性化和终身学习提供可能。

信息技术的快速发展为教育领域带来了新的机遇和挑战^[10-13],如何有效利用信息化技术改变传统的教育教学观念、教学组织形态、教学方法手段和教学与学习方式是值得深入探讨的问题。如何更好地利用信息化技术提升有机化学实验教学的质量和效率,如何通过有机化学实验教学培养学生的创新能力和科研素养,促进高等教育教学中教学模式和教学方法的改革创新势在必行。通过融合信息化技术和有机化学实验教学^[8,14,15],可以为学生提供一个更加丰富、灵活和互动的学习环境,有助于提高学生的学习兴趣 and 科学探究能力,同时也为化学教育的改革和发展提供新的思路和方法。

2 有机化学实验教学现状分析

有机化学实验作为有机化学理论课的重要支撑^[1,16],对于学生理解有机理论知识、加深理论与实践的联系十分重要。目前,有机化学实验教学仍处于以教师为中心、学生被动接受、缺乏积极主动思考的状态,尤其在农林院校,有机化学实验往往处于无足轻重的地位,进而造成在实验教学过程中出现教师重视不足、学生理解不深入的现象。总结有机化学实验教学出现的问题有以下几点。

2.1 教学资源的局限性

传统的有机化学实验教学往往依赖于实体实验室和有限的教材资源。这种模式下,学生接触到的实验类型和实验设备可能较为单一,难以满足学生对于多样化学习的需求。此外,实验材料的更新可能不够及时,势必会导致学生无法接触到最新的化学研究成果和实验技术。

2.2 学生参与度不高

在传统的教学模式中,学生更多地扮演观察者和执行者的角色,而非实验的设计者和主导者。这种被动的学习方式会导致学生缺乏主动探索和深入理解实验原理的动力,从而影响学习效果和兴趣的培养。

2.3 实验操作技能提升有限

由于实验课时的限制和实验内容的传统化,学生没有足够的机会去练习和掌握更为复杂和先进的实验操作技能。此外,一些实验过于注重操作流程而忽视了原理的讲解和探究,导致学生在实验技能上的成长受到限制。

2.4 理论与实践脱节

在某些情况下,实验教学可能过于强调操作技能的培养,而忽视了理论知识与实验操作的结合。学生可能在完成实验任务时缺乏对化学原理的深入理解,导致理论知识和实践技能之间的脱节。

2.5 安全意识和环保意识不足

高校实验室每年因为教师或学生操作不当、试剂存放不规范和水电使用等问题引起的实验室安全事故时有发生,大都是因为师生建立的安全意识不强、重视程度低造成的。有机化学实验会涉及到有毒有害的化学物质和反应,如果教学中未能充分强调安全操作和环保意识,学生可能会忽视这些重要方面,从而带来安全隐患和环境污染问题。

综上所述,为了解决这些问题,有机化学实验教学需要不断探索和改革,引入现代化的教学手段和技术,不仅可以丰富教学资源、增加学生的主动学习和探究机会、更新实验内容以紧跟学科发展的步伐,而且可以强化理论与实践的结合、提高学生的安全和环保意识。

3 信息化技术在教育中的应用概述

随着信息化技术的高速发展,现代信息化技术应用于教育领域的方式逐渐多样化^[9,17]。例如自2020年以来,MOOCs等大量的在线课程如雨后春笋般涌现,为学生的学习提供了来自世界各地大学的高质量课程和内容,极大方便了学生的自主学习。学生可以通过网络平台,随时随地访问课程资源,提高时间利用率。同时,信息化技术^[2]手法的出现为教师评价教学效果提供了更多方法。教师可以通过在线测验、实时反馈系统、微信群、微博等学习平台,提高学生的参与度与学习效果。但是,目前信息化技术应用于教育领域的范围还十分有限,方式也过于单一化,无法充分发挥和展现现代化信息技术的优势,在创新应用方面仍具有很大的发展空间。

4 信息化技术在有机化学实验教学中的创新应用

信息化技术^[18]的快速发展给人们的生活带来了便利,尤其近年来,随着计算能力的增强和数据的大量积累,人工智能(AI)取得了巨大的进步。多样化的现代信息化技术为有机化学实验教学的改革创新提供了新思路。如在线虚拟实验室的应用、AI在教学中发挥的作用、AR带来的实验视觉冲击、移动平台带来的教学便利^[9,19-21]。

4.1 在线虚拟仿真实验室的应用

有机化学实验常常涉及到许多有毒、有害、强腐蚀、强氧化还原性的试剂,尤其易燃易爆化学品的使用,会造成实验安全系数的降低。因此,在线虚拟仿真实验室的应用,一方面可以避免实际实验中可能存在的安全隐患,如有毒化学品的使用、火灾或爆炸等风险,从而保障学生和教师的安全。另一方面,使用在线虚拟仿真实验室可以降低实验教学的成本,无需购买大量实验设备和化学品,节省实验室维护费用,并且可以多次重复进行实验而无需额外费用。再者,在线虚拟仿真实验室可以提供丰富多样的实验场景和模拟操作,学生可以在不同情境下进行实验,增强实验技能和实验设计能力。在线虚拟仿真实验室的应用,不需要处理大量的化学废液和实验室废弃物,对环境更加友好,符合可持续发展的教育理念,有利于培养学生的环保意识。因此,在有机化学实验教学中,推进在线虚拟仿真实验室的建设,有利于降低实验教学成本、提高教学效果、增加学习资源、为学生提供个性化的学习。如图1的简单蒸馏实验和减压蒸馏实验实例所示,实验中用到的加热设备和腐蚀性试剂采用虚拟仿真实验操作,可以保证实验安全,同时也能在操作中发现并记录,有利于实际线下实验操作的开展。



图1 虚拟仿真实验技术在实验项目中的应用实例

4.2 利用人工智能(AI)进行个性化教学

在有机化学实验中,可能会涉及使用价格比较昂贵的试剂,而且预实验时无法保证100%的成功率,如果盲目开始实验,极有可能造成试剂的浪费,甚至可能出现安全问题。利用AI,可以进行计算模拟,经过准确的模拟计算,可以预估实验路线的准确程度及成功率,计算产出率。如此,就能

能够在实验开始前得出一个全面的评估方案, 可以根据大量的文献和实验数据计算模拟出最佳的合成路线, 预测最佳反应条件, 降低成本, 提高研究效率。例如对于对硝基苯胺的合成实验, 合成方法可以选择硝化法、氨解法及光化学脱氢方法, 通过AI智能分析, 可以分析出更适合在实验室操作的方法, 即通过酰化保护为乙酰氨基, 然后在低温条件下对乙酰化后的化合物进行硝化, 从而引入硝基。硝化后, 再通过水解步骤去除保护基团, 恢复氨基, 即可得到对硝基苯胺。

AI不仅能够促进实验教学的改革创新, 同时也能够促进学生对有机理论知识的理解与吸收。例如, 通过智能辅导系统, 学生可以在遇到问题时随时提问, 及时得到反馈和指导, 这有助于提高学习效率和理解深度。

AI提供的个性化学习路径丰富^[22]。如利用ChemDraw, 可以绘制有机分子结构, 预测反应产物, 并能够提供详细的反应机理信息, 而且可以通过3D结构的形式展现出来, 这对于增加学生学习兴趣效果显著。如Coursera和edX平台^[23], 可以提供有机化学的在线课程, 其中包括实验操作的视频教程和互动式的学习活动。这些平台使得学生能够随时随地进行自主学习, 并能够提供丰富的资源来辅助理解复杂的化学概念。如图2所示, 对硝基苯胺实验, 可以利用ChemDraw对实验原理及路线进行分析。

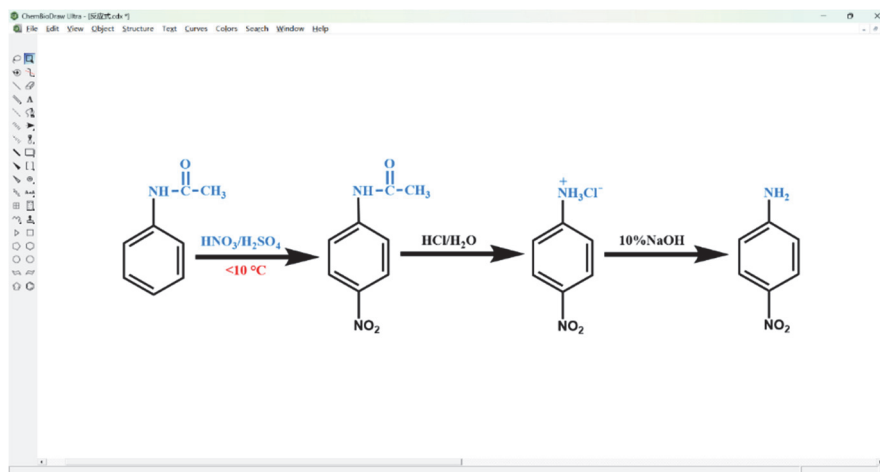


图2 ChemDraw软件在实验教学中的应用实例

AI不止为实验设计提供思路, 而且能够用于数据处理和分析。AI可以根据学生在虚拟仿真实验中的表现, 提出具有针对性的改进意见, 如ChemPro.AI, 它可以基于数据科学、物理建模和人工智能技术, 为化学合成路径探索及其工艺研发提供支持。

总之, AI技术在有机化学实验教学中能够起到虚拟实验平台、数据分析与挖掘、智能辅助教学、虚拟实验设计与优化以及自动化实验设备等多方面的作用, 可以提高教学效果, 促进学生对有机化学实验知识的理解与掌握。

4.3 利用增强现实(AR)技术提高实验教学效率

增强现实(Augmented Reality)技术是一种将虚拟信息与真实世界巧妙融合的技术, 广泛运用了多媒体、三维建模、实时跟踪及注册、智能交互、传感等多种技术手段, 将计算机生成的文字、图像、三维模型、音乐、视频等虚拟信息模拟仿真后, 应用到真实世界中, 两种信息互为补充, 从而实现对真实世界的“增强”。AR技术可以为学生提供沉浸式学习环境, 能够将虚拟的化学实验环境与真实世界结合, 提高安全性, 让学生在安全的条件下体验实验操作, 增强沉浸感, 提高学习效率。同时, AR技术可以促进学生对抽象概念的理解: 有机化学中的分子结构和反应机制往往难以直观展示, AR技术可以将这些抽象的概念以三维可视化的形式呈现, 帮助学生更好地理解和记忆。利用AR技

术,可以将有机化学实验的步骤和原理以虚拟的形式呈现在学生眼前。学生可以通过AR应用在现实场景中观察虚拟实验的进行过程,包括反应物的混合、反应过程、产物生成等,从而更直观地理解实验原理。对于资源有限和地理位置偏远的教育机构,AR技术的应用可以突破时空限制,支持教师远程教学,能够让学生在偏远地区参与到实验学习和操作中,如此,可以更好地促进教育资源的分配和利用。

AR技术在有机化学实验教学中的应用为学生提供了一个更加直观、互动和安全的学习和实验环境,有助于提高学生的学习兴趣、理解能力和实验技能,同时也为教师提供了新的教学工具和方法。如图3所示,是基于化学实验辅助教学开发设计的一款AR软件,可用于分子结构及反应过程的可视化展示,如氧化铁和盐酸的分子结构及相应反应过程可用AR软件进行模拟,效果显著。

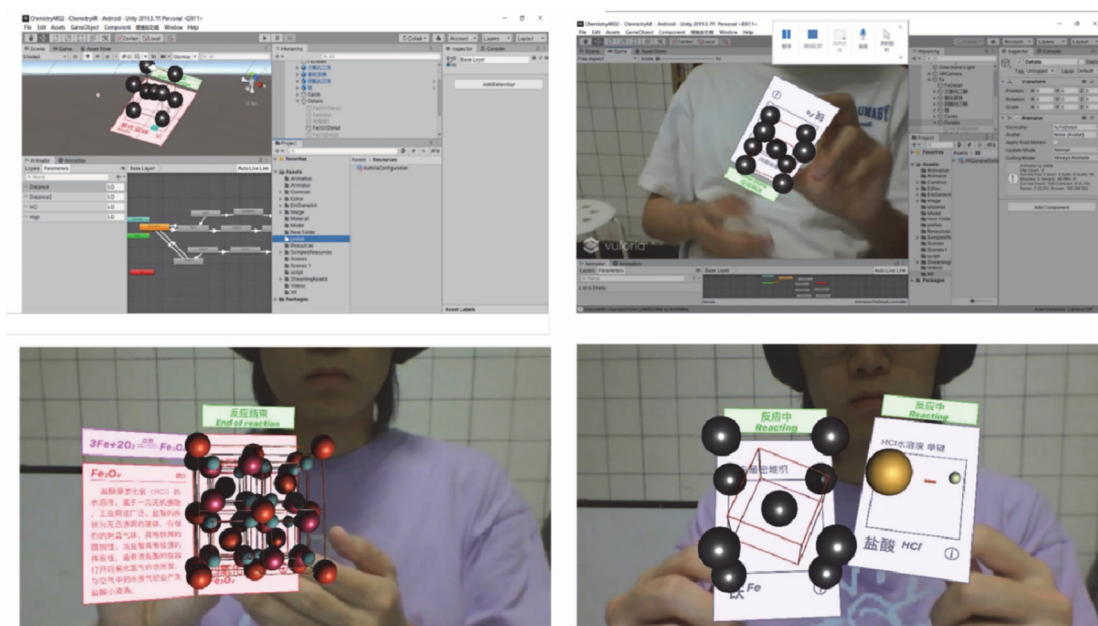


图3 AR技术在有机化学实验教学中的应用实例

4.4 移动学习平台的利用

为了有效解决有机化学实验教学中出现的问题,提高教学效果,移动学习平台的利用,可以为教学模式的改革创新提供更广的思路。在有机化学实验教学中,我们发现学生对于实验课的认识只停留在动手操作上,并没有对实验的设计及思路进行深入思考,缺乏创新精神;同时,除了实验教师的理论和操作内容讲授外,学生们缺少与教师的互动,并不能让教师及时获得学生学习效果的反馈。如果借助移动学习平台,可以改善这种情况,进而解决问题。

移动学习平台可以提供有机化学实验的指导手册和视频教学资源,帮助学生在实验前预习实验内容和操作步骤。这种方式可以让学生更好地准备实验,提高实验成功率和学习效果。例如,建立有机化学实验微课,将实验原理和操作部分录制成视频,可以要求学生在实验开始前进行预习,加强学生对实验的思考。实验结束后,利用慕课、Lumina等平台让学生实现线上实验报告与作业提交,教师可以通过平台及时查阅和评价学生的实验成绩和表现。这种方式简化了实验报告和作业的管理流程,提高了教学效率。同时,移动学习平台如慕课、微课等可以提供丰富的学习资源,包括有机化学实验的参考资料、学习笔记、习题解析等。学生可以通过平台获取学习资源,并与同学分享学习心得和经验,促进学习交流与合作。如图4所示,学生可以从微信公众号、微信群等移动平台获取学习资源,从而提高学习效率。



图4 微信公众号及微信群在化学实验教学中的应用实例

5 有机化学实验教学与信息化技术的融合设计

基于以上多种信息化技术手段的多功能体现,将多项信息化技术与有机化学实验教学进行融合,会促进有机化学实验教学效果的显著提升,并促进学生学习效率的提高。如将AI技术、虚拟仿真实验室、AR、慕课等用于有机化学实验的教学,以对硝基苯胺的合成实验为例。在实验开始前,先让学生通过AI技术查阅对硝基苯胺的合成方法有哪些,经AI技术分析,又结合学生需要掌握的实验技能,最终确定采用哪种合成方法。为了验证实验的可行性,利用ChemDraw先对合成路线及原理进行分析,再在虚拟仿真实验室的软件中进行模拟操作,以确保实验过程中路线的正确性及实验的安全性。实验操作过程中,利用移动学习平台(慕课、微课、超星学习)等为学生播放实验操作演示视频,帮助学生快速掌握实验操作,同时通过微信群、QQ群等在线交流平台随时解答学生遇到的问题。实验结束后,利用AI智能数据分析对实验数据进行处理。学生实验报告可通过慕课在线提交,教师可在慕课进行在线批改。具体的教学流程如图5所示。

通过教学实践证明,如图6慕课实例所示,将慕课用于有机化学实验教学,取得了一定的效果,如师生在慕课平台上的互动,促进了学生对知识的掌握。增加了教师对学生的了解程度。

6 结语

信息化技术在有机化学实验教学中的应用为教学改革带来了机遇,但是也面临着挑战。现代信息技术为学生的学习提供了增强学习体验,虚拟现实(VR)和增强现实(AR)可以提供沉浸式的学习体验,帮助学生更好地理解复杂的实验原理和可能涉及到的分子结构。慕课和微课等在线平台为师生提供了丰富的学习资源,如视频教程、互动模拟和学术文章交流等,为学生课外自主学习提供了帮助。而且数字化的工具还能自动化进行实验室管理,如试剂库存管理、同行评审流程等,从而提高教学效率。智能教学系统可以根据学生的学习进度和理解能力提供个性化的学习路径。信息化技术的利用为教学改革提供了新思路新方向,有利于教学效率的高效提高。

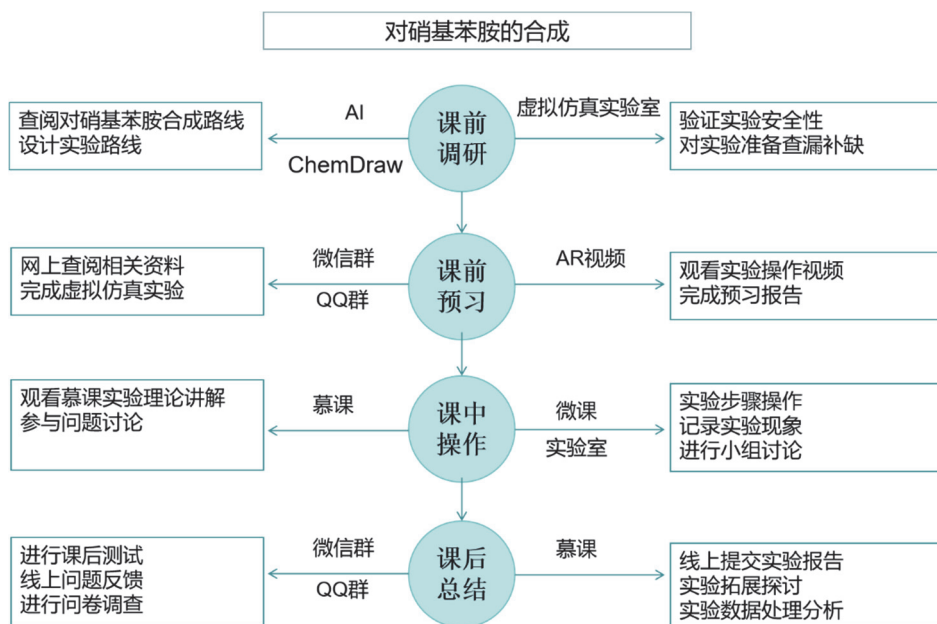


图5 教学设计路线图

老师课堂交流区

为什么可以利用色谱峰的保留值进行定性分析？

来自课件“思考题1”

+ 关注 回复 2 | 举报 | 管理

共 75 个回复

排序方式: 回复时间 投票数

因为在相同的色谱条件下，同一物质具有相同的保留值，当用已知物的保留时间与未知组分的保留时间进行对照时，若两者的保留时间相同，则认为两者是相同的化合物。色谱又称层析法或层析法，是一种物理化学分析方法，它利用不同溶质（样品）与固定相和流动相之间的作用力的差别，当两相做相对移动时，各溶质在两相间进行多次平衡，使各溶质达到相互分离。色谱保留值，不被固定相吸附或溶解的物质进入色谱柱时，从进样到出现峰，极大值所需的时间称为死时间，它正比于色谱柱的空隙体积，因为这种物质不被固定相吸附或溶解，故其流动速度与流动相流动速度相近

23K5黄佳怡_H... 4月18日

0 | 评论(0) | 举报 | 管理

因为在相同的色谱条件下，同一物质具有相同的保留值，当用已知物的保留时间与未知组分的保留时间进行对照时，若两者的保留时间相同，则认为两者是相同的化合物。色谱又称层析法或层析法，是一种物理化学分析方法，它利用不同溶质（样品）与固定相和流动相之间的作用力的差别，当两相做相对移动时，各溶质在两相间进行多次平衡，使各溶质达到相互分离。色谱保留值，不被固定相吸附或溶解的物质进入色谱柱时，从进样到出现峰，极大值所需的时间称为死时间，它正比于色谱柱的空隙体积，因为这种物质不被固定相吸附或溶解，故其流动速度与流动相流动速度相近

拖把粘屎戳谁... 4月18日

0 | 评论(0) | 举报 | 管理

图6 慕课技术在实验教学中的应用实例

虽然现代信息化技术在教学中已有较为广泛的应用，但是仅限于慕课、微课等常规技术；AI、AR和虚拟仿真实验室的应用还十分有限，有关AI人工智能的教学应用文献报道还比较少，而且AI、AR等的使用常需要教师和学生具备一定的技术知识和技能。信息化技术平台的高质量开发和维护需要相当的资金投入，这可能也是一个挑战。在线教学平台中往往会保存大量实验数据和师生信息等，防止数据泄露和滥用也是需要在使用过程中尤其注意的。同时我们也要注意，信息化技术不能过度使用，过多的技术应用可能会分散学生的注意力，影响学生对实验操作的专注，过度依赖虚拟仿真

技术可能会减弱学生的实际实验操作技能和经验。

随着人工智能技术的不断演进,更多智能化教学工具将会被开发出来,这些工具将成为教学决策和学习路径规划的重要依托,其发展将越来越多地依赖于学习数据分析和大数据技术。在学科融合的进程中,信息化技术将扮演促进角色,推动不同学科之间的融合发展。与此同时,随着大众环保意识的提升,信息化技术在教学改革中将发挥积极作用,尤其是在实验教学改革方面,朝着绿色环保和可持续发展的方向推进。充分整合现代信息化技术于教育改革中,将有助于推动未来教育发展迈上新的台阶。

参 考 文 献

- [1] 耿立广. 启迪与智慧(上), **2024**, *17* (2), 68.
- [2] 万丽. 化工管理, **2024**, *39* (10), 26.
- [3] 刘绪, 刘城芳, 黄杰, 李祥春, 赖文勇. 大学化学, **2024**, *39* (8), 112.
- [4] 方思敏, 黄微, 于冠华, 魏聪, 高明丽, 李光水, 田红军, 李婉. 大学化学, **2024**, *39* (8), 282.
- [5] 霍利军, 王明存, 赵天艺, 刘明杰. 大学化学, **2024**, *39* (6), 103.
- [6] 刘锐, 刘建, 唐岳川, 张朝阳, 黄静, 黄鑫. 含能材料, **2024**, *32* (4), 408.
- [7] 刘小平, 刘耀虎, 郑企雨, 朱相丽. 化学通报, **2023**, *86* (6), 748.
- [8] 周旋, 刘丽敏, 马祥梅, 王斌, 邢宏龙. 实验科学与技术, **2021**, *19* (6), 123.
- [9] 陈娟, 陶亮. 现代商贸工业, **2024**, *45* (1), 263.
- [10] 刘理华, 刘书群, 孟令国, 徐蕴. 淮北师范大学学报, **2024**, *45* (1), 87.
- [11] 马睿. 机器学习辅助定向进化提高奇异变形杆菌脂肪酶的甲醇耐受性[硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2023.
- [12] 李珺, 石晨, 李青原, 邵建群, 赵明. 医学教育管理, **2023**, *9* (S1), 41.
- [13] 陈路, 李亦彪, 李滨. 广东化工, **2017**, *44* (9), 277.
- [14] 关玲, 马错果, 边磊, 徐烜峰. 实验室研究与探索, **2019**, *38* (10), 235.
- [15] 张璐薇, 张璐, 郭婷, 王鸿伟, 彭锦峰. 数字技术赋能高等教育教学变革//首届教育数字化发展论坛论文集. 首届教育数字化发展论坛, 郑州, 2023年11月25日. 郑州, 2023: 85-88.
- [16] 陈华仕. 山东工业技术, **2019**, *38* (8), 221.
- [17] 李嘉诚. 具身认知视域下AR初中化学教育APP的设计与开发[硕士学位论文]. 南昌: 江西科技师范大学, 2022.
- [18] 陈冬梅. 化工设计通讯, **2023**, *49* (12), 111.
- [19] 焦健, 律涛, 穆玉理, 冯作勋, 苗婉玉, 刘彦. 实验室研究与探索, **2024**, *43* (2), 203.
- [20] 刘同山. 增强现实技术在中职化学实验教学中的研究与应用[硕士学位论文]. 大连: 辽宁师范大学, 2023.
- [21] 景富强. 高中数理化, **2021**, *24* (18), 65.
- [22] 张静, 孔璐, 王雅梅. 基础医学教育, **2023**, *25* (12), 1042.
- [23] 羊慧玲. Coursera慕课平台国际中文教育课程研究[硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2023.