

审视 · 创造 · 超越

核心素养导向的小学数学实验教学研究

黄琰 著



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE

审视·创造·超越

核心素养导向的小学数学实验教学研究

黄琰 著



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

审视·创造·超越:核心素养导向的小学数学实验
教学研究/黄琰著.—上海:上海教育出版社,2022.12
ISBN 978-7-5720-1788-9

I. ①审… II. ①黄… III. ①小学数学课—教学研究
IV. ①G623.502

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第220413号



责任编辑 王雅凤

封面设计 周吉

Shenshi · Chuangzao · Chaoyue: Hexin Suyang Daoxiang de Xiaoxue Shuxue Shiyān Jiaoxue Yanjiu
审视·创造·超越:核心素养导向的小学数学实验教学研究
黄琰 著

出版发行 上海教育出版社有限公司
官 网 www.seph.com.cn
地 址 上海市闵行区号景路159弄C座
邮 编 201101
印 刷 上海商务联西印刷有限公司
开 本 700×1000 1/16 印张 15.5
字 数 220千字
版 次 2023年1月第1版
印 次 2023年1月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5720-1788-9/G·1630
定 价 50.00元

如发现质量问题,读者可向本社调换 电话:021-64373213

(一)

数学是一门思维科学，而不是实验科学，这是大家的普遍共识。但事实上，面对一个数学问题，经反复尝试而终于求解成功的过程，其实就是一次“数学实验”（mathematical experiment）的过程。这样的“数学实验”过去通常借助纸笔来完成，现在也可以利用计算机软件来实现。

数学实验课于 20 世纪 90 年代成为我国许多高等院校在大学数学教学改革中增设的一门课程，它将数学知识理解、数学建模实践与计算机应用融为一体，成为一门实践课程，意在加强“用数学”教育，以及培养学生应用数学知识解决实际问题的能力。

中小学的数学实验，是学生在教师引导下运用有关学具（包括实验材料与实验器具，如测量工具、作图工具与计算工具），通过动手动脑来“做数学”的学习活动；是一种数学思维参与的以实际操作为特征的数学发现、验证的探究活动。本书作者、徐汇区教育学院的黄琰老师，多年来坚持将数学实验作为一种教与学的方法与手段并引入小学数学课堂，这一举措具有特别重要的探索意义，并且在实践中已经取得了明显成效。我向黄老师学习，印象颇深的是她对数学实验在独特教育功能和价值方面的多角度认知，如她常提到的以下五条。

其一，儿童天性好动，通过动手操作学数学，让“好动”为学习所用，迎合儿童的兴趣特点。由此，数学不再枯燥，数学好玩成为现实。毕竟，兴趣是儿童最为直接的学习内驱力。

其二，通过实验学习数学，也契合小学生由动作思维、形象思维向抽象逻辑思维发展的年龄特征。由此，数学的知识、方法、过程便看得见、摸得着，学生的数学理解与问题解决有了实实在在的“物”的支持，而不再空洞，从而使得捷克教育家夸美纽斯（Jan Amos Komenský）在《大教学论》一书中首先提出的“直观教学原则”在小学数学课堂上有了新的发展。

其三，手脑并用的数学实验有效调动了儿童的多种感官，并协同投入学习活动中，在利用无意注意降低学习疲劳、减轻学习焦虑的同时，也有利于获得多通道的学习信息刺激，烙下更深刻的记忆痕迹，从而提高数学学习的效益。实验操作的这一优势，早有心理学理论的支持，现在又有了脑科学的实证。

其四，学生在实验过程中，思考并回答一系列的追问：做什么？怎么做？为什么这么做？结果是什么？原因是什么？这实际上是在启动他们的元认知，实施心理监控，理解学习过程。由此，学生不仅获得了探究活动的经历与体验，还增长了数学的学习能力与实践能力。

其五，数学实验的常态化开展让学生从自己的“数学现实”“数学经验”出发，变“听数学”为“做数学”，变“观看演示”为“动手操作”，变“机械接受”为“主动探究”。这就使得教学改革的主要追求以及学生学习的主体地位在数学课堂上得到了真正落实。

总之，数学实验这一载体，使“直观的做”与“抽象的思”“有效的学”得以有机融合，对达成“少教多学”“学得愉快”，以及促进学生的可持续发展具有积极的、不容小觑的影响力。正是在这一意义上，黄琰老师的探索性教学实践研究成果值得推介。

（二）

据黄琰老师介绍，她的研究设想始于《义务教育数学课程标准（2011年

版)》的颁布,其中的课程基本理念指出,“学生学习应当是一个生动活泼的、主动的和富有个性的过程。认真听讲、积极思考、动手实践、自主探索、合作交流等,都是学习数学的重要方式。学生应当有足够的时间和空间经历观察、实验、猜测、计算、推理、验证等活动过程”,这促使她反思以往的教学方式,开始了探索小学数学教学新方式、新路径即“数学实验”的行动研究。

之后,提出了核心素养概念,她又进一步思考:怎样才能为学生的终身学习,为学生能够适应21世纪经济社会发展的需要奠基?于是,她为数学实验的教学改进实践赋予了培育学生数学学科核心素养的内涵。

为了落实教育部《关于全面深化课程改革 落实立德树人根本任务的意见》和课程标准的要求,黄琰老师在前期研究的基础上,确立了“发展小学生数学核心素养的实验教学研究”的深化方向。2017年经申报、评审,被列为上海市徐汇区教育科学研究重点课题。

作为一名基层教研员,黄琰老师带领上海市徐汇区小学数学学科骨干团队在历时三年多的课题研究中,进行了比较扎实的理论研究和相当深入的实践探索。他们梳理了核心素养和实验教学方面的相关理论,在较为坚实的理论基础上开展教学改革实践;归纳、提炼了小学数学实验教学的一般模式、组织形式、实施原则和主要实验类型;选取了一系列适宜进行实验教学的内容,并开展了课堂教学循证改进,积累了大量的实验教学案例。

结题后,经过不断地推广、验证,对研究成果加以完善,最终撰写成本书。

(三)

这是一本历经十年磨砺,自下而上探索教学改进的实践力作。全书由三部分构成。

第一部分“核心素养导向的小学数学实验教学之理性认识”,主要包括核心

素养导向的小学数学实验教学的背景阐释和相关理论梳理；第二部分“核心素养导向的小学数学实验教学之实践探索”，主要包括核心素养导向的小学数学实验教学的整体设计、基本类型和典型案例；第三部分“核心素养导向的小学数学实验教学之反思提升”，即整体上对核心素养导向的小学数学实验教学进行回顾与展望。

此书能让教师们更好地明白什么是数学实验教学，为什么要进行数学实验教学以及实践中应该怎样组织和开展数学实验教学。书中的典型案例呈现了教师通过创设情境，引导学生经历提出猜想、自主思考、进行实验、观察现象、分析数据、推理论证等过程来自主学习数学，体现了以学为中心的理念，让学生在实验中获得亲身体验，从而建构数学知识并加深对数学意义的理解。学生在实验活动中积累了丰富的基本活动经验，培养了动手实践、解决问题的能力 and 创新精神。在小学开展数学实验教学是遵循了学生的学和身心发展的统一，强调学生在经验的基础上去建构，在有组织的活动中去学习，使学生学习的主体性和探究性充分得到了体现。

基于小学数学课堂教学探索实验教学的有效运用，实际上也能够为教师的专业成长搭建实践舞台。黄老师指导不同学校的教师根据自己所教学生的特点，围绕实验教学这一主题积极开展相关的实践研究，主动反思、撰写论文。这种研究过程本身就是教师主动反思和提升自我的过程，是一种实现自身专业成长的过程，也能够很好地体现这一研究对教师专业发展的实践价值。教师们对这些问题的观察、分析和理解，最终都会回归到他们的教学实践中，能够有效地提升他们的教学能力和品质，而这种教学理念和方式上的进步，恰好是教师专业成长的最显著标志。

小学数学实验教学的实践研究已经有了显著的阶段成果，我希望黄琰老师带领她的团队，能继续聚焦学生的数学学习，聚焦课堂教学创新，把数学核心素养的要求落到实处，也更好地实现数学学科教师的专业成长。

顾作义

2022年3月

引言 在创新中追寻新时代学科教学的价值与魅力 /1

审视

——核心素养导向的小学数学实验教学之理性认识 /7

第一章 核心素养导向的小学数学实验教学的背景阐释 /9

第一节 时代与社会发展对核心素养的关注 /10

第二节 区域与个人层面对教学改革的执着 /19

第二章 核心素养导向的小学数学实验教学的理论梳理 /24

第一节 指向核心素养的数学实验教学的基本概念 /25

第二节 指向核心素养的数学实验教学的理论基础 /33

第三节 指向核心素养的数学实验教学的价值分析 /39

第三章 核心素养导向的小学数学实验教学研究回溯 /47

第一节 关于数学核心素养的研究梳理 /47

第二节 关于数学实验教学研究梳理 /53

创造

——核心素养导向的小学数学实验教学之实践探索 /59

第四章 核心素养导向的小学数学实验教学的整体设计 /61

第一节 小学数学实验教学的一般模式 /61

第二节 小学数学实验教学的组织形式 /70

第三节 小学数学实验教学的实施原则 /75

第五章 核心素养导向的小学数学实验教学的基本类型 /81

第一节 理解型实验的概念与实践 /81

第二节 探究型实验的概念与实践 /121

第三节 验证型实验的概念与实践 /170

超越

——核心素养导向的小学数学实验教学之反思提升 /219

第六章 核心素养导向的小学数学实验教学的回顾与展望 /221

第一节 核心素养导向的数学实验教学研究成效 /222

第二节 核心素养导向的数学实验教学的研究展望 /227

结语 /235

后记 /237

引言

在创新中追寻新时代学科教学的价值与魅力

教育是培养人的社会活动。对于人的理解,是教育的原点,也是教育的追求。一个人能够自主地进行思考和创造,是其“何以为人”的基本凭据,由此,教育所要培养的人,不能够仅仅是鹦鹉学舌的模仿者,而是应该成为有独立思维的创造者^[1]。创新、创造,应该成为教育永恒的主题。

不论是教育对于创新人才的培养,还是教育自身的改革创新,通常而言,都有赖于学科教学进行。可以认为,学科教学的创新是教育创新和人才培养创新的基本载体和逻辑起点。而教师作为学科教学的主要执行者,其教学创新意识和能力显然在很大程度上决定着学科教学创新的程度,决定着学科教学价值与魅力的生成,也决定着创新人才培养的实践成效。从这个角度出发,教师的工作、教学的改革,都应该在创新中寻求出路、彰显魅力。

华东师范大学终身教授叶澜指出,教育的魅力应该在创造中寻找。在叶教授看来,长久以来人们对教师在认识上的偏差之一在于并未把教师看作创造者,而仅仅是看作知识传递者,且教师往往也不把自己的工作当作一种创造性劳动。今天,我们特别强调要认清教师的工作性质:教师不是一个简单的传递者,他们不仅与学生一起创造每一天的学校生活,也为学生的未来生活作创造。教育是丰富人生的很重要的工作,教师要通过创造性的工作把人类的精神财富转化成学生个人成长的精神财富^[2]。这一过程的实现,不仅需要教师自身具备丰富的知识和积极的情感道德,还需要教师在教学过程中体现创造性思维和创新性行为。

[1] 郅庭瑾. 为思维而教[J]. 教育研究, 2007(10): 44-48.

[2] 叶澜. 教育的魅力,应从创造中寻找[J]. 内蒙古教育, 2016(10): 7-11.

从概念上说,教学是教师的教和学生的学所组成的一种人类特有的人才培养活动,促进学生的成长和学习是教学的首要目的。通过教学,学生可以获得更优质的教学资源、教学环境、教学方法;教师可以更好地传递学科知识,传承人类文化,倡导社会文明,指导学生学习与成长。教学创新是指教师在课程教学过程中,围绕“教什么、怎么教”“学什么、怎么学”“评什么、怎么评”等问题,在教学理念、教学内容、教学手段方法、教学评价等方面进行探究,并形成新的独到见解^[1]。教学创新,不是一种随意性的行为,而要遵循一定的规则和逻辑。在笔者看来,学科教学中的创新应注意以下几个方面的内容。

首先,教学创新一定要形成问题意识。问题是创新的起点,教学创新不应是为了创新而创新。一般而言,教学创新是在已有教学无法有效解决当前学科教学或人才培养过程中的问题时,或者面临新的教学问题的情况下,寻找新的解决方法的教学改革活动。这种创新,必然基于现有问题的发现与分析,并以解决实践中的问题为价值导向;需要教师带着研究的思维主动发现问题,积极探索解决问题的有效方法,并基于实践总结提炼可行的路径体系,形成教学创新的实践性成果。教师要认识到,教学创新其实就像教育实践研究一样,本身就蕴含着强烈的实践本性,本质上是一种指向于问题解决的实践性社会活动。要明确教育的生活世界、现实的课堂教学是教学创新的“家”^[2],是教育教学研究和实践改革的生命所在。特别是对于一线教师而言,创新源于问题,指向于问题而寻求教学创新,应该是一种应然的逻辑体系。

其次,教学创新一定要坚持学生导向。在传统的教学逻辑范畴中,教师是教学的主体,学生是教学的客体或者对象,二者是一种对立关系。随着新课程改革的深入,学生在教学中的地位得到了转变,学生的群体特征、成长需要、身心发展规律和学习特点逐渐成为教学关照的重要因素。从这个角度出发,教学创新要坚持为学生的成长、成才而服务,要充分研究和思考学生的特点及需要,研究社会发展对于学习者能力素质的要求。《2016 美国国家教育技术计

[1] 熊庆旭. 教学创新的基础、特点和途径[J]. 中国大学教学, 2021(8): 73-78.

[2] 王兆璟. 论有意义的教育研究[J]. 教育研究, 2008(7): 39-43.

划》明确指出,要使学习者具备 21 世纪所需的相关专业知识与能力,需从学习者的角度出发采取相应的措施,包括改变学生原有的学习体验,增加基于项目的探究式学习、混合式学习、合作式学习等新型学习体验,允许所有学习者参与正式与非正式环境中的学习体验等,从而使他们成为全球互联社会环境中的积极参与者^[1]。当今社会急需具备学习能力、创造能力和社会责任感的人才,这必然引发学习方式的改变,其中也自然蕴含着教学创新的新空间、新需求和新载体。由此,对于新时代的教师而言,要合理研判社会发展,研判信息化环境中新一代学习者的成长背景、群体特征和成长要求,让教学创新更加契合学生需求,更好体现学生导向,也为新时代高质量人才培养体系的建构起到基础性作用。

再次,教学创新一定要遵循学科特点。教学创新,是一种兼具个性与共性的活动。教学创新的共性,主要表现为教学创新活动的综合性、实践性、可复性等。其中,综合性意味着教学活动涉及内容、方法、手段、评价等多个方面,涉及学科专业、教育、心理、管理等多个领域,因此教学创新往往不是单一的,而是一个综合性问题;实践性意味着教学创新过程的可实现性、可操作性以及最关键的教学目标实现的有效性,且有效性应成为教学创新更为重要和迫切的需求,即任何的教学创新必须要能够解决实践中的问题;可复性意味着教学创新的成果能够在不同学科、不同学段之中进行迁移应用,能够在实践领域产生辐射借鉴价值。对于教师而言,除了要关注教学创新的共性特征之外,还要特别关注其个性特征,即从学科特点出发,探索具有学科特性的教学方法创新。就小学数学而言,小学阶段的数学课程与教学具有内容生活化、学习自主性、知识科普性、思维系统性等特征,课程设置的基本出发点是促进学生全面、持续、和谐地发展。因此,小学数学教学除了要结合数学学科自身的基本特点外,还应结合这一阶段学生特定的心理特点进行科学施教,在教学中善于结合学生已有生活经验,引导学生将生活实际问题抽象为数学模型。将理论教学与实际

[1] 徐鹏,刘艳华,王以宁.准备未来学习,重塑技术角色——《2016 美国国家教育技术计划》解读及启示[J].电化教育研究,2016,37(8):120-128.

生活相联系,借助学生亲身经历和体验促进他们更好地理解数学知识,同时又能很好地培养他们的抽象思维能力和数学分析能力^[1],培养学科核心素养和综合能力。作为数学教师,要善于把握数学学科的特点,在广泛借鉴教学创新的理论知识和各学科、各学段共性的教学创新方法论的同时,注重适应于数学学科特点的课堂教学方法创新,从而推动学科教学育人效能的充分发挥。

最后,教学创新一定要注重方法为先。教学创新涉及教学的理念、内容、方法、逻辑等一系列内容。于小学教师而言,教学创新要凸显问题意识,要关注学生导向,要体现学科特点,而这些最终都要通过具体的方法与路径的创新来实现。因此,小学阶段的教学创新,其核心在于教学方法的创新。学科教学方面,方法创新的前提是要深入、全面地认识方法本身,准确理解和把握教学内容及学情,充分结合教师的专业和教学特长,并将这些因素综合起来共同构成方法创新的基础。教学方法可以是一种具体的方法,也可以是一种教学原则,甚至是一种教学思想或教学理念,如课堂教学中最常见的启发式教学方法。当前的教学体系中,具体的教学方法可分为以下三类:以教师为主的方法,如启发式法、引导式法;以学生为主的方法,如项目式法、研究式法、实验法、小组合作法;师生并重的方法,如讨论法。一门课程的教学通常是多种教学方法的综合应用,方法的应用灵活多变,但需以教学效果为依据。方法创新的关键在于具体教学过程中的有效实施以及对细节的准确把控,精细的教学设计必不可少,同时也需要教师具备较强的现场应变能力。不同课程、不同教师,其对应的教学过程和教学方法均不同,但都可归属于某个或某种具有一定共性的教学问题。教学方法的创新应从具体课程的教学上升到一般问题的解决,从而更有效地发挥其示范借鉴作用^[2]。

基于上述对教学创新的解读,可以认为,教学创新不仅是学科教学适应社会发展和教育改革的需要,也是学科教学更好地承担立德树人使命,促进学生核心素养形成与综合素质提升的需要。在小学数学教学中,教学理念与方法的

[1] 李文情. 浅析小学数学学科特点[J]. 新课程, 2018(5): 9.

[2] 熊庆旭. 教学创新的基础、特点和途径[J]. 中国大学教学, 2021(8): 73-78.

创新始终是一个热门话题。如何创新教学？如何生成并运用新的教学方法？如何更好地通过教学创新来拓展学科教学的效能？这些都是摆在每一位数学教师面前极为现实的问题。实验教学法，作为一种契合新时代教育理念和数学学科属性的教学方法，正是在这样一种时代追问中成为大量研究者所关注的课题。通过对数学实验教学的研究来推动数学教学的创新，亦成为新时代数学教育教学改革的可行性逻辑之一。

《南方周末》2022 新年贺词中，有几句直抵人心的话：“旧的一页悄然翻篇，没有正式道别。新的世界加速拼图，不会友情提示”“何处是生门，何方有出路？谁能争得先机，谁能笑到最后？唯主动破局，果断开局，抉方向，择先机，方能萃取绵绵不断的力量”。抉择当先，要在当下。这不仅适用于社会发展，适用于人的思维和生活，也同样适用于教育。新时代下，经济社会发展日新月异，教育改革浪潮风起云涌。作为学科教师，只有用变革的思维在积极不断的创新中追寻新时代学科教学的价值与魅力，才能够不负时代、不负梦想，在教书育人的伟大使命中践行立德树人，在学科教学创新的生动实践中体现为师担当。本书所要呈现的，正是笔者所带领的学科团队着眼于学生核心素养培育，以创新思维推动数学教学改革的所思、所行和所获。

总体而言，本书基于学生核心素养培育的课程教学改革整体背景和立德树人的教育根本任务，立足于小学数学学科，以扎实的行动研究探索通过实验教学改革来培养学生数学学科素养、促进学生全面发展的理念和方法。全书以核心素养为导向，整体划分为三篇七章，第一篇是理性认识，包括小学数学实验教学的背景阐释、价值分析和相关理论的梳理；第二篇是实践探索，包括小学数学实验教学的整体设计、基本类型和典型案例；第三篇是反思提升，即整体上对小学数学实验教学进行回顾与展望。

The background of the page is a light gray gradient. On the left side, there is a vertical band of thin, dark gray lines that are wavy and curved, creating a sense of depth and movement. The lines are more densely packed in the center and become sparser towards the edges.

审视

——核心素养导向的小学数学实验教学之理性认识

