

AI 编程虚拟实验赋能探究实践

——以“地球——宇宙的奇迹”为例

王龙祥*

(深圳市龙岗区外国语学校, 深圳, 518172)

摘要: 本研究聚焦 AI 编程虚拟实验在小学科学“地球——宇宙的奇迹”教学中的应用, 探讨技术增强对深化学生理解大时空尺度概念的作用。传统教学面临抽象概念难以具象化、多因子协同作用难以理解及科学论证表达难以显性化难题, 传统虚拟实验则受资源固化、实验器材定制门槛高等限制。而 AI 编程的虚拟实验可以提供一种解决方案: 通过生成式 AI 实现灵活定制, 精准贴合教学目标; 降低技术门槛, 教师可零编程开发实验; 构建人机双向交互闭环, 支持参数调节、可视化呈现与数据记录。同时, 该实验能够深化学生的理解, 提升学生参与度, 形成情感共鸣与元认知觉醒, 为抽象概念教学提供新路径。

关键词: AI 编程; 虚拟实验; 技术增强; 深理解; 理解六侧面

一、引言

《义务教育科学课程标准(2022年版)》明确提出, 科学教学需“发展学生对核心概念的理解”以构建系统知识结构, 同时将“探究实践”列为核心素养, 强调通过实践培养科学思维与问题解决能力, 提出“教师应利用信息技术辅助手段, 如虚拟仿真实验、数字化实验等, 让学生比较直观便捷地学习相关知识”。^[1]但在小学科学抽象概念教学中, 尤其是在地球与宇宙领域, 传统教学面临着抽象概念难以具象化、多因子协同作用难以理解、学生科学论证表达能力薄弱的三重困境^[2]; 传统虚拟实验虽能突破时空限制, 却因资源固化、定制门槛高而难以适配教学需求。在此背景下, 本研究结合 AI 编程虚拟实验在小学科学“地球——宇宙的奇迹”教学中的应用, 阐释 AI 编程的虚拟实验通过实现技术增强与理解强化, 为探究实践赋能, 既能突破传统教学及虚拟实

* 王龙祥, 2393874711@qq.com

验在抽象科学概念教学中的局限，又能助力学生深化对核心概念的理解，提升探究实践能力^[3]。

二、探究实践面临的困境与局限

（一）传统实验教学面临的困境

1. 抽象概念具象化困难：传统实验受限于时空与安全性，无法模拟日地距离变化、大气厚度调整等抽象场景，学生只能通过静态图片或动画被动接受知识，缺乏自主操作与变量控制的探究体验，导致对科学原理的理解停留在记忆层面。^[4]

2. 多因子协同理解困难：地球环境因子（如日地距离、质量、大气厚度）的协同作用是理解地球独特性的核心，但传统教学中分散的案例讲解难以呈现变量间的连锁关系，学生难以建立“因子关联—系统平衡”的整体认知，易形成碎片化知识。

3. 科学论证表达困难：学生对抽象概念的表达依赖日常经验，缺乏基于数据（如温度变化曲线、大气厚度数值）的科学论证能力。例如，仅能描述“地球温度合适”，却无法结合日地距离与大气保温作用的量化关系解释“为何合适”，科学性表达能力薄弱。

（二）传统虚拟实验的局限

虚拟实验教学的优势在于，借助数字化技术有效突破了传统实验的时空与安全性局限，使宇宙天体运行、微观粒子运动等不可及场景的模拟成为可能，同时大幅压缩如岩石风化、植物生长等长周期现象的观察时长，并规避了触电、爆炸等实体实验中的潜在风险。其交互式设计允许学生动态调节关键参数，将抽象科学原理转化为可视化探究过程，结合标准化操作流程显著提升教学效率和效果。^[5] 但现有虚拟实验存在两类典型问题：

1. 资源固化，适配性低：主流虚拟实验平台，虽然资源丰富，但实验程序预设性强，难以贴合具体教材内容。例如“地球——宇宙的奇迹”需聚焦“日地距离对温度的影响”，现有虚拟实验常包含行星自转、轨道倾角等无关变量，干扰教学聚焦，导致无法满足实际教学需要。

2. 技术门槛高，定制困难：定制化虚拟实验需专业编程能力，一般科学教师难以自主开发。部分教师因技术限制被迫放弃个性化设计，只能沿用通用资源。

综上，“资源固化”与“门槛过高”的双重局限，使得虚拟实验难以更好地服务于实际教学需求，亟须技术革新打破困局。

三、技术增强：AI 编程虚拟实验的创新实践

近年来，生成式人工智能（GAI）的发展为虚拟实验注入新动能，使其从预设程序向智能交互升级。本研究以教育科学出版社版小学科学五年级下册第三单元“地球——宇宙的奇迹”为例，利用 DeepSeek 快速开发多组交互式网页程序，支持学生自主调节参数，通过改变日地距离、大气厚度、地球质量，实时观测地球气温、昼夜温差、大气厚度等数据，探究地球上适宜生命生存的条件与地球的独特性之间的关系，直观理解地球环境平衡的精密性。研究将抽象科学原理转化为可操作的交互模型，突破传统虚拟实验的局限性。^[6]

AI 编程虚拟实验通过自然语言交互实现“按需生成”，在技术层面实现三大突破，构建更适配教学需求的新型实验形态。

（一）从“资源固化”到“灵活定制”

传统虚拟实验平台的程序预设性强，难以贴合具体教材内容。AI 编程虚拟实验通过自然语言指令实现定制化开发：教师仅需描述核心需求（如“生成可调节日地距离、实时显示温度的网页实验，标注八大行星位置”），生成式 AI（如 DeepSeek）即可快速输出交互式程序。^[7]

在本课教学中，针对“日地距离与地表温度”的教学重点，实验可精准聚焦单一变量（图 1）：地球与太阳大小比设定为 1:10，1 倍日地距离（1 AU）处对应 14.4℃ 基准温度，距离增减则对应温度大致呈线性变化（如 0.5 AU 时约 50℃，2 AU 时约 -50℃），且界面仅保留八大行星位置标注等必要信息，剔除无关变量。这种定制化能力确保技术与教学目标高度匹配。

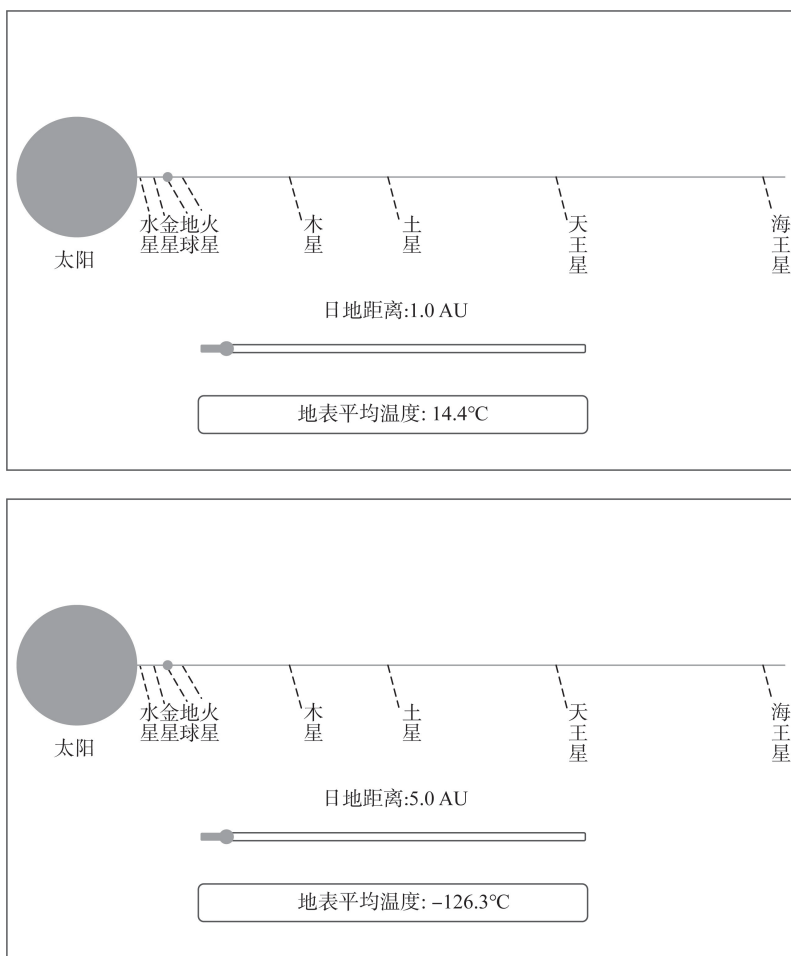


图 1 日地距离与地表温度虚拟实验

（二）从“高门槛”到“零编程”

传统定制虚拟实验需要专业编程能力（如 JavaScript、HTML），教师因技术限制被迫放弃个

性化设计。AI 编程技术将实验开发门槛降至“自然语言描述”，教师无需编程基础，通过“基础指令+多轮优化”即可完成个性化实验开发。

1. 平台选择：优先选用支持自然语言生成交互式网页程序的 AI 工具，如 DeeSeek、Trae、Gemini、Claude 等，这类工具无需复杂操作，能快速响应实验设计需求。

2. 提示词设计原则：

(1) 明确核心要素，需包含“探究主题+可调参数+反馈形式+呈现要求”，例如：“开发地球质量与大气厚度关系的实验（图 2），可调参数为地球质量（0.1~2 倍地球质量），反馈形式为实时显示地球引力与大气厚度变化，用蓝色圈层呈现大气层，保持地球体积不变。”

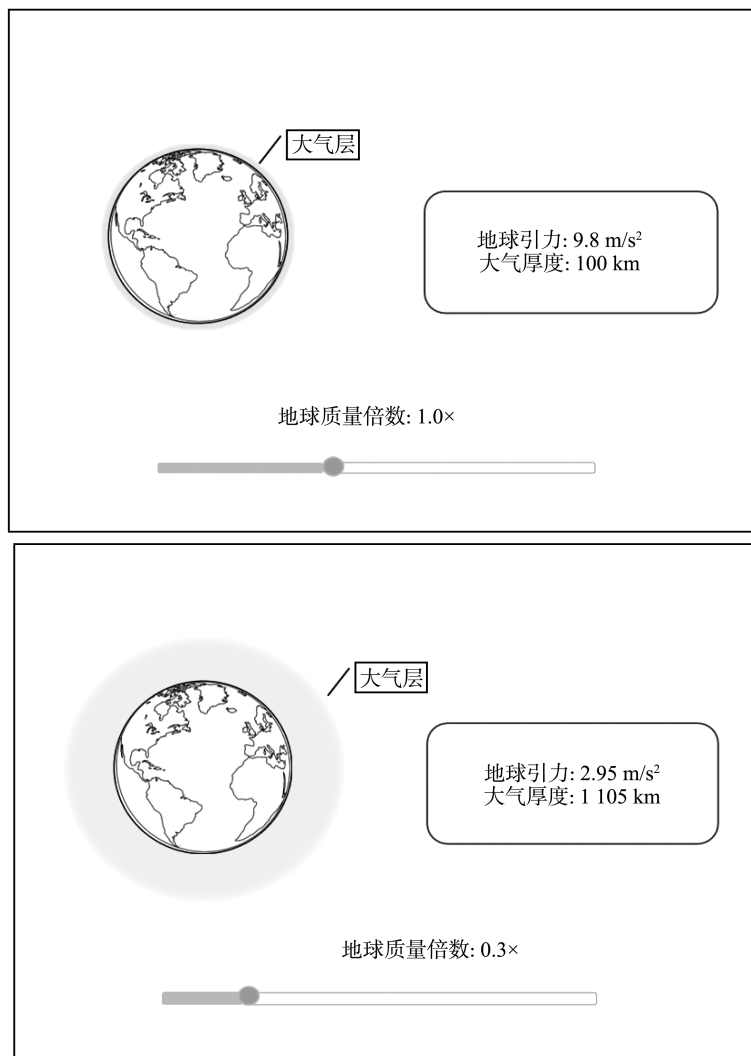


图 2 地球质量与大气厚度虚拟实验

(2) 剔除无关变量，明确说明需排除的干扰因素，例如：“不包含行星自转、轨道倾角等参数。”

(3) 优化呈现效果，补充界面设计需求，例如：“标注数据单位，温度保留 1 位小数，圈层颜色区分大气厚度等级。”

(4) 迭代优化方法, 先以基础指令生成初稿, 再通过补充指令完善细节, 例如初稿生成后, 可补充“增加数据记录功能, 自动保存不同参数下的实验结果”“优化滑动条灵敏度, 支持精准调节”等需求, 通过多轮对话实现实验迭代。

这种“零编程门槛”让教师从“实验应用者”变为“实验设计者”, 真正实现技术为教学需求服务。

(三) 从“单向演示”到“双向交互”

对于类似宇宙空间、微观粒子等难以实际观测或实验的教学内容, 传统教学中多为“观看式”演示(如动画展示日地运行), 学生难以参与变量控制。学生借助学生端平板电脑, 可实现 AI 编程虚拟实验构建“调节—反馈”的交互闭环, 在操作中主动发现规律。

1. 动态参数调节, 学生通过滑动条改变日地距离、地球质量、大气厚度(图 3)等参数, 实验实时反馈结果(如温度数值、大气厚度变化)。

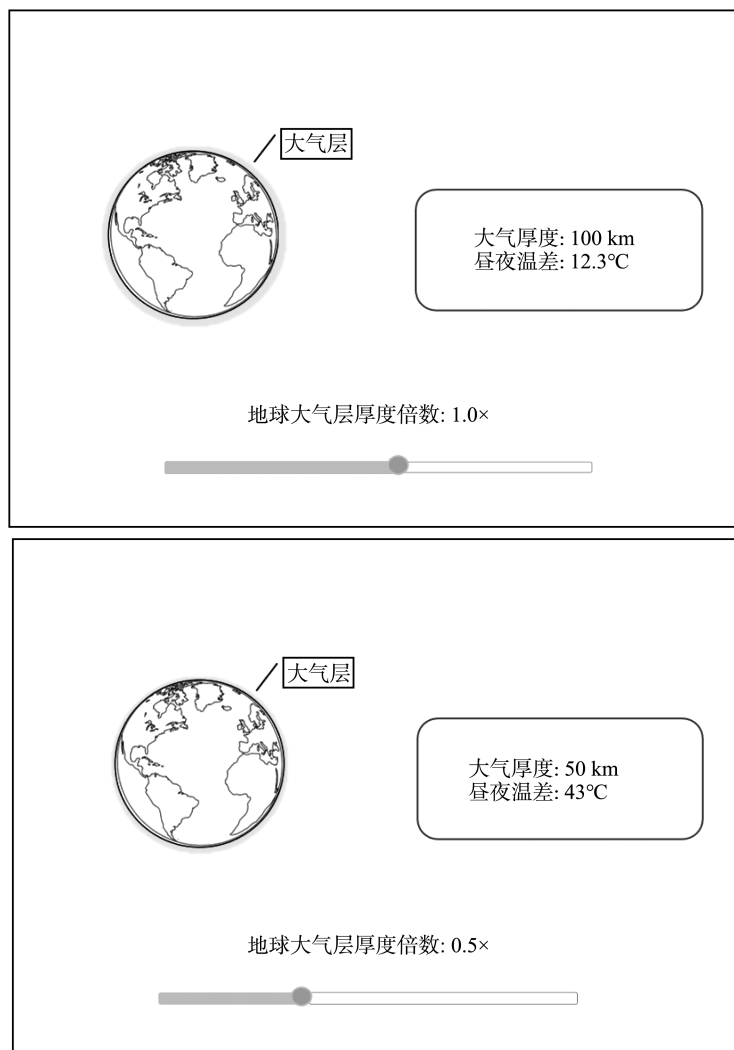


图 3 大气层厚度与昼夜温差虚拟实验

2. 可视化呈现，抽象数据转化为直观图像（如温度变化曲线、大气蓝色圈层），帮助学生建立“参数—现象”的关联认知。

3. 即时数据记录，实验自动记录关键数据（如“1.0 倍地球大气层厚度时，地表昼夜温差 12.3℃，0.5 倍时 43℃”），为后续论证提供客观依据。这种交互性将抽象原理转化为可操作的具象过程，让学生在“做中学”，实现技术对探究体验的增强。

四、实证研究：基于 AI 课堂观察的教学成效验证

为精准验证 AI 编程虚拟实验对学生科学探究能力的促进作用，本研究以深圳市龙岗区外国语学校五年级的 2 个班级为研究对象，其中实验班（48 人）采用 AI 编程虚拟实验开展教学，对照班（48 人）采用传统虚拟实验教学。研究过程中，使用深圳市本地教科研机构开发的“AI 课堂观察系统”进行课堂行为数据实时采集，结合前测、后测及学生实验报告，从“量化数据+质性表现”双维度进行评估，探究能力评估维度包括“变量控制”“数据收集与分析”“论证表达”“问题提出”四个核心指标。

(一) 研究过程

前测：教学前采用标准化科学探究能力测试卷，结合 AI 课堂观察系统的基线数据采集（如课堂提问频率、自主探究时长），评估两班学生在地球与宇宙相关概念及探究能力上的基础水平，结果显示两班无显著差异（ $p>0.05$ ）。

教学实施：两班均围绕“地球——宇宙的奇迹”开展 1 课时教学，实验班使用本研究开发的 AI 编程虚拟实验，学生自主设计探究方案、调节参数、分析数据；对照班使用某主流平台的传统虚拟实验，按预设步骤完成操作。AI 课堂观察系统全程记录两班课堂数据，包括学生操作时长、互动频率、小组讨论参与度、提问质量等。

后测：教学结束后，采用与前测同难度的测试卷，结合学生实验报告、课堂发言记录及 AI 课堂观察系统的后测数据，进行综合评估。

(二) 研究结果

本研究开发的编程虚拟实验对学生科学探究能力发展的效果可以通过两个班学生表现的对比得到反映（表 1）。

表 1 AI 编程虚拟实验对学生科学探究能力影响的对比数据

评估维度	实验班表现	对照班表现	关键差异说明
整体探究能力	后测平均得分 82.3 分；探究操作时长 18.7 分钟/课时	后测平均得分 71.5 分；探究操作时长 10.3 分钟/课时	后测得分差异具有统计学意义（ $p<0.01$ ）；实验班操作时长较对照班提升 81.6%，整体探究能力显著提升
变量控制	90.5%能准确控制单一变量设计对照实验；“参数调节针对性”达标率 88%	65%能准确控制单一变量设计对照实验；“参数调节针对性”达标率 70%	实验班变量控制准确率及操作针对性均显著高于对照班，对变量控制原理解更扎实

续表

评估维度	实验班表现	对照班表现	关键差异说明
数据收集与分析	85.7%能绘制变化曲线并总结规律；数据查看频次 4.2 次/实验；数据记录完整性 89%	66.5%能绘制变化曲线并总结规律；数据查看频次 2.1 次/实验；数据记录完整性 73%	实验班数据处理相关指标全面优于对照班，数据意识与分析能力更强
论证表达	78.6%能运用量化数据解释原理；发言“数据引用占比”63%	45%能运用量化数据解释原理；发言“数据引用占比”27%	实验班“数据引用占比”为对照班 2.3 倍，科学表达严谨性显著提升
问题提出	平均提出 2.3 个深度探究问题；“高阶问题占比”58%	平均提出 0.8 个深度探究问题；“高阶问题占比”21%	实验班深度问题数量及高阶问题占比均高于对照班，探究思维更具深度

五、理解深化：基于“理解六侧面”的理解突破

AI 编程虚拟实验的应用，不仅提升了学生的探究能力，更在认知层面推动了学生对地球科学概念的深层理解，实现了从“技术增强”到“理解深化”的转变。

美国学者格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格在《追求理解的教学设计》（*Understanding by Design*）一书中提出的“理解六侧面”（Six Facets of Understanding）——解释、阐明、应用、洞察、神入、自知^[8]，为评估学生对科学概念的理解深度提供了清晰框架。结合本课教学实践，学生的概念理解在多个维度有了突破。

（一）解释维度：从“知其然”到“知其所以然”

学生能基于实验数据和 AI 对话结论，解释地球生命存在的科学原理。例如，通过“虚拟实验·模拟星球变量”操作，学生观察到日地距离、大气厚度与温度的关联后，不再停留于“地球温度合适”的表层表述，而是能结合具体数据给出解释：“地球与太阳的距离保持在 1 AU 左右时，地表温度稳定在 15℃ 上下，这为液态水存在提供了基础条件。”这种解释建立在对“变量—结果”关系的实证观察之上，体现了从“知其然”到“知其所以然”的跨越。^[9]

（二）阐明维度：从“碎片化”到“链条化”

学生能阐明变量间的连锁关系，构建系统认知。地球孕育生命的条件是多因子协同作用的结果，理解这一核心概念是教学的终极目标。通过三组实验的关联探究，学生能自主梳理出“日地距离→地表温度→液态水存在”及“地球质量→引力→大气厚度→昼夜温差→液态水稳定”的连锁关系，并最终归纳出“地球环境因子缺一不可、共同作用”的结论（图 4）。

（三）洞察维度：从条件认知到本质提炼

通过三组任务的联动探究，学生能超越具体现象，洞察地球独特性的本质。当教师引入科学家“地球诞生复杂生命的概率仅兆亿分之一”的论断时，学生意识到：地球的宜居性并非单一条件的偶然产物，而是“距离、质量、大气、磁场”等多系统在亿万年中精密平衡的结果。有学生总结：“宇宙中可能有很多行星，但像地球这样所有条件都‘刚刚好’的，可能只有我们这一个。”这种洞察触及了“地球是宇宙奇迹”的本质，体现了从“零散认知”到“整体把握”的思维跃升。



图4 “地球——宇宙的奇迹”板书设计

(四) 神入维度：从科学认知到情感共鸣

“神入”在本节课中体现为对地球独特性的共情与责任意识觉醒。随着探究深入，学生从实验数据（如地球各条件的微妙平衡）和概率论断中，逐渐感受到地球的脆弱与珍贵。在思维升华环节，有学生感慨：“原来我们的家园能存在生命，是这么不可思议的事，就像中了宇宙级别的大奖。”这种情感体验让“珍爱家园、守护唯一”的价值观不再是空洞口号，而是基于科学认知的自然流露，实现了从“知道地球独特”到“珍爱地球独特”的情感联结。

(五) 自知维度：从认知局限到思维重构

学生能反思自身原有认知的不足，实现元认知觉醒。课前，多数学生认为：“地球有生命是理所当然的。”课后，他们在反思中写道：“以前我以为只要有阳光和水就能有生命，通过这节课才发现，背后有这么多精密的条件，我之前的想法太简单了。”这种对自身认知局限的清醒认知，推动学习从“被动接受”转向“主动探究”，为后续深度学习奠定了思维基础。^[10]

六、实践反思与展望

AI 编程虚拟实验在“地球——宇宙的奇迹”教学中的应用、结合 AI 课堂观察系统的量化与质性评估，充分验证了技术增强、探究赋能与理解深化的协同价值，为小学科学抽象概念教学提供了可复制、可量化的新路径。基于本次教学实践，笔者还尝试在“风的成因”“地球公转与四季变化”“不简单的杠杆”等教学中运用 AI 编程虚拟实验，均有不错的效果。根据笔者教学经验和相关研究，在 AI 虚拟实验技术的应用过程中仍有需注意的地方。

（一）技术依赖导致思维表层化

“操作滑条”虽简化了实验的操作但忽视了“原理追问”，可能使学生将数据曲线等同于物理本质。教师需要通过关键问题，如“温度变化的规律是什么”“为什么距离增加温度会降低”引导学生超越现象，思考本质。

（二）算法简化造成认知偏差

虚拟实验为适配教学需求，常简化复杂系统（如忽略磁场对大气的影响），可能掩盖关键要素。^[11] 教师需要明确说明模型的局限性，例如：“实际大气厚度还受温度、磁场等因素影响，我们的实验仅研究了地球质量的作用。”

（三）虚实失衡削弱实践能力

虚拟实验虽可突破时空限制，但过度使用会弱化真实实验的实践价值。教学中需要平衡虚实实验，如结合“光源距离与温度”等探究实验，让学生理解虚拟与现实的关联。

未来，AI 与小学科学教学的融合需坚守“技术服务于学习”的核心原则，技术是工具而非目的，其价值需通过学生的探究行为与认知发展体现。^[12] 需进一步优化 AI 虚拟实验的交互设计，增强对学生思维的引导性；同时加强教师对技术应用的把控能力，在“技术赋能”与“探究实践”之间找到平衡，使 AI 真正成为照亮科学探究之路的“智能灯塔”。

作者简介

王龙祥，深圳市龙岗区外国语学校一级教师，中国教育技术协会中小学科学教育专业委员会委员。研究方向：人工智能在教学中的创新应用、项目式学习实践研究、科学核心素养与教学实践研究。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准（2022年版）[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022：135.
- [2] 许婕. 虚拟实验在小学科学中提升学生学习力的策略 [J]. 中小学信息技术教育，2023（10）：74-76.
- [3] 教育部基础教育教学指导委员会. 中小学人工智能通识教育指南（2025年版）[M]. 北京：教育部基础教指委办公室，2025：3.
- [4] 王亚平. 核心素养导向下虚拟实验在小学科学教学中的应用研究 [J]. 甘肃教育研究，2025（6）：149-151.
- [5] 李冬. 融合 PhET 虚拟实验促进学生深度学习的实践研究——以小学自然《饮食与健康》一课教学为例 [J]. 教育传播与技术，2022（4）：36-41.
- [6] 同 [4].
- [7] 许婕. 虚拟实验在小学科学中提升学生学习力的策略 [J]. 中小学信息技术教育，2023（10）：74-76.
- [8] 格兰特·威金斯，杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计 [M]. 上海：华东师范大学出版社，2017：92-117.

- [9] 陈心琴. 基于 UbD 模式的小学科学项目式教学实践研究 [J]. 教育与装备研究, 2022, 38 (10): 49-53.
- [10] 张步青. 基于“理解”的六个侧面追求物理知识的真理解——以“光的折射”教学为例 [J]. 物理之友, 2022, 38 (11): 34-37.
- [11] 张金妹, 修显武. PhET 助力《自然选择》模拟实验 [J]. 小学科学, 2025 (6): 52-54.
- [12] 张若兰. 生成式人工智能赋能小学科学教学的可行性探索 [J]. 中小学科学教育, 2025, 2 (2): 69-74.

AI-Programmed Virtual Experiments Empower Inquiry-Based Learning: A Case Study of “Earth and the Universe”

Wang Longxiang

(Foreign Language School, Longgang District, Shenzhen, 518172)

Abstract: This paper examines the application of AI-programmed virtual experiments in elementary science education for the course “Earth and the Universe,” exploring how technology-enhanced learning deepens students’ understanding of large-scale spatial-temporal concepts. Traditional teaching faces challenges in concretizing abstract concepts, comprehending multi-factor interactions, and articulating scientific reasoning. Conventional virtual experiments, however, are constrained by limited resources and high customization barriers. AI-programmed virtual experiments offer a solution: Through generative AI, they enable flexible customization tailored to teaching objectives, reduce technical barriers by allowing teachers to develop experiments without programming, and establish a closed-loop human-computer interaction system supporting parameter adjustment, visual presentation, and data recording. Furthermore, this experimental approach enhances students’ comprehension, increases engagement, fosters emotional resonance and metacognitive awareness, and provides innovative pathways for teaching abstract concepts.

Key Words: AI Programming; Virtual Experiments; Technology-enhanced Learning; Deepening Understanding; Six Dimensions of Comprehension