Advances in Education 教育进展, 2026, 16(11), 557-567
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.16112416

Hans汉斯

人工智能体与教师协同的留学生医用化学教学

马志强，张运昌，佘　岚*

海军军医大学药学系无机化学教研室，上海

收稿日期：2026年10月4日；录用日期：2026年11月3日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

目的：针对留学生医用化学教学中学科基础、中文理解和课堂参与差异较大，教师难以及时将平台作业数据转化为补救教学资源的问题，设计教师主导的人工智能体(AI Agent)教学工作流。方法：采用设计型研究方法，分析雨课堂导出的作业与图文学习数据结构，开发基于Tauri和Rust的桌面应用；在本地完成身份字段删除和统计聚合，通过OpenAI兼容接口调用模型，并由教师在对话中补充题目－知识点映射、教学目标与跨文化要求。结果：形成“诊断－校正－生成－审核－投放”闭环，可生成包含知识回顾、分层练习、即时反馈、多语解释和情境化思政内容的互动HTML，供教师审核后上传雨课堂。现有样例仅验证数据解析和资源生成流程，不用于评价留学生学习效果。结论：该模式将人工智能体定位为教学设计智能体，以专业教师保留最终决策权，为留学生医用化学的精准补强和跨文化教学提供了可实施路径。

关键词

人工智能体，留学生教育，医用化学，人机协同，精准教学

AI Agent and Teacher Collaboration in Medical Chemistry Education for International Students

Zhiqiang Ma, Yunchang Zhang, Lan She*

Department of Inorganic Chemistry, Pharmacy School, Naval Medical University, Shanghai

Received: October 4, 2026; accepted: November 3, 2026; published: November 10, 2026

Abstract

Objective: To address the challenges in medical-chemistry teaching for international students, including large disparities in subject-knowledge foundations, Chinese-language comprehension and

*通讯作者。

文章引用: 马志强, 张运昌, 佘岚. 人工智能体与教师协同的留学生医用化学教学[J]. 教育进展, 2026, 16(11): 557-567.
DOI: 10.12677/ae.2026.16112416

classroom engagement, as well as instructors' difficulty in timely converting assignment data from learning platforms into remedial teaching resources, this study designs a teacher-led teaching workflow powered by an AI agent. Methods: A design-based research approach was adopted. We analyzed the data structures of assignments and graphic-text learning records exported from Rain Classroom and developed a desktop application built with Tauri and Rust. Identity-related fields were removed, and statistical aggregation was performed locally. Models were invoked via an OpenAI-compatible interface. In the dialogue workflow, teachers supplemented question and knowledge-point mappings, teaching objectives, and cross-cultural requirements. Results: A closed-loop workflow of "diagnosis - correction - generation - review - delivery" was established. It can generate interactive HTML resources containing knowledge review, tiered exercises, instant feedback, multilingual explanations, and situational ideological-political content, which teachers may review before uploading to Rain Classroom. The available samples only verify the workflows of data parsing and resource generation, and are not used to evaluate the learning outcomes of international students. Conclusion: This model positions the AI agent as an instructional-design agent, with professional teachers retaining final decision-making authority. It provides a feasible implementation path for targeted remedial instruction and cross-cultural teaching of medical chemistry for international students.

Keywords

AI Agent, International Student Education, Medical Chemistry, Human-Machine Collaboration, Precision Teaching

Copyright © 2026 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

医用化学承担从普通化学知识向医学专业学习过渡的功能。来华留学生在高中化学课程设置、数学基础、中文水平和课堂互动方式方面差异明显，同一班级可能同时存在概念基础扎实但中文术语理解困难、能够记忆结论却缺乏定量推理，以及几乎没有系统化学训练等不同情形。统一进度和统一难度容易使基础薄弱者持续失去反馈，也难以为基础较好的学生提供足够挑战。教师若仅依据期末成绩调整教学，干预往往已经滞后。

人工智能在高等教育中的应用已从自动评分、推荐和预测逐步扩展到生成式问答与资源生产[1]-[4]。大语言模型能够快速重述概念、生成练习并提供多语解释，但也可能产生事实错误、过度自信回答和文化语境偏差[5]-[8]。在化学教育中，生成式人工智能可以支持结构化解释与任务生成，却不能替代对符号规范、计算条件、实验安全和证据边界的专业判断[9]。人工智能体强调目标分解、工具调用和连续任务执行，其价值不在于将教师排除在教学之外，而在于把重复的数据整理和资源初稿工作组织成可监督的流程[10]。

现有雨课堂等平台已经形成作业、测验和资源访问数据，但教学使用常停留在查看总分或逐题正确率。教师还需要判断低正确率对应什么知识点、错误是否由语言造成、哪些学生群体需要何种层次的补强，并将判断转换为可直接投放的教学活动。针对这一断点，本研究开发一款教师端自研桌面应用，将雨课堂导出数据、本地统计、对话式知识点确认、内容生成和互动 HTML 导出连接起来。研究关注三个问题：第一，如何在不向模型发送学生身份信息的前提下形成可用诊断；第二，如何划分教学设计智能体与专业教师的职责；第三，如何把诊断结果转化为适合留学生的复习、练习和情境化思政资源。

2. 理论基础与研究方法

2.1. 理论基础

精准教学要求依据可观察的学习表现调整内容与节奏。学习分析将平台日志转化为参与、表现和变化趋势等指标，为及时干预提供依据[11] [12]。然而，题目正确率只能说明“哪里出现异常”，不能独立解释“为什么出错”。对留学生而言，错误可能来自概念、计算、术语翻译、题意理解或作答习惯。数据解释必须回到课程目标、题目语义和具体课堂情境。

人机协同理论强调能力互补。人工智能体适合处理大批量、规则较清楚的统计与初稿任务，教师则负责目标、语境、价值和后果判断。课堂编排工具的研究表明，只有将系统建议转化为教师可以审阅、修改和拒绝的行动信息，人工智能体才可能真正支持课堂决策[13]。混合人机学习技术同样要求明确控制权、透明度和责任边界[14]。因此，本研究不将生成模型设为面向学生的自由问答教师，而把它设为教师端教学设计智能体。该定位延续了人工智能教育从自动化走向协同增强的发展方向[15]，也与化学教育中强调课前材料、课堂活动和反馈一致性的教学改革相契合[16]。

2.2. 研究方法与材料边界

研究采用设计型研究方法，按照“问题识别–原型构建–数据结构验证–典型场景推演–边界修订”的顺序形成方案。需求来自前期留学生医用基础化学教学反思和课程建设材料。技术分析使用三份雨课堂导出 XLSX，涵盖医用化学作业、物理化学作业和图文学习记录，用于确认字段结构、工作表差异和解析规则。文件中的姓名、学号和逐行答案不进入论文，也不进入模型调用。

现有文件来自护理学、药学和中药学班级，并非留学生样本。因此，本研究只将其作为格式兼容性材料，不使用其中的成绩、正确率或查看时间证明留学生教学成效。典型应用场景采用教学流程推演，说明工具如何工作，而非报告实验组与对照组结果。该边界既符合数据来源，也避免把软件可运行等同于教学有效。

3. 教师端人工智能体教学工作流设计

3.1. 系统架构

应用采用 Tauri 构建桌面外壳，以 Rust 完成文件读取、字段识别、脱敏和统计。模型层使用可配置的 OpenAI 兼容接口，使应用不依赖单一模型供应商。教师可以在同一界面导入雨课堂文件、查看匿名统计、补充题目语义、与教学设计智能体对话、预览生成内容并导出互动 HTML。系统并不直接调用雨课堂接口；数据入口和结果出口分别是教师主动导出的 XLSX 与经审核后上传的 HTML。

系统输入、脱敏、模型交互、教师审核和投放的关系见图 1。图中虚线边界表示原始学生数据始终留在本地桌面应用内，进入模型端的仅是匿名聚合指标和教师主动补充的教学语义。

3.2. 雨课堂数据解析与本地脱敏

雨课堂导出文件存在两类结构。作业文件包含汇总表和作答明细：汇总表记录完成状态、首次提交时间、完成时间、总分和各题得分，明细表按题号排列答案与得分。图文文件记录资源查看状态和查看时间。应用以表头语义而非固定文件名识别结构，从而适应课程名称、班级和题目数量变化。

两类导出字段与可计算教学指标的对应关系见表 1；表中指标只用于发现需要解释的现象，不直接生成学生标签。

本地处理遵循最少必要原则。应用在 Rust 端去除姓名、学号等身份字段，再计算班级层面的汇总指

标。发送给模型的内容只包括匿名统计、教师主动补充的题目或知识点信息以及教学要求。生成的 HTML 同样不得包含身份字段或原始答题行。若教师需要个别化辅导，应在平台原有权限范围内另行查看学生记录，而不通过模型输出学生名单。

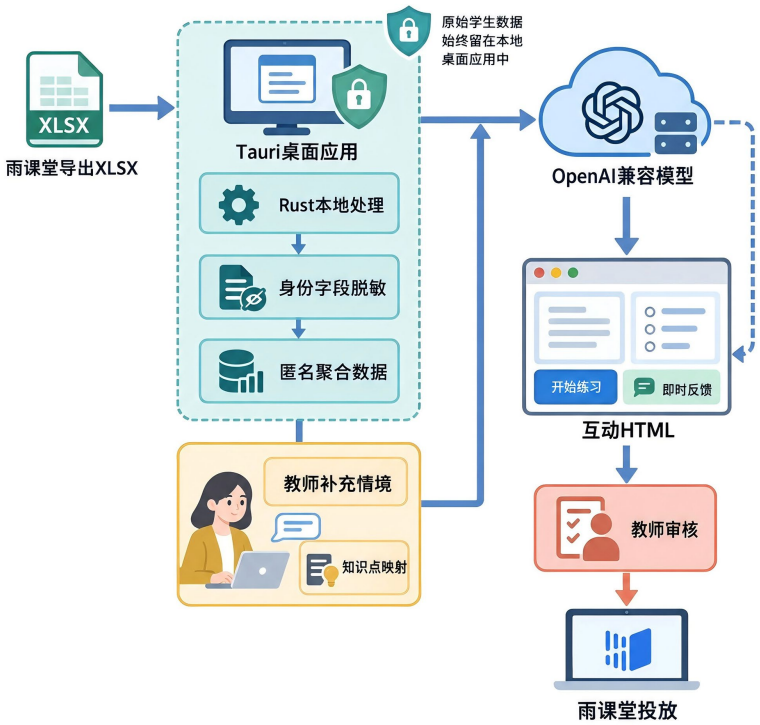


Figure 1. AI agent-based teaching workflow architecture for the teacher-facing interface
图 1. 教师端人工智能体教学工作流架构

Table 1. Mapping of exported Rain Classroom fields to instructional metrics
表 1. 雨课堂导出字段与教学指标映射

数据结构	原始字段	本地计算指标	教学用途
作业汇总表	完成状态、开始与提交时间、总分、逐题得分	完成率、作答时长分布、得分分布、逐题正确率	定位参与不足、异常题目和需补强层次
作答明细表	题号、学生答案、逐题得分	未作答率、错误选项分布、题目组合错误	识别共同错误模式，供教师解释原因
图文学习表	查看状态、查看时间	查看率、查看延迟、未查看比例	判断前置资源是否到达学生

3.3. 对话式知识点确认

XLSX 可以显示“第 6 题正确率较低”，却不包含第 6 题题干及其对应知识点。若模型仅依据作业标题猜测，容易将统计异常错误解释为知识缺陷。应用因此把“题号－知识点映射”设计为必经的人机协同步骤。教师可在对话中粘贴题干、说明考查目标，或直接给出题号与知识点映射；智能体整理为结构化诊断草案，并向教师追问语言要求、先修知识、难度和课堂安排。只有教师确认后，系统才进入资源生成阶段。

教师和人工智能体的职责分工见表 2。人工智能体可以提出诊断假设，但只有教师确认题干语义、课程目标和语言支持要求后，假设才能进入资源生成。

Table 2. Roles and decision-making boundaries between instructional design agents and professional teachers
表 2. 教学设计智能体与专业教师的职责和决策边界

环节	教学设计智能体	专业教师	最终决定
数据处理	读取匿名聚合指标，标出异常题目与参与情况	确认班级、作业和数据范围是否正确	教师
知识诊断	提出可能的薄弱点及需要补充的信息	提供题干和知识点映射，解释语言与课堂因素	教师
资源生成	生成复习说明、分层练习、反馈和 HTML 初稿	确定难度、取舍、课时和医学关联	教师
思政与跨文化表达	按要求生成候选情境和多语表述	审核事实、价值表达与文化适切性	教师
发布与迭代	执行格式检查并汇总后续匿名数据	预览、上传、组织教学并决定是否调整	教师

3.4. 互动 HTML 生成与投放

资源生成采用模块化结构：知识回顾说明核心概念和符号；分层练习从术语辨析过渡到计算与医学情境；即时反馈解释答案依据，而不只显示对错；多语解释对关键中文术语给出英文对照，并保留标准化化学表达；情境化思政内容围绕科学证据、实验规范、医疗责任和合作精神展开。教师在本地预览页面，检查科学性、语言难度、链接与交互后，才导出并上传雨课堂。

4. 人机协同教学设计结果

4.1. 教学闭环

闭环的关键不是增加一次模型调用，而是使每一阶段都有明确输入、输出和责任主体。诊断阶段由系统报告数据现象，不直接给学生贴标签；校正阶段由教师补足题目语义和课堂背景；生成阶段由智能体快速形成多个资源模块；审核阶段由教师删改不准确、不适宜或超出课程目标的内容；投放后再依据新的互动数据进入下一轮。

五个阶段的输入、输出和责任主体关系见图 2。



Figure 2. Closed loop of diagnosis, correction, generation, review, and delivery
图 2. 诊断、校正、生成、审核与投放闭环

4.2. 从数据提示到可教资源

设计结果将“统计指标”与“教学行动”分开呈现。系统先输出可复核的描述，例如某题正确率低、某组题共同错误或资源查看不足；教师再判断该现象是否达到干预条件。模型不能把低分直接归因为能力不足，也不能根据姓名、国籍或语言背景推断个人特征。确认后的诊断以知识点、常见错误、目标层次和推荐活动四个字段进入生成环节，使资源内容能够追溯到教师认可的教学判断。

在错误选项诊断中，人工智能体可以对选项分布和题间共错关系进行模式归纳：例如，第 6 题选择 B 的比例明显高于其他错误选项，且与第 7 题的方向判断错误共同出现时，智能体可以提出“部分学习者可能混淆氧化剂与还原剂定义，或把电子流向与离子变化混同”的假设。该输出必须同时列出支持证据、替代解释和需要教师补充的信息；教师通过核对题干、课堂讲解和后续练习来确认或否定假设。这样，人工智能体的作用超出了聚合数据，仍然没有越过教师对学科因果解释的责任边界。

这种设计同时改变教师备课的操作路径。以往教师需要在多个表格中统计、重新编写讲义和制作互动页面；现在本地程序完成重复的数据整理，智能体提供可修改的内容和代码初稿，教师把时间集中在知识解释、难度校准和课堂组织上。其改进目标是缩短从发现问题到投放补强资源的链路，而不是减少教师责任。

5. 典型应用场景

5.1. 氧化还原与电极电势补强任务

以下场景用于说明工作流，不构成教学效果统计。教师导入“氧化还原与电极电势”作业后，系统显示逐题正确率和错误选项分布。若某题低于教师预设的关注阈值，系统只提示该题需要解释。教师随后补充题干，并确认其考查内容为能斯特方程适用条件、电极电势比较或氧化还原方向判断。对于留学生，教师还可说明需要区分“氧化剂”、“还原剂”等中文术语，并要求公式符号、单位和计算步骤保持规范。

从作业信号到互动资源模块的转换见表 3，附录 A 进一步给出同一任务的匿名数据、对话、代码和审核版本。

智能体依据确认信息生成互动 HTML 初稿。页面第一层用中英文术语卡解释概念与符号，第二层通过拖选或单项选择检查反应方向，第三层提供带步骤提示的定量计算，第四层设置医学或检测情境，要求学生说明结论依据。即时反馈把错误区分为概念混淆、符号方向、代入条件和计算错误。教师审核后，可删除超纲内容、修改英文措辞，并加入科学诚信、检测质量控制或医疗责任情境。

Table 3. Example transformation from assignment signal to interactive HTML
表 3. 从作业信号到互动 HTML 的示例

阶段	输入或判断	形成的教学内容
数据提示	匿名逐题正确率、未作答率和错误选项分布	标出需教师解释的题目，不自动判定学生能力
教师映射	题干、能斯特方程或反应方向等知识点、留学生语言需求	确认目标、先修知识、术语和难度
Agent 初稿	经确认的知识点与教学约束	双语知识卡、分层练习、即时反馈和情境任务
教师审核	核对公式、单位、医学关联和价值表达	修改后形成可投放版本
雨课堂投放	经预览的互动 HTML	用于课后补强或下一次课堂导入

5.2. 留学生适配原则

多语支持不等于逐句翻译。专业术语应保留规范中文名称和国际通用符号，英文用于解释概念关系和任务要求；对文化背景差异较大的案例，应先呈现可共同验证的化学和医学证据，再引导讨论社会责

任与合作价值。课程思政内容不作为答题装饰或固定结尾，而应与知识点和职业情境发生实际联系。例如，在电极电势与医学检测任务中，可将质量控制、数据诚实和患者安全作为决策约束，使价值教育通过专业判断自然呈现。

6. 讨论

6.1. 教学意义

本研究的核心贡献是将人工智能应用对象从学生自由问答转向教师可控制的教学生产流程。第一，本地脱敏和聚合使学习分析与模型调用之间形成清楚的数据边界，回应生成式人工智能教育应用中的隐私与责任问题[8] [17]。第二，教师补充题目–知识点映射，弥补平台导出数据缺少语义的结构性不足，避免模型把统计相关误写成学习原因。第三，互动 HTML 把诊断直接转换为可投放活动，使分析结果进入实际教学环节。第四，模型接口保持兼容性，便于依据学校政策、模型能力和部署条件调整服务，而不把课程绑定在特定商业平台。

该工作流也使申报材料中“人工智能学伴 + 专业导师”的双轨机制获得更准确的技术表达。这里的“学伴”不是替代教师的自主课堂主体，而是由教师配置的教学设计智能体及其生成的互动学习载体。教师负责定义问题、确认语义和承担发布责任，智能体负责整理数据与生产候选资源。两者协作的价值来自职责清楚，而非模型自主程度越高越好。相关研究同样强调，人工智能教育技术应增强而非削弱教师的专业判断[14] [15]。

6.2. 局限与后续研究

本研究仍有四方面局限。其一，当前 XLSX 不含题干和知识点标签，诊断质量依赖教师提供映射；未来可在课程题库中维护稳定的题目编号和知识点标签，但仍需教师审核。其二，模型可能生成错误公式、虚构案例或不恰当的文化类比，预览和人工修改不能省略。其三，本地脱敏减少了身份暴露，但配置外部模型时仍需明确服务条款、日志保存和数据所在区域，学校应建立允许使用的模型清单。其四，现有样例不是留学生数据，尚不能回答工具是否改善知识掌握、参与度或教师工作量。

后续研究应在获得知情同意和伦理审查的前提下，对真实留学生班级开展小规模试点。评价可预先设定概念测验增值、互动完成率、重复错误变化、教师备课时间和学生对语言适切性的反馈，并保留教师修改记录，以比较“模型初稿”与“教师审核稿”的差异。研究还应考察不同中文水平、不同化学基础学生是否同等受益，防止总体平均值掩盖群体差异。

7. 结论

本研究围绕留学生医用化学教学中的差异化补强需求，构建了基于 Tauri、Rust 和 OpenAI 兼容模型接口的教师端人工智能体教学工作流。系统从雨课堂导出 XLSX 读取作业与资源查看信息，在本地删除身份字段并形成匿名统计；教师通过对话补充题目–知识点映射和教学约束，智能体据此生成知识复习、分层练习、即时反馈、多语解释和情境化思政内容，最终由教师审核为互动 HTML 并上传雨课堂。该模式的实质是以数据缩短问题发现链路，以智能体降低资源制作成本，以教师控制保证学科准确、跨文化适切和教育责任。现阶段成果证明的是软件流程与设计逻辑的可实施性，留学生学习效果仍需通过规范的实证研究验证。

参考文献

[1] Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M. and Gouverneur, F. (2019) Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education—Where Are the Educators? *International Journal of Educational Technology in*

Higher Education, **16**, Article No. 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

[2] Chen, L., Chen, P. and Lin, Z. (2020) Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, **8**, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510

[3] Ouyang, F., Zheng, L. and Jiao, P. (2022) Artificial Intelligence in Online Higher Education: A Systematic Review of Empirical Research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies*, **27**, 7893-7925. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10925-9

[4] Crompton, H. and Burke, D. (2023) Artificial Intelligence in Higher Education: The State of the Field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **20**, Article No. 22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8

[5] Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., *et al*. (2023) ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education. *Learning and Individual Differences*, **103**, Article 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

[6] Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A., Bozkurt, A., Hickey, D.T., Huang, R., *et al*. (2023) What If the Devil Is My Guardian Angel: ChatGPT as a Case Study of Using Chatbots in Education. *Smart Learning Environments*, **10**, Article No. 15. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x

[7] Lo, C.K. (2023) What Is the Impact of ChatGPT on Education? A Rapid Review of the Literature. *Education Sciences*, **13**, Article 410. https://doi.org/10.3390/educsci13040410

[8] Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., *et al*. (2023) Practical and Ethical Challenges of Large Language Models in Education: A Systematic Scoping Review. *British Journal of Educational Technology*, **55**, 90-112. https://doi.org/10.1111/bjet.13370

[9] Yuriev, E., Wink, D.J. and Holme, T.A. (2024) The Dawn of Generative Artificial Intelligence in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, **101**, 2957-2959. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00836

[10] Gao, S., Fang, A., Huang, Y., Giunchiglia, V., Noori, A., Schwarz, J.R., *et al*. (2024) Empowering Biomedical Discovery with AI Agents. *Cell*, **187**, 6125-6151. https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.09.022

[11] Siemens, G. (2013) Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*, **57**, 1380-1400. https://doi.org/10.1177/0002764213498851

[12] Ifenthaler, D. and Yau, J.Y. (2020) Utilising Learning Analytics to Support Study Success in Higher Education: A Systematic Review. *Educational Technology Research and Development*, **68**, 1961-1990. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z

[13] Holstein, K., McLaren, B.M. and Aleven, V. (2019) Co-Designing a Real-Time Classroom Orchestration Tool to Support Teacher-AI Complementarity. *Journal of Learning Analytics*, **6**, 27-52. https://doi.org/10.18608/jla.2019.62.3

[14] Molenaar, I. (2022) Towards Hybrid Human-AI Learning Technologies. *European Journal of Education*, **57**, 632-645. https://doi.org/10.1111/ejed.12527

[15] Roll, I. and Wylie, R. (2016) Evolution and Revolution in Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **26**, 582-599. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3

[16] Seery, M.K. (2015) Flipped Learning in Higher Education Chemistry: Emerging Trends and Potential Directions. *Chemistry Education Research and Practice*, **16**, 758-768. https://doi.org/10.1039/c5rp00136f

[17] UNESCO (2023) Guidance for Generative AI in Education and Research. UNESCO.

附录 A. 匿名化案例材料：雨课堂数据、对话与互动资源版本链

说明：本附录展示一条完整的教师端资源生产链。数据片段、对话和代码均已去除身份信息，并按原型应用的字段结构重构；材料用于说明系统的输入、诊断、生成和审核过程，不用于证明留学生班级的学习效果。

A.1. 匿名雨课堂导出数据片段

教师导入作业导出文件后，应用在本地删除姓名、学号和逐行身份字段，仅将班级层面的题目统计用于后续对话。表 A1 给出进入诊断界面的匿名片段。

Table A1. Anonymized excerpt from an exported Rain Classroom assignment
表 A1. 匿名雨课堂作业导出片段

题号	题型	作答人数	正确率	未作答率	错误选项分布	系统提示
5	单选	32	0.69	0.03	A 0.09/B 0.12/C 0.69/D 0.10	保持观察
6	单选	32	0.41	0.06	A 0.15/B 0.38/C 0.11/D 0.30	需解释错误选项
7	多选	32	0.47	0.09	A 0.22/B 0.19/C 0.31/D 0.19	与第 6 题交叉核对
8	计算	32	0.56	0.13	步骤缺失 0.22/单位错误 0.09	检查计算过程

A.2. 教师与人工智能体的完整对话记录

以下记录展示人工智能体如何从统计现象提出可检验假设，再由教师补充题干和课程语境完成知识点映射。对话中的“诊断”是待验证的教学假设，不是对学生个体的自动判定。

教师 Prompt 1：你是医用化学教师端教学设计智能体。仅依据以下匿名聚合信息，先描述数据现象，不要将低分直接写成能力不足，也不要推断学生身份特征：第 6 题正确率 41%，未作答 6%，选项 A/B/C/D 比例为 15%/38%/11%/30%；第 7 题多选正确率 47%，与第 6 题存在较高的共同错误。请列出需要教师验证的可能解释，并说明需要补充哪些题干信息。

人工智能体 Response 1：数据现象：第 6 题正确率低，B 选项比例最高；第 7 题同样正确率偏低，提示两题可能共享某一概念或操作步骤。待验证假设：① 若第 6 题 B 选项将氧化剂与还原剂的定义方向混淆，B 的高比例可能反映术语–电子转移关系理解错误；② 若第 6 题考查电极电势比较，B 可能反映正负极或反应方向的符号混淆；③ 若第 7 题要求多步判断，共同错误也可能来自题干阅读或多选规则。请提供两题题干、选项、正确答案、考查知识点、先修要求和本节课的语言支持要求。

教师 Prompt 2：第 6 题题干：在原电池中，若 Zn2+/Zn 的标准还原电势低于 Cu2+/Cu，判断电子转移方向及氧化剂。正确答案为“电子由 Zn 流向 Cu2+，Cu2+为氧化剂”。第 7 题要求根据能斯特方程比较非标准条件下两个电极的电势。课程目标是区分氧化剂/还原剂、阳极/阴极，并能按单位规范完成电势比较。留学生需要中文术语后附英文解释，避免将低正确率归因于语言背景。请更新诊断并给出资源目标。

人工智能体 Response 2：知识点映射：第 6 题→氧化还原方向、电极名称与氧化剂/还原剂术语；第 7 题→能斯特方程、反应商 Q 和电极电势比较。结合题干后，B 选项高比例可提出一个更具体的假设：部分学习者可能把“氧化剂”误记为“发生氧化的一方”，或将电子流向与溶液中离子变化混淆。该假设需通过教师复核错项解释和后续练习验证。资源目标：先用中英文术语卡区分 oxidant/reductant、anode/cathode，再用反应方向拖选任务，最后完成带单位和步骤提示的能斯特方程计算。

教师 Prompt 3：确认诊断假设仅用于资源设计，不作为学生标签。请生成四层互动 HTML 初稿：术语卡、方向判断、能斯特方程计算、医学检测质量控制情境。每一层都要有可解释反馈；中文术语后给英文，不改变标准化学符号。删除超出本节课范围的复杂电池案例。

人工智能体 Response 3：已生成四层资源结构：1) 术语卡：氧化剂 oxidizing agent、还原剂 reducing agent、阳极 anode、阴极 cathode；2) 方向判断：选择电子流向并反馈“电子由还原剂一侧流出，氧化剂一侧得到电子”；3) 计算：先输入 n 和 Q，再显示 $E = E^\circ - (0.0592/n)\log Q$，逐步检查单位；4) 情境任务：在医学检测质量控制中判断异常电势结果是否需要复核，并要求说明数据依据。已删除超出课程范围的电池组合。请教师审核公式数值、英文措辞和情境边界。

教师 Prompt 4：审核要求：将“氧化剂一侧”改为“氧化剂参与还原的一侧”，避免将物质与电极位置混为一谈；补充“阳极发生氧化、阴极发生还原”；将情境题的反馈改为“先复核质控数据，再决定是否报告”，保留科学诚信和患者安全要求。输出教师审核稿。

人工智能体 Response 4：已按审核意见更新：术语反馈区分物质与电极；增加“anode oxidation/cathode reduction”对照；情境反馈改为“复核质控数据、记录异常、按流程报告”，不直接给出临床结论。版本标记为教师审核稿 v1.0，可导出互动 HTML。

A.3. 互动 HTML 初稿代码片段



Figure A1. An interactive HTML interface of an initial draft generated by an AI agent
图 A1. 人工智能体生成初稿的互动 HTML 界面

以下代码片段对应人工智能体生成初稿中的“方向判断”模块，保留题目、选项、反馈和教师可修改区域。完整文件由应用导出为单页 HTML (图 A1)。

```
<section class="activity" data-kp="redox-direction">
  <h2>方向判断  Direction of electron transfer</h2>
```

```
<p>选择电子从哪里流向哪里，并判断 Cu2+的角色。</p>
<button data-answer="Zn->Cu2+" onclick="check(this)">
  Zn → Cu2+
</button>
<button data-answer="Cu2+->Zn" onclick="check(this)">
  Cu2+ → Zn
</button>
<output id="feedback" aria-live="polite"></output>
</section>
<script>
function check(button) {
  const ok=button.dataset.answer==="Zn->Cu2+";
  feedback.textContent=ok
    ?"正确：Zn 被氧化，Cu2+为氧化剂(oxidizing agent)。"
    :"再检查：电子由还原剂一侧流出，氧化剂参与还原。";
}
</script>
```

A.4. 教师审核稿与修改记录

教师审核后形成的版本保留四层活动结构，但修正了物质与电极的表述边界、公式提示、英文术语和医学情境的行动要求。表 A2 展示审核界面中的版本状态和可追溯修改记录。

Table A2. Revision records for the initial drafts generated by AI agents and the versions reviewed by teachers
表 A2. 人工智能体初稿与教师审核稿的修改记录

模块	人工智能体初稿	教师审核稿	修改理由
术语反馈	氧化剂一侧参与还原	氧化剂参与还原；阳极发生氧化、阴极发生还原	区分物质和电极
计算模块	直接显示公式和答案	先输入 n、Q，再逐步检查单位和代入	强化过程性反馈
医学情境	判断异常结果并给出结论	复核质控数据、记录异常并按流程报告	避免越过专业责任边界
语言支持	中英文术语并列	中文规范术语 + 英文解释 + 标准化学符号	兼顾留学生理解和学科规范