

“科学实证—科幻想象”双核驱动理念下的 科学教育创新

赵金艳 崔雪梅 成都大学附属小学 610107

摘要：小学科学教育一直受到三重结构性难题的限制，分别是实证条件不足、学科界限分明与想象力培养欠缺。《义务教育科学课程标准（2022 年版）》虽把科学思维列为核心素养之一，但传统教学模式往往更看重探究验证的流程，却忽略对猜想的关注，难以在强调实证的严谨性和鼓励想象的创新性之间实现平衡。本研究以杜威的实用主义观念和维果茨基的最近发展区理论为基础，提出一种科学教育改革策略，即以科学实证与科幻想象作为双核驱动。通过“建模—推演—验证”的三级闭环系统，推动实证性边界和想象力拓展范围之间实现深度互动与紧密联结。研究以教科版六年级宇宙单元的内容，设计出一个围绕月球能源危机的综合性叙事教学实例。此项实践的创新是采用数据导向的未来叙事手段，通过简易的工具策略打破时空局限，关联不同学科领域，并且在物理学科背景下促进科学想象力的培育。有利于培育学生在模型建构与逻辑推演方面的科学素养，同时为科学教育从传授知识向培养素养的转化提供切实可行的理论方案和实践措施。

关键词：科学教育；科学思维；科学想象力；双核驱动

项目：此文为四川省教育厅人文社会科学重点研究基地统筹城乡教育发展中心立项课题《小学科幻教育校本课程实践路径研究》的研究成果，课题编号 TCCXJY-2024-C35。

1. 研究背景

《义务教育科学课程标准（2022 年版）》明确指出科学思维是核心素养的主要内容，重点强调学生可在特定情境中运用建模、逻辑推理等能力来解决问题。但是在推进小学科学教育进程中，长久以来存在的三项结构性难题一直掣肘着这一目标的实现。

第一重难题：因受教学工具的约束，科学实证思维难以充分落实。《义务教育科学课程标准（2022 年版）》虽把科学思维归入核心素养范围，但因为传统教学里存在实验器材匮乏、课堂时间受限等状况，全面且深入的研讨难以实现[1]。以宇宙科学教学为例，受版面约束，教材里的插图一般会缩短天体间的间距，这或许会使学生产生长期的认知偏差（详见图 1 与图 2）。老师在尝试引导学生搭建实物比例模型时，因场地受限陷入难题：根据 1 米代表 10 亿公里的比例计算，海王星需设置在距离约 4.5 公里之处。但操场空间无法保障此次活动顺利开展，最终只能放弃执行该计划。这种“看不见、摸不着、做不到”的状况，让科学的实证特征不得不服从于理论化的概念。

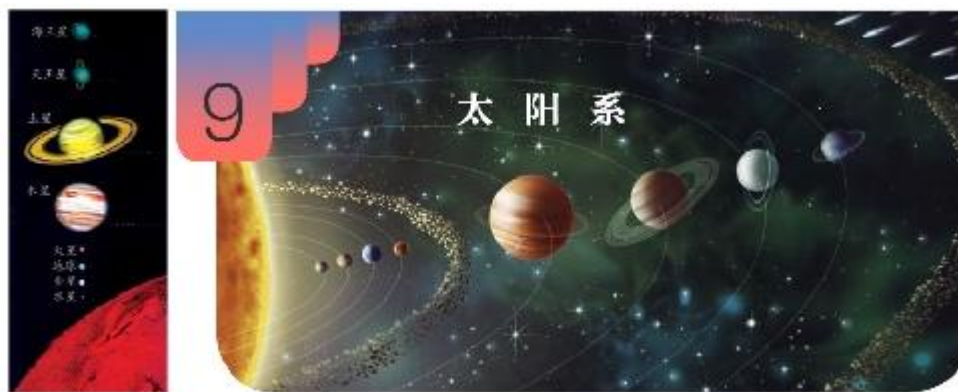


图 1-2 教材中简化的太阳系轨道示意图

第二重难题：各学科之间的边界，约束了思维的全面拓展，使跨学科融合成为难题。科学课程重点关注知识的传授以及实验技能的培养，常常缺少与语文、艺术等人文类学科的深度融合。学生在应对像地球绕太阳公转或者万有引力这类抽象理论时，常常只是凭借机械记忆，缺少把科学原理与形象化的思维以及充满想象力的故事相结合的做法。

《课程标准》所倡导的跨学科理念在实际执行时，较难寻觅到行之有效的办法，科学和语文、艺术的融合大多浮于表面，学生在逻辑思维与情感表达之间难以搭建起真正的认知桥梁。

第三重难题：科学教育不重视培养学生面向未来发展的科学想象力。长期以来小学科学教学主要专注于知识记忆以及实验操作的规范性，使得思维训练处于较浅的层面。因为学生缺乏把已掌握知识拓展到未来潜在领域的意识，难以培育出真正的研究精神和创造力。这让他们在处理开放性问题时思维刻板，制约了核心素养的全面发展。

为应对这三重难题，迫切需要一种既能够突破工具局限，又可以打通多学科领域，还能激发科学想象力的新型教学方式。本研究尝试建立一种基于“科学实证—科幻想象”双核驱动理念的科学教育创新模式：依靠科学实证处理第一重难题，凭借科幻叙事缓解第二重难题，且通过科幻创作集中解决第三重难题。

2. 理念构建

2.1 科学实证：认知根基的理论依据与单核局限

科学实证理念是科学教育的核心传统，其思想根源能够追溯到杜威（J. Dewey）“做中学”（Learning by Doing）的实用主义教育哲学，即在行动中学习（Learning by Doing）的实用主义教育思想。杜威认为知识并非依靠被动吸纳得到，而是在主动处理实际问题的进程中逐渐形成的[2]。该理念深刻影响了现代探究式科学教育的设计逻辑，通过观察、实验以及对数据的分析，让学生在实操中逐渐理解自然规律。

认知心理学专家皮亚杰（J. Piaget）的认知发展学认为，小学生正处在从具体运算阶段向形式运算阶段演进的关键时期。在这个阶段，通过具体操作以及实物直观感受，有助于学生构建坚实的科学概念。由此可见，科学实证给学生建立坚实的认知支撑，是促进科学素养提高的主要前提。

但要是把科学实证当作唯一的推动核心，其内在的局限是很明显的：其一，实证要依靠物质条件，当设备、场所或者时间等资源不足时，研究的深度和广度必然会受到约束；其二，实证一般以验证既有结论作为主要模式，这种方式容易让学生的思维走向趋

同,而且对于当前技术与工具还无法触及的未知领域,实证方法难以施展作用;其三,单一的实证训练或许会造成思维的工具化,学生虽然熟悉实验操作流程,却缺少对科学本质与人文价值之间关联的整体性思索。这些约束使得在科学实证之外有必要引入另一类核心驱动力,从而完善认知。

2.2 科幻想象:思维拓展的理论依据与单核局限

将科幻想象当作一种教育手段,其理论根据来自维果茨基(L. Vygotsky)的“最近发展区”(Zone of Proximal Development)理论。维果茨基认为,真正有效的教学应发生在学生现有能力水平与通过支持可以达到的潜在水平之间的区间[3]。科幻叙事为认知提供了一种生动、高效且集中的辅助手段,它把繁杂的科学概念灵活嵌入生动的未来情境,推动学生在充满创意的领域里开展思维探索,从而激活尚未发掘的高阶思维潜能。

从认知科学视角而言,科幻创作是一种可有效帮助学生开展“反事实推理”(Counterfactual Reasoning)的学习活动。这是一种在不违背已知科学规律的领域内,思考“如果……会怎样”的可能性命题。这种思维方案形成了解决创新类问题的基本思路,也是现代创新教学的主要培养方向。科幻故事拥有独特的情感激发能力,通过角色塑造和情境设置,降低理解阻碍,把深奥的科学观念转变为饱含情感的讲述,实现科学认知与价值观形成的协同进阶。

然而,如果把科幻想象当作唯一的核​​心驱动力,也存在内在局限:其一,缺少实证根据的幻想易进入伪科学的误区,难以精准揭示自然规律;其二,以科幻叙事为主导的教学活动通常侧重于创意展现,却缺少严密的科学逻辑支撑,可能使学生养成不准确的因果推理习惯;其三,脱离实际经验的想象训练难以转变为具体可行的工程实践能力,导致在培养专业人才的主要环节出现脱节状况。故而科幻创意需和科学验证密切结合,方可显示最优的教育价值。

2.3 双核驱动:融合优势与理论突破

“科学实证—科幻想象”双核驱动的核心观点是:二者并非简单相加,而是形成一种结构化的相互补充关系。科学的实证手段为幻想划定不可逾越的边界,而科幻的想象能力则为实证增添突破当下的探索热情。这二者在“建模—推演—验证”的循环中持续相互影响,实现螺旋式上升,共同提升学生科学素养的深度。

从认知原理入手,双核驱动实现三重融合:其一为知识基础与认知延伸的融合,科学实证给知识奠定了坚实的基础,科幻想象则以其为开端,拓展到未知领域,搭建起从已知、边界到未解的完整认知图谱;其二是收敛思维与发散思维的协同,实证训练提高了逻辑推理的收敛性,想象训练激发探索潜在可能的开放性,两种思维模式的融合恰是创新型人才的主要标志;其三是科学严谨性与人文创造性的融合,双核驱动把科学文化与人文文化有效连接,为学生提供一种建立整合性世界观的途径。

该理念深度契合联合国教科文组织教育2030框架中关于培育创造力、批判性思维与协作能力的核​​心理念,同时也回应了新课标“科学教育加法”政策的战略导向。从教育哲学的角度而言,双核驱动观念打破传统科学教育里实证主义单一模式的束缚,探寻出科学精神和人文精神彼此融合、协调发展的新路径,具有重要的理论创新意义。

2.4 实施框架:双核驱动的三阶路径设计

这一改革通过三个循序渐进的阶段来开展实施,每个阶段均紧密融合科学实证与科

幻想象这两大核心驱动力（参见表 1）。首个阶段：建模（Modelling），以实际情况为依据，开启科幻的帷幕。通过融入蕴含哲思或促人思索的科幻情节，从认知方面引导学生开展探索，激励他们结合实物或者数字工具进行科学模型的创新设计与搭建。这一阶段重点是通过数据建模和比例推算，引领学生提高科学的空间认知能力；教师能够结合科幻情境开展教学，比如提出“如何将整个太阳系缩小到操场大小”这类问题。引入创新要素为建模筑牢基础，循序渐进培育科学思维的初步形态。第二阶段：推演（Reasoning），通过逻辑分析和规则，开展模型建立与设计工作。针对科幻情节里的核心矛盾开展全方位的逻辑梳理以及深度的推演。此阶段主要通过数学手段开展规律验证工作，并且搭建科幻领域的叙事逻辑方案。通过这一时期的训练，学生的认知模式由原先的固定思维转变为灵活的分析流程，且逐渐形成严密的逻辑推理能力。第三阶段：验证（Verification），反复测试与创新进取。凭借经过科学验证的积累，达到双核协同的顶尖水准。一方面通过实物形式的迭代测试对方案予以验证与完善；另一方面从科幻视角着手，探寻创新性的方案构思。此阶段使学习成效顺利融入工程实践，实现从领会科学原理到运用科学想象力处理假设性问题的创新性转变。

此流程并非以线性模式推进，而是在双重核心的带动下构成一个动态循环：叙事创作里显露的科学问题，会引发新一轮模型研究与实践检验，让整个学习进程以螺旋式上升的形式不断深化。在教科版六年级宇宙主题教学中开展实践，包括三个具体实例，分别攻克三个主要问题：案例一攻克工具受限方面的阻碍，案例二化解学科壁垒带来的挑战，案例三应对科学想象力欠缺的问题。

表 1 “科学实证—科幻想象”协同框架

阶段	科学实证维度	科幻想象维度	思维目标
建模	数据驱动模型 (比例/尺度计算)	科幻问题导入 (例如如何将整个太阳系装进一个操场?)	空间想象力、批判性质疑
推演	数学工具验证 (轨道周期/能量守恒)	叙事逻辑链构建 (“极夜危机倒计时”因果链)	因果推理、系统思维
验证	物化迭代测试 (反光装置优化)	颠覆性方案设计 (磁悬浮储能环)	工程思维、创新突破

该创新以科学实证为支撑，为科学幻想筑牢稳固的科学理论基础，同时凭借科幻的创新性思维为科学实证提供主要的动力支撑。二者利用思维可视化工具建立良性互动，携手推动发展，突破传统教学在时间和空间方面的约束。

3. “宇宙”单元双核驱动教学实践

通过上述理论，本研究针对教科版小学六年级宇宙单元进行教学重构。该模块因规模巨大且抽象程度偏高，适宜运用双核驱动的执行模式。教学围绕月球能源危机这一核心来推进，设计出三步层层递进、紧密衔接的模式：第一步专注太阳系比例建模，通过实证与想象的结合打破时空的限制，夯实科学基础；第二步进行能源危机的预估与分析，

通过多学科的深度交融,破除文理之间的障碍;第三步重点在于应对和化解潜在的危机,以科学想象力为中心,创造性地设计解决问题的办法,实现从知识获取到创新能力提高的质的飞跃。该设计一并化解前文所述的三大难题,全面展现双核驱动在单元课程方面的系统实践成效。

3.1 认知奠基:实证与想象的首次碰撞

3.1.1 认知冲突激活实证需求

课程需从帮助学生打破既定思维模式着手。教师显示两张对比图:一张是教科书中的太阳系标准示意图像,体现行星轨道的均衡和规律性;另一张是从科普网站选取的展示一个以真实比例绘制的太阳系模型的图片。这一措施的目的是激发学生研究哪一幅图更能精准地显示太阳系实际状况的兴趣。这一视觉呈现直接触及问题核心:为何教材要对宇宙的实际模样进行简化表述?怎样精确判定行星的实际位置?通过引发认知冲突,引领学生进入科学研究的开端:学会对权威信息质疑,自主探寻证据来揭示宇宙的真实状况。

3.1.2 三级建模突破资源限制

3.1.2.1 实物建模的局限

起初学生试图通过物理模型开展研究。教师引导学生用日常物品制作一个按十亿分之一比例缩小的太阳系模型:以一粒胡椒粒表示水星,用一颗玻璃珠代表地球,而海王星则用一个台球来代表。从微小的胡椒粒到台球的明显差异让学生们颇感意外。在操场,他们手握标尺进行测量,亲身领略到课本里难以展现的宇宙广袤之美。在实践过程中,协作精神逐步养成,实证思维也慢慢形成。经计算,学生了解到,若把象征海王星的台球置于模型中合适的位置,需将它移到距离大约 4.5 公里处。不过,因为操场空间有限,该尺度的实物模型无法建成,由此凸显其物理方面的限制。

3.1.2.2 虚拟建模的突破

学生利用天文仿真软件建立一个虚拟的太阳系模型,通过调整行星轨道位置以及改变观察的视角比例,清晰地体会和观察到海王星处于柯伊伯带边界的孤寂状态,还发现行星的运行速度和它与太阳之间的距离成反比关系。虚拟实验把抽象的数据转变为具有互动特性的视觉感受,以此直观展示科学实证流程。

3.1.2.3 科幻创生补全认知

尽管虚拟建模能够解决展现视觉效果难题,但仍难以实现情感的融入与共鸣。学生知道海王星与我们相距甚远,却难以切实领会其中的含义。教师随机引入一个单程移民任务的科幻情境,将生硬的距离数据转化为科幻情境性活动——生态系统在第十年崩溃的生存伦理难题。科幻叙事在这一情境下显示出重要的认知填充功效:从纯粹的文学叙事演变为促使思想突破的核心力量。

在科学依据的基础上,学生们发挥受约束的创新能力,提出通过广义相对论的空间弯曲设想,或是结合生物学观念构思人体休眠舱的设计方案。这一过程生动显示双核驱动的协同机制:实践检验确定认知的边界领域,而科幻则填补从当前事实到未来潜能之间的思维空白,帮助学生在虚实交融中实现从知识习得到创新思维的能力进阶。



图3 八大行星模型到太阳模型在卫星地图上的距离标注

3.2 双核共振：跨学科推演与伦理抉择

在传统教育体系里，科学类课程一般会涉及光线角度的计算，而语文课程主要侧重于描绘人物心境。这两门学科通常相互独立，鲜少存在交集。此阶段通过数据验证的文学表达以及针对人文问题的工程化分析这两条途径，打破文理的界限，搭建体系化的思维模型。

3.2.1 科学实证奠定物理规则

课堂从一个橘子开始。一名学生把铁签斜插入橘子里，模拟月球具有 23.5° 地轴倾角的情形，还利用台灯的光束来代表太阳的照射作用。随着月球绕着地球慢慢转动，橘蒂处的基地标识渐渐没入黑暗。学生的核心任务并非单纯地留意光影的变动，而是采集数据开展定量分析与记录。学生在倾角分别为 0° 、 23.5° 和 90° 的情形下，记录橘蒂区域光照强度以及温度变化趋势，并且根据这些数据，建立一个反映地轴倾斜角度、极夜时长和热量流失速率关系的数学模型。随着温度持续降低，能源中断引发的各类问题相继出现：太阳能板丧失功效，导致舱内温度急剧下降；管道结冰状况严重，氧气供应系统近乎难以正常运转。这些验证的事实，为未来的科幻创作确立清晰的科学方案。经过数据分析，学生得出推论：在无额外物资补给的情况下，现有的能量储备仅能维持 12 小时，而救援预计 20 小时之后才会抵达。这至关重要的八小时生死界线，并非单纯是文学里的形象描绘，而是根据物理规律得出的一项严格约束。

3.2.2 科幻叙事驱动跨学科推演

学生们通过橘子地轴实验，深切体会月球基地面临的能源难题，为解决科学计算和写作相分离的问题，我们把《月球停电日记》改成《月球基地危机处理日志》，借此引导学生通过数据分析开展情节创作。学生凭借文字为数据注入活力，把缺乏时间的难题转化为全班一同应对的科学挑战。

3.2.3 双核共振实现思维进阶

当遭遇《月球停电日记》中“保护队友个体”还是“维护全体成员”生存环境这一道德困境时，双核驱动创新显示出出色的跨领域整合能力。科学实验需先清晰界定范围：学生开展锡纸反射实验，经测量得知入射角偏差要控制在 2° 以内方可汇聚光线，并且挑选出隔热效果最佳的材料。科幻构想快速突破边界：于物理规律的领域内，学生构思光能旗帜通信体系和生命休眠舱，把莫尔斯电码与代谢调控相融合，搭建起崭新的生存

方案。当传统办法仍然难以解决八小时的能源断层难题时，双核心协同推动深层次的变革。某学生通过月球-180℃的极寒状况可实现室温超导这一条件，构思并设计磁悬浮能量存储环。该方案机智地把极寒环境转变为维持超导状态的资源，顺利化解难题。此案例清晰显示，通过双核驱动策略，运用实证设定界限，依靠想象来重塑方向，可有效提高学生在有限条件下的突破性创新能力。

3.3 素养生成：科学想象力的具象化

第三个案例专注于处理科学想象力匮乏的状况，这一阶段重点留意学生在遵循科学定律的前提下展现出的创造力。

3.3.1 物化验证奠定实证底线

孩子们的冒险之旅从一张铝箔开始。他们通过手电筒模拟太阳光，还尝试利用铝箔反射光线，为月球基地的能源供给提供支撑。最开始孩子们留意到铝箔的表面由于有褶皱，难以进行有效反射，光斑像碎片一样分散开，仅仅能勉强使小灯泡发光。他们尝试把铝箔展开并弄平，折成一个向内凹陷的形状，接着用胶带把它固定在硬纸板上，从而能够调整角度。历经数次实验，一组学生偶然发现，当铝箔呈现类似碗状的凹面，且正对着光源时，光线会汇聚于一点，形成一个亮斑。这一貌似简易的流程，可让孩子们真切体会到形状与角度在能量传递时所发挥的主要功效。

3.3.2 科学推演指向创新需求

虽然经过优化的铝箔反射装置可额外供应2小时的能源，不过和救援船到达所需的8小时相比仍有较大的差距。面对现实中的这一限制，教师提出一个问题：要是铝箔纸的作用仅止于此，还有哪些办法能够用来收集光？

孩子们的创新能力逐步展现：有一组学生提议在基地周边设置闪亮的旗帜，用铝箔纸制作的小旗呈环绕状分布，还设计成能随太阳转动的样式，具备类似向日葵的功能；另一组学生从自行车反光条获得灵感，构思把发光石子铺满月球表面，这些小石块可以在白天储存光线，到夜晚散发出温和的亮光。

3.3.3 科幻创生突破思维瓶颈

让人意想不到的，小林提出：“我们能够打造一款以月亮为造型的路灯。”通过火箭把巨大的反射镜送至太空，让它如同路灯那样为基地提供长期的光源照明。尽管方案极富创意，老师仍然鼓励他们考量实施进程的可行性：怎样应对太空镜子质量方面的难题？谁来调整角度？孩子们迅速进入热烈探讨环节，最终商定把方案精简为利用气球承载反光膜，而且还亲自绘制设计图纸。

最终该构想被纳入《月球停电日记》的末尾：舱顶的磁悬浮装置慢慢转动，蓝光似星河般闪耀，我们总算攻克时间的难题！科幻的构思可成为打破局限的源动力：它既以经过实验验证的知识作为基础，又通过科学推理引领实践，搭建起一个可延续的循环进程。

4. 理论意涵与推广价值

4.1 理论贡献

“科学实证—科幻想象”双核驱动理念在以下三个维度显示出独特的理论创新价值。

其一，提出一种针对科学教育的双核模型。传统的科学教育大多以实证主义的认识论为基础。本项研究创新性地把科幻的想象力融入科学认知的理论方案中，论证其作为认知拓展核心的合理性，并且搭建二者协同互补的理论框架，进一步延伸科学教育认识论的深度和内涵。

其二，给出应对基础教育资源难题的理论路径。通过把科幻创意构想转变为一种成本较低的认知替代方式，双核驱动理论从本质上缓解了实证教育对物质条件的过度依赖难题，为资源匮乏地区的科学教育探寻出一条行之有效的理论替代途径。

其三，回应新课标对跨学科学习的核心要求。双核驱动理念顺理成章地整合科学、语言、数学、艺术等多领域能力，为跨学科主题学习提供一种具备理论深度的实施方式，而非单纯的拼凑式组合。

4.2 实践推广价值

该课题所提出的理论模型和实施路径具有较高的适应性与推广价值。首先，建模、推演、验证这三步方案具备跨学科的通用性，可用于物理、化学、地理等多个领域的科学研究，并且还能延伸至社会科学里的假设推导。其次，科幻叙事场景的搭建方式能够演变成标准化的教学设计样式，进一步切实降低普及的难度与门槛。研究团队根据这一理念规划了24个科学与科幻相融合的教学实例以及教师指导用书，并在成都市多所学校进行推广。此过程大幅提高了学生的科学思维水平和科幻创作的科学基础，进一步证实了该理念方案的实用性与成效。研究成果已被教育部纳入首批中小学科学教育实验校建设实践经验，具备较强的推广参考价值。

参考文献

- [1] 胡卫平.科学课程高质量发展的关键问题[J].中小学校长,2024,(06):8-12.
- [2] 约翰·杜威. 民主主义与教育[M]. 王承绪, 译. 北京: 人民教育出版社, 2001.
- [3] 维果茨基. 思维与语言[M]. 李维, 译. 杭州: 浙江教育出版社, 1997.