

生成式 AI 支持下的物理概念教学设计 ——以能量守恒概念为例

蒋佳佳, 付红波

阜阳幼儿师范高等专科学校, 安徽 阜阳 236000

DOI: 10.61369/ETR.2026160044

摘 要 : 针对高职生对能量守恒概念理解停留于公式记忆、系统认知不足的问题, 本文构建“概念转变—多元表征—支架式教学”框架, 将生成式 AI 嵌入概念教学。以 80 名高职生为对象开展教学干预, 结合课堂观察、概念表述编码和访谈资料分析教学效果。结果显示, 学生对能量守恒的多要素理解、情境表达与概念辨析能力均有提升。研究表明, 生成式 AI 可丰富表征形式与研讨素材, 但其作用发挥依赖教师的教学设计、过程引导与质量把控。

关 键 词 : 生成式人工智能; 物理概念教学; 能量守恒; 概念转变; 教学设计

Generative AI-Supported Physics Concept Teaching Design—Taking the Concept of Conservation of Energy as an Example

Jiang Jiajia, Fu Hongbo

Fuyang Preschool Teachers College, Fuyang, Anhui 236000

Abstract : Aiming at the problem that vocational college students' understanding of the concept of conservation of energy remains at the level of formula memorization with insufficient systematic cognition, this paper constructs a framework of "conceptual change—multiple representation—scaffolding teaching" and embeds generative AI into concept teaching. A teaching intervention was carried out among 80 vocational college students, and the teaching effect was analyzed by combining classroom observation, concept expression coding and interview data. The results show that students' abilities in multi-element understanding, situational expression and concept discrimination of conservation of energy have been improved. The research indicates that generative AI can enrich representation forms and discussion materials, but its role depends on teachers' teaching design, process guidance and quality control.

Keywords : generative artificial intelligence; physics concept teaching; conservation of energy; conceptual change; teaching design

能量守恒定律作为物理学基本定律, 在高职物理课程中具有重要地位。依据教育部颁布的《高等职业教育专科数学、物理公共基础课程标准 (2021 年版)》^[1], 能量守恒被确立为核心物理观念之一。对于高职生而言, 该概念不仅是其科学素养的基础, 更是理解工程技术问题的关键。然而, 教学实践表明, 学生对该概念的深度理解面临多重障碍, 此类认知困难既源于概念本身的抽象性与反直觉特质, 也表现为学生难以在符号运算与物理本质之间建立有效联结。

学生在概念学习中的典型问题主要体现在三个方面。一是将机械能守恒公式等同于能量守恒定律, 难以用自然语言表征“能量总量恒定”的深层含义^[2]; 二是在非保守力做功情境中混淆“机械能”与“系统总能量”的边界, 误判为“能量不守恒”^[3]; 三是符号运算与物理图景割裂, 缺乏对物理过程的解释能力^[4]。依据概念转变理论, 学生的前概念具有顽固性, 其转变需要满足“不满意”“可理解性”“合理性”与“有成效性”等条件^[2]。

为应对此挑战, 本研究构建“概念转变—多元表征—支架式教学”三位一体的理论框架。概念转变理论提供教学目标导向, Ainsworth^[5] 的 DeFT 框架提供核心策略, 支架式教学理论将生成式 AI 定位为可撤除的“认知支架”^[6], 即时生成多样化表征素材, 辅助学生实现概念建构。本研究的理论框架如图 1 所示。

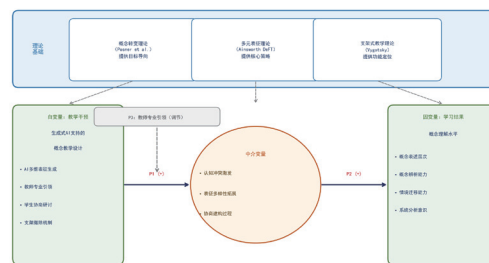


图 1 生成式 AI 支持下的物理概念教学理论框架

如图1所示,三大理论共同指导教学干预设计,通过认知冲突激发、表征多样性拓展与协商建构等中介机制,推动学生概念理解水平的提升。

本研究探索如下问题:如何将生成式 AI 有效嵌入“能量守恒”概念教学?实施后学生概念理解呈现怎样的变化?生成式 AI 应用存在哪些限制?

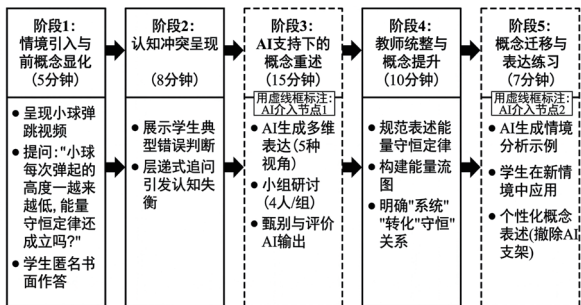
一、数据与研究方法

(一) 研究设计

本研究采用教学干预设计研究范式^[7],以某师范高等专科学校小学科学教育专业2024级两个平行班级的80名高职生(男生14人,女生66人)为研究对象,实施为期一课时的教学干预。学生已修完《大学物理》力学模块,掌握基础概念,但对能量守恒定律的普适性认知不足。研究者同时担任授课教师,为缓解双重角色的主观性偏差,采取了邀请独立观察者、匿名编码处理和研究助手协助访谈等措施。

(二) 教学设计

本课时总时长45分钟,教学流程依据“认知冲突—多元表征—概念统整—迁移练习”的逻辑展开:情境引入与前概念显化(5分钟)、认知冲突呈现(8分钟)、AI支持下的概念重述与小组研讨(15分钟)、教师统整与概念提升(10分钟)、概念迁移与表达练习(7分钟,撤除 AI 支架)。具体教学流程如图2所示。



注:虚线框表示生成式AI介入环节

图2 生成式 AI 支持下的能量守恒概念教学流程图

本研究选用 DeepSeek 作为 AI 工具。AI 介入包含两个关键点:多元表征生成环节(要求 AI 以五种不同视角阐述能量守恒定律,投屏后组织小组研讨)和情境分析生成环节(要求 AI 分析小球弹跳过程中机械能减少的转化去向)。教师强调对 AI 输出持批判性审视态度。

(三) 数据收集与分析

本研究的数据来源包括四类:课前概念诊断问卷(80份)、课堂观察记录(含全程录音)、课后概念表述任务(80份)、课后半结构化访谈(16名学生,依据课前概念水平分层目的抽样选取,涵盖高、中、低各理解层次,每人约15分钟)。

研究者对学生课前、课后的书面概念表述进行了内容分析。编码框架以 Duit^[8] 的能量概念理解层次为基础,形成五类递进编码:公式复述型(仅以数学公式或其口语化转述作为解释)、单一要素型(仅提及“转化”或“总量不变”之一)、多要素整合型(同时包含“系统”“总量不变”“形式转化”中至少两个

要素)、情境联结型(在多要素整合基础上能结合具体情境举例说明)以及概念辨析型(能明确区分“机械能守恒”与“能量守恒”的异同)。编码由两名研究生独立完成,Cohen’s Kappa 系数 $\kappa=0.82^{[9]}$ 。访谈转录文本采用归纳式主题分析法^[10]进行处理。

二、结果

(一) 课前概念诊断结果

对80名学生课前概念表述的编码分析结果显示,公式复述型30人(37.5%),单一要素型28人(35.0%),多要素整合型16人(20.0%),情境联结型6人(7.5%),概念辨析型0人(0.0%)。数据显示,教学前72.5%的学生对能量守恒概念的理解处于较浅层次。在小球弹跳情境的判断中,56名学生(70.0%)做出了错误判断,认为“机械能减少意味着能量不守恒”。

(二) 课后概念表述的变化

为更细致地考察学生概念理解的转变路径,本研究对课前、课后编码类别进行了交叉分析,具体转变矩阵如表1所示。

表1 学生概念表述水平课前后转变矩阵(N=80)

课前类别	公式复述型	单一要素型	多要素整合型	情境联结型	概念辨析型	总计
公式复述型	4	8	12	5	1	30
单一要素型	2	6	10	8	2	28
多要素整合型	0	2	4	6	4	16
情境联结型	0	0	2	1	3	6
概念辨析型	0	0	0	0	0	0
总计	6	16	28	20	10	80

课后概念表述的编码分布显示,公式复述型6人(7.5%),单一要素型16人(20.0%),多要素整合型28人(35.0%),情境联结型20人(25.0%),概念辨析型10人(12.5%)。从总体分布来看,课后处于多要素整合型及以上水平的学生占比从27.5%上升至72.5%。

转变矩阵(表1)揭示了更具体的转变模式:课前处于“公式复述型”的30名学生中,课后有18人(60%)转向了“多要素整合型”及更高水平;而课前基础较好的学生(多要素整合型及以上)在课后几乎全部保持或提升了理解水平。

此外,针对“小球弹跳”情境的判断任务,课后学生的正确判断率从课前的30.0%(24人)提升至67.5%(54人)。

(三) 课堂互动特征

课堂观察记录显示,在引入生成式 AI 的教学过程中,课堂互动呈现以下特征:所有20个小组均产生了可观察的讨论行为;学

生讨论关注点从概念记忆转向概念的适用边界与内在逻辑；AI 输出内容的差异性引发了积极的“观点碰撞”；部分学生尝试将能量守恒概念向其他领域迁移。

（四）访谈数据中的关键主题

对 16 名学生的课后访谈进行主题分析，归纳出三个主题。一是多维表述促进了概念理解的拓展，学生反映 AI 生成的多种表述帮助他们从不同角度理解了能量守恒（如 S07：“以前只会背公式，现在感觉思路打开了”）。二是批判性审视意识有所增强但仍不均衡，“概念理解较好组”学生更倾向主动质疑 AI 输出的准确性，而“概念混淆组”则更多被动接受。三是对 AI 辅助学习的积极态度与依赖风险并存（如 S16：“如果一直靠 AI 给答案，我们自己是不是就不会思考了？”）。

三、讨论

（一）生成式 AI 对概念教学的积极作用

首先，AI 丰富了概念表征的多样性，为概念转变创造了条件。AI 能即时生成多种不同抽象层次和表达风格的表征，有效满足了新概念的“可理解性”和“合理性”条件^[2]，使学生能从多个角度审视新概念。

其次，AI 生成的情境与分析充实了课堂讨论的素材，AI 的即时生成能力使教师能依据教学进程动态调整，针对即时出现的认知困惑构建定制化情境。AI 输出的差异性与潜在的不完美性，为小组讨论创造了“认知冲突”的素材，促使学生从被动接收转向主动探究。

另外，AI 的应用过程促进了学生批判性思维的培养，教师引导学生对 AI 输出进行比较、甄别与质疑，这种“批判性信息甄别”能力的培养，其教育价值超越了物理概念本身。

（二）教学实践中发现的问题与建议

尽管 AI 在教学中展现出积极作用，但本研究也发现了若干需要重视的问题：AI 生成内容的质量波动增加了教师的备课负荷与课堂调控难度；部分学生呈现出对 AI 的依赖倾向，教师需明确其“认知支架”而非“思维替代”的功能定位^[6]；AI 在阐释深层概念

方面存在局限，一定程度上压缩了知识统整与巩固练习的时间。

基于上述反思，提出以下建议：教师应在教学设计阶段明确 AI 的嵌入时机与功能定位，遵循“按需原则”；系统培养学生的批判性审视能力；注重“支架提供”与“支架撤除”的平衡^[9]；将提示词设计作为 AI 应用的核心技能加以培养。

（三）研究局限

本研究存在以下局限：样本量较小（N=80）且采用方便抽样，研究发现不具有统计推断意义；缺乏对照组，无法完全排除测试效应等混淆变量的影响；研究者-教师的双重角色可能引入主观性偏差；课后数据采集时间较短，无法判断概念理解变化的持久性；AI 由教师统一操作而非学生直接使用，限制了结论的外部效度。

四、结论

本研究以“能量守恒”教学为案例，探索了生成式 AI 融入物理概念教学的设计策略与实施效果。基于概念转变理论、多元表征理论和支架式教学理论，研究将 AI 定位为辅助概念建构的认知支架。

初步发现，AI 生成的多维概念表征和情境分析初步提示能够丰富课堂研讨素材，为学生提供多元化的概念理解入口。教学实施后，学生的概念表述质量总体有所提升，呈现从公式复述向多要素整合表达转变的趋势。同时，研究也揭示了 AI 在概念教学应用中的关键挑战，包括 AI 输出质量的波动、部分学生的依赖倾向以及 AI 在深层概念阐释方面的能力边界。这些发现初步提示，生成式 AI 的教学效能高度依赖于教师的教学设计策略、AI 嵌入时机的选择以及对 AI 输出的质量把控。

生成式 AI 的价值在于承担表征生成与情境构建等重复性任务，使教师聚焦于认知冲突制造与批判性思维引导等核心工作，推动教师角色从“知识讲授者”转向“学习设计者”与“认知引导者”。本研究提出的“AI 作为认知支架”教学设计框架具有跨学科迁移潜力，未来研究可进一步拓展至多学科概念教学，开展多轮迭代，并探讨学生直接使用 AI 对自主学习能力的影响。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 高等职业教育专科数学、物理公共基础课程标准（2021年版）[S]. 北京：高等教育出版社，2021.
- [2] Posner G J, Strike K A, Hewson P W, et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change[J]. Science Education, 1982, 66(2): 211-227.
- [3] Goldring H, Osborne J. Students' difficulties with energy and related concepts[J]. Physics Education, 1994, 29(1): 26-32.
- [4] 郭玉英, 姚建欣, 张玉峰. 基于学生核心素养的物理学科能力研究 [M]. 北京：北京师范大学出版社，2017.
- [5] Ainsworth S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations[J]. Learning and Instruction, 2006, 16(3): 183-198.
- [6] Wood D, Bruner J S, Ross G. The role of tutoring in problem solving[J]. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 1976, 17(2): 89-100.
- [7] McKenney S, Reeves T C. Conducting educational design research[M]. 2nd ed. London: Routledge, 2018.
- [8] Duit R. Understanding energy as a conserved quantity: Remarks on the article by R.U. Sexl[J]. European Journal of Science Education, 1981, 3(3): 291-301.
- [9] Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales[J]. Educational and Psychological Measurement, 1960, 20(1): 37-46.
- [10] Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology[J]. Qualitative Research in Psychology, 2006, 3(2): 77-101.