

人工智能在分子化学教学中的应用——革新、实践与隐忧

胡浩*, 刘畅, 郭霖, 袁华, 黄林军

青岛大学材料科学与工程学院, 山东 青岛 266071

摘要: 随着人工智能(AI)迅猛发展, 分子化学教学迎来了诸多革新机遇, 却也面临一系列挑战。本文深度剖析AI在教学内容、方法、课堂模式以及师生角色转变等方面的创新实践, 并探讨其面临的问题。通过实际案例提出提升教师素养、完善教学资源建设等应对策略, 旨在推动AI与分子化学教学深度融合, 全方位提升教学质量。

关键词: 智能教学工具; 分子化学; 教学革新; 教学实践; 技术局限

中图分类号: G64; O6

Application of Artificial Intelligence in Polymer Chemistry Teaching: Innovation, Practice and Implicit Challenges

Hao Hu*, Chang Liu, Lin Guo, Hua Yuan, Linjun Huang

College of Materials Science and Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, Shandong Province, China.

Abstract: The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) has brought forth significant opportunities for innovation in polymer chemistry education, while simultaneously presenting a range of challenges. This paper provides an in-depth analysis of AI's innovative applications in various aspects of teaching, including curriculum content, pedagogical approaches, classroom dynamics, and the evolving roles of educators and students. Furthermore, it examines the associated challenges and proposes practical solutions through case studies, focusing on enhancing faculty competencies and optimizing educational resources. The study aims to facilitate the seamless integration of AI into polymer chemistry instruction, thereby comprehensively improving the quality of teaching and learning.

Key Words: Intelligent teaching tools; Polymer chemistry; Instructional innovation; Teaching practice; Technical limitation

随着计算机技术、大数据与算法的不断发展, 人工智能(Artificial Intelligence, AI)在全球范围内迅猛崛起, 并深刻改变了人们的生活与工作方式。而在教育领域, AI也对教学模式以及人才培养方式等方面带来了巨大的革新^[1,2]。2020年, 新冠疫情的爆发使传统的线下教学转向线上教学模式。在这一特殊时期, 诸如腾讯课堂、超星学习通、雨课堂、智慧树等网络教学平台及软件被迅速推广开来, 成为教师开展教学活动以及学生获取知识的关键工具^[3-6]。2024年, AI的发展态势更是日新月异, 推动了各大教育平台功能的大幅升级, 如智能批改、智能推荐、智能问答等功能纷纷涌现。

国家持续推进AI与教育融合的战略部署, 构建多层次政策体系推动实践创新。至2024年3月, 教育部深化实施“人工智能赋能教育行动”, 通过系统推进重点工程破解资源均衡化与教学创新等结构性难题^[7,8]。政策演进呈现“战略规划-平台建设-场景深化”的递进逻辑, 逐步形成“人工智能+教育”

的生态化发展格局，为教育现代化提供系统性支撑。现如今，如豆包、DeepSeek、ChatGPT等AI以其广泛的知识储备和高效的问答能力，成为人们学习和探索知识的得力助手。

高分子化学是化学学科的重要分支，高分子化学课程则是理工科专业的核心基础课程。高分子化学知识更新迅速，新理论、新应用不断涌现。然而传统教学内容更新相对滞后，难以让学生及时接触到前沿成果。同时，高分子化学中复杂的概念和反应机理难以通过传统方式让学生深刻理解，而AI能快速筛选前沿信息，补充教学内容，并辅助探究式学习等模式的开展。将AI赋能于高分子化学教学是顺应科技发展趋势、提升教学质量、培养创新人才的一个必然选择。然而，作者教学团队将AI实践于高分子化学教学的过程中也发现了AI所暴露出的一些问题。本文深入剖析了AI在分子化学教学过程中的应用与实践，阐述了包括教学内容、方法、课堂模式及师生角色转变等方面的教学革新；以辩证的视角分析了当前AI融入高分子化学教学所面临的潜在问题并探索有效应对策略，对于推动高分子化学教学的发展具有重要意义。

1 AI引领高分子化学教学的革新实践

1.1 教学内容的深度更新与拓展

传统的高分子化学教学内容主要围绕基础理论、合成方法、结构与性能等方面展开。而随着时代的发展，一些新理论、新方法被相继提出，有必要将其融入到如今的课程教学之中^[9]。AI具有强大的数据处理和分析能力，能够从海量的文献、研究成果中快速筛选出高分子化学领域的最新研究动态和前沿成果^[10]。例如以介绍高分子材料的最新应用为案例，AI可以为教师提供关于新型高分子材料在航空航天、电子信息等领域的最新应用。例如在潘祖仁主编的《高分子化学(第五版)》(以下简称《高分子化学(第五版)》)章节2.13.1中提到了聚酰亚胺的制备通式(图1a)与两种应用较多的聚酰亚胺的分子式(图1b)，并简要介绍了它们的性能与应用。但教材中缺乏最新前沿科技领域的应用案例。图1c是作者通过AI收集到的聚酰亚胺在最新高精尖领域的应用。新案例的展示可以让学生了解到高分子化学在实际应用中的创新性和重要性。

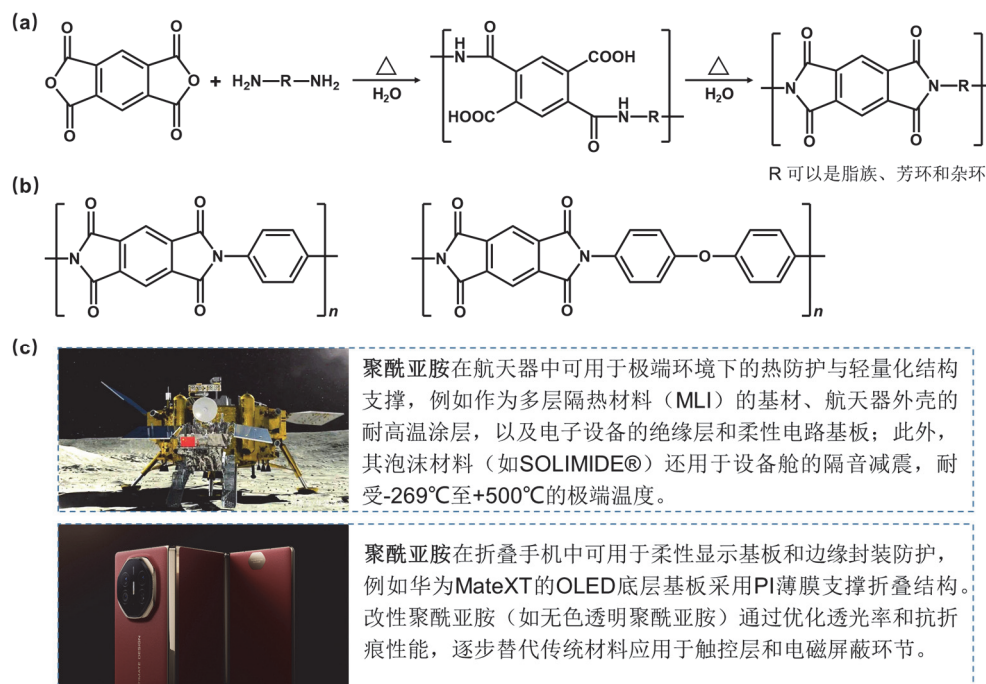


图1 (a) 《高分子化学(第五版)》章节2.13.1提及聚酰亚胺制备通式；(b) 教材列举的两种芳二胺制备聚酰亚胺结构；(c) 作者经AI检索整理的聚酰亚胺最新高精尖领域应用

同时,借助AI算法还可以对高分子化学的理论知识进行重新梳理和整合,将一些复杂的理论以更加直观、易懂的方式呈现给学生。图2为某AI以《高分子化学(第五版)》第三章“自由基聚合”为例绘制的知识脉络梳理图(局部)。通过由AI绘制的知识脉络梳理图,学生可以系统、全面地理解自由基聚合的相关知识,各知识点之间的逻辑关系一目了然,帮助学生构建起完整的知识体系,加深对这一复杂理论的理解和记忆,提升学习效果。

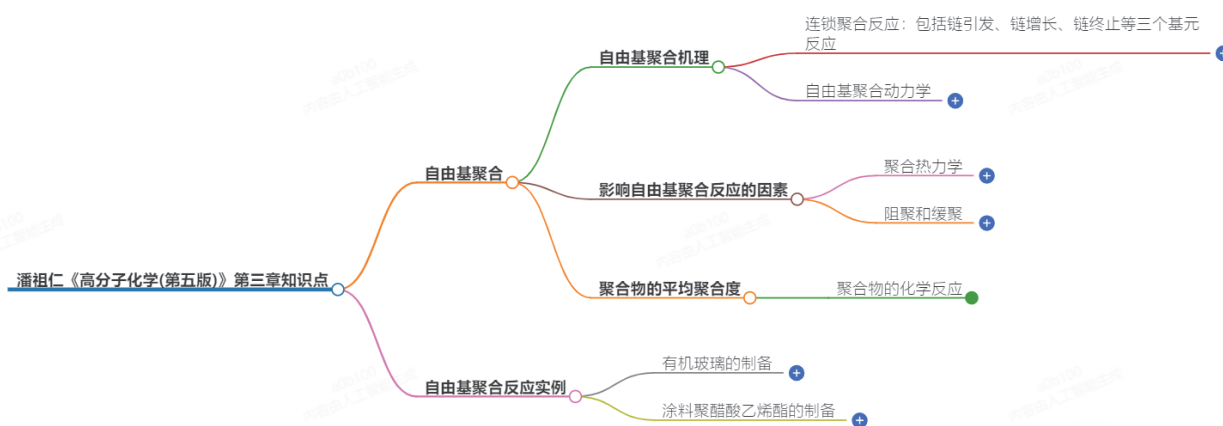


图2 某AI以第三章“自由基聚合”为例绘制的知识脉络梳理图(局部)

此外, AI在 高分子合成路径预测和性能评估等方面有广泛应用, 在精确规划合成步骤、高效筛选合适原料、快速模拟性能表现等实用方面提供了详尽且前沿的描述^[11,12]。上海有机化学研究所游书力院士领衔编撰了的题为“AI for Organic and Polymer Synthesis”的综述论文^[13]。论文聚焦于有机合成和高分子合成领域, 汇编了一系列AI驱动的技术方法, 覆盖了从分子设计、合成途径规划到工艺优化等多个方面。这些方法为学术界和工业界的研究人员提供了新的思路和工具, 也为学生未来的学术研究和职业发展奠定了基础, 促使他们在AI与高分子化学交叉领域进行更深入的探索和实践。

1.2 教学方法的创新与个性化教学的深化

传统的教学方法是教师讲授为主, 学生往往是被动的接受知识。这种教学模式缺乏足够的互动性和自主探索性。如今基于问题的学习(PBL)、探究式学习等模式在AI的加持下得到了更好的实施^[14]。教师在AI的辅助下可以设计出更具有针对性和更具新颖性的题目, 并进一步组织和引导学生的自主思考、探究和解答。为了让学生更加直观地理解高分子化学知识, 解决高分子化学涉及的抽象复杂的理论计算, 作者教学团队自主开发了“高分子化学解题软件”, 并已成功将这一智能软件在全国推广应用^[15]。

自由基共聚合是高分子材料合成中的重要反应, 作者教学团队基于《高分子化学(第五版)》第四章“自由基共聚合”设计了一道综合性极强的题目(图3)。这道题涵盖了共聚合过程中的多种概念及共聚物组成等相关计算, 旨在引导学生深入思考共聚合原理在实际应用中的体现, 以及如何运用所学知识解决实际问题, 着重培养学生对知识的综合运用能力和自主解决问题的能力。当学生在解答例题(3)中关于共聚物链段分布的问题时, 我们所开发的“高分子化学解题软件”能够将抽象的共聚物链段分布情况, 以直观的曲线形式展示出来。学生通过观察这些曲线, 可以清晰地看到不同单体比例下共聚物链段的分布特征。而针对延伸问题, 学生可以在深度求索AI与“高分子化学解题软件”的辅助下快速准确得到结论, 从而大大提高学习效率和对知识的理解深度。

此外, AI可以根据学生的学习进度、知识掌握情况等因素, 为每个学生制定个性化的学习计划和教学内容。对于学习能力较强的学生, AI将推送更具挑战性的拓展内容, 例如推送一些新型高分

子材料的前沿合成方法、梯形聚合物的制备与应用、高分子在高性能新能源储能材料领域的应用等。而对于学习困难的学生(或许是主观原因/或许是客观因素导致),则给予更多的基础辅导和练习,例如加强对高分子基本概念(如聚合度、单体单元、普通情况下分子量的计算等)的理解和掌握。目前,超星AI可以基于深度学习技术,根据用户反馈和数据主动优化自身的模型和算法,从而增加场景的适应性及功能的针对性^[16]。从学习提醒、难点答疑、资源推荐、智能出题等多个环节为学生提供全方位、个性化、智能化的学习辅导服务。智慧树AI教学助手也可以根据学生的学习情况和需求,为学生定制个性化的学习路径。如此在AI的帮助下,尽可能地实现了因材施教。

例题: 醋酸乙酯 ($M_1, 3.5 \text{ mol}$) 和氯乙烯 ($M_2, 1.5 \text{ mol}$) 的苯溶液, 以 0.1 mol 的AIBN引发自由基聚合 (60°C), 计算 (已知 $r_1=0.23, r_2=1.68$):

- (1) 最初得到的共聚物的摩尔组成 (F_1);
- (2) 最初得到共聚物中醋酸乙酯和氯乙烯链段的平均序列长度;
- (3) 生成 $8M_2$, 序列的几率 ($P_{M_2}8$);
- (4) 求 $(P_{M_2})_x$, 并思考计算 $(P_{M_2})_{x=7}$ 的实际意义?

其他延伸问题:

- (1) 有无恒比共聚点?
- (2) 共聚组成曲线示意图?
- (3) 得到的是何种类型的共聚物?
- (4) 共聚物组成会否随转化率变化?将如何变化?
- (5) 计算达到某转化率 (如50%、60%) 时的 f_1, F_1 及共聚物平均组成 \bar{F}_1 ?
- (6) 如何控制共聚物组成?
- (7) 共聚物组成分布将随转化率提高发生何种变化?
- (8) 如何得到组成比较均匀的共聚物?
- (9) 改变引发剂种类、用量或加入少量分子量调节剂, 会对共聚产生哪些影响?会对聚合初期所得共聚物组成产生影响吗?为什么?



高分子化学解题软件 绪论 缩聚 自由基聚合 共聚合

4-7: 由 r_1 及 f_1 或由 r_2 及 f_2 绘制共聚物组成分布曲线

本组公式为: [用户反馈](#)

$$f_2 = 1 - f_1$$

$$p_{11} = \frac{r_1 f_1}{r_1 f_1 + f_2}$$

$$p_{12} = 1 - p_{11}$$

$$(P_{M_1})_x = (p_{22})^{x-1} p_{21} = \left(\frac{r_2 f_2}{r_2 f_2 + f_1} \right)^{x-1} \left(\frac{f_1}{r_2 f_2 + f_1} \right)$$

$$\sum_x (P_{M_1})_x = x p_{22}^{x-1} (1 - p_{22})^2$$

提示: 本组为由 r_1 及 f_1 或由 r_2 及 f_2 绘制共聚物组成分布曲线, 包括分布曲线和柱状图, 既有理论推导的数据分布也有实验数据分布。即: $(P_{M_1})_x = x (P_{M_1})_{x-1} - x^2$, 您可根据软件中提供的数据或实验数据分布与理论数据分布进行对比。即: $(P_{M_1})_x = x (P_{M_1})_{x-1} - x^2$, 从而验证了理论数据分布与实验数据分布的一致性。详细理论推导, 请参考本软件帮助文档, 文档、帮助、提示。

计算参数为:

题目: 绘制 M_1 序列分布图 绘制 M_2 序列分布图

* r_2 :

* f_1 :

根据右边输入的数据, 得到的结果是:

提示: 计算结果一般只保留有效数字位数, 请根据实际情况正确取舍
免责声明: 不可因使用本计算结果可能产生的后果负责

共聚物组成分布曲线绘制

$(P_{M_2}8) = 0.001208$

$\sum_x (P_{M_2})_x = 0.000020$

共聚物序列长度分布柱状图绘制

图3 作者团队设计的自由基共聚综合题(左)及团队开发的“高分子化学解题软件”呈现的解题结果(右)

1.3 课堂教学的变化

课堂经历了从普通教室到智慧教室的转变。普通教室中,教学形式单一、互动有限;智慧教室借助技术丰富了呈现与互动方式。而引入AI后课堂变得更加生动、有趣且互动性强^[17]。例如,百度与多家教育机构联合打造的AI虚拟教室,通过AR/VR/MR技术,学习空间被重新设计。教室不再只是一个物理空间,而是可以通过虚拟现实设备进入一个完全沉浸的环境。

智能教学系统可以实时收集并分析学生在课堂的反馈信息^[18,19]。教师在讲解完相关理论知识后,可以通过智能教学系统向学生发布一系列题目,学生在自己的终端设备(如平板电脑、手机)上作答并提交。智能系统瞬间即可收集到所有学生的答案,并迅速分析出每道题的正确率以及学生在每个知识点上的掌握情况。若教师发现大部分学生对某一知识点掌握较差,则能针对这一薄弱环节进行再次讲解和强化训练,从而确保学生能够真正掌握知识。以作者教学团队为例,如图4所示,团队通过雨课堂在课堂中发布习题,借助雨课堂强大的数据统计与分析功能,任课教师能够通过清晰的图表迅速了解学生对知识点的掌握情况,从而及时调整教学策略,实现更具针对性的教学指导,提升教学效果。

更重要的是, AI赋能下的在线教学平台彻底打破了传统课堂在时间和空间上的限制。过去学生必须在规定的的时间和地点在教室中与真人教师面对面上课。而今学生无论身处何地,只要有相关设

备和网络(甚至不需要网络),就可以随时登录在线教学平台(或本地APP)学习相关课程。学生可以观看预先录制好的高清教学视频,或是参与实时的线上直播课程,从而与教师(或教师的数字人分身)和同学进行互动交流。这种更加开放、灵活的课堂教学模式让学生能够根据自己的实际情况安排学习进度,充分满足了不同学生、不同场景下(包括各种突发情况下,如大规模流行病、地质灾害等)的学习需求。



图4 作者教学团队利用雨课堂发布任务与学生完成情况数据分析

1.4 教师的教学方式转变

教师在传统教学模式中往往是通过课堂讲授、板书或课件演示等方式,将高分子化学的基础理论、合成方法、结构与性能等知识系统地传授给学生。在与AI的融合的实践过程中,之前单一的教学方式已难以满足新时代对高素质创新人才的培养需求。这也促使教师的教学方式在发生变化,而教师的角色也正逐渐从单纯的知识传递者向学习引导者和组织者转变^[20]。

教师应善于利用AI设计多样化、个性化的教学活动。利用智能教学平台发布学习任务,引导学生通过自主探究、小组合作等方式解决问题。例如我们教学团队根据《高分子化学(第五版)》第九章“聚合物的化学反应”的内容设计了一道问答题“列举常见塑料类型,说明哪些可通过裂解技术回收单体,并分析其可行或不可行的原因”。学生首先会思考身边常见的塑料制品的组成是什么、分子结构是什么,结合课本和查询新报道文献,判断这种结构是否符合裂解为单体的条件。若这些塑料制品能够被降解或裂解,那么其降解与裂解后的产物化学式会是什么?在这个过程中,帮助学生建立正确的学习方法和思维方式,培养他们的创新能力和团队协作精神。在传统教学中,由于学生数量众多,教师很难关注到每个学生的个性化需求。而正如上文所提到的,AI技术的应用使得教师能够根据学生的学习特点和进度,为每个学生制定个性化的学习计划。

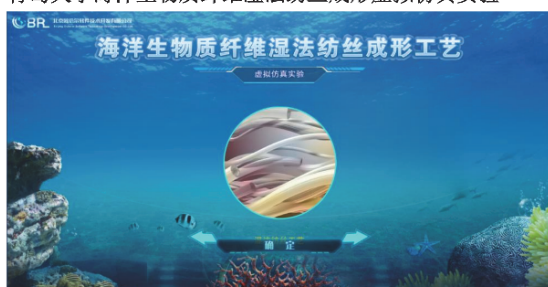
1.5 学生的学习方式转变

对于学生而言,AI也极大地改变了他们在高分子化学学习中的方式。学生在传统的学习方式下往往是被动的接受的一方,学生极大依赖于教师的讲解和对教材的学习,学习的主动性和创造性受到一定限制。近些年学生在与AI的接触过程中,学习方式已呈现出更加的多样化和自主化^[21]。学生利用各种在线学习资源,如慕课、微课以及前文提到的超星、豆包、DeepSeek等,根据自己的需求和

兴趣进行了自主的学习(不排除个别同学是为了投机取巧完成相关作业任务)。例如,作者教学团队基于超星·泛雅教学平台构建了高分子化学网络教学平台,学生在教学平台上可以反复观看自己老师录制的教学视频,并与老师互动讨论,从而更全面、更深入地掌握相关知识。

同时, AI辅助的学习工具,如智能学习软件、虚拟实验室等,为学生提供了更多的实践和探索机会^[22]。学生可以通过模拟实验操作,加深对高分子化学知识的理解和掌握。比如,青岛大学基于海洋纤维研发成果设计了“海洋生物质纤维湿法纺丝成形虚拟仿真实验”(图5)^[23]。在虚拟实验室中,学生得以沉浸式开展高分子材料合成与性能研究实验,自由尝试不同原料的配比以及多样化的加工条件,实时、直观地观察材料性能随之产生的动态变化,进而深入理解高分子材料结构与性能关系的基本原理,切实掌握其在相关领域的实际应用。

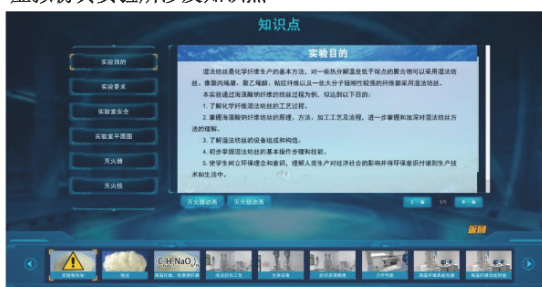
青岛大学海洋生物质纤维湿法纺丝成形虚拟仿真实验



虚拟仿真实验操作界面



虚拟仿真实验所涉及知识点



虚拟仿真实验智能评分系统

| 题号 | 题名称 | 分值 | 得分 | 答题时间 | 备注 |
|----|-----|------|------|-------|-----|
| 1 | 单选题 | 2.00 | 2.00 | 00:00 | 正确 |
| 2 | 多选题 | 2.00 | 2.00 | 00:00 | 正确 |
| 3 | 判断题 | 1.00 | 1.00 | 00:00 | 正确 |
| 4 | 简答题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 5 | 计算题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 6 | 综合题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 7 | 论述题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 8 | 实验题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 9 | 综合题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 10 | 综合题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |
| 11 | 综合题 | 1.00 | 0.00 | 00:00 | 未作答 |

图5 “海洋生物质纤维湿法纺丝成形虚拟仿真实验”以海藻/壳聚糖天然高分子纤维为例再现湿法纺丝成形过程

2 AI引领高分子化学教学面临的隐忧

尽管AI为高分子化学教学带来了教学内容的更新、教学方法的创新等诸多积极变革,然而, AI在引领高分子化学教学的过程中也并非一路坦途。无论是在应用技术层面,还是在深度思考方面, AI与高分子化学课程的融合也面临着一系列亟待关注和解决的隐忧^[24-26]。这些隐忧不仅关乎AI技术在教学中的有效应用,更关系到高分子化学教学目标的实现以及人才培养的质量。

2.1 教师对AI技术的掌握程度不足

教师对AI技术的掌握程度关乎到AI能否真正合理高效地应用于一线教学^[27],目前许多高分子化学教师对相关技术的熟悉程度有限。一方面,许多教师仍然习惯于传统的教学模式,缺乏对AI技术的系统学习和实践经验。一些教师不了解如何使用分子模拟软件来展示高分子的微观结构变化,也想不到(或不想)用智能教学平台对学生的学学习数据进行深入分析。例如Materials Studio分子模拟软件能够通过AI算法容易地模拟高分子链的构象变化。但部分教师由于缺乏相关培训和实践,无法将其运用到课堂实践中。另一方面, AI技术呈现井喷式发展的趋势,新软件、新工具和新应用不断涌现,而教师本身教学和科研任务繁重,很难有足够的时间进行系统学习。此外,一些新推出的智能教学辅助工具本身具有强大的功能,但有些教师只会使用其基础功能,无法利用其深入分析学生的学习特点和需求。

2.2 学生对新教学模式的适应问题

学生对基于AI的新教学模式的适应情况也不容乐观。把AI融入教学实践的同时，对学生的学习能力和学习习惯提出了更高的要求^[28]。例如，在上文提到的“海洋生物质纤维湿法纺丝成形虚拟仿真实验”中，对于习惯了以往按照教师给出的详细实验步骤按部就班操作的学生来说，这一任务让他们找不到合适的抓手。而另一个极端现象是有些学生会过度依赖AI，把老师布置的任务完全交给AI去完成，背离了教师原本培养学生创新性和独立思考的初衷。

许多学生缺乏利用AI产生的大量学习数据来了解自己学习进度和薄弱环节的意识和能力。相当一部分学生只是简单地了解自己的得分，并不会深入分析这些数据背后所反映的问题。他们依然按照自己原有的学习方式进行学习，并没有对自己的薄弱环节进行强化训练。

少数学生对AI有抵触情绪，他们认为机器无法替代教师的角色。他们觉得AI的回答过于机械(或错误)，无法像教师那样根据具体情况进行灵活的解释和引导。这一现象虽然凸显出教师在教育过程中无可替代的价值，但也在一定程度上阻碍了新教学模式的有效实施。

2.3 教学资源 and 平台的建设不完善

教学资源和平台建设不完善、地域分布不均衡，也是AI在教育领域应用推广过程中面临的问题。虽然网络上有一些与高分子化学相关的教学资源，但质量参差不齐。有一些资源仅仅是将传统教学内容数字化，没有充分发挥AI的优势。当前智能教学平台功能还不够完善，稳定性也有待提高。新老平台之间、不同平台之间的数据兼容性较差乃至无法兼容，因此难以实现教学资源在跨平台间的共享和整合^[29]。教师和学生有时需要在不同平台或APP之间频繁切换，并不方便。

智能平台的高效运行对硬件条件有着特定需求。不同地域的硬件设施性能参差不齐。发达地区硬件设备先进，运算速度快、兼容性好；而欠发达地区的硬件设备则相对落后，存在运行卡顿、功能支持不足等问题。这种硬件上的差异使得一些先进的AI功能无法在硬件条件差的地区落地实施。

2.4 AI在知识识别和计算上的局限

AI虽然不会主动提供错误或虚假信息，但却可能因训练数据错误以及其模型或能力等的限制而提供错误信息。目前主流AI算法在处理高分子化学数据时难以精准捕捉其独特的结构特征；面对复杂关系时处理能力有限。此外，AI算法缺乏对化学本质的理解。这些问题综合在一起致使AI提供的知识内容与计算结果准确性欠佳。

高分子化学领域涉及的复杂且抽象的概念、原理对AI的理解和识别能力是种挑战^[30]。AI可能只是机械地给出一些规则和定义，却无法深入剖析背后的原理。以自由基聚合反应为例，反应过程中涉及到自由基的产生、增长、终止等多个步骤，每个步骤又受到多种因素的影响，如引发剂的种类和浓度、单体的结构和活性、反应温度和压力等。AI在识别和理解这些复杂的反应机理时，可能会出现信息遗漏或理解不准确的情况，并且难以将各个因素之间的相互关系进行有机整合。

高分子材料的性能预测是高分子化学教学中的一个重要内容，其计算过程较为复杂，不仅涉及大量的数学运算，还需要全面考虑诸如分子结构、单体比例、聚合条件、环境因素等多种因素的综合影响。尽管AI在数据处理和运算速度上具备一定优势，但目前的AI模型很难进行精确的计算。例如在解答上文提到的醋酸乙烯酯与氯乙烯共聚的例题时，不同的AI给出了截然不同的结果。如图6所示，某AI在第(2)问中使用了错误的公式，直接导致计算结果错误。另一AI运用了正确的公式，并给出了详细的计算步骤，然而由于其默认有效数字位数选取的不合理，致使第(3)问结果与正确答案有较大偏差。使用我们开发的“高分子化学解题软件”可以准确给出相关的计算公式和正确的计算结果，为学生提供了可靠的解题参考。因此，学生如果不加辨别地接受这些答案，会影响他们对正确知识的掌握。又比如在解释高分子化学中一些特殊的分子间相互作用时，AI可能错误地引用理论或概念。如果学生缺乏足够知识储备和判断能力而将这些错误信息纳入自己的知识体系，则会形成错误的认知。

(1) 计算最初得到的共聚物的摩尔组成 F_1

根据共聚物组成微分方程 $F_1 = \frac{r_1 f_1^2 + f_1 f_2}{r_1 f_1^2 + 2f_1 f_2 + r_2 f_2^2}$, 需要先计算出单体的摩尔分数 f_1 和 f_2 。

已知醋酸乙烯酯 (M_1) 为 3.5mol, 氯乙烯 (M_2) 为 1.5mol, 则单体的总物质的量为:

$$n = 3.5 + 1.5 = 5 \text{ mol}$$

那么 M_1 的摩尔分数 $f_1 = \frac{3.5}{5} = 0.7$, M_2 的摩尔分数 $f_2 = \frac{1.5}{5} = 0.3$ 。

已知 $r_1 = 0.23$, $r_2 = 1.68$, 将 $f_1 = 0.7$, $f_2 = 0.3$, $r_1 = 0.23$, $r_2 = 1.68$ 代入共聚物组成微分方程可得:

$$F_1 = \frac{0.23 \times 0.7^2 + 0.7 \times 0.3}{0.23 \times 0.7^2 + 2 \times 0.7 \times 0.3 + 1.68 \times 0.3^2} = \frac{0.23 \times 0.49 + 0.21}{0.23 \times 0.49 + 0.42 + 1.68 \times 0.09} = \frac{0.1127 + 0.21}{0.1127 + 0.42 + 0.1512} = \frac{0.3227}{0.6839} \approx 0.472$$

(2) 计算最初得到共聚物中醋酸乙烯酯和氯乙烯链段的平均序列长度

• 醋酸乙烯酯链段的平均序列长度 \bar{L}_1 :

根据公式 $\bar{L}_1 = \frac{1}{1 - r_1 f_1}$, 将 $r_1 = 0.23$, $f_1 = 0.7$ 代入可得:

$$\bar{L}_1 = \frac{1}{1 - 0.23 \times 0.7} = \frac{1}{1 - 0.161} = \frac{1}{0.839} \approx 1.19$$

✗ 运用了错误的公式

• 氯乙烯链段的平均序列长度 \bar{L}_2 :

根据公式 $\bar{L}_2 = \frac{1}{1 - r_2 f_2}$, 将 $r_2 = 1.68$, $f_2 = 0.3$ 代入可得:

$$\bar{L}_2 = \frac{1}{1 - 1.68 \times 0.3} = \frac{1}{1 - 0.504} = \frac{1}{0.496} \approx 2.02$$

(3) 计算生成 8 M_2 序列的几率 $(P_{M_2})_8$

生成 n 个 M_2 序列的几率 $(P_{M_2})_n = (r_2 f_2)^{n-1} (1 - r_2 f_2)$, 将 $n = 8$, $r_2 = 1.68$, $f_2 = 0.3$ 代入可得:

$$(P_{M_2})_8 = (1.68 \times 0.3)^{8-1} (1 - 1.68 \times 0.3) = (0.504)^7 \times (1 - 0.504) \approx 0.0082 \times 0.496 \approx 0.0041$$

(4) 计算 $(P_{M_2})_7 \leq 7$ 并思考其实际意义

$(P_{M_2})_7 \leq 7 = 1 - (P_{M_2})_8 - (P_{M_2})_9 - \dots$, 因为当 n 较大时, $(P_{M_2})_n$ 的值很小, 可近似认为

$$(P_{M_2})_7 \leq 7 \approx 1 - (P_{M_2})_8$$

将 $(P_{M_2})_8 \approx 0.0041$ 代入可得: $(P_{M_2})_7 \leq 7 \approx 1 - 0.0041 = 0.9959$

计算 $(P_{M_2})_7 \leq 7$ 的实际意义在于: 它反映了共聚物中氯乙烯链段长度小于等于 7 个单体单元的几率。在实际应用中, 链段长度会影响共聚物的物理和化学性质, 如结晶性、溶解性、力学性能等。通过计算 $(P_{M_2})_7 \leq 7$, 可以了解共聚物中链段长度的分布情况, 从而预测共聚物的性能, 为材料的设计和应用提供依据。

4-3. 根据 r_1, r_2 及 f_1 , 计算 $F_1, \bar{N}_{M_1}, \bar{N}_{M_2}, (P_{M_1})_x, (P_{M_2})_x$ 等

本题公式为:

$$f_2 = 1 - f_1$$

$$F_2 = 1 - F_1$$

$$f_1 = \frac{[M_1]}{[M_1] + [M_2]}$$

$$\frac{[M_1]}{[M_2]} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{f_1}{1 - f_1}$$

$$F_1 = \frac{r_1 M_1}{r_1 M_1 + r_2 M_2}$$

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{r_1 M_1}{r_2 M_2}$$

$$F_1 = \frac{r_1 f_1^2 + f_1 f_2}{r_1 f_1^2 + 2f_1 f_2 + r_2 f_2^2}$$

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \frac{r_1 [M_1] + [M_2]}{r_2 [M_2] + [M_1]}$$

$$(F_1)_x = (f_1)_x = \frac{1 - r_2}{2 - r_1 - r_2}$$

$$p_{11} = \frac{r_1 f_1}{r_1 f_1 + f_2}$$

$$p_{12} = 1 - p_{11}$$

$$p_{22} = \frac{r_2 f_2}{r_2 f_2 + f_1}$$

$$p_{21} = 1 - p_{22}$$

$$N_{M_1} = \frac{1}{1 - p_{11}} = \frac{1}{p_{12}} = \frac{r_1 f_1 + f_2}{f_2}$$

$$N_{M_2} = \frac{1}{1 - p_{22}} = \frac{1}{p_{21}} = \frac{r_2 f_2 + f_1}{f_1}$$

* 竞聚率 r_1 : $p_{22} = 0.4186$

* 竞聚率 r_2 : $p_{21} = 0.5814$

* 单体的摩尔配比/单体混合物中 M_1 单体的摩尔分数 f_1 :

解答与分析

(1) 最初共聚物的摩尔组成 (F_1)

1. 计算单体摩尔分数:

总单体浓度 = 3.5 mol (醋酸乙烯酯, M_1) + 1.5 mol (氯乙烯, M_2) = 5 mol

- $f_1 = \frac{3.5}{5} = 0.7$, $f_2 = \frac{1.5}{5} = 0.3$

2. 应用 Mayo-Lewis 方程:

$$F_1 = \frac{r_1 f_1^2 + f_1 f_2}{r_1 f_1^2 + 2f_1 f_2 + r_2 f_2^2}$$

代入 $r_1 = 0.23$, $r_2 = 1.68$, 计算得:

- 分子 = $0.23 \times 0.7^2 + 0.7 \times 0.3 = 0.3227$
- 分母 = $0.23 \times 0.7^2 + 2 \times 0.7 \times 0.3 + 1.68 \times 0.3^2 = 0.6839$
- $F_1 = \frac{0.3227}{0.6839} \approx 47.16\%$

答案: 初始共聚物中醋酸乙烯酯的摩尔组成 $F_1 \approx 47.16\%$ 。

(2) 平均序列长度

1. 计算连续添加同种单体的概率:

- 醋酸乙烯酯 (M_1):

$$P_{11} = \frac{r_1 f_1}{r_1 f_1 + f_2} = \frac{0.23 \times 0.7}{0.23 \times 0.7 + 0.3} \approx 0.3492$$

平均序列长度 $L_1 = \frac{1}{1 - P_{11}} \approx 1.54$

- 氯乙烯 (M_2):

$$P_{22} = \frac{r_2 f_2}{r_2 f_2 + f_1} = \frac{1.68 \times 0.3}{1.68 \times 0.3 + 0.7} \approx 0.4186$$

平均序列长度 $L_2 = \frac{1}{1 - P_{22}} \approx 1.72$

答案: 醋酸乙烯酯链段平均长度 1.54, 氯乙烯链段平均长度 1.72。

(3) 生成 8 M_2 序列的几率 $(P_{M_2})_8$

1. 公式:

$$P_{M_2=8} = P_{22}^7 (1 - P_{22})$$

- $P_{22}^7 = 0.4186^7 \approx 0.0012$
- $P_{M_2=8} \approx 0.0012 \times 0.5814 \approx 0.0007$ (即 0.07%)

答案: 生成 8 M_2 序列的几率约为 0.07%。

(4) $(P_{M_2})_7 \leq 7$ 及其实际意义

1. 计算:

$$P_{M_2 \leq 7} = 1 - P_{M_2=8} = 1 - P_{22}^7 \approx 1 - 0.0012 = 99.88\%$$

2. 实际意义:

- 链段长度控制: 表明氯乙烯链段长度超过 8 的概率极低 (仅 0.12%), 聚合物中短链段占主导。
- 材料性能: 短链段可能增强材料韧性和加工性, 而长链段可能提高结晶度与强度。

答案: $P_{M_2 \leq 7} \approx 99.88\%$, 实际意义在于优化聚合物链结构以调控材料性能。

因有效数字位数选取与运算规则的影响, 导致最终结果存在较大误差

根据上述给定数据, 得到的计算结果为:

提示: 计算结果统一保留四位有效数字输出, 请按实际情况正确取舍
免责声明: 不对因使用本计算结果可能产生的后果负责

单体的摩尔配比为:

单体混合物中 M_1 单体的摩尔分数 $f_1 = 0.7000$

单体混合物中 M_2 单体的摩尔分数 $f_2 = 0.3000$

单体混合物中两种单体的摩尔比 $d[M_1]/d[M_2] = 2.333$

共聚物摩尔组成中 M_1 单元的摩尔分数 $F_1 = 0.4719$

共聚物中 M_2 单元的摩尔分数 = 0.5281

共聚物的摩尔比组成(共聚物中单元的摩尔比 $d[M_1]/d[M_2]$) = 0.8934

没有恒比共聚点

共聚物中 M_1 序列的平均序列长度 $\bar{N}_{M_1} = 1.537$

共聚物中 M_2 序列的平均序列长度 $\bar{N}_{M_2} = 1.720$

$p_{11} = 0.3492$

$p_{12} = 0.6508$

$p_{22} = 0.4186$

$p_{21} = 0.5814$

* 关心的 M_2 序列的长度的值:

结果全部正确

根据上述给定数据, 得到的计算结果为:

提示: 计算结果统一保留四位有效数字输出, 请按实际情况正确取舍
免责声明: 不对因使用本计算结果可能产生的后果负责

长度为 8 的 M_2 序列在所有 M_2 单元中所占的比例 $(P_{M_2})_{N_{M_1}} = 1.309 \times 10^{-3}$

长度为 8 的 M_2 序列中的 M_2 单元数在 M_2 单元总数中所占比例 = 6.091×10^{-3}

长度小于及等于 8 的 M_2 序列在所有 M_2 单元中所占的比例为: 0.9991

长度大于 8 的 M_2 序列在所有 M_2 单元中所占的比例为: 9.428×10^{-4}

《高分子化学解题软件》

图6 不同AI解决复杂计算题的结果

2.5 数据隐私与安全问题

在AI深度融入教学的背景下，数据隐私与安全也成为了无法回避且至关重要的议题^[30,31]。教学过程中数据的产生、收集与利用日益增多，会涉及到大量师生的个人数据以及教学相关数据。从学生角度来看，包含个人身份信息、学习进度、测试成绩、学习偏好等数据；从教师角度而言，则有教学计划、授课内容、教学评价等数据。这些数据都是潜在的风险点。

教学平台和相关软件系统可能面临黑客攻击、恶意软件入侵等威胁。数据可能会由于防护措施不到位而被窃取或篡改。例如，黑客可能通过网络漏洞获取学生的考试成绩和个人信息用于非法交易或其他不当目的。数据的不当使用和共享也会引发隐私问题。部分教育机构或企业可能为了商业利益或其他目的，在未经师生授权的情况下将数据共享给第三方；或是在数据使用过程中超出了原本收集数据时所声明的目的范围。此外，数据的丢失和损坏也是教师需要关注的问题。

3 应对隐忧与挑战的策略

3.1 提升教师的AI技术素养

学校和教育部门应重视并加强对教师AI相关技能的培训^[32,33]。鉴于教师教学科研任务繁重，为避免与培训时间冲突，可采用线上异步培训模式。搭建专门的培训学习平台，提供丰富多样的AI教学相关视频课程、文档资料，使教师能灵活利用碎片化时间(课间、午休或晚上)进行自主学习，如此打破时间与空间的限制。在开展校内培训时，可以巧妙利用学校教研活动的间隙，邀请行业专家开展短平快的讲座或经验分享会。每次聚焦一个AI应用要点，使教师在不占用过多额外时间的情况下逐步提升AI技术素养。在此基础上，定期、分批次组织培训以应对AI的快速发展。培训内容应涵盖AI基础理论、常用教学软件和工具的使用。对于基础较弱的教师，可以先从软件的基本操作和功能介绍入手；而对于有一定基础的教师，则应深入讲解如何利用软件进行教学创新设计。

应大力鼓励教师积极参与AI与教学融合的实践项目和学术交流活动。教师可以在实际项目的锻炼中积累实践经验并更深入地理解AI在教学中的应用方法。同时，学术交流活动可以让教师了解行业内的最新动态和前沿技术，促进教师之间的经验分享与合作。

3.2 帮助学生适应新教学模式

教师应首先以身作则掌握并很好地应用AI工具，并在教学过程中加强对学生的引导和支持。教师可以在课程开始阶段专门安排时间向学生介绍新教学模式的特点、优势以及学习方法和要求；讲解如何利用AI平台进行自主学习、如何分析学习数据等。通过实际操作演示让学生熟悉平台的功能和使用方法；通过设计难度适宜的学习任务和活动，逐步培养学生的自主学习和实践能力。例如从相对简单的整理每节课的知识脉络开始，逐渐过渡到复杂的分析高分子微观结构与性能调控的关系。在这个过程中教师需要及时给予反馈和指导以帮助学生解决遇到的问题，以增强学生的自信心和学习动力。学校或相关部门也适时开展科普教育活动，例如举办关于AI的讲座、工作坊、科普展览等，向学生普及AI的原理、优势和局限性，减少学生对其的神秘感和抵触情绪，使其能更理性地使用AI工具学习^[34]。在这些活动中注重培养学生的信息素养，教会学生判断信息的准确性和可靠性以及从海量信息中筛选有用知识的方法。

针对学生过度依赖AI完成作业的问题，教师在日常教学中应明确告知学生作业旨在巩固知识、培养思维，过度依赖AI不利于能力提升。同时，教师可利用主流AI教学平台(如超星学习通、雨课堂)所集成的人工智能生成内容检测(AIGC检测)功能对学生作业进行筛查。一旦发现学生存在过度借助AI完成作业的情况，应及时对其进行批评教育并要求学生重新独立完成。此外，教师应意识到学生因知识面较窄，或许难以甄别AI答案的准确性。因此，教师需教导学生批判性地评估信息来源及AI答案。课堂上，教师可展示AI给出的错误答案，通过组织学生讨论分析以此培养学生质疑与验证答案的习惯。在布置作业时，教师可要求学生参考AI答案后，务必通过查阅专业文献、向教师请教等方式二次验证，并在作业中阐述验证过程。

3.3 完善教学资源 and 平台建设

针对教学资源和平台建设不完善的问题, 学校和教育机构应根据需求加大投入, 并牵头整合各方资源。组织专业教师和技术人员共同开发高质量、系统且具有针对性的教学资源。结合AI的特点开发互动式课件、虚拟实验、智能练习题等资源。例如, 利用虚拟现实技术制作高分子化学实验的虚拟场景, 让学生身临其境地感受实验过程; 开发智能练习题, 根据学生的答题情况自动调整题目难度和类型, 实现个性化练习。考虑到不同地区学校技术能力等方面的差异, 教育部门可组织强校或专业团队对口帮扶, 通过线上线下培训帮助技术薄弱学校提升能力。逐步建立健全教学资源共享机制, 促进优质教学资源在不同学校和机构之间的交流与共享。通过这一举措将能够有效避免资源的重复建设, 提升资源利用效率, 并在一定程度上优化教育资源的地域分布。

需要注意的是, 在开发进程中应当充分考量软件与硬件的适配性问题, 提高平台的稳定性和兼容性, 以防出现欠佳的用户使用情况。特别是像虚拟实验平台这类对设备性能有特定要求的应用, 应通过严谨的技术研发与反复测试, 以确保其在不同硬件环境下都能流畅运行。

3.4 弥补AI在知识识别和计算上的局限

AI的培养与训练是决定其性能优劣、功能强弱以及能否在实际应用中精准高效发挥作用的关键。对于高分子化学与AI的深度融合, 不能仅仅依靠高分子化学家或是仅依靠计算机科学家一方的努力, 而应该是组织跨学科的研究团队, 共同探索如何改进AI算法和模型。将化学知识融入算法训练, 严格筛选并扩充数据, 从而提升泛化能力。此外, 充分利用教师的教学资源与经验对AI进行训练。把教师积累的典型案例、易错知识点及讲解思路等数据化并融入训练集, 让AI学习教师的教学逻辑, 构建人机协同模式以助力提升教学内容的准确性与深度。另一方面, 可以建立人工审核和干预机制。由专业教师对于AI给出的答案和结果进行审核和验证, 及时发现并纠正错误。

教师在教学过程中要引导学生对AI的结果进行批判性思考, 培养学生的质疑精神和独立判断能力。就目前情形而言, AI在分子化学课程中主要还是发挥辅助教学的作用。虽说其功能强大, 但切不可就此认定AI所言百分之百正确。“尽信书不如无书”, 此理于当下AI盛行之时代亦颇具警示意义。

3.5 应对数据隐私与安全问题的策略

提升数据隐私与安全性需从技术、管理、教育和法规等多方面采取综合策略。采用先进、成熟的加密算法是保障数据安全的基础。不仅要存储在服务器和云端的师生个人信息、教学数据等进行加密处理, 还应该构建多层次的网络安全防护体系(防火墙、入侵检测系统、防病毒软件等)实时监控和抵御网络攻击。建立严格的数据访问权限制度, 以明确不同人员(如教师、学生、管理人员、技术人员等)对各类数据的访问级别和操作权限。同时应做好数据备份和恢复, 以应对可能的数据丢失、损坏等意外情况。

学校或机构应通过定期开展数据隐私与安全相关的教育活动来提高师生对数据安全的重视程度和保护意识。通过案例分析、模拟演练等方式, 让师生直观了解数据泄露的危害和后果, 从而增强他们的安全防范意识和应对能力。

政府和教育主管部门更应加强对教育领域数据隐私与安全的监管, 完善相关法律法规和政策标准。进一步明确数据处理者的责任和义务, 对违规收集、使用、泄露数据的行为制定严厉的处罚措施, 形成有效的法律威慑。

4 结语

AI深度融入高分子化学教学是教育领域在科技浪潮中的重大革新, 机遇与挑战紧密交织。AI开启了高分子化学教学革新实践的大门, 然而AI与高分子化学教学的融合之路并非坦途。我们应积极、理性、客观、辩证地看待AI及其在包括高分子化学课程教学在内的应用, 主动拥抱, 但不迷信, 作为工具充分而合理地使用。且要根据或结合高分子化学课程教学的特点、具体内容以及特殊/实际需

要等来有效地应用，不能单纯为了应用而应用。

展望未来，虽挑战重重，但AI与高分子化学教学的融合趋势不可阻挡。我们需不断探索创新，平衡技术与教学的关系，充分发挥AI的作用，为培养更多具有创新精神和实践能力的高素质人才而努力。

参 考 文 献

- [1] 科林·德拉·伊格拉. 中国教育信息化, **2023**, *29* (2), 15.
- [2] 万彭军. 浙江社会科学, **2021**, No. 2, 148.
- [3] 廖兴刚, 陈芳, 代德才, 张富贵, 孟泽彬. 教学方法创新与实践, **2020**, *3* (13), 105.
- [4] 徐红霞. 物理通报, **2020**, *39* (9), 9.
- [5] 王宇超, 王志兵, 石金静, 杨国程. 大学化学, **2022**, *37* (1), 2104012.
- [6] 陈忠恒, 杨秀芝, 王双燕, 陈鹏, 施春英, 金利新. 青岛大学医学院学报, **2021**, *58* (4), 609.
- [7] 顾明远. 现代教育技术, **2024**, *34* (8), 5.
- [8] 郑庆华. 中国高教研究, **2024**, *40* (3), 1.
- [9] 郭霖. 大学化学, **2021**, *36* (12), 2103022.
- [10] 李平, 尹超. 大学化学, **2024**, *39* (10), 402.
- [11] 张思源, 张志成, 李荣金. 大学化学, **2025**, *40* (1), 206.
- [12] 周成卓, 谢召军. 大学化学, **2025**, *40* (2), 320.
- [13] Hong, X.; Yang, Q.; Liao, K. B.; Pei, J. F.; Chen, M.; Mo, F. Y.; Lu, H.; Zhang, W. B.; Zhou, H. S.; Chen, J. X.; *et al.* *Sci. China: Chem* **2024**, *67* (8), 2461.
- [14] 李峰, 朱红青, 谭波. 化工高等教育, **2023**, *40* (3), 61.
- [15] 郭霖, 王婧, 姜安宝, 丛海林, 隋坤艳, 王逸凡, 张小艳, 王久兴, 黄林军, 胡浩. 高分子通报, **2021**, *34* (1), 84.
- [16] 郭燕妮, 张翠杰. 教育进展, **2025**, *15* (1), 6.
- [17] 张策, 初佃辉, 张侨, 刘鹏, 魏萌, 刘晓颖. 计算机科学, **2024**, *51* (10), 1.
- [18] 黄丽莲, 项建弘, 王霖郁. 教育现代化, **2019**, *6* (27), 33.
- [19] 郑静. 教育信息化论坛, **2021**, No. 9, 33.
- [20] 曲文静. 北京印刷学院学报, **2019**, *27* (1), 4.
- [21] 彭斌. 现代信息科技, **2020**, *4* (21), 185.
- [22] 杜静, 于曦, 马晓飞, 赵温涛. 大学化学, **2024**, *39* (11), 65.
- [23] 江峰, 隋坤艳, 袁华, 张小艳, 谭业强. 教育教学论坛, **2021**, *39* (9), 144.
- [24] 兰国帅, 杜水莲, 肖琪, 宋帆, 丁琳琳, 郭彩琴. 开放教育研究, **2024**, *30* (4), 37.
- [25] 陶磊, 朱唯星, 李貌. 江苏高教, **2022**, *251* (1), 108.
- [26] 王岚, 王凯. 黑龙江高教研究, **2020**, *38* (6), 5.
- [27] 冯晓英, 徐辛, 郭婉璐. 开放教育研究, **2024**, *30* (2), 31.
- [28] 杨清. 教育研究与实验, **2023**, *210* (1), 60.
- [29] 伏志强. 教育伦理研究, **2020**, No. 1, 36.
- [30] 孟翀, 王以宁. 现代远程教育, **2021**, *194* (2), 62.
- [31] 田贤鹏. 电化教育研究, **2020**, *41* (5), 6.
- [32] 刘邦奇, 尹欢欢. 现代教育技术, **2024**, *34* (7), 23.
- [33] 刘斌. 现代教育技术, **2020**, *30* (11), 7.
- [34] 杨庆峰. 科普研究, **2024**, *19* (2), 32.