

人工智能交互式数字教师的构建及其在材料科学实验教学中的应用探索

王子奇^{*}, 李红, 李玲

暨南大学化学与材料学院, 广东 广州

收稿日期: 2025年5月15日; 录用日期: 2025年6月16日; 发布日期: 2025年6月23日

摘要

随着人工智能(AI)技术的迅猛发展, 高等教育中的实验教学正面临着前所未有的转型机遇。文章围绕材料科学与工程专业核心课程《材料科学基础实验》的教学改革, 构建了一个融合知识图谱(Knowledge Graph, KG)、大语言模型(Large Language Model, LLM)与智能反馈机制的AI交互式数字教师系统。该系统在知识重构、智能问答、个性推荐与资源调度等方面实现了教学智能化, 显著提升了学生的学习主动性、知识迁移能力与操作规范意识。通过双模型融合保障系统稳定与数据安全, 并以开放式界面优化用户体验, 实现对学生认知路径的动态感知与精准支持。教学实践表明, 该系统不仅有效缓解了教学资源紧张与个性化指导难题, 也推动了教师角色转型与教学范式变革。本文的探索为人工智能技术在高等教育实验教学中的应用提供了实践样本与理论启示。

关键词

数字教师, 材料科学, 实验教学, 知识图谱, 大语言模型

Construction of an AI-Powered Interactive Digital Tutor and Its Application in Materials Science Laboratory Teaching

Ziqi Wang^{*}, Hong Li, Ling Li

College of Chemistry and Materials Science, Jinan University, Guangzhou Guangdong

Received: May 15th, 2025; accepted: Jun. 16th, 2025; published: Jun. 23rd, 2025

Abstract

With the rapid advancement of artificial intelligence (AI), experimental teaching in higher education

^{*}通讯作者。

文章引用: 王子奇, 李红, 李玲. 人工智能交互式数字教师的构建及其在材料科学实验教学中的应用探索[J]. 教育进展, 2025, 15(6): 718-721. DOI: 10.12677/ae.2025.1561051

is undergoing a significant transformation. This study focuses on reforming the core course *Fundamentals of Materials Science Laboratory* by developing an AI-powered interactive digital tutor system that integrates Knowledge Graphs (KG), Large Language Models (LLM), and Intelligent Feedback Mechanisms. The system promotes intelligent teaching through semantic knowledge reconstruction, real-time Q&A, personalized recommendation, and intelligent resource scheduling, thereby enhancing students' engagement, knowledge transfer ability, and operational competence. A dual-model architecture ensures both performance and data security, while an interactive interface enables contextual understanding and personalized support. Teaching practice demonstrates that the system effectively addresses challenges such as limited resources and lack of individualized guidance, facilitates the shift in teachers' roles, and drives pedagogical innovation. This work offers both practical insights and theoretical references for AI-enabled experimental education in universities.

Keywords

Digital Tutor, Materials Science, Experimental Teaching, Knowledge Graph, Large Language Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人工智能(AI)技术的迅猛发展,教育领域正面临一场深刻而广泛的变革。在高等教育体系中,实验教学由于其高度实践性和探索性的特征,成为人工智能赋能教育变革的重要突破口。传统实验教学中,知识组织形式较为静态、碎片化,个性化学习支持匮乏,教学资源供给相对紧张,难以充分满足学生多样化的学习需求。尤其是在材料科学等对实验操作和分析能力要求较高的课程中,现有教学模式在实验原理理解、操作规范掌握以及数据分析能力培养方面存在较多制约。因此,探索以人工智能技术为核心的数字教师系统,构建智能化、交互式的实验教学新范式,具有重要的现实意义与发展前景。

以《材料科学基础实验》课程为例,该课程作为材料科学与工程类专业的核心必修课,涵盖大量复杂的实验原理、严谨的操作规范以及系统的数据处理分析流程。当前教学实践中,学生在学习过程中常常面临信息获取不便、知识结构碎片化、个性化指导匮乏等问题,影响了实验学习的效率与效果。此外,随着专业扩招和学生人数的不断增加,教师指导能力与实验硬件资源出现紧张,理论与实践课时的配比亦受到限制。这些问题进一步凸显了实验教学改革的迫切性。

2. AI 交互式数字教师的搭建

为了应对上述挑战,构建一个集内容组织、知识检索、智能问答、个性化推荐为一体的 AI 交互式数字教师系统,成为本课程教学改革的关键方向。基于此理念,本文提出以人工智能为技术核心,通过构建融合知识图谱(Knowledge Graph, KG)与大语言模型(Large Language Model, LLM)的数字教师系统,实现实验课程知识的系统化重构与智能化呈现,为学生提供持续、精准的学习支持。我们首先以《材料科学基础实验指导教程》[1]等教材为核心知识库,借助微软 GraphRAG 技术[2]建立知识图谱,将实验相关内容转化为结构清晰、层次分明的知识网络,从而克服传统教材信息孤立、缺乏逻辑关联的弊端,使学生在学习过程中能够形成更系统的认知结构,提升对实验本质的理解。接下来,以构建的知识图谱作为本地知识库实现检索增强生成(RAG),利用目前流行的大语言模型实现数字教师的自然语言交互。最后,基于 Kotaemon [3] (开源 RAG 用户界面)框架进行二次开发,构建智能检索与交互式数字教

师用户界面，使学生能够随时随地高效获取实验知识，提升自主学习能力。本文中的数字教师建设框架如图 1 所示。

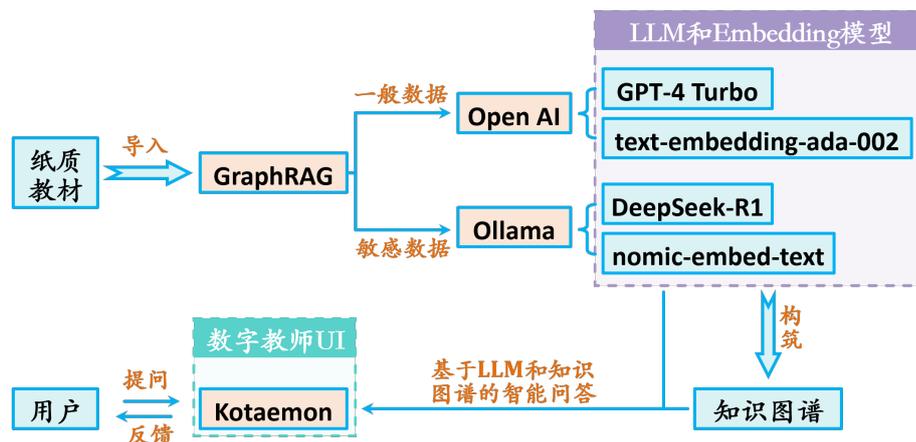


Figure 1. Framework diagram of AI-powered interactive digital tutor system
图 1. AI 交互式数字教师系统框架图

3. AI 交互式数字教师的特点

在智能交互方面，本文所提出的数字教师系统充分融合大语言模型与知识图谱技术，构建起具备实时问答与个性化学习能力的智能支持平台。通过该系统，学生可以依据自身学习进度与认知困惑，提出任意与实验相关的问题，系统基于知识图谱进行语义检索与上下文推理，快速生成准确、详实的回答。这一过程不仅显著提升了学生的信息获取效率，还能促进其自主思考与探索，增强学习的主动性和深度。同时，智能系统提供的反馈并非简单的答案陈述，而是根据知识图谱配套逻辑推演、相关知识点提示及深度阅读建议，引导学生构建更为严谨与完整的知识体系。为了进一步提升系统的适应性与安全性，平台采用双模型策略，分别接入在线高性能大语言模型 GPT-4 Turbo [4] 与本地部署的国产开源模型 Deepseek-R1 [5]。前者在处理大规模非敏感数据时具有反馈迅速、交互自然等优势，后者则在处理敏感实验数据或涉及版权资料时，确保了信息处理的本地化与数据安全。这种策略在保障系统整体效能的同时，也有效兼顾了教学过程中的数据隐私与安全性要求。平台还通过引入多维度权限管理系统，实现学生端与教师端的数据流分离与访问可控，有效避免潜在的信息泄露风险。平台的前端交互界面以开源 RAG 平台 Kotaemon 为基础进行深度定制开发，增强了系统的可用性与交互体验。通过嵌入账户管理机制与上下文记忆功能，系统能够根据不同学生的学习行为与历史记录，推荐符合其认知水平与兴趣方向的学习路径，甚至自动生成个性化的强化练习与开放性实验课题，真正实现因材施教。与此同时，教师也可通过系统后台实时掌握学生的学习轨迹与问题反馈，从而动态调整教学节奏与指导方式，提升整体教学的精准度与效果。系统还支持教师上传定制内容、编辑答题模板与配置反馈机制，使教学更加个性化与精细化。在教学资源管理方面，AI 技术还可实现实验资源的智能化调度与分配。借助数字教师平台，学生可以根据自身时间安排灵活预约实验时段，系统通过算法优化实验室设备与空间的使用效率，缓解实验教学过程中的资源瓶颈问题。此外，平台还支持实验操作流程的仿真模拟与实时演练，降低实验风险，提升学生的实验操作熟练度。在系统应用过程中，实验仿真模块尤其受到学生欢迎，它不仅能够在实验前进行操作演练，更能在实验后提供可视化的数据分析报告与错误操作回顾，帮助学生进行自我诊断与反思。

本研究所开发的数字教师系统，既是对《材料科学基础实验》课程教学内容与方式的深度重构，也

是高等教育信息化发展的积极探索。在教学实践中，系统通过持续采集与分析学生使用行为，动态更新知识图谱与问答策略，保持教学内容的时效性与适应性。学生通过系统获取的反馈不仅限于标准答案，还包括逻辑推理过程、关联知识点展示与进一步阅读建议，有效推动其从浅层理解向深度学习转变。

4. 教学实践探索

根据现阶段教学反馈与试点应用结果，数字教师系统已在资源结构化、学生个性化学习支持、教师精准教学干预等方面展现出显著优势。我院 2024 届材料专业本科生人数由以往的 50 人扩展至 79 人，在教学压力显著增加的背景下，系统帮助教学团队有效缓解了师资压力与资源分配矛盾，提升了课程教学的可扩展性与灵活性。系统使用日志表明，学生在非课堂时间段的自主学习行为显著增加，个性化答疑功能的日均调用次数达到以往线下问答频次的三倍以上，学生的学习积极性与参与度获得实质性提升。值得一提的是，在该系统实施过程中，学生对 AI 教师系统的整体评价普遍积极，认为其响应速度快、答复逻辑性强、知识链接丰富，能够在关键学习节点提供关键支持。同时，教师团队也反馈，AI 教师系统可显著提升教学针对性与效率，特别是在实验准备、实验后分析与问题反馈等环节表现尤为突出。为进一步优化系统效果，教学团队正在计划引入更多智能化组件，例如基于图神经网络的学习路径预测、结合脑电与视线追踪的认知状态监测等，以实现更高层次的智慧教学。

5. 结语

人工智能赋能实验教学，不仅仅是一种技术层面的升级，更是一种教学理念与教育模式的革新。它促使我们重新思考教师角色、学习过程与知识结构的本质关系，为构建以学生为中心、多维度交互式的学习生态提供了全新范式。本文所构建的 AI 交互式数字教师系统，在材料科学实验教学中的实践经验表明，人工智能在提升教学质量、培养学生创新能力与工程实践能力方面具有巨大潜力。未来，随着技术的不断迭代与教育需求的不断深化，人工智能将在高等教育中发挥越来越核心的作用，助力我们培养出更加符合新时代需求的高素质复合型人才。

基金项目

本文得到了暨南大学人工智能赋能实验教学改革专项(82625012)的支持。

参考文献

- [1] 李玲, 许嘉怡, 王子奇, 李红, 崔绍刚. 材料科学基础实验指导教程[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2025.
- [2] Edge, D., Trinh, H., Cheng, N., Bradley, J., Chao, A., Mody, A., Truitt, S., Metropolitansky, D., Ness, R.O. and Larson, J. (2024) From Local to Global: A Graph RAG Approach to Query-Focused Summarization. arXiv:2404.16130.
- [3] Kotaemon, v0.10.6. <https://github.com/Cinnamon/kotaemon>
- [4] GPT-4 Turbo. <https://platform.openai.com/docs/models>
- [5] DeepSeek-R1. <https://github.com/deepseek-ai/DeepSeek-R1>