

# 数学实验融入小学课堂的困境及策略研究

潘扬凯\*, 单雪昀, 宋佳芮, 伍 军#

新疆师范大学教育科学学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年7月11日; 录用日期: 2025年8月11日; 发布日期: 2025年8月19日

## 摘 要

随着《义务教育数学课程标准(2022年版)》对实践性学习要求的深化: 利用数学专用软件等教学工具开展数学实验。数学实验作为新型教学范式与核心素养的重要载体, 逐渐从边缘化探索走向主流教学方式, 成为小学课堂改革的探索方向。然而, 多地区调研显示, 数学实验在小学课堂中仍面临“理念热、实践冷”的尴尬局面。本文结合已有教学案例与理论分析, 揭示数学实验落地难的深层矛盾, 并提出针对性解决方案, 以期为小学数学实验教学的实施提供理论参考与实践启示。

## 关键词

数学实验, 核心素养, 小学课堂, 小学数学实验教学

# Research on the Dilemmas and Strategies of Integrating Mathematical Experiments into Primary School Classrooms

Yangkai Pan\*, Xueyun Shan, Jiarui Song, Jun Wu#

College of Education Science, Xinjiang Normal University, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2025; accepted: Aug. 11<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 19<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

With the deepening of the requirements for practical learning in the “*Compulsory Education Mathematics Curriculum Standards (2022 Edition)*”, which emphasizes the use of specialized mathematics software and other teaching tools to conduct mathematical experiments, mathematical experiments, as a new teaching paradigm and an important carrier of core competencies, have gradually

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 潘扬凯, 单雪昀, 宋佳芮, 伍军. 数学实验融入小学课堂的困境及策略研究[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 1084-1091. DOI: 10.12677/ae.2025.1581549

moved from marginal exploration to mainstream teaching methods, becoming a direction for primary school classroom reform. However, surveys in many regions reveal that mathematical experiments still face an awkward situation of “hot in concept but cold in practice” in primary school classrooms. This paper, combining existing teaching cases and theoretical analysis, uncovers the deep-seated contradictions behind the difficulty in implementing mathematical experiments and proposes targeted solutions, aiming to provide theoretical references and practical inspirations for the implementation of mathematical experiment teaching in primary schools.

## Keywords

Mathematical Experiments, Core Competencies, Primary School Classrooms, Primary School Mathematical Experiment Teaching

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

随着《义务教育数学课程标准(2022 年版)》对“综合与实践”领域的强化,利用数学专用软件等教学工具开展数学实验,数学实验作为发展学生核心素养的有效载体备受关注[1]。然而,相比中学课堂,小学课堂对于数学实验的理论与实践涉及较少。数学实验最初作为一门数学实验是一种以数学问题为核心,通过设计一系列实践性活动,引导学生主动探索数学概念、规律或结论的探究性学习方式。数学实验的认知价值可追溯至皮亚杰的认知发展理论。例如,在“圆的周长”实验中,学生通过缠绕细绳测量周长,这一具身操作恰与其具体运算阶段的思维特点契合,促进“化曲为直”的数学思想内化。数学实验还强调“做中学”,将抽象数学知识具象化,帮助学生从直观经验过渡到抽象思维,是数学学科实践的重要形式。其对于小学生的教育价值已获广泛认同,国际数学教育界已将实验教学视为重要改革方向。

## 2. 文献综述

### 2.1. 数学实验教学的历史发展与国内外现状

数学实验教学起源于 20 世纪美国教育家杜威的“做中学”教育理念,波利亚的“启发式教学论”与布鲁纳的“发现学习法”为数学实验教学奠定了理论基础。国际上,数学实验常与信息技术结合,如美国“数学实验室”计划通过 GeoGebra、Desmos 等工具支持探究性学习;日本文部科学省在《小学数学指导纲要》中强调“体验型数学活动”,鼓励学生通过操作与观察形成数学理解。国内数学实验教学起步较晚,在 2011 年《义务教育数学课程标准》提出数学的“基本活动经验”目标后逐渐兴起。为贯彻落实教育部颁布的《义务教育数学课程标准》(2011 年版)中提出的“有条件的学校可以建立‘数学实验室’供学生使用”的要求,2014 年教育部教育装备研究与发展中心“数学实验室建设的研究”课题开题会在首都师范大学举行,各位专家学者积极发言,献计献策,为推动“数学实验室”建设起到了积极作用。近年来,随着核心素养教育理念的推进,小学数学实验教学再次成为研究热点。

### 2.2. 国内小学数学实验教学研究的主要方向

#### 1) 理论内涵与价值研究

邵光华、蒲艺航(2022) ([2]: p. 94)从数学实验的本质出发,提出其具有基础性、育人性和探索性特征,

是培养数学核心素养的重要载体。陈美华(2023) [3]进一步从学科育人角度提炼数学实验的“三重意蕴”，强调其在思维发展与科学理性培养中的独特价值。

## 2) 教学策略与模式构建

朱远媛(2022) [4]提出“四度”策略，主张通过问题驱动与过程优化提升实验教学有效性；许哲(2023) [5]针对“图形与几何”领域提出“四要素分析法”，并通过行动研究形成分层实验设计策略。

## 3) 技术与学科融合探索

具身认知理论的应用成为新趋势，查人韵(2023) ([6]: p. 85)提出“玩学创”教学模式，倡导通过身体参与与环境互动深化数学理解；庄慧娟、李克东[7] (2010)开发 MPLab 动态数学实验平台，验证了技术工具在规则类知识建构中的有效性。

## 2.3. 文献述评

笔者在阅读文献后发现，尽管学者们已关注到数学实验在核心素养培养中的作用，也有注意到数学实验教学的现实困境，但对其实施困境的归因与对策研究仍显零散。因此，作者重点围绕教师、资源、评价三大维度相关现实问题，结合现有理论提出针对性解决方案，以期为小学数学实验教学的研究推进提供参考。

## 3. 小学数学实验教学实施困境的多维透视

### 3.1. 教师维度

#### 1) 教育功利化倾向

建构主义强调，知识是学习者在主动探索中通过同化与顺应过程逐步建构的。数学实验作为典型的建构式学习活动，是学生以原有知识为基础，主动选择和加工新信息的过程。教师应当给予学生主动建构的机会，从而打破原有认知冲突，习得新知。然而，在行政考核与班级成绩的压力下，大多数教师倾向于采用“讲授 + 练习”的提分模式，抛弃课堂中本该做的数学实验，着眼于眼前教育中“教”的目标的达标，忽视了“育”的目标的实现与学生的长期发展。这是课时进度矛盾、教师素养等多重因素作用的结果。当前，一线教师常用虚拟实验替代真实操作以节省时间，用标准答案替代多元结论以规避争议，用集体演示替代个体探究以提升效率。某校《树叶中的比》实验课，教师提前筛选长宽比接近的树叶，确保学生快速得出“相同树种树叶形状相似”的结论。这种效率至上的教学观，无异于将数学实验视作应试训练的工具，教师们正在陷入“为实验而实验”的形式主义窠臼。

#### 2) 实验教学素养不足

具身认知理论指出，认知发展依赖于身体与环境的互动。查人韵认为：“具身认知”理论与数学实验有着内在天然的契合点，具身认知理论是数学实验教学的理论基础([6]: p. 83)。尽管实验教学概念早已被提出，其在小学数学课堂的应用研究也正在如火如荼展开，但作为一种时代化、素养化的教学范式，从了解到接受再到熟练开展是一个长期动态发展的过程，小学数学教师的实验教学素养的培养也是一个长期过程。部分小学数学教师在数学实验教学层面既缺乏对数学实验方法论的系统认知，又欠缺组织探究活动的实践技能。比如在设计《圆的周长》实验时，有的教师仅关注测量工具使用，却忽视“化曲为直”数学思想的渗透。

#### 3) 传统教学惯性束缚

a) 教学认知方面：部分教师对数学实验存在误解，将数学实验窄化为“教具使用”或“技术操作”，忽视其作为思维发展载体的本质功能。本研究通过问卷调查(样本量  $N = 100$ )发现：78%的教师未接受过系统培训，62%认为实验教学“耗时低效”。通过进一步访谈发现，部分教师存在以下三点误判。第一，

将过程性目标等同于低效学习。第二，将生成性资源视为教学风险。第三，将学科实践窄化为技能训练。

b) 教学实践方面：由于课时紧张，不同年级甚至同一年级同一办公室的教师之间也存在进度上的隐性竞争。传统观念认为，在某种程度上，教得越快，留有做题与复习的时间越多，学生的成绩越有可能提高。同时，根深蒂固的讲授式教学传统具有极强的稳定性，教师怕实验耗时影响进度，怕生成问题超出预设，怕操作混乱难以掌控。在《可能性大小》实验课中，某教师将原本设计的 20 分钟摸球实验压缩至 8 分钟，用 PPT 动画替代真实操作。这个实验需要准备的材料少，操作简单，但部分教师依旧选择用动画代替，导致学生错失通过试错建构概率认知的关键机会。

### 3.2. 资源维度

#### 1) 实验材料结构性缺失

当前小学数学实验材料普遍存在种类单一、适配性不足的问题。许多学校因经费限制或重视程度不足，未配备几何模型、测量仪器等基础数学实验工具，愿意进行数学实验的教师也只能自制教具或采用生活替代品，难以保证科学性与规范性。例如，在《体积与容积》实验中，部分学校仅用一次性纸杯替代标准量具，导致学生无法精准感知单位换算关系。此外，实验材料的设计缺乏梯度性，难以匹配不同年级学生的认知需求。低年级学生因操作复杂工具易产生挫败感，而高年级学生则因材料过于简单丧失探究兴趣，形成材料供给与认知需求的矛盾。

#### 2) 实验课程资源匮乏

数学实验教学缺乏系统化的课程资源支持。首先，教材中实验模块设计碎片化，多数实验仅作为“拓展活动”附于章节末尾，缺乏与核心知识的深度融合。例如，某版本教材将《密铺图形》实验置于“多边形面积”章节后，却未引导学生通过实验逆向推导面积公式。其次，优质数字化实验资源分布不均，乡村学校因网络与技术条件限制，难以获取 GeoGebra 动态课件或虚拟实验平台支持。最后，教师共享机制缺失，一线教师开发的优秀实验案例多停留于个体经验层面，未形成区域性资源库。

### 3.3. 评价维度

#### 1) 评价标准机械化

当前数学实验评价仍以“正确结果”为主导，忽视探究过程的多元价值。面对学生在探究过程中提出的结果，常常只在意对或错，缺乏对学生实验过程的评价与反馈，看起来学生动手操作了，但思维过程展开不够，核心素养并没有得到很好培养([2]: p. 99)。例如，在《可能性》实验中，某校教师仅通过学生能否正确填写概率数值进行评分，却未关注其设计实验方案的创新性或数据分析的逻辑性。这种机械化评价导向催生了“为结论而实验”的功利行为，削弱了实验教学培养学生批判性思维的核心功能。

#### 2) 评价工具与方法的滞后性

缺乏科学系统的评价工具是制约实验教学发展的另一瓶颈。多数教师仅凭主观印象或简单观察表进行评价，难以量化学生的操作规范性、合作能力等软性素养。例如，某校在《数据统计》实验中采用单一的操作步骤评分表，导致学生为获取高分机械模仿流程，放弃自主设计调查方案的尝试。此外，过程性评价手段匮乏，如实验日志、反思报告等未被纳入常规评价体系，无法捕捉学生动态成长轨迹。

#### 3) 评价主体单一化

现有评价体系过度依赖教师权威，学生自评、同伴互评及家长参与机制尚未健全。在《校园绿化面积测量》实验中，如果学生仅需提交教师批改的实验报告，而同伴对其分工协作能力的反馈未被记录，那么这种单一化评价就割裂了“教-学-评”一致性，难以通过多元视角全面诊断学生的实验素养发展水平。

## 4. 数学实验融入小学课堂的策略

### 4.1. 教师专业发展

#### 1) 理论认知

数学实验教学要求教师突破“知识传递者”，转向“认知引导者”。根据建构主义理论，教师需理解数学实验的本质是“通过具身操作实现概念具象化”，具身认知是提高数学实验教学的有效性的重要理论来源。在“分数意义”教学中，传统讲授往往导致学生机械记忆“平均分”定义，而通过折纸实验让学生自主发现“折叠次数与等份数间的指数关系”，可促进分数概念的深层建构。教师应该深入理解数学实验核心价值，不仅是“做中学”，更是“思中学”“创中学”。

#### 2) 实践创新

教师可以通过参加学术研讨会、阅读相关文献、资料专著，深入理解具身认知理论在实验设计中的应用机理。一线教师应不断更新教育观念，提升教育教学理论水平。建构主义强调，知识并非对现实世界的精确反映或绝对真理，而是主体基于经验主动建构的解释与假设，数学知识亦不例外[8]。教师应当通过观摩其他成功的数学实验教学案例，学习如何设计富有创意和实效性的数学实验，将数学实验与课堂教学相结合，使得学生基于自身经验主动参与实验构建知识框架，深刻理解数学知识。创新教学方式方法，以提高学生的学习兴趣和效果也是一线教师的探索重点。

### 4.2. 实验资源开发

#### 1) 实验工具资源

在小学数学学科还没有广泛建立数学实验室之前，我们需要走出“等、靠、要”的思维，推广“一物多用”策略，充分发挥简单工具的多功能性。例如，小棒不仅可以用于数运算的演示，还可以进行图形拼搭和概率实验等。这种策略能够有效地利用有限的资源，丰富数学实验的内容。此外，引入现代化的教学工具如 GeoGebra、数学实验室 APP 等，可以弥补实体材料的局限性。这些工具能够提供更加直观、生动的实验教学环境，帮助学生更好地理解数学概念。笔者深入教学一线，本研究采用准实验研究法，以 H 市某小学六年级平行班 159 名学生为样本，按自然班分为实验组( $N=80$ )与对照组( $N=79$ )，两组学生数学前测成绩无显著差异(实验组  $M=84.5$ ,  $SD=6.3$ ; 对照组  $M=84.1$ ,  $SD=6.4$ ;  $t=0.38$ ,  $p=0.705$ )，实验组在《圆的认识》教学中引入 GeoGebra 动态数学实验，通过模拟正多边形边数递增( $n=3$  至  $n=10$ )时中心轨迹的趋直线化过程(见图 1)，直观呈现“一中同长”的几何本质，对照组采用常规圆规作图与实物观察法；研究显示，实验组在概念理解与迁移应用上均显著优于对照组，且效应量  $Cohen's d=0.95$  表明干预效果显著。

#### 2) 实验课程资源

a) 参考《中小学实验教学基本目录》。2023 年 11 月，教育部颁布了《中小学实验教学基本目录》，“小学数学实验教学基本目录”位于第一部分，依据《义务教育数学课程标准(2022 年版)》，从数与代数、图形与几何、统计与概率、综合与实践四大领域，依照核心素养目标，结合教材知识点编排逻辑。教师应当与时俱进，积极学习相关实验课程资源，依照该目录开发层级递进、螺旋上升的实验课程体系，确保实验内容与学科核心知识深度融合。

b) 创新校本化数学实验。鼓励学校结合地域特色与学生学情，编制校本实验课程指南。例如，沿海地区学校可设计“潮汐周期数据统计”实验，山区学校可开展“梯田面积测算”实践，将数学实验与生活情境有机链接，增强课程的本土适应性。

c) 强化实验与跨学科融合。设计 STEAM 导向的综合性实验项目，打通数学与科学、工程、艺术的

学科壁垒。例如,“设计校园节水装置”实验可融入体积计算、比例应用、数据建模等数学知识,同时涉及物理力学与工程制图,培养学生跨学科问题解决能力。此类项目可通过长周期探究形式展开,引导学生经历完整流程,深化数学实践素养。

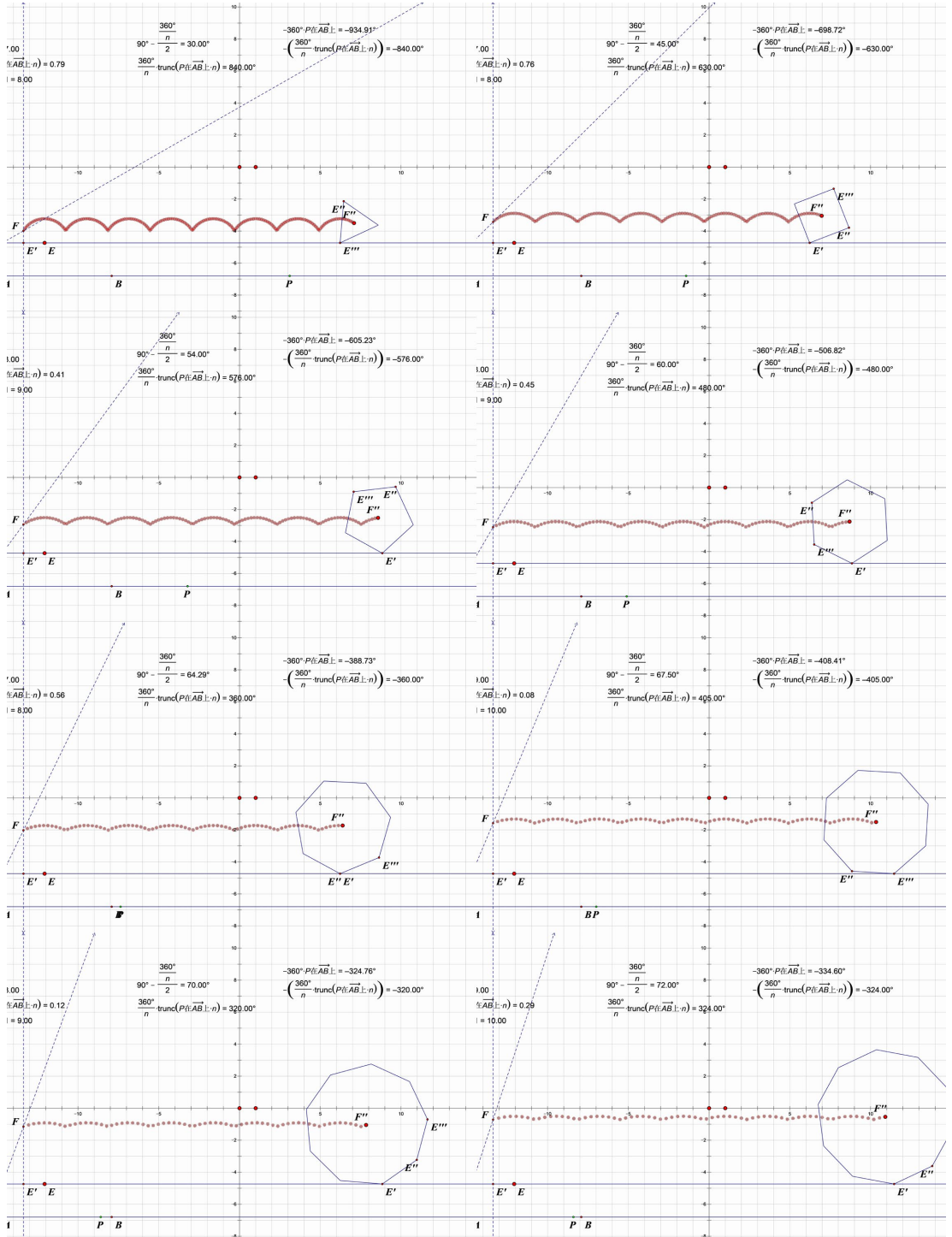


Figure 1. The motion trajectory diagram of the center of a regular polygon  
图 1. 正多边形中心运动轨迹图

4.3. 构建多元评价体系

1) 评价内容

a) 实验内容选择。基于实验的需求性、工具的操作便捷性、活动的探究深度及素养的发展潜力等维度，构建综合评价框架。此框架旨在全面评估所选实验内容对数学实验教学的促进作用，以及其在提升学生数学核心素养方面的有效性和针对性。

b) 实验课堂教学。从教师的教学活动和学生的学习行为两个核心层面出发，设计详细的评价标准。对于教师的教学，重点考察教学目标的明确性、内容设计的合理性、工具开发的实用性以及教学行为的科学性。对于学生的学习，则关注其在观察操作中的实践能力、思维训练中的逻辑推理能力、问题解决中的创新能力以及实验精神中的探索意识，以评估这些方面对数学核心素养达成的贡献，以及对学生实验学习习惯的改善作用。

c) 学生数学实验能力。依据课程目标，并结合不同年级学生的认知发展特点，制定一套具体的数学实验能力评价指标。可从操作的熟练程度、猜想的勇气与合理性、验证的巧妙性与准确性、表达的清晰性与条理性、合作的积极性与协作能力，以及反思的深度与广度等方面考量，以全面衡量学生的数学实验能力。

2) 评价方式

a) 形成性评价。设计小学数学实验教学评价表对教师的实验教学过程进行系统性评价。设计《数学实验能力观察量表》(见表 1)，可从猜想与假设、操作规范性、数据分析能力、结论严谨性、合作与表达、反思与改进六方面进行量化评估。

Table 1. Observation scale for mathematical experimentation ability  
表 1. 数学实验能力观察量表

| 评价维度   | 评价指标         | 评分标准                                       | 评分 | 备注 |
|--------|--------------|--------------------------------------------|----|----|
| 猜想与假设  | 提出假设是否基于已有知识 | 1 分：随意猜测；<br>3 分：部分联系知识；<br>5 分：逻辑清晰。      |    |    |
| 操作规范性  | 工具使用是否符合规范   | 1 分：随意操作；<br>3 分：基本完成步骤；<br>5 分：严谨规范。      |    |    |
| 数据分析能力 | 合理记录并分析数据    | 1 分：无分析；<br>3 分：简单记录数据；<br>5 分：系统分析。       |    |    |
| 结论严谨性  | 结论是否基于证据     | 1 分：结论武断；<br>3 分：结论与部分数据匹配；<br>5 分：证据充分。   |    |    |
| 合作与表达  | 同伴分工协作       | 1 分：独自操作；<br>3 分：简单分工，陈述基本步骤；<br>5 分：角色明确。 |    |    |
| 反思与改进  | 提出改进方案       | 1 分：无反思；<br>3 分：简单描述困难；<br>5 分：可行措施。       |    |    |

b) 展示性评价。通过学生 PPT 展示、上台成果汇报、建立班级数学实验成果墙方式,记录学生阶段实践成果。

c) 总结性评价。设计数学实验能力检测方案,通过设计、操作、问题解决等环节的考核,对学生的数学实验能力进行定性评价占主导地位,辅以定量评价的综合性评价,以更全面地反映学生的实验能力和素养水平。

### 3) 评价主体

教师、学生本人、同伴以及家长均可作为评价者参与其中。教师关注学生课内外表现,学生自我评价反思,同伴相互评价交流,家长关注家庭表现,共同形成教育合力,促进学生的全面发展[9]。

## 5. 结语

数学实验作为培育学生核心素养的重要载体,其本土化实践是深化小学数学课堂改革的关键突破口。“本研究从教师、资源、评价三方面揭示了小学数学实验教学的现实壁垒,并提出了系统性解决方案。数学实验的深度落地非一日之功,唯有以生态化视角重构教学体系,方能真正践行“做中学”理念,使数学实验从“表演化”的窠臼中突围,成为学生探索数学本质、发展创新思维的实践沃土。愿本文能为数学实验融入小学课堂与小学数学教育的可持续发展,为注入新的动能。

## 基金项目

2023 年新疆师范大学教学工程项目——教学研究与改革项目《基于深度学习理念融合“BOPPPS”教学模式在〈初等数论〉的教学实践》建设项目(课题编号 SDIG2023-33)。

2024 年大学生创新创业训练项目——《“双减”政策下初中生家庭经济性与非经济性教育投入研究——以新疆乌鲁木齐为例》项目编号: X202410762057。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2022 年版) [S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 89.
- [2] 邵光华, 蒲艺航. 指向核心素养的小学数学实验教学研究[J]. 课程·教材·教法, 2024, 44(12): 94-101.
- [3] 陈美华. 小学数学实验育人价值转化的“三重意蕴” [J]. 教学与管理, 2020(32): 40-42.
- [4] 朱远媛. 素养导向下小学数学实验教学探究[J]. 基础教育研究, 2024(5): 56-59.
- [5] 许哲. 数学实验在小学数学“图形与几何”教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 金华: 浙江师范大学, 2023.
- [6] 查人韵. 具身认知视域下小学数学实验的教学策略[J]. 上海教育科研, 2021(5): 83-86.
- [7] 庄慧娟, 李克东. 利用 MPLab 支持小学数学规则类知识建构的研究[J]. 电化教育研究, 2012, 33(1): 106-109.
- [8] 喻平. 基于建构主义的数学教学观[J]. 中学数学月刊, 2009(8): 1-4.
- [9] 吴迪. 小学数学实验课程的建构与实施[J]. 教学与管理, 2021(11): 36-39.