

AI 融合程序式解题在留学生物理教学的实践研究

任山令* 刘胜利 田友伟

南京邮电大学理学院

摘要: 在国际化教育背景下, 本科留学生会因文化背景不同、英语水平参差不齐等问题而带来学习上的困难, 这是传统的教学方法所不能有效解决的。为了克服这些问题, 本文基于斯金纳程序教学理论, 结合自适应学习系统及人工智能等手段提出一种适用于留学生的物理课教学方案。此方案采取分层次递进的方法并加入探究式学习的理念, 建立多层次的评价机制, 以 ISEE 解题框架为基础, 利用 AI 进行准确的评判和个性化的指导, 促进“思维可视化”。这种模式结合人工智能技术, 通过针对性地设置问题、系统化的知识引导及多场景下测评等手段, 以期改善留学生的思维方式并提高他们的能力。这一体系对于应对“语言融合专业”的留学生教育所面临的困境具有一定的启发意义。

关键词: AI; 程序式解题; 大学物理; 思维可视化

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.08.002

引言

当前, 全球化的不断深入促使高校加快国际化的办学步伐, 而留学生人数的增加也给高校课堂教学带来新的问题。现有的教学方式不能很好地满足学生个性化的需求, 传统的程序化教学虽在一定程度上可以保证教学的一致性和规范性, 但是在培养学生的批判性思维以及建立多维评估机制上则不尽如人意。而随着人工智能技术在教育领域的发展和运用, 它所具有的个性化的学习指导以及智能化的交流方式为解决这些问题提供了可能。作为理工科的基础课程, 大学物理的教学质量对学生后续的学习具有决定性的影响。因此, 如何利用人工智能来改进留学生的大学物理课的设计是一种有益的尝试。本文尝试以斯金纳程序教学法为基础, 结合留学生的实际学习情况, 提出一种程序化和智能化的深度融合方法来提高课堂教学质量。

近年来, 南京邮电大学招收留学生呈增加的趋势, 通过我们在一线物理教学的实践发现, 这些学生在学习会面临与国内学生不一样的困难。由于留学生群体来源复杂, 其知识水平以及学习方法存在巨大差异, 这给教师的针对性教学带来很大困扰; 另外是语言问题, 尽管英语是国际上通行的语言, 但是对于涉及很多专业名词的物理课来说, 英语水平不高的学生就很难理解; 文化差异导致不同的思维方式, 会使他们在解决问题时有不同的特点, 比如中国的课堂教学通常进行论证推理, 但有的外国同学却喜欢把所有因素放在一起思考^[1-2]。

近年来, AI 技术在教育中的应用取得明显进步,

这给解决上述问题带来了新思路。利用机器学习方法分析大量学习数据, 可以准确识别出每个学生的特点以及他们对知识的理解程度, 进而制定适合他们的个人化学习计划。例如, Cognitive Tutor 系统使用统计模型跟踪学生的学习过程以及心理变化情况, 在数学方面使学生成绩提高大约 25%^[3]; Coursera 开发出一款名为“AI Mentor”的应用程序, 基于强化学习技术给学生提供个性化的课程建议, 从而帮助他们更好地自学^[4], 这说明 AI 正让教育变得更加智能和精准。国内对于基于 AI 的课堂教学模式研究也取得一定进展。

“AI-Class”是由华东师范大学开发, 旨在引导学生思考; “智慧课堂”能运用大数据进行学情分析^[5-6]。目前, 国外的相关研究更多的是从认知的角度出发构建理论体系, 更倾向于创造有利于学生自我探索的学习环境^[7]; 而国内在 AI 教育技术上的主要研究方向是针对某一特定教学场景的功能改进^[8-10]。这也说明, 在为留学生选择 AI 辅助教学工具时, 需要考虑到认知以及文化的因素。

目前面向留学生的智能化教学研究发展迅速, 但已有研究主要集中在学习路径规划以及作业批改等方面, 而对复杂的认知过程及其中的原因和解决办法缺乏研究。而程序化解题方法对于物理教学具有显著的优势, 但过度依赖的话容易导致学生忽视对于物理问题本质的理解。因此本文提出一种利用人工智能技术结合斯金纳程序教学理论 (ISEE) 的教学方案, 能够实时监督并且改进留学生的解题思路, 深化物理思维, 以期解决上述国际生学习中所遇到的困难。

基金项目: 本文得到南京邮电大学教育改革项目 (JG00724JX30) 的赞助与支持。

一、AI 驱动的程序式教学实施路径

为将上述教学理念落地，我们以斯金纳程序教学理论为基底，以 ISEE 四步解题法（Identify 识别、Set up 搭建、Execute 执行、Evaluate 评估）为核心框架，构建了 AI 深度融合的教学实施路径。该路径的设计遵循三个递进原则：分层夯实基础、探究激活思维、反馈精准矫正。基于入学测试将学生动态分为基础、提升、拓展三层，确保程序教学能与个体学情精准匹配，在程序化解题的关键节点嵌入开放性问题，引导学生深化对物理概念的建构，以此解决传统程序教学易僵化的弊端。最后，利用 AI 平台的实时数据分析，构建起一个集成智能批改、即时化反馈的网络，为学生提供精准的认知矫正建议。基于此思路，我们设计了包括技术和数据处理在内的整体方案，如表 1 所示。

教学环节中以 ISEE 四步解题法为基础框架，对各部分融入 AI 进行教学流程的重构。识别阶段：NLP（自然语言处理）模型经过大量物理语料训练后，通过识别题目关键词并为学生标注核心物理量，AI 可主动提出一个基于直觉但错误的简化模型，引导学生去辨析其不适用的原因，突出“相异构想诱捕”。搭建阶段：根据学生历史错误数据，推荐适配的公式库（如优先展示矢量分析工具给常混淆方向的学生），进行“策略性知识引导”。当学生面对复杂选择题时，AI 可提供选择的理由，并查看 AI 对不同策略优劣的分析。执行阶段：实时验证数学推导过程，并提供分步纠错提示。评估反馈阶段：AI 生成多解法对比，引导学生验证结果的普适性，AI 可自动微调题目条，生成一个结构相似但物理本质不同的题目，测试学生是否真正理解，突出“跨情境迁移验证”。

上述过程表明，人工智能的确可以深入问题求解各个环节并发挥重要作用。传统的程序化教学把复杂问题的求解过程细化成一个个小的操作步骤，虽然有利于提高解题能力，但是忽略了对于概念的理解。本研究引入 AI 的深层价值，不在于替代学生完成某个解题环节，而是针对学生在解题中的思考困难，希望将学生隐性的思维过程可视化地呈现出来，并提供精准的策略引导。将人工智能融于传统解题方式的教学

过程，可促使学生的认知从一种封闭式的“黑箱”思维转变为一种开放性的“白箱”思维。通过人机交互以及智能反馈的方式，学生可将外界的知识转化为自己的认知能力，并形成完整的逻辑体系。

我们通过教学发现学生在做题的时候思维会出现跳跃，直接把题目的文字内容转换到套用公式，而忽略了研究对象和物理过程，传统的教学环境下这样隐藏的过程很难被发现。为了克服这个问题，基于 ISEE 的设计思想，我们可设计多层次的任务序列来帮助他们完成“辨析”，如果发现遗漏就会马上提醒。这种基于认知节点的即时诊断方法，通过“问题分析—模型建立—公式推导—结果检验”，可以促进学生的物理问题求解方式从原来的直观性判断转向理性思维。相比传统的教学中对思维方式纠正滞后的问题，这种方法提高了学习效率，并且减少了认知困难。而在物理学习中，由于受到日常生活经验和先前教育的影响，学生们很容易就形成一种先入为主的观念（即相异构想），这就导致了一些错误的认知出现。因此在任务的设计上就采用了新的“异质化思维导向”的思想：即设置了与预期不同的选择，造成一种认知上的矛盾，让学习者去思考并纠正自己的想法。这有利于学生完善他们的知识结构，也锻炼了他们批判性思维的能力。另外把相关的策略性知识展示给学生并且根据具体情况给出合理化的建议，从而更有效地帮助他们学习。一些学生在解决问题时容易拘泥于固定公式，对于题目的真正含义理解不够透彻，而利用人工智能解决此类问题是不能仅仅满足于给出一个固定的公式，更应该培养学生的逻辑思维。例如当进行建模时，可以引导学生对比不同方案的利弊并通过图表等直观的方式把它们之间的关系展示出来，使学生不再拘泥于一种思路去思考问题，而是更关注如何找到解决问题的方法。最后，为了防止再次出现机械化的操作，在评估时加入一些变化场景以及深入探究的任务就很有必要，让学生把学到的知识运用到实践中去，达到真正理解和掌握的目的。

二、教学效果评估与反馈：数据驱动的教学优化

为了检验该设计方案的有效性，在教学过程中设立了两个平行对照组，一个是以传统的程序化教学方

表 1 AI 工具的功能配置

工具类型	典型工具	核心功能
自适应学习平台	Knewton、ALEKS	动态拆分知识点，生成个性化学习路径
智能答疑系统	ChatGPT-5, DeepSeek, Gemini	多模态答疑（支持公式图片识别）
虚拟实验平台	Lobster, PhET	模拟实验场景，记录操作轨迹并实时纠错
语言辅助工具	DeepL Pro, Grammarly	专业术语翻译、语法纠错

式,使用 ISEE 纸质教材以及标准化的教学方法进行学习平台,让受试者自己去寻找相关的资料。结果如学习活动;另一个是非结构化的基于人工智能的帮助式 表 2 所示。

表 2 实验组、对照组在主要观察指标的比较 (三个样本, N=120)

评估指标	传统程序教学组	AI 泛化学习组	本研究组
平均解题时间 (分钟)	15	13.5	11
“评估”环节完成率	35%	20%	85%
专业术语误用率	高 (基线)	降低 44%	降低 62%
虚拟实验报告优秀率	58%	65%	82%

实验结果表明,本文提出的基于 AI 的程序式教学在主要评估指标上优于传统的程序化教学以及一般的基于人工智能的学习手段。虽然 AI 泛化学习组在答题速度以及使用专业术语的准确性上有所提升,但是其在“评估”环节的参与度仅有 20%,低于传统程序化教学组 (约占 35%)。这说明在缺少系统的引导下,一些同学更愿意用一般性的 AI 工具获取答案而不去检验结果或者进一步思考。而基于 ISEE 的设计的认知指导的方法加上 AI 提供的及时反馈,大大提高了“评估”的完成度 (85%),说明了外在的认知支持对思考质量起到重要的作用。学生解题水平大幅提高并不是因为人工智能技术本身的作用,而是在实际应用中加入了“分段式反馈”,以及在评价时使用“高效验证”。这几种新的手段大大减少了传统的“实践—反思”模式中不断重复造成的问题,让同学们更快地投入到问题情景分析、建立物理模型等工作上。而术语使用错误率降低也说明自然语言处理 (NLP) 能很好地把握个体的理解程度,在帮助学生更好地理解概念方面有明显效果。

总之, AI 对解题思维过程的重塑,本质上是传统隐藏的内在思考过程,转变为可诊断、可引导的认知演化图谱。能够有效提升学生的做题速度而且能够促进他们物理思维以及认知的发展。

三、总结与展望

基于 AI 驱动的程序化教学是以自适应学习、智能化测试、虚拟仿真实验等功能为核心内容的一种新型教学模式,它克服了传统的程序化教学在个性化的服务和学生个体交流上所存在的不足之处,在留学生大学物理课上“语言融入知识”的教学环境中具有非常广泛的应用前景。人工智能赋能的教学理念以及其具体实施方案可以形成一种以“精准定位、及时反馈和全方位拓展”为目标的教学方式。这种方式不仅继

承了程序化教学对于知识进行组织的优势,而且利用人工智能对问题求解的过程进行研究,提高了学生物理思维能力和认知水平,从而促进深层次理解和逻辑思维的建立。

参考文献:

- [1] Mitchell T. Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems[M]. Springer, 2018.
- [2] Singh P, Banerjee A. Artificial intelligence and cognitive science in education[M]. Artificial Intelligence, Internet of Things, and Cybersecurity. Springer, 2020: 227-238.
- [3] Koedinger K R., et al. Intelligent Tutoring Goes to School in the Big City[J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 1997.
- [4] VanLehn K. The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems[J]. Educational Psychologist, 2011.
- [5] 熊启良, 马明, 伍勇. 基于 Aiclass 移动学习策略的实践与探究 [J]. 中国现代教育装备, 2019(20): 35-37.
- [6] Jiao L, et al. AI meets physics: a comprehensive survey[J]. Artificial Intelligence Review, 2024, 57: 256.
- [7] Matayoshi J, Uzun H. Learning, forgetting, and the correlation of knowledge in knowledge space theory[J]. Journal of Mathematical Psychology, 2022, 109.
- [8] Rice P, Stocco A. The role of dorsal premotor cortex in resolving abstract motor rules[J]. Topics in Cognitive Science, 2019.
- [9] 刘邦奇, 聂小林. 走向智能时代的因材施教 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2021.
- [10] Juvina I, Larue O, Hough A. Modeling valuation and core affect in a cognitive architecture[J]. Cognitive Systems Research, 2018, 48: 4-24.