

从思辨到建构：人工智能赋能热学课程探究式项目化学习的 实践与理论创新

王文元*, 蒙红娟

西北师范大学物理与电子工程学院 甘肃兰州

【摘要】热学作为物理学专业核心必修课程，承载着从宏观热力学到微观统计物理的完整知识体系。然而，传统教学模式难以让学生亲身经历理论建构中充满困惑、辩驳与重构的思维历程，学生对“熵”“最概然分布”“可逆性”等概念的深层逻辑理解不足。本研究提出以人工智能为认知伙伴的“理论探究式项目化学习”路径，建构了“对话—建构—超越”（Dialogue-Construction-Transcendence, DCT）理论探究环模式。Dialogue 阶段以苏格拉底式诘问制造认知冲突，Construction 阶段以逻辑检验与可视化辅助理论论证，Transcendence 阶段以角色反转实现前提批判与知识内化。该模式植根于分布式认知、概念转变与探究性对话三大理论支柱，并配套四维论证品质评价量规与强制性无 AI 建构制度，促成学生对热学核心理论的深度思辨与前提批判。论文系统阐述了 DCT 模式的理论基础、结构逻辑与教学设计原则，并给出了可操作的教学实施方案、提示词模板与评价体系，为理论密集型学科中利用 AI 进行高阶思维培养提供了一个初步的概念框架。本文提出的 DCT 模式尚属理论建构阶段，后续将通过试点研究加以验证。

【关键词】人工智能；热学；理论探究式项目化学习；对话—建构—超越模式

【基金项目】甘肃省高校教师创新基金项目（编号：2025B-056）

【收稿日期】2026 年 9 月 10 日

【出刊日期】2026 年 10 月 11 日

【DOI】10.12208/j.ije.20260120

From speculation to construction: Practice and theoretical innovation in AI-empowered inquiry-based project-based learning in thermology

Wenyuan Wang*, Hongjuan Meng

College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu

【Abstract】As a core compulsory course for physics majors, Thermology carries a complete knowledge system from macroscopic thermodynamics to microscopic statistical physics. However, traditional teaching models make it difficult for students to personally experience the thinking process full of confusion, debate, and reconstruction in theoretical construction, resulting in insufficient deep logical understanding of concepts such as “entropy,” “most probable distribution,” and “reversibility.” This study proposes a “theoretical inquiry-based project-based learning” pathway with artificial intelligence as a cognitive partner, and constructs the “Dialogue-Construction-Transcendence” (DCT) theoretical inquiry cycle model. In the Dialogue stage, Socratic questioning is employed to create cognitive conflict; in the Construction stage, logical verification and visualization assist theoretical argumentation; in the Transcendence stage, role reversal facilitates premise critique and knowledge internalization. Grounded in the three theoretical pillars of distributed cognition, conceptual change, and exploratory talk, the model is equipped with a four-dimensional argumentation quality rubric and a mandatory AI-free construction system, promoting students' deep reflection and premise critique of core thermology theories. This paper systematically elaborates the theoretical foundation, structural logic, and instructional design principles of the DCT model, and provides an operable teaching implementation plan, prompt templates, and evaluation system, offering a preliminary conceptual framework for cultivating higher-order thinking with AI in theory-

*通讯作者：王文元

intensive disciplines. The DCT model proposed in this paper is still at the theoretical construction stage and will be verified through pilot studies in subsequent research.

【Keywords】 Artificial intelligence; Thermology; Theoretical inquiry-based project-based learning; Dialogue-construction-transcendence model

1 引言

热学是物理学专业的核心必修课程, 其研究对象涵盖热现象的宏观规律与微观本质, 知识体系从热力学定律延伸至统计物理的基本原理。课程既要让学生掌握热运动的基本概念与规律, 又要引导其对比认识统计规律与力学规律的本质区别, 建立辩证唯物主义世界观, 同时通过在教学融入热学发展史与重大科学事件, 实现学科育人目标。

然而, 热学教学的现实困境在于其理论结构极其凝练。从热力学第二定律的两种经典表述到熵概念的建立, 再到玻尔兹曼统计诠释, 每一个推论都建立在层层叠叠的理想化前提之上。课程重难点高度集中于概念理解与理论推导: 平衡态与状态参量的基本概念、热力学第一定律与准静态过程的深刻把握、热力学第二定律本质的理解与熵增加原理、宏观量与微观量的关联、麦克斯韦-玻尔兹曼分布律等。传统教学以课堂讲授为主, 课时紧凑, 教师往往只能完成知识的“告知”, 无法让学生经历理论建构中充满困惑与辩驳的思维历程。长此以往, 学生纵然能运用麦克斯韦关系解题, 却未必真正理解“可逆”“熵”“最概然分布”等概念背后的深层逻辑, 更遑论对理论适用范围与假设体系进行批判性审视。

近年来, 随着生成式人工智能(Generative AI, GenAI)技术的迅猛发展, 其在 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育中的应用日益受到关注。研究表明, GenAI 模型能够通过探究式对话增强学生对热力学抽象概念的理解, 显著减少关于熵、内能等概念的定性误解^[1]。AI 工具不仅能提供即时反馈, 更能通过引导性提问促进学生的概念转变和深度学习^[2]。然而, 通用型 GenAI 模型在高等物理概念推理方面仍存在明显局限, 特别是在复杂推理和数值计算环节。如何合理地将 AI 技术整合到高等教育课堂, 实现教学范式的转变, 已成为当前物理教育研究的前沿课题。

项目化学习(Project-Based Learning, PBL)以其驱动性问题、持续探究与公开成果的要害, 为改变上述状况提供了希望。PBL 模式能够有效促进物理课程由“验证”向“探究”转型, 学生在拓展研究中的主动性与解决复杂问题的能力显著增强^[3,4]。但对于热学这类理论

性极强的课程, 传统的动手制作类 PBL 难以直接套用——若强行嫁接实践任务, 理论主线反而被冲淡。因此, 热学课程更需要一种“理论探究式项目化学习”: 项目成果不应是实物, 而应是完整的理论论证; 探究过程不应依赖实验室, 而应依赖思想实验与逻辑对话。

然而, 综观已有研究, 多数工作集中于 AI 作为“答疑工具”或“习题助手”的应用层面, 较少关注如何将 AI 整合为理论探究的认知伙伴。在热学这类理论性极强的课程中, 如何利用 AI 促进学生对理论前提的批判性反思、支持学生在思想实验中进行深度理论建构, 仍是亟待探索的问题。基于此, 本文提出核心问题: 如何构筑以 AI 驱动的理论探究式项目化学习框架, 使其有效促进学生对热学核心理论的深度建构与创新性思考? 作为回应, 我们建构了“对话—建构—超越”(DCT)理论探究环模式, 并围绕该模式给出系统化的教学设计与实施建议。

2 理论基础

将 AI 引入热学理论教学, 并非简单的技术堆叠, 而需从学习科学中寻找其深层根基。本研究以分布式认知、概念转变与探究性对话三者作为理论支柱。

2.1 分布式认知: AI 作为外部认知装置

分布式认知理论指出, 认知过程广泛存在于个体头脑、使用的工具以及社会互动所构成的系统中。在理论物理学习中, 草稿纸上的公式推导、教科书中的逻辑链条、师生之间的问答, 都是认知分配的具体形式。AI 的介入可视为一种高度智能化的外部认知装置: 它能够将学生模糊的直觉外化为精确的语言, 即刻生成统计计数的可视化脚本以呈现不可见的微观状态分布, 承担部分逻辑检验与程序执行功能, 从而将学生有限的认知资源释放出来, 集中投入到对物理本质的思辨之中。这就为理论探究式 PBL 创造了认知负荷适度的环境, 使得高阶对话成为可能。

2.2 概念转变: AI 作为认知冲突的引发者

概念转变理论认为, 科学概念的根本转变需经历“暴露前概念—遭遇认知冲突—解构与重建”的过程^[5]。热学史本身即是一部悖论的编年史: 洛施密特对玻尔兹曼 H 定理的可逆性反驳、策梅洛基于庞加莱回归定理的质疑、麦克斯韦妖与熵增原理的表面矛盾, 皆蕴含着极

佳的认知冲突资源。然而, 在传统讲授中, 这些冲突往往被教师提前化解, 学生错失了在悖论中挣扎的机会^[6]。AI 可以精密地扮演一个“固执的反对者”——它坚守某一历史立场, 持续抛出思想实验与反例, 迫使学生在辩护中修正自己的表述、细化物理前提, 直至达到自洽。已有研究证实, 通过引导性提问而非直接提供答案的方式, AI 能够有效支持学生的概念理解, 这种苏格拉底式对话策略是 AI 辅助物理教学中最有前景的路径之一。

2.3 探究性对话: AI 作为学术话语的规训者

探究性对话理论揭示, 高级思维功能起始于人与人之间的外部对话, 后逐步内化为个体的内部心智推理。在理论物理领域, 能够精确使用“状态函数”“准静态过程”“各态历经假说”等学术语言本身即是思维深度的标志。AI 能够持续保持一种高标准的学术对话姿态: 追问“系统边界”的确切定义, 要求解释“为何该推导不是循环论证”, 坚持每一步推理都须说出其依据的基本定律与假设。当学生与 AI 展开长期的如此对

话时, 他们实际上是在经历一种学术社会化过程——被逐步纳入物理学共同体的话语规范之中。这正是理论教学的最高目标之一。

三条理论形成有机合力, 共同指向一种可能: AI 可在热学教学中扮演思想伙伴, 将理论探究从偶然的教學片段转化为系统化的教学现实, 表 1 梳理了三者的核心观点及其对 DCT 模式构建的启示。

3 DCT 理论探究环的内涵与创新

立足于上述理论基础, 我们提出“对话—建构—超越”(DCT) 理论探究环这一原创性模式。其核心特征在于: 将 AI 深度嵌入探究全流程, 但始终通过制度设计确保学生的主体性, 并最终导向超越 AI 既有输出的理论理解。

3.1 三阶段结构

DCT 模式将理论探究项目划分为三个相互关联、可能多次循环的阶段, 各阶段 AI 角色、学生任务与核心机制各不相同, 表 2 给出了系统对比。

表 1 理论基础与 DCT 模式构建的映射关系

理论基础	核心主张	对模式构建的启示	教学体现
分布式认知	认知分布于个体、工具与社会情境构成的系统中	AI 承担逻辑检验与可视化模拟等认知负荷, 释放学生资源至高阶思辨	AI 生成微观状态计数程序, 学生专注于解释物理意义
概念转变	深度学习需经历认知冲突与解构重建过程	AI 扮演历史反对者, 持续制造认知冲突	AI 以洛施密特口吻质问“微观可逆何以导致宏观不可逆”
探究性对话	高级思维始于外部对话, 后内化为心智推理	AI 保持高标准学术对话姿态, 规训学生表达	AI 追问“无序度在数学上对应何种度量”, 迫使使学生使用精确术语

表 2 DCT 模式三阶段系统对比

维度	Dialogue (思辨对话)	Construction (协同建构)	Transcendence (批判超越)
核心目标	暴露前概念, 制造认知冲突	完成完整理论论证	审查 AI 论证, 内化知识, 提出创新性问题
AI 角色	苏格拉底式诘问者、历史反对者	逻辑检验者、可视化辅助者、边际知识提供者	被审查的对象
学生角色	困惑的探究者、辩护者	主动的理论建构者	严格的同行评审人
典型活动	与扮演洛施密特的 AI 辩论微观可逆性问题; 回应极端涨落情景; 记录认知困惑	构建宏观态-微观态框架; 在 AI 辅助下完成统计计数与熵公式推导; 撰写论证草稿	标注 AI 论证中的隐藏假定; 用独立语言重写论证核心段落; 提出延伸性新问题
关键产出	《思辨日志》	《理论论证草稿》(约 1500 字)	《终稿》(含“批判性修订”专节及延伸问题)

Dialogue (思辨对话) 阶段, AI 设定为“苏格拉底式诘问者”, 可扮演历史上的特定反对者(如洛施密特), 发出“既然每个分子都服从可逆的牛顿方程, 通过速度反演就应回到非均匀态, ‘不可逆’岂非一种观察的幻觉?”等质疑。学生须在 AI 的逼问下不断澄清、辩护, 乃至承认已有认知中的矛盾。对话全程被记录, 构成后续分析的原始素材, 也使学生清晰看见自己思维的进

展轨迹。此阶段的理念与 Tufino 所探索的苏格拉底式 AI 导师方法一致——AI 通过引导性提问而非直接提供答案来支持学生的概念理解。

Construction (协同建构) 阶段, AI 转变为“理论协同建构者”。学生以小组为单位, 完成对热学核心命题的完整论证, 产出理论短文。AI 的协同作用体现在三个层面: 其一, 可视化微观机制——根据学生请求即

时生成 Python 脚本, 动态展示二项分布随粒子数增加而收敛为尖峰函数的趋势, 帮助学生在数学直觉上“看见”统计必然性; 其二, 逻辑链检验——将推导步骤提交 AI, AI 指出推理跳跃之处, 例如“你直接写出 $S=k \ln W$, 但尚未论证该关系何以满足熵的可加性”; 其三, 提供边际知识——当论证逐步深入时, AI 可适时引入吉布斯修正因子等进阶内容, 为下一阶段的批判留出空间。

Transcendence (批判超越) 阶段, 角色发生翻转: 学生必须转变为“严格的同行评审人”, 而 AI 此前的所有输出都成为被审查的对象。学生至少需完成三件事: 其一, 指出 AI 论证中的隐藏前提或逻辑弱点, 例如“AI 在模拟中默认采用了等概率原理而未加声明, 这一假设的合理性本身就值得讨论”; 其二, 用更精炼、更严谨的热学语言独立重写整个论证的核心段落, 且该段落必须与 AI 的版本有明显区别, 以此强制实现语言的内化; 其三, 提出一个由当前探究自然延伸出的新问题, 例如“如果遍历假设并非普遍成立, 统计力学的基础该如何修正?” 这一问题本身即是理论创新的萌芽。

三个环节构成完整的探究环, 可能循环两到三次, 使论证在反复研磨中不断深化。整个 DCT 模式的核心哲学可概括为: AI 是思想的磨刀石, 学生必须用自己的思维与语言去磨砺, 最终形成超越 AI 既有输出的精炼理解。

3.2 理论创新内涵

DCT 模式相对于一般 AI 辅助教学具有三重创新属性。

其一, 重新定义项目内涵。传统 PBL 偏向动手制作, 而热学等理论课程难以适配。DCT 模式将项目的“产品”定位为高质量的理论论证文本, 学生的角色从

知识接受者转变为理论建构者。这就在零实验课时的条件下开辟了理论课程的 PBL 路径, 实现了科学史与教学法的深层次融合。这与高阶思维能力培养的课程改革方向高度一致——DCT 模式通过“对话—建构—超越”的阶段递进, 实现了认知能力的阶梯式发展^[7]。

其二, 将“前提批判”提升为核心教学目标。在传统考核中, 学生对理论前提常处于无意识接受状态。DCT 模式则要求学生在论证文本中明确陈述所依据的理想化假设, 并讨论其合理性与失效边界。当学生能够自发讨论“等概率原理是基本假设还是导出结论”时, 他们已开始进入理论物理学家的思维模式——审视公式成立的条件, 而非仅仅使用公式。这正是“两性一度”课程建设标准中“高阶性”与“创新性”在理论课程中的具体体现^[7]。

其三, 通过角色反转制度防止认知外包。“流利的无知”是 AI 辅助学习最隐蔽的风险——学生能够流畅复述 AI 生成的论述, 但无法用自己的语言进行独立解释或面对质疑时无法辩护。DCT 通过强制性的“无 AI 建构”环节、严格的引用标注要求以及超越性问题的提出, 构筑起多重认知防线, 确保学生思维的真正在场。Kortemeyer 也指出, GenAI 可以作为帮助工具——例如快速查阅定义、解释术语、给予学生即时反馈——但正确的答案并不能代替正确的推理和概念理解^[4]。

4 教学设计

4.1 项目选题标准

项目主题选择是成败关键。适合 DCT 模式的热学选题应满足三个标准: 概念聚集度高(能串联多个核心概念)、认知冲突内蕴(能引发朴素直觉与严密理论的正面交锋)、论证可分层(允许不同水平学生达到不同深度), 表 3 给出推荐选题分析。

表 3 推荐选题及内容覆盖分析

优先度	推荐选题	核心概念群	内蕴认知冲突
★★★★★	热力学第二定律的统计基础	宏观态/微观态、等概率原理、最概然分布、玻尔兹曼熵、涨落、时间箭头、可逆性、熵增加原理	洛施密特悖论: 微观可逆 vs 宏观不可逆
★★★★	卡诺定理的前提批判	可逆过程、卡诺循环、卡诺定理、热机效率极限	可逆性是理想还是可达目标
★★★★	麦克斯韦妖与信息熵	熵的统计意义、麦克斯韦妖、信息与负熵	获取分子信息是否消耗能量
★★★	吉布斯悖论与全同粒子	熵的可加性、全同粒子、吉布斯修正因子	混合熵在粒子全同时为何消失

首轮实施建议优先选择“热力学第二定律的统计基础”, 因为该主题概念聚集度最高, 天然包含洛施密特悖论这一认知冲突素材, 且以“热力学第二定律的本质理解”“宏观量与微观量的关联”为探究核心, 正是学生思维转变的关键节点^[8]。

4.2 提示词设计

提示词设计是教师教学设计能力的新维度。表 4 给出 DCT 三阶段的可复用提示词模板。

提示词设计的关键在于明确界定 AI 的行为边界: Dialogue 阶段以质疑驱动思辨, Construction 阶段以检

验支撑建构，Transcendence 阶段以受审姿态接受批判。这正体现了教师从知识传授者到“AI 对话设计师”的角色转变。

4.3 “无 AI 建构”制度

为防止 AI 替代深度加工，教学中须嵌入刚性的离线建构环节。肖洛等的研究已表明，在 AI 技术快速发展的背景下，高阶思维能力的培养已成为教育质量评估的核心指标^[7]。而高阶思维能力的核心标志之一，正是独立于外部工具进行深度推理和批判性反思的能力，表 5 梳理了相关制度安排。

4.4 评价量规

理论探究项目的评价应从“对错”转向“论证品质”，表 6 给出四维评价量规。

配合量规，可辅以简化的自我评价与同伴互评工具，引导问题如“我的论证中最薄弱的一环是什么？”“同伴论证中哪处推理不够严密？请给出具体修正建议”，以培养元认知知识和批判性审阅能力。

5 典型问题与教学建议

在推行 DCT 模式的过程中，教师可能遇到若干典型困难。结合大一新生学情（物理思维尚处萌芽期，习惯于寻找唯一正确答案），表 7 给出了系统性预案。

值得特别关注的是 AI 输出不准确的问题。即便采用 RAG 技术，AI 仍可能在边缘问题上产生误差。对此，将 AI 的“错误”转化为教学资源——让学生在对 AI 的批判性审查中确认自身理论理解——是化风险为契机的关键策略。

表 4 DCT 三阶段 AI 提示词模板

阶段	提示词模板	设计要点
Dialogue	“请你扮演 19 世纪末一位精通热学的怀疑论者，熟悉洛施密特和策梅洛对玻尔兹曼统计力学的批评。与我展开辩论，逐点质疑我论证中的任何跳跃，特别是在‘微观可逆’与‘宏观不可逆’的关系上坚持追问。语气尖锐但尊重学术规范。禁止直接给出论证的完整版本或正确答案。”	角色锚定历史人物；设定质疑而非解答的行为边界；保持学术对话品格
Construction	“我现在需要构建热力学第二定律的统计论证。请协助检查我以下推导步骤中是否存在逻辑漏洞、未声明的假设或循环论证。若我请求，可提供简短 Python 代码以可视化统计分布。保持协助姿态，但仍拒绝给出完整的论证叙述，发现漏洞只指出位置不替我修补。”	逻辑检查与可视化辅助功能；漏洞只定位不修补以确保持主体性
Transcendence	“现在我将对你的所有前述帮助内容进行一次正式学术审查。我会逐一指出你在论述中可能隐藏的假定、不当近似或逻辑不连贯之处，并给出修正意见。你可以提供更深层参考信息，但不得替我做出任何评判。请以受审者身份配合。”	角色从协助者降格为被审查者；评判权完全归属学生

表 5 “无 AI 建构”制度安排

制度安排	具体要求	教学功能
独立论证段落	每个学生须独立完成不少于 500 字的无 AI 论证核心段落，用自己的语言推导最概然分布与熵增的方向性，随项目报告一并提交	确保个体完整经历独立建构过程；暴露真实理解水平
沉默建构十分钟	课堂设置 10 分钟寂静书写环节，学生脱离所有电子设备，仅凭纸笔书写对理论核心的理解	创设零干扰深度加工环境；强制提取记忆中的知识，检验内化程度
AI 引用比例上限	终稿中直接引用 AI 整句的比例严格控制在 10% 以下；凡引用处必须明确标注并附一句评论	清晰区分个人贡献与 AI 辅助；培养对 AI 输出的批判性审视习惯

表 6 理论论证品质评价量规

评价维度（权重）	优秀（4 分）	良好（3 分）	合格（2 分）	待改进（1 分）
概念精确性（30%）	准确使用所有核心术语，清晰区分易混概念，无概念混淆	核心术语使用基本准确，偶有一处边界模糊	存在两处以上概念混淆，或回避精确术语	概念使用混乱，将熵等同于“无序”不加限定
逻辑连贯性（30%）	论证链条完整闭合，每一步标明依据，从前提自然抵达结论	主体完整，个别过渡步骤依据未声明	结论正确但存在可识别的逻辑跳跃	论证断裂或存在循环论证
前提自觉性（25%）	主动声明全部理想化假设，讨论成立条件与失效边界	声明主要假设，有所讨论但未充分展开	提及部分假设，仅作罗列未分析	未声明任何假设
问题延伸性（15%）	提出的新问题具有非平庸的理论深度，指向可探究的开放方向	问题有意义但较笼统	问题浮于表面	未提出新问题或已有充分解答

表 7 DCT 模式实施中的典型问题与教学建议

典型问题	问题表现	深层原因	教学建议
对话浅层化	学生与 AI 对话流于“我问你答”，缺乏深度追问和辩驳	大一新生尚未掌握追问技巧	提供“追问金句库”：①你这样说有什么前提假设？②如果是相反的情况呢？③能否用另一条独立的路径得到相同结论？教师公开示范一次高质量追问过程
挫败感蔓延	学生抱怨“AI 总是不给答案，感觉自己什么都不知道”	不习惯开放性探究，预期偏差	召开反思会，分享困惑并指出“困惑是科学探究的常态”；讲述玻尔兹曼本人受困于学术质疑的史实将其正常化
AI 输出不准确	AI 对深层热学问题（如各态历经假说）的回答存在物理上的微妙错误	LLM 训练数据局限性 ^[4]	将 AI 的错误视为“从天而降的教学材料”，转化为全班“理论审查活动”，让学生从审查 AI 中获得成就感与理论自信 ^[9]
延伸问题质量低	学生无法提出有价值的新问题	需要深厚的知识储备与问题意识	要求至少提出一个“由项目引发且当前知识无法完全解答”的疑问；展示历史上卓越提问案例，剖析好问题的构成要素

表 8 DCT 模式的核心贡献与推广

贡献维度	核心贡献	推广至其他课程	潜在适配课程
模式建构	提出可操作的“对话—建构—超越”三环结构	三环结构本身可迁移	理论力学（最小作用量原理）、电动力学（规范不变性）、量子力学（测量问题）
角色设计	AI 多重角色的系统化设计（诘问者→协助者→被审查者）	基于教学阶段认知需求选择 AI 角色的方法论	数学类（ ε - δ 语言论证）、哲学类（伦理学辩证讨论）
防替代机制	强制性无 AI 建构、引用上限、角色反转等制度	三道防线：独立建构环节+AI 引用规范+批判性审查要求	任何引入 AI 辅助的论证类课程
评价转型	从“对错评价”转向“论证品质评价”，将前提批判纳入核心指标	四维量规可跨学科使用	法学（判例论证）、历史学（史料解读论证）

6 讨论：模式的理论贡献与推广可能

本文建构的 DCT 模式，其意义并不限于热学一门课程，表 8 从四个维度概括了核心贡献与推广空间。

从更宏观的教育技术发展视角看，当前 AI 赋能物理教学正呈现出从“通用工具辅助”向“学科智能体深度融合”演进的趋势。乔翠兰指出，中学物理教学范式正转向“人的智能”+“人工智能”的“双线融合”模式，这一判断同样适用于高校物理教育。也有学者从统计物理方法出发，探索运用非平衡统计力学与复杂系统建模技术对课堂教学多模态数据进行结构化特征提取，为教育 AI 提供可解释性数据集，展现了学科交叉的新可能。智能时代物理教育创新的研究，同样强调基于 GenAI 的智能教学工具设计与课程整合是当前两大核心方向。这些进展表明，物理教育领域对 AI 的接纳正日益深入，DCT 模式正是在这一趋势下应运而生的理论框架探索。

在课程思政维度，热学课程本身就包含可深入挖掘的育人要素。已有的热学课程思政实践表明，通过将热力学概念与辩证唯物主义世界观相结合，能够有效实现学科育人的目标^[9]。DCT 模式中学生与 AI 在“微观可逆”与“宏观不可逆”之间的反复对话，本身即涉

及决定论与概率论的哲学讨论，为在理论深度上达成课程思政目标提供了有效路径。

该模式的有效实施对教师提出了更高要求。教师需具备将经典理论还原为可探究问题的能力，熟悉相关科学史以使 AI 的角色设定有理有据，敏锐判断学生对话中的思维节点并适时介入。教师的能力结构在此模式中不仅未被削弱，反而在“提示词设计”“对话引导”“理论鉴赏”三个维度上获得了新的扩展。未来，随着物理信息神经网络等专用 AI 工具的发展，AI 或能在理论模拟层面提供更强大的支持，使得学生可以进一步探究“非平衡态热力学”或“有限时间热力学”等更前沿的理论问题，进一步拓展理论教学的边界。

7 结语

面对人工智能时代的到来，物理教育的核心使命不是教会学生与机器赛跑，而是借助机器培育唯有机器不能替代之物——对基本前提的追问、对理论结构的把握以及在此基础上的创造性思维。本文提出的 DCT 理论探究环模式，完全嵌入热学课程教学框架之内，不破坏既有知识体系，却在探究与讨论的弹性空间中，为学生开辟了一条在回归物理基本前提的批判性审视基础上实现理论理解的创新性建构路径：以思想

去碰撞思想, 以对话去激发建构, 最终让学生在对物理前提的反复追问中, 长出真正属于自己的理论判断力。这或许正是智能时代理论教学中“以人为本”的应有之义。

参考文献

- [1] El Fathi T, Saad A, Larhzil H, et al. Integrating generative AI into STEM education: enhancing conceptual understanding, addressing misconceptions, and assessing student acceptance [J]. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2025, 7(6): 1-21.
- [2] Kortemeyer G. The boiling-frog problem of physics education[J]. *The Physics Teacher*, 2026, 64(1): 8-12.
- [3] 于婷婷, 倪晨, 刘斐, 等. PBL 教学模式下力学与热学实验课程数字化建设研究[J]. *物理与工程*, 2026, 36(2): 21-27.
- [4] Ramos E, Vasquez-Guardado E S. A project-based learning approach improves the calculation skills of the thermodynamic properties of a pure substance[J]. *Chemical Engineering Education*, 2025, 59(2): 87-96.
- [5] 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.
- [6] 郭奕玲, 沈慧君. 物理学史[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 183-205.
- [7] 肖洛, 肖存英. 以高阶思维能力为导向的大学“热学”课程改革与实践[J]. *大学物理*, 2025, 44(8): 67-73.
- [8] 刘俊杰, 郭盼, 郭聪, 等. 大学物理热学教学与前沿研究的融合探索[J]. *大学物理*, 2025, 44(1): 85-88.
- [9] 韩文娟, 刘海, 强睿. 浅谈热学课程思政的探索与实践[J]. *大学物理*, 2023, 42(9): 44-51.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS