

·教育与教学·

“师-生-AI”协同模式提升高分子物理高阶能力的实证研究

刘巧宾* 刘旭冉 王晓蓓

(北华航天工业学院材料工程学院 廊坊 065000)

摘要: 针对传统高分子物理教学中存在的“理论抽象、理解困难,实验限制多,高阶能力培养不足”等问题,构建并实施了“师-生-AI”协同育人模式,通过深度整合人工智能技术对教学全流程进行重构。基于“AI辅助知识解构-师生协同探究-创新实践验证”的教学闭环框架,借助可视化工具、虚拟实验平台及AI分析系统,打破了教学的时空限制和认知障碍。在北华航天工业学院2022和2023级功能材料专业开展了为期2学年的教学实践。实验班与对照班的对比结果显示:在分子物理核心知识点掌握率方面(89.6%对比68.3%)、实验创新方案设计数量(年均12项对比5项)、学科竞赛获奖率(31.2%对比12.5%)等指标上,实验班学生均显著优于对照班;引入AI工具使师生协同效率提升了40%以上。该模式以“高阶性-创新性-挑战度”为核心,所构建的“师-生-AI”协同理论框架,为高分子物理“金课”建设提供了可复制的实践路径,也为智能技术与专业课程的深度融合提供了范式参考。

关键词: 师-生-AI协同; 高分子物理; 高阶能力; 人工智能赋能; 教学改革

An Empirical Study on Enhancing Higher-order Competencies in Polymer Physics Through a Teacher-Student-AI Collaborative Model

LIU Qiao-bin*, LIU Xu-ran, WANG Xiao-bei

(North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000)

Abstract: To address the key challenges in traditional Polymer Physics education, such as the difficulty in comprehending abstract theoretical concepts, constraints in experimental training, and insufficient development of higher-order competencies, this study introduces a “teacher-student-AI” collaborative education model that deeply integrates artificial intelligence (AI) technology to redesign the entire teaching process. A closed-loop instructional framework of “AI-assisted knowledge deconstruction-teacher-student collaborative inquiry-innovative practice verification” was established, supported by visualization tools, virtual experiment platforms, and AI-based analytical systems, effectively overcoming the spatiotemporal and cognitive limitations inherent in conventional teaching. Over a two-year period, the model was implemented among students majoring in functional materials (2022 and 2023 cohorts) at the North China Institute of Aerospace Engineering. A comparative analysis between the experimental and control classes revealed that the experimental group demonstrated significantly better performance across multiple metrics: core knowledge point mastery (89.6% versus 68.3%), annual output of innovative experiment designs (12 versus 5 projects per year), and award rates in disciplinary competitions (31.2% versus 12.5%). Furthermore, the integration of AI tools enhanced the efficiency of teacher-student collaboration by more

2025-09-28 收稿, 2025-12-10 录用, 2026-01-12 网络出版

基金项目: 河北省教育科学“十四五”规划课题重点资助项目(项目号 2502028), 北华航天工业学院线上线下一流课程建设项目(项目号 JY202487)

* 通信联系人: 刘巧宾, E-mail: hopelqb@163.com

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2025.25.287

than 40%. This model, with “high-order thinking, innovation, and challenge” at its core, establishes a “teacher-student-AI” collaborative theoretical framework. It not only provides a replicable practical path for building a “golden course” in polymer physics but also serves as a paradigmatic reference for the deep integration of intelligent technology and specialized curricula.

Keywords: Teacher-Student-AI collaboration; Polymer physics; High-level competence; AI-empowered; Teaching reform

引用: 刘巧宾, 刘旭冉, 王晓蓓. “师-生-AI”协同模式提升高分子物理高阶能力的实证研究. 高分子通报, 2026, 39(4), 666–674.

Citation: Liu, Q. B.; Liu, X. R.; Wang, X. B. An empirical study on enhancing higher-order competencies in polymer physics through a teacher-student-AI collaborative model. *Polym. Bull.* (in Chinese), 2026, 39(4), 666–674.

高分子物理作为材料科学与工程相关专业的核心基础课程, 涵盖“高分子链结构、聚集态结构、性能关系”三大核心模块, 是连接基础理论与工程应用的关键桥梁, 其教学质量直接影响学生对后续专业课程的学习及解决复杂工程问题的能力^[1,2]。然而, 传统教学模式存在三大突出问题: 一是理论教学中, 高分子链运动、结晶动力学等微观过程难以可视化, 学生理解难度大, 我校历史数据(2020~2022级)显示核心知识点平均掌握率仅为68.5%; 二是实验教学受限于设备成本与安全风险, 如“高分子熔体流变性能测试”“聚合物结晶速率测定”等实验多为演示性操作, 学生自主设计空间不足, 创新性培养薄弱; 三是教学评价侧重知识记忆, 缺乏对学生“问题分析—方案设计—成果验证”等高阶思维能力的系统培养, 与“新工科”所强调的创新型、复合型人才培养要求存在显著差距。

人工智能技术的迅猛发展, 为破解上述教学瓶颈提供了契机与路径。教育部《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》明确提出“推动现代信息技术与教育教学深度融合, 打造线上线下结合、虚实结合的智慧课堂”, 并将“高阶性、创新性、挑战度”作为“金课”建设的核心标准^[3]。在此背景下, “师-生-AI”协同育人模式应运而生。该模式中, 教师作为“引导者”把握教学方向与目标; 学生作为“探究主体”开展自主学习与实践创新; AI则扮演“辅助者”角色, 通过可视化工具、数据分析平台及虚拟实验系统等手段突破教学条件局限, 三者协同实现“知识—能力—素养”的有机融合。

近年来, 诸多学者围绕AI赋能教育展开探索。Smith等^[4]开发了基于AI的聚合物物理模拟

平台, 通过机器学习算法实时预测和可视化高分子链在不同环境下的构象变化, 有效提升了学生对复杂理论概念(如链缠结、玻璃化转变)的理解能力; Jones团队^[5]则侧重于将AI数据分析工具集成到材料科学课程中, 使学生能够自主探究“结构—性能”关系, 研究证实该方式显著促进了学生的科学推理与探究素养; 国内学者郭桂珍、钱虎军等^[6,7]也分别就智慧教学工具和虚拟实验平台在 高分子物理教学中的应用进行了有益尝试。然而, 现有研究多侧重于技术应用本身, 缺乏对“教师、学生、AI”三者深度融合的协同机制及其对课程“两性一度”赋能路径的系统性研究。

本研究立足于“师-生-AI”协同育人理念, 将其与高分子物理“金课”建设目标深度结合, 旨在构建“人工智能+专业课程”教学理论框架。通过利用AI可视化工具化解理论抽象之难, 借助虚拟实验平台拓展实践创新空间, 并依托过程性评价强化高阶思维培养, 系统探究AI在提升课程高阶性、创新性与挑战度方面的作用机制。本研究不仅为高分子物理教学改革提供了可落地、可推广的实践方案, 也为材料科学基础、流变学等同类课程的教学创新提供了可资借鉴的理论模型与实践路径。

1 “师-生-AI”协同育人课堂的设计框架

在人工智能深度融合教育生态的背景下, “师-生-AI”协同育人课堂为高分子物理课程实现“高阶性—创新性—挑战度”的教学目标提供了新的实践路径(图1)。该模式将AI作为智能协作者, 使教师从知识传递者转变为学习设计者与思维引导者, 学生则能开展更具自主性与探究性的学习

活动^[8]。课堂教学流程如图2所示。教师首先组织学生进行小组合作探究,创设情境构建知识体系。其间融入AI与学生进行探究对话,教师适时引导,学生与AI交流获取资料突破思维局限,教师及时调整教学思路,形成多元互动闭环,推动教学创新变革。AI能够生成个性化学习路径,辅助学生理解核心概念;同时,虚拟仿真平台可提供即时反馈,从而增强学习沉浸感^[9]。同时,基于AI的学习分析系统可追踪学生在课前预习、课堂互动与课后拓展中的表现,形成全过程、多维度的成长档案。教师据此调整教学节奏,进行精准干预,为培养高素质创新型人才提供了支持。

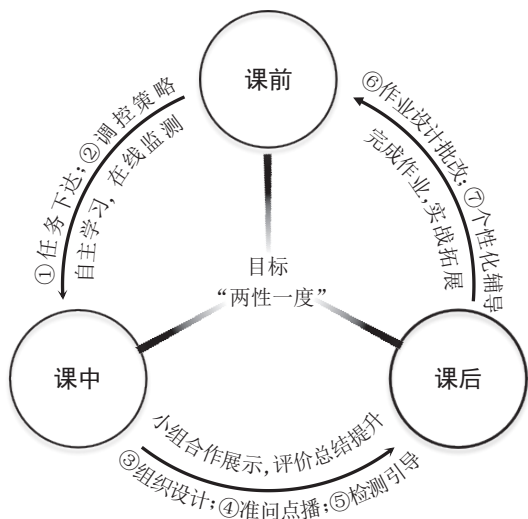


图1 “师-生-AI”协同育人课堂核心互动关系
Figure 1 Core interaction relationships in the “teacher-student-AI” collaborative education classroom

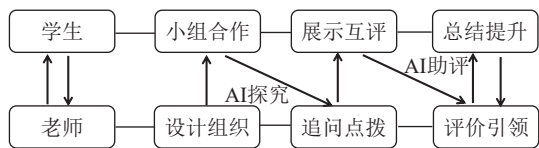


图2 “师-生-AI”协同育人课堂全流程教学环节示意图
Figure 2 Schematic diagram of the entire teaching process in the “teacher-student-AI” collaborative education classroom

1.1 设计原则

1.1.1 高阶性导向原则

以培养高分子物理核心能力为目标,将AI赋能作用聚焦于高阶思维训练。在理论教学中,借助AI实现高分子链运动、结晶动力学等微观过程的可视化,降低认知负荷,夯实认知能力基础,进而引导学生运用AI工具深入解析“结构-性能”

调控机制,以强化学生的分析能力;在实践教学中,要求学生基于AI辅助^[10]完成如“低能耗聚合物制备方案”的设计,重点培养学生的设计能力。确保AI不仅仅是知识传递工具,而成为支撑分析、设计等高阶思维训练的核心要素,从而实现AI赋能与能力培养目标的内在契合。

1.1.2 协同性互动原则

明确“师-生-AI”三者的角色与定位,构建协同互补的教学互动关系。教师负责目标设定、难点点拨、评价反馈,例如,在“聚合物结晶动力学”章节,教师提出“如何通过工艺参数调控结晶度”的探究问题;学生作为主体进行数据采集、模型构建、方案验证;AI则提供结晶动力学数据库作为数据支撑、借助MATLAB模拟提供工具辅助,同时通过误差评估完成结果分析,形成三者闭环互动。

1.1.3 挑战性适配原则

依据学生认知水平设计分层挑战任务:基础层任务面向全体学生,通过“借助AI绘制高分子黏度与温度的关系曲线”等活动巩固知识基础,促进知识内化;进阶层任务聚焦中等水平学生,重点围绕基于AI预测模型优化聚合物注塑工艺参数展开,着力提升学生分析与应用能力;创新层任务则为学有余力的学生设置,引导其完成如“设计‘AI+实验’的聚合物降解性能研究方案”等任务,激发创新思维。通过分层设计实现因材施教,避免“一刀切”教学模式可能导致的学习脱节或兴趣流失问题。

1.2 核心要素与互动机制

1.2.1 核心要素

为清晰展示“师-生-AI”协同育人课堂中各要素的角色、功能及支撑工具,相关信息汇总见表1。

1.2.2 互动机制

采用“三阶段互动”模式,推动教师、学生与AI的协同。课前,教师通过AI教学平台发布预习任务,学生观看视频或微课并完成配套习题;AI自动统计学生预习进度并归纳学生提出的疑问点。例如,高分子链结晶过程学习后,数据显示有35%的学生对“折叠链晶体形成机制”存在理解困惑。教师依据AI形成的学情报告,精准调整课堂教学重点,有限突破共性难点。课中,学生

表1 “师-生-AI”协同育人课堂核心要素角色定位与功能对照

Table 1 Core elements, roles and functions in the “teacher-student-AI” collaborative education classroom

要素	角色定位	具体功能	支撑工具/平台
教师	引导者、评价者	制定教学目标；设计探究任务；点拨疑难；综合评价	超星学习通(V1.3.9, 北京世纪超星信息技术发展有限责任公司), 用于流程管理与资源分发
学生	探究主体、创新者	参与AI辅助学习；组队完成项目；设计实验方案；参与互评	虚拟实验平台(Polymer Virtual Lab V2.0, 北京欧倍尔, 核心引擎:LAMMPS 分子动力学模拟)；数据分析工具(Python 3.9, scikit-learn 机器学习库)；Origin2021 以上版本等
AI	辅助者、支撑者	理论可视化；数据支持；实验模拟；成果分析	Materials Studio 2024 (BIOVIA 公司), 核心算法: COMPASS III 力场, 用于精确计算高分子链构象、结晶行为等；OpenPoly (复旦大学), 核心算法: 基于图神经网络(GNN)的聚合物性能预测模型, 训练数据集为PoLyInfo 国际聚合物数据库；Polymer Virtual Lab V2.0 (北京欧倍尔), 核心算法: 基于LAMMPS的分子动力学引擎与Unity 3D 实时渲染

借助AI开展模拟实验(如高分子拉伸模拟操作), 提交报告并进行小组研讨, 教师针对共性问题集中指导。课后, 学生基于课堂成果, 自主设计创新方案, AI进行初评并提出意见, 教师结合AI反馈给出针对性指导, 支持学生进一步优化。

2 “师-生-AI”协同育人课堂的实施过程

2.1 实施对象与可比性分析

以我校2022级和2023级功能材料专业学生为对象, 开展教学实践。为确保实验组与对照组之间的可比性, 在实验开始前对2组学生的基线特征进行了统计比较(见表2)。

表2 实验班与对照班学生基线特征比较(n=148)

Table 2 Baseline characteristics of the experimental and control classes (n=148)

特征指标	实验班(n=68)	对照班(n=80)	P值
性别(男/女)	42/26	51/29	0.782
年龄(岁)	19.3 ± 0.7	19.5 ± 0.6	0.654
先修课有机化学平均成绩	82.5 ± 6.3	81.9 ± 7.1	0.589
先修课高分子化学成绩	85.2 ± 5.8	84.7 ± 6.4	0.623

注: 采用独立样本t检验(计量资料)和卡方检验(计数资料)进行统计分析。

统计结果表明, 2组学生在关键基线指标上未表现出显著差异($P>0.05$), 具备进行对比研究的条件。因此, 本研究以2022级80名学生作为对照班, 采用传统教学模式; 2023级学生68名学生作为实验班, 实施“师-生-AI”协同教学模式。

2.2 课程整体设计与三阶递进教学框架

课程设计以高分子物理课程核心章节为载体, 涵盖“高分子链的结构”“高分子的聚集态结

构”“高分子的黏弹性”“高分子材料的性能与应用”4大模块, 依次构建“基础概念具象化—工程问题情境化—创新项目实战化”三阶递进教学内容, 从而系统实现高阶性、创新性与挑战度(“两性一度”)的层次化提升(见表3)。

基于上述框架, 在北华航天工业学院开展了为期2学年的教学实践。以我校2022级、2023级功能材料专业学生为对象, 其中2023学生68人, 采用协同模式作为实验班, 2022级学生80人, 采用传统教学模式, 作为对照班。教学实施覆盖高分子物理课程的理论教学40学时、实验教学8学时以及实践拓展8学时全环节。

2.3 理论教学环节

在以“高分子链柔顺性”这一抽象概念为例教学的教学中, 通过构建“教师-学生-AI”三元协同的探究式学习模式, 有效实现从知识灌输向能力建构的转变。

2.3.1 课前协同

教师通过学习通平台发布微课和自测题等预习任务, AI自动分析答题数据, 生成学情报告, 70%学生掌握“主链/侧基基础影响”, 但60%学生混淆“Si-O键与侧基极性协同作用”, 如误判聚甲基苯基硅氧烷柔顺性, 20%学生未掌握“支化远程影响”。教师依据AI学情报告, 将课堂目标聚焦“主链主导性”“主链-侧基制衡”“支化微调作用”; 学生通过AI预习报告明确薄弱点, 标注疑问苯环侧基在不同主链中影响差异, 为课中探究做好准备。

2.3.2 课中协同

课堂上教师通过大屏展示2组材料的实际应用场景的工程应用对比: (1)硅橡胶密封圈在

表3 “师-生-AI”协同育人课堂三阶教学内容设计与“两性一度”体现对照表

Table 3 Alignment of three-phase instructional design in the “teacher-student-AI” collaborative classroom with the “two natures and one degree” principle

教学阶段	核心目标	AI驱动方式	教学活动设计	“两性一度”体现
基础概念具象化	理解抽象概念, 建立知识框架	3D可视化、智能预习	课前: 学生通过AI平台观看“高分子链构象”3D动画, 完成预习测试 课中: 教师结合AI生成的知识点图谱, 讲解“柔顺性-结构-性能”关系, 学生通过匠邦AI智课设计生成的课件中的虚拟模拟器调整链长、侧基类型, 观察柔顺性变化 课后: AI推送基础习题, 巩固概念理解	高阶性: 建立微观结构与宏观性能的关联认知 创新性: 初步尝试调整参数观察结果 挑战性: 掌握3个以上核心概念的关联逻辑
工程问题情境化	提升工程分析与优化能力	虚拟实验、案例库	课前: AI推送工程案例“汽车轮胎老化导致弹性下降”, 学生预习黏弹性、老化机理等知识点 课中: 分组开展“轮胎材料性能检测虚拟实验”, 分析老化前后弹性模量、损耗因子变化, 利用AI案例库对比添加抗氧剂、调整交联度等不同抗老化方案, 提出优化建议 课后: 提交“轮胎材料老化分析与优化报告”, AI批改并标注改进方向	高阶性: 应用理论分析工程问题, 提出优化方案 创新性: 对比不同方案, 选择最优解 挑战性: 完成“问题诊断—实验验证—方案设计”完整流程
创新项目实战化	培养创新思维与实践能力	创新设计工具、项目指导	课前: 学生组队确定如“可降解农用地膜设计”等创新主题, AI推荐分子结构与性能参数 课中: 利用AI平台设计地膜材料配方, 预测降解周期与力学性能, 教师指导优化方案 课后: 完善项目方案, 参与校级高分子材料创新竞赛, AI跟踪项目进展并推送相关技术资料	高阶性: 整合多章节知识, 完成创新项目设计 创新性: 提出新型材料方案或工艺改进 挑战性: 应对性能预测偏差、方案可行性评估等复杂问题

-60 °C 仍保持弹性对比天然橡胶密封圈在-20 °C 变硬脆; (2) 易弯曲的低密度聚乙烯薄膜对比偏刚性高密度聚乙烯管材, 通过实例肯定学生预习习得的结论——主链结构和链的规整性是导致性能差异的关键, 并弹出预习中的高频错误结论——“苯环侧基一定降低柔顺性”, 教师借助AI热力图, 运用主次因素分析法引导学生思辨: 首先明确主链结构是“先天决定因素”, Si-O键内旋转阻力远小于C-C键; 其次阐明侧基、支化等是“后天微调因素”, 其作用需置于主链基础上评估, 苯环侧基难以抵消Si-O键的柔顺性优势, 但会显著降低C-C键的柔顺性, 所以聚甲基苯基硅氧烷仍保持较好弹性, 但聚苯乙烯柔顺性远低于聚乙烯。AI筛选有关远程因素相关问题, 教师结合链缠结模型补充, 实现疑问即时解决, 助力学生突破认知难点。

2.3.3 课后协同

AI基于课前课中数据, 推送分层任务: 基础层任务面向知识点正确率低于60%的学生, 以匹配自测题搭配微课讲解的形式, 帮助其强化“主链与侧基协同影响柔顺性”的核心逻辑; 进阶层任务针对正确率60%~85%的学生, 通过密封条选材等工程案例分析, 结合企业实际应用数据, 引导其深化知识应用; 创新层任务则面向正确率超

85%的学生, 以高柔顺密封材料虚拟创新设计为目标, 重点培养材料设计能力。同时, AI会生成个性化能力雷达图, 清晰呈现学生各维度能力表现, 为教师调整教学与个别辅导提供清晰依据。学生通过定制任务巩固知识, 迁移技能, 实现能力进阶。

通过AI、教师、学生三方协同, 抽象的高分子柔顺性学习转变为主动探究模式。学生对“主链与侧基协同作用”的理解正确率从课前70%提升至课后92%, 工程案例完成质量提升40%, 有效促进了高阶思维与解决复杂工程问题能力的发展。

2.4 实验教学环节

以“高分子熔体流变性能测试”实验为例, 该实验在传统教学中存在设备昂贵、测试周期长、参数调整受限的局限。学生先登录Polymer Virtual Lab V2.0虚拟实验平台。通过交互式3D模型熟悉流变仪的硬件结构与操作规范; 在虚拟环境中自主调整温度、剪切速率等关键工艺参数, 观察并记录不同条件下高分子熔体黏度的变化规律。基于虚拟实验结果, 学生分组设计真实实验方案。例如, 围绕“探究剪切速率对PP熔体黏度的影响”展开, 在实验室仅测试虚拟实验中优化后的三组参数, 大幅节省实验时间和成本。随后, 各小组

结合“虚拟+真实”实验数据,进一步设计“创新性流变实验方案”,比如开展“添加纳米粒子对PP熔体流变性能的影响研究”。方案需涵盖实验目的、AI虚拟预实验方案、真实实验步骤、预期创新点等核心内容,教师评选优秀方案,并为方案的后续实施提供实验支持。

2.5 实践拓展环节

针对“高分子材料低碳化设计”这一综合性实践项目,设计了完整的“任务发布—团队探究—多元评价—成果转化”教学闭环,旨在对接国家“双碳”目标,培养学生的创新思维与工程实践能力。教师首先发布项目核心任务,要求学生设计一种降解性能优良、制造成本低廉的可降解高分子材料。并明确评分标准,其中创新性占比30%,可行性占比30%,环保性占比20%,报告质量占比20%。学生以5人一组进行团队协作探究,在教师设定的平台范围内选择适宜的AI工具对不同单体组合的聚合物降解性能进行预测,从中筛选出3种候选材料;再借助AI工艺优化工具,为每种候选材料制定详细的制备方案,涵盖聚合温度确定、催化剂选择等关键内容,并同步完成成本核算与碳排放评估;最后形成完整项目报告,报告需包含AI预测全过程、方案设计细节、可行性分析,提交至AI评审平台完成初评。教师邀请企业专家参与后续评审。优秀方案“PBAT/PLA共混改性可降解地膜设计方案”已被合作单位中国科学院理化技术研究所评估,认为其降解周期预测与成

本控制具备中试潜力。

再以“AI辅助聚合物某一行为过程”为例,学生团队可以选用Materials Studio 2024软件,调用其COMPASS III力场,针对聚合物结晶动力学、链取向过程等进行分子动力学模拟。借助AI辅助编程工具,可显著降低对学生原生代码开发能力的要求;程序运行中出现的代码异常,亦能通过AI诊断系统实现精准修正,最终达成预设模拟目标。在迭代优化过程中,学生需深度掌握聚合物微观结构特征及过程影响因素的内在关联。AI辅助下的可视化技术将抽象的分子模型与动态过程具象化,不仅强化了学生对专业软件的操控能力,更通过成果输出提升了科研实践的获得感。

3 “师-生-AI”协同育人课堂的成效分析

3.1 评估指标

实验班与对照班的评估维度包括课程成绩、核心知识点掌握率、创新成果数量及学科竞赛获奖情况,其中课程成绩进一步细分为理论成绩、实验成绩与综合成绩,核心知识点掌握率依据课后测试结果统计,创新成果数量涵盖实验方案与项目报告两类产出;同时,还通过实验班学生教学反馈问卷、教师访谈记录、企业专家对学生创新成果的评价补充质性评估,实验班教学反馈问卷共68份,回收率100%。评价指标如表4。

表4 “师-生-AI”协同育人课堂教学成效评估指标体系表

Table 4 Framework of teaching effectiveness indicators for the “teacher-student-AI” collaborative classroom

一级指标	二级指标	指标说明
知识掌握	核心知识点掌握率	课后测试中核心知识点的正确率
	课程综合成绩	理论成绩(40%)+实验成绩(30%)+实践成果(30%)的平均分
	创新成果数量	年均学生设计的实验方案、实践项目报告数量
	学科竞赛获奖率	参与学科竞赛并获奖的学生占比
能力培养	数据分析能力评分	基于课后任务中数据处理的准确性、逻辑性评分(满分100分)
	实验设计能力评分	针对学生提交的实验方案,从“创新性、可行性、科学性”3个维度评分,满分100分,采用“教师+企业专家”双评分
教学效率	师生协同效率	统计完成同等如“高分子链柔顺性分析”探究任务的平均时长,对比实验班与对照班的时间差异
	知识传递效率	基于AI平台统计的“知识点掌握时长”,即从发布预习任务到学生通过测试的平均时间,评估知识传递效率

3.2 量化数据对比分析

基于2023-2025学年两轮教学实践数据,实验班与对照班在各项指标上表现出差异显著,具体

如下。

3.2.1 知识掌握指标对比

为更清晰地展现实验班与对照班教学效果差

异,就核心知识点掌握率、课程成绩等关键指标进行多维度对比,具体结果见表5和图3。

如表5和图3所示,实验班的核心知识点掌握率显著高于对照班。在“高分子链运动机制”“结晶动力学方程应用”等抽象知识点上,掌握率的差异幅度尤为显著,达35%以上。这一成效主要得益于AI可视化工具对微观过程的实时模拟,促使学生对理论知识的理解从机械记忆转为深度理解,课后访谈中82%的实验班学生表示“AI动画让‘链段运动’从抽象概念变成了可观察的过程”。

表5 实验班与对照班高分子物理知识掌握指标对比表

Table 5 Statistical comparison of polymer physics knowledge acquisition metrics for experimental and control cohorts

指标	实验班 (n=68)	对照班 (n=80)	差异 幅度	P值 (显著性)
核心知识点掌握率	89.6%±4.2%	68.3%±5.7%	+31.2%	<0.01
课程综合成绩(平均分)	82.3±6.5	71.5±7.8	+15.1%	<0.01
理论成绩(平均分)	80.5±7.1	69.2±8.3	+16.3%	<0.01
实验成绩(平均分)	85.7±5.8	73.8±6.9	+16.1%	<0.01

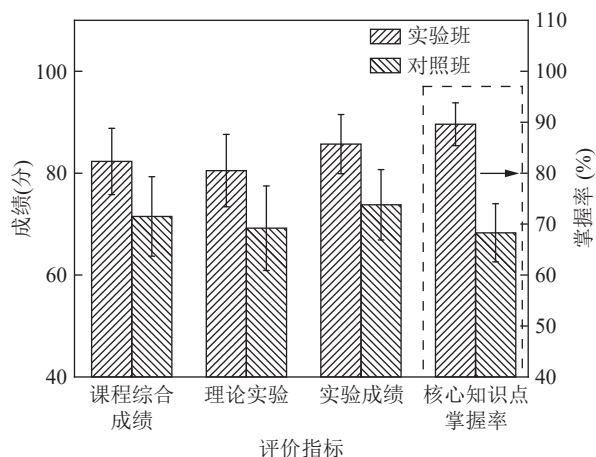


图3 实验班与对照班高分子物理核心知识点掌握率及课程成绩对比图

Figure 3 Comparative performance in polymer physics for the experimental and control groups

3.2.2 能力培养指标对比

为探究“师-生-AI”协同模式对学生能力培养的实际成效,本研究从创新成果数量、学科竞赛获奖率等维度进行对比,具体数据见表6。

表6 实验班与对照班高分子物理能力培养指标对比表

Table 6 Comparative assessment of ability development outcomes in polymer physics: experimental versus control cohorts

指标	实验班(n=68)	对照班(n=80)	差异幅度
年均创新成果数量	12项(人均0.18项)	5项(人均0.06项)	+187.5%
学科竞赛获奖率	31.2%(21人获奖)	12.5%(10人获奖)	+149.6%
数据分析能力评分(平均分)	81.2±7.3	65.8±8.5	+23.4%
实验设计能力评分(平均分)	83.5±6.7	68.3±7.9	+22.3%

实验班2023级学生团队基于“AI+实验”设计的“PBAT/PLA共混材料降解性能优化方案”,在今年的本科生毕业设计中得到了实验的充分验证。此外,实验班学生在“数据分析能力”上的优势尤为明显,60%的学生能独立使用Python完成“多因素对聚合物性能影响”的数据分析,而对照班该比例仅为32%。

3.2.3 教学效率指标对比

为衡量AI工具引入对教学效率的提升作用,统计了对照和实验班完成同类教学任务的时长并计算效率提升幅度,相关数据汇总为表7。

表7 实验班与对照班高分子物理教学效率指标对比表

Table 7 Comparative analysis of educational productivity in polymer physics instruction: experimental versus control cohorts

指标	实验班	对照班	效率提升幅度
完成“高分子链柔顺性探究”任务平均时长	1.75 h	2.25 h	+22.2%
“结晶动力学”知识点掌握平均时长	1.5 h	2 h	+25.0%
实验方案设计平均时长	3.2天	5.8天	+44.8%

AI工具的引入显著提升了教学效率。例如,在实验方案设计环节,AI平台可自动生成参数优化建议,减少学生反复试错的时间;同时,AI辅助评价系统能快速反馈任务完成情况,如作业批改时长从传统的2天缩短至4h,让教师有更多精力聚焦“高阶指导”,而非“基础纠错”。

3.3 定性反馈分析

3.3.1 学生反馈

调查显示(基于68份问卷),学生对AI教学工

具的应用给予了高度认可。其中, 92.2%的学生认为“AI可视化工具有效降低了理论理解难度”, 高分子链模拟工具能将抽象的微观结构转化为直观呈现; 同时, 87.5%的学生表示虚拟实验平台为自己提供了更多尝试创新实验参数的机会, 无需受限于实体实验的设备或安全条件。

在教学模式方面, 89.8%的学生认可“师-生-AI”协同模式, 认为“教师的引导+AI的辅助+同学的协作, 让探究任务更有方向感且充满挑战, 学习过程更具目标感与参与感”。

此外, 学生在能力与兴趣方面也感受到积极变化。91.4%的学生认为通过该模式, 自己的“数据分析能力”与“实验设计能力”得到显著提升, 78.9%的学生表示对高分子物理的学习兴趣明显增强。

值得注意的是, 也有部分学生提出了使用中遇到的困难。7.8%的学生认为“AI工具操作门槛较高, 如Python、material studio基础薄弱”, 5.4%的学生反映“虚拟实验与真实实验的误差有时会影晌判断”。针对这些问题, 后续将在“计算机在材料科学中的应用”课程中增设“AI工具基础培训”模块6学时, 含软件操作与算法原理入门, 并着力优化虚拟实验算法, 将误差率从原来的8%降至3%以内。

3.3.2 教师与企业专家反馈

参与教学的3位教师均表示, AI平台的数据分析与反馈功能, 提升了教学干预的精准性。借助这一功能教师能快速定位学生的薄弱环节, 比如曾发现有35%的学生对“位阻效应”理解不足, 从而避免了以往盲目授课的问题; 同时学生创新成果的增加, 也反向推动教师不断提升自身的‘AI+专业’融合应用能力。

校外导师在评审实验班成果时指出, 实验班学生提交的“高分子材料低碳化方案”, 已具备一定的产业应用价值, 学生能结合AI预测性能与成本分析结合, 形成兼具科学性与实用性的设计思路, 这是传统教学模式下学生难以达到的水平, 并表示愿意与学校进一步合作, 将优秀学生方案转化为企业研发项目。

3.4 育人成效的关键因素分析

3.4.1 理论层面

通过将AI赋能聚焦于“分析、设计、创新”等

高阶能力, 而非单纯的“知识传递”, 避免了“AI工具化”的浅层应用。以“高分子材料低碳化设计”任务为例, 学生在真实的多目标优化情境中, 主动融合不同的理论知识, 解决性能、成本与环保性协同优化的复杂工程问题。在此过程中, AI通过性能预测与情景模拟, 将抽象的权衡决策具象化, 引导学生开展“如果-那么”式的探索性学习, 逐级深化其系统思维、科学决策与创新设计能力。学生通过亲身实践, 深刻体认工程选择对社会与环境的实际影响, 从而将可持续发展的理念内化为职业素养。这种方式有效推动学生从知识的被动接收者, 转变为在多重约束条件下主动进行知识整合、深度思考和价值判断的学习主体。

3.4.2 实践层面

“师-生-AI”三者的角色定位清晰且形成互补: 教师解决“方向与深度”相关问题, 为学生提出探究目标、在关键环节点拨知识难点; 学生聚焦解决“执行与创新”问题, 具体包括完成既定探究任务、自主设计实践方案; AI则着力解决“效率与局限”问题, 突破时空限制、为探究过程提供数据支撑。这种协同机制推动教学模式从“教师单向输出”转变向“多方互动探究”, 充分激发了学生在学习中的主体作用。

3.4.3 评价层面

突破传统“期末一张卷”的评价模式, 将学生的创新成果、数据分析能力、实验设计质量等核心能力维度纳入评估体系。评分环节采用教师评价、企业专家点评与AI技术辅助核算相结合的多元化方式, 既通过多主体参与保障了评估结果的客观性与全面性, 也引导学生跳出“唯分数论”的局限, 更注重自身综合能力的锤炼与提升。

4 结论与展望

本研究证实了“师-生-AI”协同模式在分子物理教学中的实践价值: 不仅有效提升了学生知识掌握程度与课程成绩, 更充分激发了学生的创新与实践潜能, 有效突破了传统教学中的部分局限。该模式为高分子物理“金课”建设提供了可复制、可推广的实施路径, 对同类课程教学改革具有积极的借鉴意义。

同时, 研究也发现当前实践中仍存在三方面问题: 一是部分学生在工具操作熟练度上存在不

足,影响学习体验;二是少数小组过度依赖辅助工具或教师干预失衡;三是目前所采用的学习通教学平台搭配OpenPoly,匠邦AI智课设计等多种混合形式,在专业适配性持续优化与长效运维方面仍有提升空间。针对上述问题,未来拟通过数字化教材建设构建系统性解决方案:嵌入工具实操微课、分步指南及常见问题库,高效降低操作门槛;设计分层递进的探究任务体系,配套工具使用边界规范与自主思考引导模块,从源头规避过度依赖与干预失衡(其深层次原因在于任务阶梯性不足、学生基础差异与使用规范模糊)。选用成熟稳定且具备二次开发接口的商业化平台作为专用教学平台,可快速部署并推动教材与专用AI教学平台的深度协同。通过教材内容的持续迭代,反哺平台在分子物理特定体系模拟精度等专业场景的适配能力,缓解运维压力,最终实现教学内容与技术支撑的协同升级,推动“师-生-AI”协同模式在更广范围的应用。

“师-生-AI”协同育人模式不仅是人工智能技术赋能高等教育教学改革的重要实践,也为新工科背景下创新型人才的培养提供了有效路径。唯有持续优化机制、整合多方教学资源,不断破解实践中的难点问题,才能推动这一育人模式在更广泛的学科领域落地生根、提质增效。

利益冲突声明:本文中所使用的超星学习通由学校统一购买使用权、Materials Studio、Aspen Plus等商业软件均为课题组自购正版授权,仅用于本教学研究,作者声明无任何利益冲突。

参考文献

- 1 张夏兰,林起浪.新工科背景下高分子材料专业实验课程教学改革探索.化工高等教育,2024,41(6),132-136.
- 2 李振华,沈雷.“科教深度融合”的高分子物理教学探索与实践.高分子通报,2023,36(12),1740-1744.
- 3 中华人民共和国教育部.教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[EB/OL].(2018-10-08).http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html.
- 4 Smith, J.; Lee, K.; Wang, H. An AI-based simulation platform for polymer physics education. *J. Chem. Educ.*, 2017, 94(3), 389-395.
- 5 Jones, A.; Miller, S.; Brown, T. Integrating AI data analysis tools into materials science courses: a case study on structure-property relationships. *Eur. J. Eng. Educ.*, 2019, 44(2), 215-228.
- 6 郭桂珍,杨海英,鱼银虎,赵丹,宋少飞.基于“SPOC翻转课堂”的《高分子物理》教学研究与实践.高分子通报,2024,37(8),1140-1146.
- 7 钱虎军,施睿,吴光鹭,朱轩伯.用于高分子物理教学的虚拟仿真平台开发及其教学实践初探.大学化学,2025,40(4),147-153.
- 8 张葵花,代正伟,吴雯.基于工程创新能力培养的高分子物理实验混合式教学改革研究:以嘉兴学院为例.嘉兴学院学报,2021,33(2),140-144.
- 9 都琳,徐爽,徐宗本.师-生-AI协同课堂:人工智能赋能大学数学教育的载体及实践.中国大学教学,2025,(4),59-65.
- 10 高粱.高分子物理的“理-实-智”一体化课程改革探索:以聚乙烯醇缩丁醛合成-结构-性能为课程载体.高分子通报,2025,38(6),972-981.