

基于代理式人工智能编程的 虚拟探究实验开发

——以小学科学“昼夜交替现象”课程为例

文_曹舒曼¹ 李英文² 李凤翼²

(1. 珠海高新区永丰小学; 2. 北京师范大学未来教育学院)

摘要: 针对小学科学课程虚拟实验开发中存在的技术门槛高、教学适配性不足的普遍问题,本研究以教科版小学《科学》“昼夜交替现象”为例,探索基于代理式人工智能编程平台 Qoder 的解决路径,旨在为一线教师提供清晰、可操作的开发方法论,为同类工具的研发提供兼具科学性与易用性的实践参考。

关键词: 人工智能 实验工具开发 昼夜交替 虚拟探究实验

◎ 问题提出

2025 年 4 月,教育部等九部门在《关于加快推进教育数字化的意见》中提出“探索‘人工智能+教育’应用场景新范式”^[1],《中小学科学教育工作指南》亦强调“利用智能装备为科学教学创设沉浸式学习环境”“探索虚拟仿真和计算机建模等科学教学新模式”^[2]。在此政策导向下,虚拟探究实验作为融合情境创设与交互体验的教学工具,教育价值日益凸显。大量研究表明,虚拟探究实验能有效激发学生的学习动机^[3],并在提升教育体验、增强学习效果与改善学习态度方面,比传统课堂具有显著优势^{[4][5]}。其能构建更符合认知机制的学习环境^[6],尤其在呈现宏观或微观现象、突破实验条件限制等方面

展现出独特优势。

当前主流的虚拟探究实验(如 PhET、Gizmos)多由专业编程团队开发,缺乏一线教学实践,所开发出的资源往往只能基于教学大纲进行通用化设计,无法精准对接具体的教学需求。而拥有强大代码生成能力的通用大模型(如 DeepSeek)的兴起,为教师自主开发教学工具提供了可能,但这类通用大模型往往以结构化提示词作为开发指令,在面对科学现象的动态模拟等复杂项目时存在困难。自然语言与编程语言的对接壁垒使其难以系统性地完成多步骤的复杂项目。而代理式人工智能(Agentic AI)编程将大语言模型与实际开发工具深度结合,能很好地解决此类问题。其以智能体为核心,借助智能体理解开发者的自然语言,自动化分解复杂任务,并使用工具链完成具体编程任务。这一开发新范式可以支撑复杂任务的精细化构建,同时以其低门槛、高准确度的开发优势,鼓励一线教师自主开发贴合自身教学需求的工具。

本研究聚焦于探索代理式人工智能编程如何深度赋能学科教师,以 Qoder 为工具,结合“昼夜交替现象”课例,系统演示其协助构建虚拟实验的完整路径,从而提炼出可迁移、可复现的关键经验,为教师自主创作适配学情的探究

工具提供直接参考。

◎ 虚拟探究实验的开发

㉓ 开发的理论基础

教育心理学家约翰·斯威勒提出的认知负荷理论指出^[7]，学习过程中的认知负荷可分为内部认知负荷、外部认知负荷与关联认知负荷3类。其中内部认知负荷由学习材料本身的复杂性和学习者的先前经验决定，外部认知负荷则源于学习材料的呈现方式和教学设计，关联认知负荷是指为促进知识建构而投入的认知资源。在小学科学“昼夜交替现象”课程教学中，学生面临的核心认知难点在于“地球、太阳的相对运动关系具有抽象性，昼夜交替的成因涉及自转、公转等多个关联变量”，这些内容超出了小学生的直观认知范围，导致内部认知负荷和关联认知负荷较高。传统教学通过实物模型演示或视频的方式呈现，往往难以在学生表达观点时及时根据学生的假设进行调整，也难以清晰展现动态变化过程，影响学习效果。为此，本研究涉及的虚拟探究工具的开发以认知负荷理论为指导，借助理式人工智能编程优化内容呈现与交互，将抽象天体运动转化为可视化动态模拟，以降低外部认知负荷；支持学生对模型进行即时操作与假设验证，并通过突出晨昏线移动等关键变量，引导其将认知资源集中于理解核心运行机制，从而有效促进关联认知加工，助力科学概念的深度建构。

㉔ 开发流程

开发流程遵循目标锚定—逻辑构建—界面设计—效果检验的核心逻辑，如图1所示。

明确开发目的 “昼夜交替现象”是教科版小学《科学》6年级上册第二单元“地球的运动”的第二课，教学工具的设计需立足课程

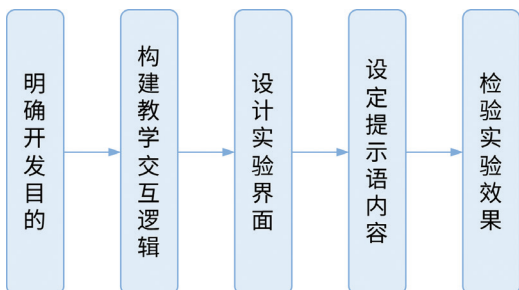


图1 代理式人工智能编程辅助虚拟探究实验开发流程

实际、贴合教学需求，并进行综合考量。从课程标准看，《义务教育科学课程标准（2022年版）》明确要求学生“能借助动画演示或动手制作简单模型，模拟地球、月球和太阳的相互关系，解释相关自然现象的成因”，这为虚拟实验的功能定位与设计方向提供了根本遵循；就教材内容而言，本节课以昼夜交替自然现象为核心，引导学生从现象出发推测成因、提出假设，并进一步探究假设的合理性，这一探究逻辑决定了虚拟实验的核心探究路径；从学情特点分析，6年级学生正处于具体运算向形式运算过渡的关键时期，思维仍在一定程度上依赖具体事物与直观模型，自主建构动态空间关系的能力相对薄弱，这要求虚拟实验强化动态可视化与直观引导。基于上述分析，本虚拟探究实验工具的开发目的明确为：通过建构动态可视化模型，帮助学生直观厘清地球运动与昼夜现象的内在关联，引导其系统梳理昼夜交替的各类可能假设，掌握借助模拟实验验证假设的科学方法，最终在主动探究过程中建构正确的科学概念。

构建教学交互逻辑 基于POE（预测—观察—解释）教学策略构建本虚拟实验工具的教育交互逻辑，形成“问题引导—假设提出—实验验证—结论辨析”的完整探究链条。课堂初始，教师提出核心探究问题：“为什么会有昼夜交替现象？可能与哪些天体有关？”引导学生初步关联太阳、地球两大核心天体。随后，教师总结过渡，聚焦天体运动形式，并追问：“天体一般存在自转和公转运动，在什么情况下地球会出现昼夜交替现象呢？”鼓励学生深入思考并形成各自的假设。在此基础上，学生借助虚拟实验探究工具开展假设验证，通过工具呈现的不同假设对应现象差异，对比分析并修正初步认知。学生结合实验反馈再次观察梳理，明确各种可能的昼夜交替假设，进而辨析出合理假设及其内在成因，最后由教师进行总结提炼，理清昼夜交替产生的核心条件与科学结论。

设计实验界面 “昼夜交替现象”课程的教学内容抽象性强、需动态感知，因此界面设计需兼顾“支撑探究流程”与“降低认知负担”两大核心目标，确定实验载体核心框架为“三维动态模拟+变量控制面板”。从认知负荷理

论出发，需剔除无关信息，聚焦核心变量，避免学生注意力分散；从适配交互逻辑看，界面需能精准承载假设呈现、实验验证等关键环节，助力探究链条落地。基于此，在核心模拟场景处构建简化的太阳系局部模型，仅保留太阳、地球两大核心天体，通过不同颜色直观区分昼夜区域，规避无关信息带来的额外认知负荷；在假设模型设计上兼顾“以太阳为中心”和“以地球为中心”2种认知视角，预设6种核心假设，精准匹配交互逻辑中假设验证的关键环节，方便学生对比不同假设下的现象差异。此外，辅助功能模块设置了运行速度、运行时间调节功能，满足学生反复观察、深入探究的需求，进一步聚焦自转、公转等核心变量与昼夜现象的关联，确保学生的认知资源集中于探究过程本身，助力其高效完成假设验证与概念建构。

设定提示语内容 使用人工智能编程工具编写虚拟实验探究工具时，可以尝试多种工具，以 Qoder 为代表的代理式人工智能编程工具，将大模型深度集成于集成开发环境（IDE），具备理解项目上下文、自主规划开发任务的核心能力，其核心优势集中在自然语言交互与全流程自动化。因此，提示语的精准设定成为衔接开发需求与 Qoder 执行的核心，提示语内容需明确学科要求、功能要求、交互要求与呈现要求，具体示例如下。

- **开发要求：**开发一款讲解“昼夜交替现象”的虚拟探究实验工具，帮助学生通过自主操作探究昼夜交替的成因。

- **学科知识要求：**地球自西向东自转，自转周期约 24 小时，地球围绕太阳公转周期约为 365 天。

- **工具页面结构设计要求：**首页设置标题与导航，引导学生进入“猜想选择”页面；分组展示“太阳围绕地球运动”和“地球围绕太阳运动”两类科学假说（具体如表 1 所示）；为每一种假说配置独立的动态模拟场景，所有场景统一包含天体模型、光照系统、交互控制面板及运动轨迹可视化模块，以保障探究过程的完整性与一致性。

将上述提示语输入 Qoder，生成基于 web 的虚拟实验原型，保存为 HTML 格式，点击即可在浏览器中打开使用，初次开发的实验界面

表 1 昼夜交替的 6 种猜想

类别 1. 太阳围绕地球运动	类别 2. 地球围绕太阳运动
猜想 1. 地球静止于画面中心，太阳围绕地球做圆周运动	猜想 1. 太阳与地球均保持静止
猜想 2. 地球自转的同时，太阳围绕地球公转	猜想 2. 太阳固定于中心位置，地球围绕太阳公转但不自转
	猜想 3. 太阳固定于中心位置，地球在固定位置自转但不公转
	猜想 4. 太阳固定于中心位置，地球自转并且公转

示例如图 2 所示。

检验实验效果 在这一阶段，需检验网页中模型的运行效果是否符合设计要求。初次开发效果不佳，且存在以下问题。①操作不够简便：在首页中直接解释了昼夜交替现象，文字过多；操作按键需要下拉才能找到；“猜想探究”会跳转至新的界面，各



图 2 Qoder 生成的昼夜交替虚拟实验界面示例

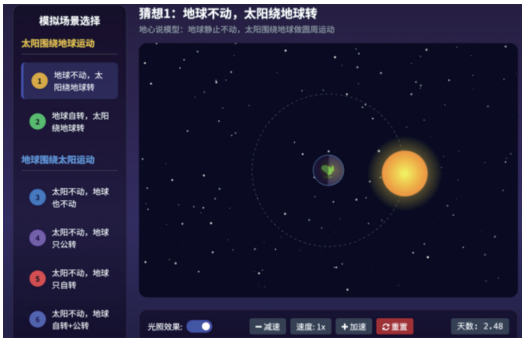


图 3 优化后的昼夜交替虚拟实验界面示例

个猜想之间操作较为复杂。②模型实现效果弱：没有出现晨昏线，地球昼夜交替现象无法区分。③地球是纯色球体，自转效果无法区分，没有达到教学要求。

将发现的问题整理为有针对性的提示语，再次输入 Qoder 进行优化，核心改进如下。

- **参数优化：**增强昼夜区域颜色对比度；改进光照效果，朝向太阳的一面被金黄色光笼罩，背向太阳的一面呈现暗色；为地球添加纹理图案，提升自转辨识度。

- **界面优化：**所有 6 个模拟场景可以在同一页面切换显示，左右分栏布局，当前选中项有高亮显示；右侧演示区有动画展示、控制面板、猜想说明。

- **交互功能：**“光照开关”控制太阳光照效果；“速度控制”减速或加速运行速度；“时

间计数器”显示模拟运行的时间;“重置”按钮可恢复初始速度和时间。

此外,在改进过程中需要保持多轮对话,可以利用 Qoder 的时间线功能对不同版本的细节进行调整。多次改进后界面如图 3 所示,这个版本已能达到初始的设计目的和要求。

◎ 代理式人工智能编程教学建议

虚拟实验的开发与应用是一项系统化教学设计,为确保真正服务于学生科学素养的深度发展,其设计需遵循学生的认知习惯,更要使技术成为破解教学难点、支撑科学思维发展的认知支架。

➤ 锚定教学核心,强化虚拟实验的教学指向

开发虚拟实验工具时,教师需精准锚定教学核心难点,确保技术功能服务于核心概念的深度理解与探究目标达成。工具应引导学生超越表层观察,通过整合界面信息、处理实验数据完成意义建构,实现从零散观察到系统分析的认知跃迁。以“昼夜交替现象”教学工具设计为例,需超越天体运动动态演示,紧扣成因解释的探究本质,支持学生自主调整变量、观察关联变化,将抽象因果推理转化为可操作、可验证的过程。同时,工具需作为可视化支架,搭建推理的共同思维锚点,让内隐推理显性化,聚焦核心科学逻辑展开讨论。

➤ 选定恰当概念,发挥虚拟实验的有效作用

代理式人工智能编程工具的技术特性与科学概念内在逻辑存在适配差异,其更擅长模拟机制清晰、变量关系明确的概念(如物理运动、地理现象等),而对多尺度、非线性相互作用的复杂生命系统(如心脏跳动、植物生长),易出现信息缺失、偏离科学本质的问题,难以满足教学需求。因此,设计选用时需扬长避短,依托虚拟实验在变量控制、过程模拟与理想化验证方面的优势,探究确定性规律;对复杂生命概念,应以实体观察和动手实验为基础,将代理式人工智能编程虚拟工具作为前期引导或难点可视化辅助,与实体实践互补,促进学生理解概念的本质。

➤ 匹配交互方式,适应数字时代的学习习惯

虚拟实验交互设计需贴合学生日常数字产品使用习惯,采用拖拽控制、滑块调节、点击即

时反馈等通用操作逻辑,降低工具陌生感。界面设计需聚焦核心观察变量,减少无关干扰,降低外在认知负荷。在此基础上,可适度融入游戏化元素,通过即时成就反馈、阶梯式挑战关卡或叙事性任务,驱动学生主动反复试错、系统观察与策略性反思,深度参与科学探究全过程^[8]。

◎ 总结与展望

代理式人工智能编程为创新探究式教学模式提供了全新路径。本文以“昼夜交替现象”课程为例,呈现了依托代理式人工智能编程开发虚拟探究实验的全流程。研究梳理了技术与教学融合的核心要点,同时为小学科学教师提供了低代码、高效能的虚拟实验开发方案,助力教师以前沿技术为载体,精准赋能学生科学概念建构与探究能力的协同发展。

未来可进一步优化虚拟探究实验,增强动态交互与个性化支持。如根据学生在探究过程中的操作轨迹、假设提出情况,自动生成差异化引导与实验进阶任务,使其更贴合不同认知水平学生的探究需求;建立完善的教师培训制度与资源共享空间,让更多教师掌握代理式人工智能编程开发虚拟实验的方法,将灵活的教学构思注入技术工具,推动“小众尝试”走向“普遍应用”。

参考文献

- [1] 教育部,中央网信办,国家发展改革委,等.关于加快推进教育数字化的意见[Z].教办(2025)3号,2025-04-11
- [2] 教育部办公厅.中小学科学教育工作指南[Z].教监管厅(2025)1号,2025-01-14.
- [3] 郑娅峰.虚拟科学探究学习:内涵、价值与实施框架[J].现代远程教育研究,2024,36(5):16-24.
- [4] Wu W L, Hsu Y, Yang Q F, et al. A spherical video-based immersive virtual reality learning system to support landscape architecture students' learning performance during the COVID-19 era[J]. Land, 2021, 10(6):561.
- [5] 陈忆浓,张玉双.虚拟仿真实验教学对本科生外语学习绩效的影响机制研究[J].外语电化教学,2022(3):52-57.
- [6] 潘云鹤.人工智能2.0与教育的发展[J].中国远程教育,2018(5):5-8,44,79.
- [7] Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., Paas, F. Cognitive architecture and instructional design[J]. Educational Psychology Review, 1998, 10(3): 251-296.
- [8] Zhang, F., Brynildsrud, H., Papavasopoulou, S., et al. Where inquiry-based science learning meets gamification: a design case of Experiverse[J]. Behaviour and Information Technology, 2025, 44(5): 1099-1121.