

DOI:10.16218/j.issn.1001-5051.2025.007

数学教育中数学实验的研究现状与展望

唐恒钧¹, 吴冠男^{1,2}

(1. 浙江师范大学 教育学院, 浙江 金华 321004; 2. 桐乡市第三中学, 浙江 桐乡 314502)

摘要:随着数学课程改革的不断深入,数学实验的价值受到了广泛重视.如何在现有研究基础上进一步推进数学教育中的数学实验研究,使之在数学教育实践中更充分地发挥教育价值,需要进行更深入的研究.为了解这一领域的研究现状,为未来研究提供线索,以“中国知网”为数据库对现有研究进行梳理,厘清数学教育中数学实验的内涵和价值定位,梳理现有教学实施思路与策略.未来还需要进一步强化探究型数学实验研究,完善数学实验教学策略体系,并优化数学实验环境.

关键词:数学实验;内涵;教育价值;教学环节;教学策略

中图分类号:G633

文献标识码:A

文章编号:1001-5051(2025)01-0103-08

On the research status and prospects of mathematical experiments in mathematics education

TANG Hengjun¹, WU Guannan^{1,2}

(1. College of Education, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China; 2. Tongxiang No. 3 Middle School, Tongxiang 314502, China)

Abstract: With the continuous deepening of mathematics curriculum reform, the value of mathematical experiments had received widespread attention. How to further promote the mathematical experiment researches in mathematics education based on the current researches so as to give full play to its educational value in the practice of mathematics education, more in-depth researches were regarded as a necessary strategy. In order to understand the current research situation in this field and provide clues for future researches, the CNKI was used as the database to sort out the existing research, clarify the connotation and values of mathematical experiments in mathematics education, and sort out the existing teaching implementation ideas and strategies. It was suggested to further strengthen the research of inquiry-based mathematical experiments, improve the teaching strategy system of mathematical experiments, and optimize the environment of mathematical experiments.

Key words: mathematical experiment; connotation; educational value; teaching link; teaching strategy

逻辑严密性是数学的基本属性,但在数学的发展过程中,实验起到了关键作用.徐利治^[1]在回顾了波利亚、欧拉等关于实验在数学研究中的价值的观点,以及高斯在数学研究中所使用的实验方法后指

收文日期:2024-06-20;修订日期:2024-09-05

基金项目:2022 年度浙江省教师教育规划课题(ZX2022222);全国教育科学规划课题教育部重点课题(DHA200318)

作者简介:唐恒钧(1979—),男,浙江余姚人,教授,博士生导师.研究方向:数学课程与教学论.

通信作者:吴冠男. E-mail: wgn3516@163.com

出:“为什么数学真理如同物理科学领域中的定律和原理那样,有时可以通过实验与归纳方法去发现呢?原因很简单,因为数学对象本身(如数量关系与空间形式等)也具有客观实在性。”根据数学史与数学教育(history and pedagogy of mathematics,简称“HPM”)的研究,学生的数学学习过程往往会经历简约的数学发展过程.也正是从这个角度来看,数学教育应高度关注数学实验的价值并加以应用.21世纪以来,我国的数学课程改革也对数学实验给予重视,并开展了丰富的研究.在《普通高中数学课程标准(2017年版2020修订)》^[2]和《义务教育数学课程标准(2022年版)》^[3]中均表现出对数学实验的重视.《义务教育课程方案(2022年版)》^[4]中所倡导的“做中学、用中学、创中学”的学习理念也为数学实验教育价值的发挥提供了理念支撑,数学实验是实现这一理念的重要手段.为进一步推动数学教育中数学实验的研究,使数学实验更好地服务于数学核心素养的培养,有必要对现有相关研究进行系统梳理,为未来研究提供参考.

在中国知网上以主题为“数学实验”且排除“数学实验教材”“数学实验课本”和“数学实验讨论会”为检索条件进行检索后发现,截至2024年4月共发表9869篇文章.最早的文章可追溯至1989年石辉荣^[5]在《大自然探索》上发表的《论数学实验》一文.从发文趋势来看,该主题的研究自2000年以来呈现出快速且持续增长的趋势,在2019年达到峰值(700篇),之后又有所回落,至2023年的400余篇.这表明,我国21世纪以来的课程改革对这一领域的研究产生了直接的推动作用.从研究主题来看,主要包括数学实验的内涵、教育价值与功能、教学模式与策略等方面.以下将从这些方面进行梳理.

1 数学实验的内涵分析

关于数学实验内涵的认识不像物理、化学和生物等实验学科那么深入,数学中的实验性也很容易被数学的抽象性、逻辑严谨性等特征所掩盖.但事实上,在数学问题的分析过程中广泛存在着实验的思维与方法.特别是随着时代的发展,使用计算机技术进行数值计算以及直观演示数学抽象过程、验证数学猜想、模拟数学实验过程等均变得更加便利,这使数学实验的重要性得到更多的认识,在数学研究、数学教育中的应用也更为普遍.虽然实验不能代替数学证明,但它极大地拓展了人们认识数学的视野,为发现数学问题、验证数学猜想、理解数学结论提供了重要的方法.

就数学实验方法的本质而言,石辉荣^[5]在阐述了数学实验的兴起后指出,是“用恰当的合乎特定目的的数学语言对客体进行描述,然后我们暂时抛开客体,而仅仅考察这些描述,也就是这些描述取客体而代之成了我们的研究对象”,并认为数学实验的2个前提分别是对客体的数学描述和用这些描述进行实验的可能性.随着研究的深入,关于数学实验内涵的认识得到不断深化.刘邦奇^[6]认为数学实验是指“在一定的数学思想、数学理论指导下,经过某种预先的组织设计,借助于一定的仪器和技术手段,进行数学化实际操作,包括对客观事物的数量化特性进行观察、抽样、测试、检验、逼近、仿真等,进而解决数学和科学问题的一类科学研究方法”,进而立足历史发展观区分出历史上依次出现的4类数学实验方法,即观测推演法、统计抽样检验法、计算机上的数值迭代法、随机模拟法等.其中,第1类数学实验“观测推演法”,是指“通过对客观现象观察、测试、度量、计算、归纳、猜想等而形成的普遍命题,以至得出数学真理的方法”,其中观察、测试、度量等属于数学实验的实际操作,计算、归纳、猜想等属于数学实验的理论分析.第2类数学实验“统计抽样检验法”,“不逐个观察、检验总体中的所有个体,而只抽取其中的部分进行观察、获得数据”,一般包括实验设计、观察采样、数据整理等步骤,相较于第1类数学实验,更强调实验方法(抽样)的设计.第3类数学实验“计算机上的数值迭代法”,利用计算机强大的运算功能,利用数值方法解决模型近似计算时面临的计算量大的困难,并能及时检验各种假设及优化模型.第4类数学实验“随机模拟法”,是指针对一些受客观条件限制或本身过于复杂而无法直接实验的现实问题,借助数字计算机创造出数字模拟的实验环境,对现实问题、现象中存在的规律做出描述、判断、预测的实验方法.尽管4种类型的数学实验所用的具体方法、用途等方面存在差异,但在本质上却具有共性,均体现了归纳的思维方式,这也是实验的本质特征.盛中平等^[7]从大学数学实验课程的背景出发将

数学实验更聚焦于计算机系统这一实验工具上,指出数学实验以辅助学数学、用数学和做数学为目的,其原理和对象分别是数学理论和数学素材,实验内容是数值计算、符号演算或图形演示,实验方法主要包括实例分析、模拟仿真、归纳总结等.曹一鸣^[8]进一步指出数学实验是一种特殊的科学实验,不同于物理、化学等学科中的实验形式.在数学实验中,实验者运用物质手段,结合数学思维活动,在特定的实验环境下进行探索和研究.类似的界定还有如孙延洲^[9]指出的,数学实验是通过一定的方法,借助一定的设备,运用一定的手段,在数学思维活动的参与下,在典型的实验环境中所进行的一种数学建构过程和数学探索活动;以及邵光华等^[10]认为的,数学实验是指运用一定的物质技术手段,经由数学思维活动的参与,在典型的环境中或特定的条件下进行的一种数学实践活动.

在数学教育中关于数学实验内涵的认识则更为具体,更多地从教与学的角度理解数学实验.赵治国等^[11]提出,数学实验是指在教师的引导下,学生利用计算机等进行数学探究获得概念、解决问题的一种教学过程.喻平等^[12]在文献分析基础上对数学实验的本质进行了剖析,文章认为关于数学实验的界定虽存在差异,但存在共通性,即均承认数学实验是一种活动,具有获得知识、发现结论、解决问题的目的,且具备物质条件、设备或技术手段,在此基础上提出了数学实验的5个要义:一种数学教学的活动方式;具有发现结论、理解结论、验证结论三大目的;是教学中的一个环节,而非全部过程;需要利用工具完成;要有教师的引导与启发.在上述研究基础上,董林伟^[13]进一步将数学实验界定为“学生通过动手动脑,以‘做’为支架的数学学习活动方式;是在教师的引导下,学生运用有关工具,通过实际操作,在认知与非认知因素参与下进行的一种理解数学知识、验证数学结论、发现数学结论的活动.”

综合上述文献,数学教育中的数学实验可以从以下方面加以认识:

首先,从数学实验的构成来看,包括实验目的、实验设备、实验方法和实验结果四大核心要素.实验目的是数学实验的起点,也为学生的数学实验活动提供价值导向.实验设备是数学实验赖以开展的物质基础,是实验得以成功的物质保障.实验方法是数学实验的灵魂,决定着问题能否得以解决以及结果是否可靠、有价值.实验结果是数学实验的终点,是对问题的回答,但有时又会是引发新问题、提出新方法的起点.

其次,从数学实验的过程来看,主要包括2个关键环节:一是将实际问题转化为数学问题,通过观察、试验、分析等方法构建数学模型;二是求解和验证模型,利用数学方法求得模型的解并验证其正确性,从而形成新知识.这2个环节相互衔接,共同构成了数学实验的全过程.

再次,从数学实验的认知过程来看,集中表现出“做中学”“用中学”“创中学”的理念.数学实验强调学生主体性的学习,鼓励他们在实验中发现新问题、探索新规律,强调学生用数学的视角去观察和解释现实世界,通过亲身实践、领悟和思考,发现知识、建构模型,这是一个把做、用、创三者在学习中有机融合的过程.

2 数学实验的教育价值分析

目前关于数学实验教育价值的专门研究还较少,但在文献中一般都会论及数学实验的教育价值,并主要表现为2个分析角度:一是从数学本身角度看数学实验的地位与价值;二是立足教学角度考察数学实验的作用.

从数学角度看,数学实验是数学发现的重要手段,为数学证明提供线索.波利亚^[14]认为“许多数学上的结论都是先由归纳得出,然后才得以证明的”,数学因此表现出2个侧面,即“严格表述的数学是一门系统的演绎科学,但在形成过程中的数学则是一门实验性的归纳科学”.唐恒钧^[15]曾借助一个几何问题的研究过程,分析几何实验与几何证明之间存在的关系,指出几何实验一方面为学生体验几何证明的必要性提供机会,同时也为几何证明提供了线索.尽管该文是对几何实验的讨论,但其中的观点也适合于其他数学领域.比如,在数与代数领域,具体的、直观的数学实验同样能为学生的数学认知提供基础.比如,借助“数轴”这一直观模型,利用具体数字的试验归纳形成“负负得正”的有理数乘法法则.

从教学角度讨论数学实验价值又有 2 种类型的研究,一是从一般化的角度讨论数学实验的教育价值;二是针对数学教学中的具体能力、素养目标或特殊数学领域的角度论述数学实验的价值。

一方面,就一般化的角度论述数学实验的教育价值,喻平等^[12]从认知情感和谐发展的育人价值、教学过程完整性的教学价值、课程资源深度上的课程价值以及教师专业成长方面的培师价值等 4 个方面进行了较为全面的阐述。另外,更多的研究则是站在数学实验对学生数学学习中产生的价值角度,即前述育人价值角度进行的分析,并主要体现出以下 3 方面:首先,数学实验为学生的数学学习提供认知基础。唐恒钧^[15]认为,基础教育阶段学生的抽象逻辑思维处于由经验型向理论型过渡的阶段,因此,数学学习需要较多地借助直观操作。具体到几何学习,学生的认知发展源于直观,因此,几何实验能更好地适应这种需求。孙延州^[9]也认为,学生在数学实验的过程中,能将知识与实际问题结合起来,将实验中获得的感性认识通过抽象思维得到对数学知识的深入理解。其次,数学实验为学生的数学发现提供手段。有研究显示,数学实验能较好地帮助学生发现并验证数学规律^[16],有助于获得解决问题的途径^[9],发现并提出更多的问题^[15]。再次,数学实验助力于学生数学学习兴趣、自信心等非认知因素的提升。运用数学实验手段和方法创设让学生乐于参与的情境,在探索问题的过程中感受到数学的乐趣^[16-17]并形成意志^[18],同时当学生的猜想得到数学实验的验证时又能鼓励学生更大胆地做出猜想^[15]。

另一方面,从数学抽象能力等具体能力、素养角度或具体到数与代数等特殊数学领域角度看数学实验的价值。比如,孙朝仁^[19]从数学抽象的类型出发,认为数学实验过程中的操作、思考、运用、审美等过程本身就是数学抽象的过程,也因此可以将数学实验作为数学抽象素养形成、发展的路径。同样地,程花^[20]也聚焦在数学实验对数学抽象素养形成的价值上,并给出了包括辨别、分化以及多重抽象和概括的从数学实验活动到数学抽象形成的实施框架。又如,王晓峰^[21]阐述了数学实验对逻辑推理素养发展的作用,认为数学实验能够为逻辑推理的培养提供产生问题的情境,能为合情推理的培养提供发现结论的机会,能为演绎推理的培养提供分析论证的方法。还有研究则从数与代数、图形与几何的教学要求出发阐述了数学实验的价值^[22-23]。总体来说,这类教育价值探索的研究是从具体能力、素养发展的特征与过程或从某个数学领域教学的要求出发,分析数学实验能发挥什么样的价值,因此,这些价值也更加具体同时也更具有针对性。

3 数学实验的教学研究

目前数学实验的教学研究主要可以分成 3 种类型:一是从原则、类型等角度对数学实验的教学做出比较宏观的论述;二是从教学过程的角度对数学实验教学的重要环节及策略做出相对微观的阐述;三是从技术与工具层面探讨数学实验教学的环境。

3.1 数学实验教学的原则与类型

教学原则是教学理念的具体体现,也是教学设计与实施的基本依据。孙朝仁等^[24]从数学实验观念的阐述出发论述了数学实验应关注的内容。具体地,他们认为数学实验观念是学生学习过程中形成的自觉“做数学”的习惯和意识,通过实践操作体现数学思想方法和应用价值,进而他们强调数学实验应面向全体学生,注重培养学生的深层思考和学习能力。董林伟等^[25]在对初中数学实验进行系统分类的基础上,提出了设计实验时应遵循的目标性、整体性、多样性和简约性等原则。他们强调实验设计应紧密围绕数学学科的核心内容,旨在挖掘数学的价值,并确定学生发展的整体目标。可以说,上述研究是站在数学实验的本质以及数学实验作为一个教学活动角度提炼出的原则,即总体上是从数学实验出发提炼教学原则的思路。也有研究从学习需要或学习原理角度阐述教学原则。比如,查人韵^[26]从具身认知的角度指出,数学实验应具备操作性、情境性、探究性 3 个原则,并强调这里的操作是学生操作。张勇^[27]以分布式认知理论为依据对数学实验开展的前提、知识表征以及认知过程进行了分析,指出数学实验开展的前提是学习者对某一问题预期无法通过内部表征形成结论,但数学实验能给学习者提供合适的外部表征,并在实验开展过程中使数学实验参与知识建构。

关于数学实验的类型主要从2个角度进行分析.第1个是从数学实验在数学学习中的价值、作用角度做出的分析.刘明祥^[28]将数学实验的类型分为验证实验、模拟实验、观察实验和探索实验等类型,并对这些类型的数学实验进行了具体的教学设计研究.赵维坤等^[29]基于数学实验的目的、应用的知识以及选用的工具等方面的差异,将初中数学实验分为验证型数学实验、探索型数学实验和理解型数学实验3种类型.其中验证型数学实验以检验数学结论或猜想为目的,以学生动手操作、观察模型、试验分析等为手段;探索型数学实验以发现全新数学结论为目的,以学生在问题情境中动手操作、观察、验证、类比、归纳等为手段;理解型数学实验以发现规律、体验数学原理可靠性、认识数学方法使用条件以及理解数学思想现实背景等为目的,以实物、模型或技术为工具,开展观察、测量、运算等活动.上述分类为教学中有针对性地开展数学实验活动提供了线索,特别是为如何在教学中将数学实验的功能目标与适切的实验内容、方式结合起来提供了依据.第2个是从数学教育中数学实验的应用方式角度做出的分析.董林伟等^[30]提出了片段式应用的数学实验和专题性的数学实验2种类型,2种类型都注重学生的参与和体验.这一分类能为如何对数学实验在教学做出适当的定位提供依据,也能帮助人们厘清数学实验与其他数学教与学活动之间的关系.

3.2 数学实验教学的基本环节及策略

将数学实验融入数学教学或者以数学实验为主体的教学,因其有独特的价值定位,也就会对教学环节提出新的要求.在理解这个问题上,存在侧重于数学实验和侧重于数学教学2种较为明显的取向.

首先,侧重于数学实验的教学研究,更强调从数学实验甚至是实验的要素出发来考虑教学过程的设计.比如,有研究将数学实验与科学实验加以类比,并基于科学实验的内涵,在分析大量数学实验教学案例的基础上,指出一个完整的数学实验,主要包括材料、情境、操作与原理4个要素,进而提出四要素分析法,并以此为基础设计数学实验教学^[31].黄诗坤^[32]将数学实验教学尤其是几何实验教学分为实验导言、实验目的、实验过程、实验结论、实验拓展、实验反思等环节.这一种取向其实更集中地体现在数学实验课程的设计上.赵维坤等^[29]基于数学实验的3种类型,建构了各类数学实验教学的基本结构.其中理解型数学实验教学源于数学结论,通过选择实验工具,进行操作观察、分析判断从而检验数学结论的正确与否,并通过反思修正回到原先的数学结论;探索型数学实验教学源于问题情境,通过选择实验工具进行操作探索,进而归纳结论并建构新的知识;理解型数学实验教学也源于问题情境,通过选择实验工具并操作观察,从而强化特征、归纳共性,最终获得理解.

其次,侧重于数学教学的数学实验教学研究则更强调将数学实验元素融入数学教学后对教学所带来的新变化,形成的新环节.比如,程花^[20]的研究就是将数学实验融入数学抽象素养的形成过程中而形成的源于辨别、终于概括的教学环节.

尽管在上述取向之下所呈现出来的数学教学环节有一定的差异,但在开展数学实验教学的过程中均表现出在动机上的情境驱动策略、活动设计上的学生主体策略、学习工具上的技术支持策略等策略体系.

具体地,第一,在数学实验教学中普遍将问题情境作为引发学生数学实验与数学学习的动机驱动载体.董林伟^[13]认为,实验的设计与实施必然置于某种情境之中.钱建芬^[33]强调从学生的认知出发,借助情境的创设,通过数学实验凸显数学的本质.查人韵^[26]则指出,要重视问题情境、任务情境、互动情境等数学实验情境的构建,依次实现激发真实需求、系统构建资源、丰富具身体验等目标.当然,问题情境既可以由教师提出,也可以由学生提出^[8],为数学实验的开展提供动力与方向.

第二,尽管数学实验可以是教师操作、学生观察,但更多的还是要通过学习活动的设计为学生的实验、探究提供机会,以体现学习活动的学生主体性.葛冰冰^[34]认为,在数学实验教学中,在师生共同提出探究问题后,由学生尝试实验、学生分组汇报和教师点评为教学活动设计与实施的基本策略.周武冬^[35]也认为,在高中数学教学中,通过数学实验活动,丰富学生的实践探索机会.为了学生在实验中的主体地位得以实现,孙朝仁^[36-37]从多个角度进行了分析并提出了具体策略.他从数学实验教学内部支持系统出发,提出了构建概念发生支持系统,突出“学”与“思”的交互作用;构建思维还原支持系统,突出“说”

与“述”的参与作用;构建经验重构支持系统,突出“做”与“用”的补偿作用等;又基于 ARCS(attention-relevance-confidence-satisfaction)学生动机激发与维持模型提出了要将注意、关联、信心、满足依次作为数学实验设计的心理基础、心理秩序、心理线索和心理目标,并提出了具体的策略。

第三,数学实验教育功能的发挥有赖于合适的工具和技术支持,因此,合适的工具和技术的选择与开发是数学实验教学有效开展的重要基础。董林伟等^[38]指出,借助数学实验工具能改变数学知识呈现形态,改善学生数学学习方式,并促进学生素养的全面发展。赵维坤等^[39]还进一步阐述了开发数学实验工具需要注意的方面,包括紧扣主题、目的明确;内容与形式统一,利于学生领悟知识、理解本质、掌握方法;能激发学生的学习兴趣、调动积极性、启发思考;利于学生主动参与、积极探索、促进发现问题、提出问题、分析问题、解决问题能力发展。随着技术的发展,几何画板、GeoGebra等数学专业软件以及更具综合性的手持技术被应用到数学实验的教学中^[23,34,40-41]。

3.3 数学实验的环境建设

数学实验对教学环境提出了新的要求。从文献来看,数学实验的环境经历了由传统的实物环境拓展到包括实物环境、数字化环境的复合型环境的过程。

近年来,随着信息技术与人工智能的不断发展,数学实验教学中的数字化环境建设得到了更多研究者的重视与研究。如葛冰冰^[34]利用基于 GeoGebra 软件的数学微实验,进行数学探究性的学习;胡高嵩^[40]利用包括 TI 图形计算器和无线导航系统组成的 TI 手持技术开展数学复习教学;朱伟卫等^[41]开展的基于 DIMA 平台的高中数学实验教学。由张景中院士^[42]领衔研发的网络画板可以说是数学实验数字化环境建设中的另一个典型案例。网络画板基于互联网环境和超级画板软件,架构起能在平板、手机、一体机和电子白板等多种终端环境下运行的、开放共享的移动数学实验室。从现有研究来看,这一数字化数学实验环境在教学中取得了较好的成效,特别是在促进学生动手实践能力、信息处理能力、逻辑思维能力以及自主学习能力等方面有较为明显的作用^[43]。也有研究者^[44]分析了数字技术支持下的数学实验需要特定实验机房而无法普及到日常教学的问题,提出了基于自带设备(bring your own device,简称“BYOD”)模式的思路,创设了数字化数学实验+数学课堂的实验环境,使数学实验能方便地融入日常课堂教学,形成混合数学教学模式。

4 反思及展望

基于上述文献的分析可以发现,数学教育中的数学实验已在学界引起了高度的关注,并在内涵、价值、策略等多方面开展了较为丰富的研究,这也为该研究领域的进一步发展奠定了重要基础,也为核心素养的培养以及数学学科实践理念的落地提供了方法。当然,随着研究的深入,特别是实践探索的不断深入,以下方面仍需进一步强化。

4.1 进一步加强探究型实验的研究

数学实验内容和开展形式还存在一定问题。一些实验过于依赖教材和既定流程,缺乏对学生创新思维的挑战;另一些实验则因为设计复杂或操作繁琐,导致学生难以真正参与进来,很难体验实验的乐趣和价值。为了充分发挥数学实验在培养学生探究能力和创新思维方面的作用,需要进一步开展探究型数学实验的研究。可以从以下几个方面入手:

首先,立足教材内容,设计探究实验。一些教师的数学实验目标不明确,导致学生缺乏理解数学、体验数学以及应用数学的机会,因此,往往没有充分实现数学实验的目的。教师应深入研究教材,结合学生的实际情况,设计具有探究性和挑战性的数学实验。这些实验能够激发学生的学习兴趣,引导他们主动探索数学规律和解决问题。

其次,组织合作学习,促进探究互动。部分数学教师认为,数学实验教学时间长,担心会浪费时间,会影响教学的进度和质量,教学中常会直接将实验过程讲出来,而不管学生是否真正理解。数学实验应加强学生之间的合作与交流,这能激励学生持续使用数学语言进行表达与沟通,在这样的互动体验过程中

也有利于学生自身数学思维的完善.因此,教师应组织学生围绕数学实验进行小组合作学习,让他们在共同探究的过程中互相学习、互相帮助,提高学习效果.

最后,优化实验过程,强化探究体验.在探究型数学实验中,教师应优化学生的实验过程,鼓励他们多观察、多思考、多尝试,并适当地从数学实验方法论层面为学生提供支持,以强化学生的探究体验,让他们在实验中感受到数学的魅力和价值.在实验过程中,学生可能会产生一些新的想法和问题.教师应充分利用这些生成性资源,引导学生进行深入探究,拓展他们的思维空间.

4.2 进一步完善数学实验教学策略

学生学习的主体性和实践性是当前基础教育课程改革所关注的重点.数学实验教学策略的完善有助于更好地适应这些改革需求,也能更好地培养学生的自主学习能力和实践能力.数学实验教学不仅关乎数学知识的传授,还涉及学生观察能力、动手能力、分析问题和解决问题能力的培养.完善教学策略可以更加全面地发展学生的上述能力.

首先,创设适于数学实验的问题情境.教师在数学实验教学中应善于设计情境与问题,通过情境让学生感受探究的必要性,用问题引导学生的数学探究逐步深入.问题的设计应具有层次性和启发性,以此为不同学生提供台阶并给予适度的探索空间.

其次,强化基于实验的直观体验与深入理解.数学实验教学应注重学生的直观体验,通过动手操作和观察实验结果,帮助学生深入理解数学概念.教师可以设计富有直观性的实验活动,让学生亲身体验数学知识的形成过程^[45].例如,在几何图形的教学中,可以让学生通过剪纸、拼接等活动,直观感受图形的变换和性质.

最后,以生为本设计实验方式,满足个性化教学需求.教师应根据学生的实际情况和教学内容,科学选择合适的数学实验方式,如个人实验、小组实验等.同时,要关注学生的个性化需求,为不同层次的学生提供有针对性的实验任务.例如,对于基础较好的学生,可以设计更具挑战性的实验任务,鼓励他们进行更深入的探索;对于基础较弱的学生,则可以从基础实验入手,逐步提升他们的数学能力.

4.3 进一步优化数学实验环境

在数学实验中,环境的优化对于提升学习效果至关重要.对数学实验环境的认识上还较多地局限于对实物、数字等环境类型的区分,对实物、数字环境的特征、功能等还值得进一步做出比较分析.随着信息化和 AI 技术的快速发展,可以借助信息化技术提升数学实验室的环境.

首先,形成差异化实验环境.在数学实验中利用 AI 技术,能根据学生的学习历史、能力水平和兴趣点定制个性化的学习路径.例如,通过智能分析学生的学习数据,推荐适合他们的学习资源和难度等级;根据学生实验的记录,定期生成学生的学习分析报告,包括学习时长、掌握程度、易错点等,帮助学生和教师更好地了解学习情况,以便调整学习策略.

其次,加强交互式学习环境的营造.实验中构建支持多人在线协作的学习环境,允许学生在虚拟空间中进行小组讨论、共同编辑文档和分享思路.引入 VR 和 AR 技术,创造沉浸式的数学实验体验.例如,通过 VR 探索几何空间,或通过 AR 将数学模型叠加到现实世界中.

最后,完善数字资源的丰富与整合.数学实验环境的搭建更需要丰富的数字资源来支撑,这也是影响数学实验能否最终发挥教育价值的关键.从实践层面看,数学实验资源的适切性以及获取的便捷性是影响更多教师是否能在教学中开展数学实验的重要因素.因此,未来需进一步配合新的数学实验环境加强数字资源的建设,结合课程标准及教材开发更丰富的实验资源.同时,在强调丰富性的同时,又要关注数学实验之间、数字资源之间的整合、协调,避免低水平的重复.

参考文献:

[1] 徐利治. 数学方法论选讲[M]. 3版. 武汉:华中理工大学出版社,2000:8.

[2] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020:83-84.

- [3] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2022年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2022:3.
- [4] 中华人民共和国教育部. 义务教育课程方案(2022年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2022:5.
- [5] 石辉荣. 论数学实验[J]. 大自然探索,1989,8(4):125-130.
- [6] 刘邦奇. 数学实验方法及其哲学思考[J]. 科学技术与辩证法,1994,11(3):5-11.
- [7] 盛中平,王晓辉. 什么是数学实验[J]. 高等理科教育,2001(2):25-28;24.
- [8] 曹一鸣. 数学实验教学模式探究[J]. 课程·教材·教法,2003,23(1):46-48.
- [9] 孙延洲. 试论数学实验的教学价值[J]. 教育研究与实验,2010(6):44-47.
- [10] 邵光华,卞忠运. 数学实验的理论研究与实践[J]. 课程·教材·教法,2007,27(3):39-43.
- [11] 赵治国,刘丽. 利用信息技术深化数学实验教学[J]. 中国电化教育,2011(1):110-112.
- [12] 喻平,董林伟. 初中数学实验的本质解析[J]. 课程·教材·教法,2016,36(8):89-95.
- [13] 董林伟. 数学实验:初中生数学学习方式的变革[J]. 全球教育展望,2020,49(9):103-115.
- [14] 波利亚. 怎样解题——数学教学法的新面貌[M]. 涂泓,冯承天,译. 上海:上海科技教育出版社,2002:118.
- [15] 唐恒钧. 案例的视角:几何实验与几何证明[J]. 中学教研(数学),2005(4):33-36.
- [16] 李树臣. 论数学实验的教学价值[J]. 中学数学,2009(22):1-4.
- [17] 汪健. 在动手中操作在操作中感悟——记一节“折长方体纸盒”数学实验课[J]. 数学通报,2017,56(10):28-31.
- [18] 黄彪. 数学实验,让儿童学习张弛有“度”[J]. 教学与管理,2016(29):32-33.
- [19] 孙朝仁. 数学实验:数学抽象素养形成的有效路径[J]. 数学通报,2019,58(2):21-25.
- [20] 程花. 通过数学实验培养学生数学抽象素养——以苏科版“数学实验室”栏目素材为例[J]. 数学通报,2021,60(4):35-37;66.
- [21] 王晓峰. 数学实验与逻辑推理[J]. 数学通报,2021,60(3):13-17.
- [22] 王晓峰,周海东. 数学实验与“数与代数”教学[J]. 数学通报,2020,59(5):33-36.
- [23] 林文柱. 基于“几何画板”微课的数学实验教学实践与思考[J]. 教学与管理,2019(7):42-44.
- [24] 孙朝仁,董林伟,桂佳凤. 初中“数学实验观念”的测量框架建构与策略分析[J]. 课程·教材·教法,2016,36(7):90-95.
- [25] 董林伟,孙朝仁. 初中数学实验的理论研究与实践探索[J]. 数学教育学报,2014,23(6):20-25.
- [26] 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.
- [27] 张勇. 数学实验开展的条件性分析[J]. 教学与管理,2019(11):34-36.
- [28] 刘明祥. 中学数学实验的类型及其设计[J]. 教育探索,2011(6):60-61.
- [29] 赵维坤,章建跃. 初中数学实验的教学设计[J]. 课程·教材·教法,2016,36(8):102-107.
- [30] 董林伟,孙朝仁. 初中数学实验的理论研究与实践探索[J]. 数学教育学报,2014,23(6):20-25.
- [31] 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]. 金华:浙江师范大学,2023.
- [32] 黄诗坤. 基于5E学习环的数学实验教学模式研究——以初一“图形的认识”为例[D]. 桂林:广西师范大学,2021.
- [33] 钱建芬. 在数学实验中感悟数学本质——以苏科版八上“3.1 勾股定理”为例[J]. 数学通报,2023,62(12):32-36.
- [34] 葛冰冰. 基于微实验的高中数学可视化教学的实践研究[D]. 苏州:苏州大学,2022.
- [35] 周武冬. 数学实验教学及其在高中数学教学中的应用研究[D]. 延安:延安大学,2023.
- [36] 孙朝仁. 数学实验教学内部支持系统的构建[J]. 数学通报,2020,59(8):21-24.
- [37] 孙朝仁. ARCS模型对初中段数学实验设计的启示[J]. 数学通报,2016,55(10):9-12.
- [38] 董林伟,石树伟. 数学实验工具:助力初中生数学学习的应然选择[J]. 数学通报,2018,57(11):1-4.
- [39] 赵维坤,董林伟. 初中数学实验工具的开发与利用[J]. 数学通报,2018,57(11):5-8.
- [40] 胡高嵩. 基于TI手持技术的高中数学实验教学策略探究[J]. 中国教育技术装备,2019(11):115-116,125.
- [41] 朱伟卫,徐迪斐,徐卫文,等. 高中DIMA数学实验教学的理论与实践探索[J]. 上海教育科研,2023(7):75-81.
- [42] 张景中. 人工智能与数学教育漫谈[J]. 中学教研(数学),2023(11):1-3.
- [43] 吴冠男. 智用网络画板助推实验课堂[J]. 中学教研(数学),2023(11):8-11.
- [44] 林子植,刘剡,胡典顺. 融入数学实验的一种混合数学教学模式构建[J]. 教学与管理,2019(33):83-85.
- [45] 蒋安娜,唐恒钧. 数学深度学习:内涵、实践模式与展望——基于文献的分析[J]. 中学数学杂志,2018(1):1-4.

(责任编辑 陶立方)