

基于 3D 打印技术的月相变化三维工具对学生模型建构能力的影响研究

The Effect of Three-Dimensional Lunar Phase Tools on Students' Modeling Competence

李新博¹ 张宇轩¹ 李嘉旭¹ 王阿习^{1,2*} 黄文婕^{1,2}

¹ 北京联合大学师范学院

² 北京联合大学科学与技术研究所

*通讯作者: sftaxi@bnu.edu.cn

【摘要】 模型建构能力是学生科学思维的重要组成部分,对于学生模型建构思维的培养越来越重要。而现有的科学课程对模型建构能力培养存在明显局限性,使得学生难以掌握模型建构能力,难以培养模型建构思维,难以运用模型建构解决问题。为解决上述问题,本研究以体验式学习理论为依据,以“月相的变化”知识为例,采用 3D 打印技术设计与开发了月相变化三维工具。本研究采用准实验研究的方法,招募两个五年级班级的学生作为研究对象,通过对前后测的数据发现,基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能够有效提升小学生的模型建构能力及学习自信。

【关键词】 体验式学习;模型建构能力;3D 打印技术;三维月相工具

Abstract: Modeling competence is a vital component of students' scientific reasoning, and the cultivation of a modeling mindset has become increasingly essential. However, existing science curricula exhibit significant limitations in fostering these abilities, making it difficult for students to master modeling skills, develop a modeling mindset, or apply models to solve complex problems. To address these issues, this study developed a 3D-printed lunar phase tool grounded in Experiential Learning Theory. Utilizing a quasi-experimental methodology with two fifth-grade classes, the study analyzed pre- and post-test data. The findings demonstrate that the 3D-printed tool effectively enhances both the modeling competence and the learning self-efficacy of elementary students.

Keywords: Experiential Learning Theory; Modeling competence; 3D printing technology; 3D Physical Model of Moon Phases

1. 引言

《义务教育科学课程标准》强调模型建构思维是科学思维能力的重要组成部分(徐春建,2025)。然而,当前模型建构教学普遍存在诸多困境(Cai, 2023),使得学生难以掌握模型建构能力,一定程度上阻碍了学生科学思维的发展进程(徐雅洁,2025)。现有工具存在结构等诸多问题(Ford & Minshall, 2019),为应对此问题,采用 3D 打印技术让教师自身开发实体定制化交互式教学工具成为可能。利用 3D 打印其自身特点开发多种实体工具成为弥补上述问题的关键途径(徐雅洁,2025)。同时,现有教育仍缺少面向基础教育阶段教育的有效研究(Hux, et al., 2025)。本文旨在探究采用基于 3D 打印技术的月相变化三维工具并将其融入小学科学课堂,是否能够显著提升小学生的模型建构能力、模型建构自我效能感及科学学习动机。以期为小学科学领域的模型建构类课程提供实体工具方案及实践案例。

2. 文献综述

2.1. 小学生模型建构能力培养现状 科学思维能力是青少年科学能力的核心,研究和发科学思维对培养高素质科技人才具有重要意义。(胡卫平&林崇德,2003)。当前中国学生的空间模型建构能力较弱(Hux, et al., 2025)。与此同时,发展与促进学生模型建构能力未得到中国教育资

源与课程标准在课程设置上的充分重视(Cai, 2023)。模型建构思维是科学思维的重要组成部分,故引入三维工具进行教学,可有效避免因多种因素对于教学效果的抑制(徐雅洁,2025)。

2.2.3D 打印技术应用于科学教育现状 将 3D 打印机整合到小学教育中已被证明可以提高学生的知识与技能发展、活动热情与课程期待(Fokides & Lagopati, 2024;Avinal & Aydin, 2022)。3D 打印技术能让教育工作者制作教学模型、教具、配件,甚至功能性原型,为教学方法提供了一种多功能的实现方式(Ugaldi, et al., 2025)。对于已有 3D 打印教具而言,大部分工具难以满足动态、可交互,进而达到促进学生动手实践、反思试错的互动结构使其更具有吸引力和降低认知门槛的及深层次概念理解和认知能力的目的(Ford & Minshall, 2019; Ugalde, et al., 2025)。

1. 研究问题

- 问题一：基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的模型建构能力？
- 问题二：基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的科学学习动机与模型建构自我效能感？

2. 研究方法

①

4.1. 研究

对象 研究对象共 60 名,来自于北京市某小学 5 年级 10 到 11 岁的学生,其中 26 名男生,34 名女生,共有 55 名学生完成实验。按照学号随机分为三组的实际人数为：(C1)控制组一(20 人)采用现有主流月相变化工具辅助教学,(C2)控制组二(16 人)采用传统讲授式进行教学,(E)实验组(19 人)采用本研究设计的三维工具辅助教学。学生在开展实验前已有一定的科学教具使用基础与相关知识学习经验,开展实验前被测学生及教师均知情同意参加本研究。

4.2.基于3D 打印技术的月相变化三维工具设计与开发 围绕义务教育教科书小学科学课程《月相的变化》,本研究利用 3D 设计软件设计并制作了“基于 3D 打印技术的月相变化三维工具”。演示仪的结构主要分为 11 个部分：(如下图所示)

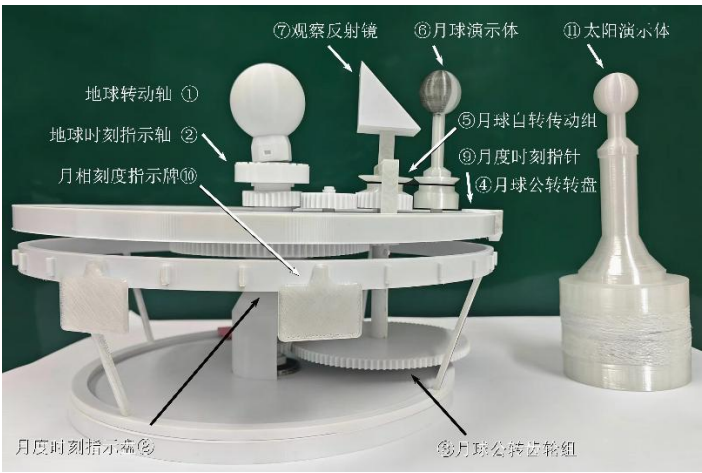


图 1 基于 3D 打印技术的月相变化三维工具

使用方法：学生使用地球转动轴进行模型的驱动,通过反光镜的观察月球演示体的月相形态,并观察地月日相对关系。

4.3. 测量工具 本研究依据《义务教育科学课程标准》及已有月相变化学习效果标准量表(Chastenay & Riopel, 2020)设计了模型建构能力问卷、学习动机量表两大部分,前后测调查问卷信度良好,后测问卷信度为 0.832。

4.4. 研究过程 这项研究持续了四周,在第一、二周,研究者设计并制作了自制教具、教学设计、以及前后测问卷。在第三周,所有参与者完成前测问卷及试题,研究者将参与者分为三组展开教学并参与后测问卷调查、试题与结构化访谈。第四周,研究者进行数据分析。

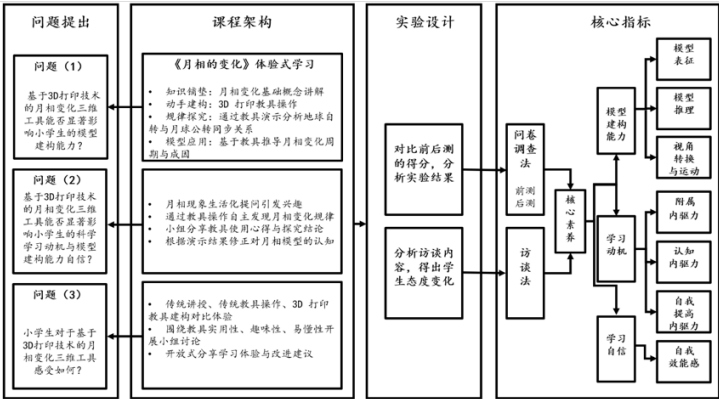


图 2 研究框架图

3. 研究结果

5.1. 基于3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的模型建构能力? 前后测数据均遵循正态分布并满足方差齐性假设。故本研究采用协方差分析方法,分析三个组模型建构能力的差异。研究结果发现: $F=17.736, p<0.001$, 由此可得使用基于 3D 打印技术的月相变化三维工具的实验组成绩显著高于控制组和使用现有教具组的学生。

表 1 后测模型建构能力协方差分析

Group	N	Adjusted Mean	SD	F(2,51)	p	η^2
控制组一(C1)	20	45.72	27.25			
控制组二(C2)	16	34.39	29.48			
实验组(E)	19	55.35	30.61	17.763	<0.001	0.411

注：协变量为前测总分,其评估值为 51.2727。

5.2 基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的科学学习动机与模型建构能力自信? 问卷数据未满足正态分布假设。故采用 Mann-Whitney U 检验并进行事后两两比较。为去除起点水平差异,数据为单样本同维度前后测差值。在模型建构自信维度:三组差异达到显著水平,两两比较显示实验组模型建构自我效能感程度显著高于控制组。在科学学习动机维度上,三组总体差异显著,经进一步两两比较结果显示使用实验组与使用已有教具的控制组一在教学动机维度差异不显著,与未使用任何教学工具的控制组二差异显著。

表 2 模型建构能力自信及科学学习动机提升值非参数检验

维度	控制组二(N=16)		实验组(N=19)		Mann-Whitney U
	M	S.D.	M	S.D.	p
模型建构自我效能感	1.87	4.04	12.73	7.02	<0.001
科学学习动机	6.56	5.25	11.05	4.83	0.009

维度	控制组一(N=20)		实验组(N=19)		Mann-Whitney U
	M	S.D.	M	S.D.	<i>p</i>
模型建构自我效能感	4.30	6.04	12.73	7.02	<0.001
科学学习动机	12.25	7.52	11.05	4.83	0.464

4. 讨论

6.1. 基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的模型建构能力？ 本研究通过数据分析与调查访谈表明，在使用基于 3D 打印技术的月相变化三维工具的课堂教学环境下,实验组学生的模型建构能力有了显著的提升(魏国,2024；李亚茹,2025；徐春建,2025)。本工具基于学生思维发展规律与认知特点进行开发，可以作为学生从具象思维至抽象思维的有效桥梁。实质性地帮助小学生跨越了空间认知的障碍,最终表现出更强的模型推理能力。

6.2. 基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能否显著影响小学生的科学学习动机与模型建构能力自信？ 学习动机与学习自我效能感之间存在紧密关联(覃丽燕,2026；Schunk, 1991)。实验组学生关于无实物空间想象的问题成绩较其他两组显著提高;在模型建构自我效能感问题上,实验组的均值较其他两组已有明显提高，在科学学习动机维度方面，结果表明实验组学生的附属内驱力转向认知内驱力,表明学生更倾向于因“获得知识与理解本身”而投入学习。已有研究认为,认知内驱力更接近内在动机,作用与价值通常高于外部动机(翟立鹏,2023)。

5. 研究结论

本研究以体验式学习理论为依据,以《月相的变化》教学内容为例,采用 3D 打印技术设计与开发了月相变化三维工具,采用准实验研究的方法,对五年级的学生开展教学干预与前后测评估。研究结果表明：与对照组相比,基于 3D 打印技术的月相变化三维工具能够有效提升小学生的模型建构能力、模型建构自我效能感与科学学习动机。

本实验因受限于教学班额及实验时间,可能会导致教学效果的普遍性及长期性效果存在一定局限性。在未来,本研究将丰富实验研究的样本数量,进行长时间广范围的教学实验活动,让研究的结果更加具有说服力。

参考文献

李亚茹. (2025). 益智玩具在小学数学游戏化教学中的应用. 玩具世界, (11), 239-241.

胡卫平, & 林崇德. (2003). 青少年的科学思维能力研究. 教育研究, (12), 19-23.

徐春建. (2025). 基于学习进阶的模型建构能力培养. 湖北教育(科学课), (07), 69-72.

徐雅洁. (2025). 初中地理“地球的运动”教学中自制教具设计过程及思考. 教育, (36), 115-117.

覃丽燕. (2026). 高中生成长型思维对学习自我效能感的影响：学习动机的中介作用. 科教文汇, (01), 32-35.

翟立鹏. (2023). 浅谈“双减”背景下如何培养初中生学习物理的内驱力. 中国教育学刊, (S2), 126-128.

魏国. (2024). 基于脑科学理论的益智儿童产品设计策略研究. 包装工程, 45(08), 488-494.

Avinal, M., & Aydin, A. (2022). The effects of activities designed with three-dimensional printing technology on science education. *Journal of Turkish Science Education*, 19(3), 887–910.

Cai, J., Gong, L., & Ren, S. (2023). Comparison of modeling practice representations in science educational standards between China and the United States. *Frontiers in Educational Research*, 6(21), 12–21.

Chastenay, P., & Riopel, M. (2020). Development and validation of the Moon Phases Concept Inventory for Middle School. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020107.

Fokides, E., & Lagopati, G. (2024). The utilization of 3D printers by elementary-aged learners: A scoping review. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 23, 1–37.

Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review: Indicators of 3D printing skills selection and use in education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150.

- Hu, X., He, J., Rong, Z., et al. (2025). Development and application of a physics modeling competence assessment tool for junior middle school students based on the new curriculum standard. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 46(4), 76-84.
- Schunk, D. H. (1991). Self-efficacy and academic motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 207–231.
- Ugalde, F., Dulnuan, A., Canuto, P. P., Hiteg, D., & Hiteg, N. (2025). Impact of 3D-printed models on elementary students' space science learning: Mixed methods and classroom action research study. *STEM Education*, 5, 1102–1131.