

面向 STEM 教育的 5E 探究式教学模式设计*



赵呈领¹ 赵文君¹[通讯作者] 蒋志辉^{1,2}

(1. 华中师范大学 教育信息技术学院, 湖北武汉 430079;

2. 长沙师范学院 电子与信息工程系, 湖南长沙 410100)

摘要:当前由传统的“理工科教育”转变为 STEM 跨学科教育,尚缺乏切实可行的教学模式和有效的教学策略。文章首先阐述了 STEM 教育的内涵,并试图从教学模式、教育理念、学习方式、培养目标、内核驱动力、教育基础、教育特征、教学原则等八个方面分析本土化 STEM 教育形态;随后,文章设计了包含参与、探究、解释、精致、评价的 5E 教学流程;最后,文章以“探究”为核心,针对三种探究式教学策略,构建出面向 STEM 教育的 5E 探究式教学模式并进行了案例分析,以期为未来 STEM 教育的研究与发展提供理论参考。

关键词:STEM 教育;5E 教学流程;探究式教学策略;跨学科教育

【中图分类号】G40-057 【文献标识码】A 【论文编号】1009—8097(2018)03—0106—07 【DOI】10.3969/j.issn.1009-8097.2018.03.016

国务院办公厅在印发的《全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016-2020年)》中明确提出,要完善基础教育阶段的科技教育,增强中小学生的创新意识、学习能力和实践能力,并采取一系列措施,如修订小学科学课程标准实验教材,增强中学数学、物理、化学、生物等学科教学的横向配合,修订普通高中科学与技术领域课程标准,鼓励普通高中探索开展科学创新与技术实践的跨学科探究活动^[1]。在此背景下,STEM 教育得到大力倡导。但是,由传统的“理工科教育”转变为 STEM 跨学科教育,尚缺乏切实可行的教学模式和有效的教学策略,许多 STEM 教师仍然处于“摸着石头过河”的阶段。对此,本研究试图为 STEM 教育设计优化的教学模式,提出针对性的教学策略,以期为 STEM 教育的研究与发展提供理论参考。

一 STEM 教育及其关键因素分析

1 STEM 教育的内涵

STEM 教育被称为“元学科”^[2],是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)的简称,后来又增补了艺术(Art),旨在将多学科进行交叉融合,以培养学生的跨学科思维。具体来说,科学试图通过获得实证经验,来理解自然世界;技术源于工程设计,以渗入工程理念;工程结合科学与数学知识设计产品;数学通过逻辑计算与证明,来解释事物的关系模式;艺术则强调工艺设计与创造带来的价值。有别于传统学科对思维的禁锢,STEM 教育注重形成实践性较强的跨学科思维理念,意在培养学生具备各学科的基础知识能力和综合运用能力,以支撑未来的长远发展。

2 STEM 教育的关键因素分析

通过阐述 STEM 教育的内涵,结合我国教育系统的呈现特征,本研究尝试从以下八个关键因素对本土化形态下的 STEM 教育展开分析:

(1) 教学模式:基于项目或问题导向

课堂中,教师可利用项目教学法,通过引导学生完成某个完整的项目而进行具体的教学实践活动。发现问题是 STEM 多学科交叉整合的关键,是培养创造力的重要前提。Berry 等^[3]主张

将基于项目的学习模式与 STEM 教育教学相结合,在问题情境中有效促进跨学科知识的整合以解决现实问题,同时将问题贯穿于项目始终,由教师提供“支架”,引导学生提出解决方案。

(2) 教育理念:“做中学”与跨学科知识整合

杜威主张“做中学”,即在做的过程中获得经验,而“做”就是一个不断试错的过程,同时伴随着大脑的经验回顾、思考或顿悟。跨学科理念的核心是整合,就是融合其它学科知识于具体的情境实践中,通过引导学生综合运用跨学科知识,开展探究性学习、同侪互助学习、玩中学、做中学等丰富的学习活动,并通过集成、模仿或创造,形成创新类学习成果。

(3) 学习方式:自主学习与合作探究

新课标倡导“自主、合作、探究”的学习方式。其中,自主学习核心品质是独立,要求学生具有对知识开拓的好奇心和自我约束力。合作学习能促进创造性思维的发展,激发参与情感,增加观点触发的数量和质量,并能在问题解决的过程中产生创意。在 STEM 教育的过程中,自主与合作的学习方式应作为学生“探究”的行为载体,以展开深入的研究和创新。

(4) 培育目标:核心素养

核心素养包括批判性思维、信息素养、创新与问题解决能力、自我认识与调控、沟通与合作等。联合国教科文组织在 2015 年发布的《反思教育:向“全球共同利益”的理念转变?》(*Rethinking Education: Towards a Global Common Good?*)中提出所有青年都应具备跨界素养,其主旨与核心素养不谋而合。STEM 素养不仅包括科学素养、技术素养、工程素养、数学素养,还包括社会人文素养、艺术素养等 STEM-x^[4]。要跨界,就要解除思想的束缚,将 STEM 教育倡导的各学科素养交叉融合,塑造跨学科的综合型核心素养。

(5) 内核驱动力:信息技术支撑的创客教育

创客教育是信息技术支持下开源的 STEM 教育,它是一种培养创客精神的教育形态,注重与新科技的结合,并逐步培养跨学科的创新能力。走入课堂的创客教育应以 STEM 教育为原型,利用多种信息技术手段为教学带来如 3D 打印、智能机器人、开源硬件等高效创新的典型实践,注重培养学生具有数字技术时代的设计思维、计算思维和创新思维。

(6) 教育基础:STEM 学科知识

实施 STEM 教学应以学科基础知识的掌握为前提,其中编程和计算机思维日益成为了 STEM 课程的基础学科要素。余胜泉等^[5]建议,设计 STEM 课程时应保证问题或项目对所有学科基础性知识结构全面均衡的覆盖;蒋志辉等^[6]设计了 STEM 教育背景下中小学生学习力的培养策略,将 STEM 课程作为其核心要素,并强调了基础知识对于 STEM 教育的重要意义。

(7) 教育特征:情境性、个性化和多样性

在 STEM 教学过程中,教师创设问题情境,学生则从不同视角探寻思路,提出个性化的解决方案。由于学生的学习风格和认知方式存在差异,故所得方案也具有多样性。此外,校内外教育机构为 STEM 活动提供多样化平台,极大地丰富了学生的课内外学习生活,对于学生个性化学习空间的释放、情境性探究思路的引导和多样性研究成果的孵化均起到了良好的促进作用。

(8) 教学原则:学生为主体,教师为主导

“学生为主体,教师为主导”是教学的一项基本原则。在现代教育理念下,教师主导作用的关键应在于如何“育人”,故需在教学中进行有策略的组织、启发和引导,并注重给学生提供丰富且具有探究性和挑战性的活动内容;学生是认知的主观能动者,需在复杂的情境中主动探

索，并以课堂主体身份参与活动——如此，“双主式”教学将再上新高度。

本土化形态下的 STEM 教育契合时代的发展趋势，它依据多种先进的教育理念，汇集了多元现代教育特征和多层教学要素，使我国教育模式更具优势和发展潜力。本研究尝试将 STEM 教育理念融入课堂教学模式中，设计特色精准的教学策略，以适应教学发展的需要。

二 面向 STEM 教育的 5E 探究式教学模式

1 5E 教学流程的设计

5E 教学模式是一种基于建构主义的探究式教学模式。该模式由美国的生物学课程研究会 (Biological Sciences Curriculum Study, BSCS) 在 Atkin-Karplus 学习环的基础上提出，包含参与 (Engage)、探究 (Explore)、解释 (Explain)、精致 (Elaborate) 和评价 (Evaluate) 五个环节^[7]。本研究将该模式置于 STEM 教育背景下，设计了面向 STEM 教育的 5E 教学流程，如图 1 所示。

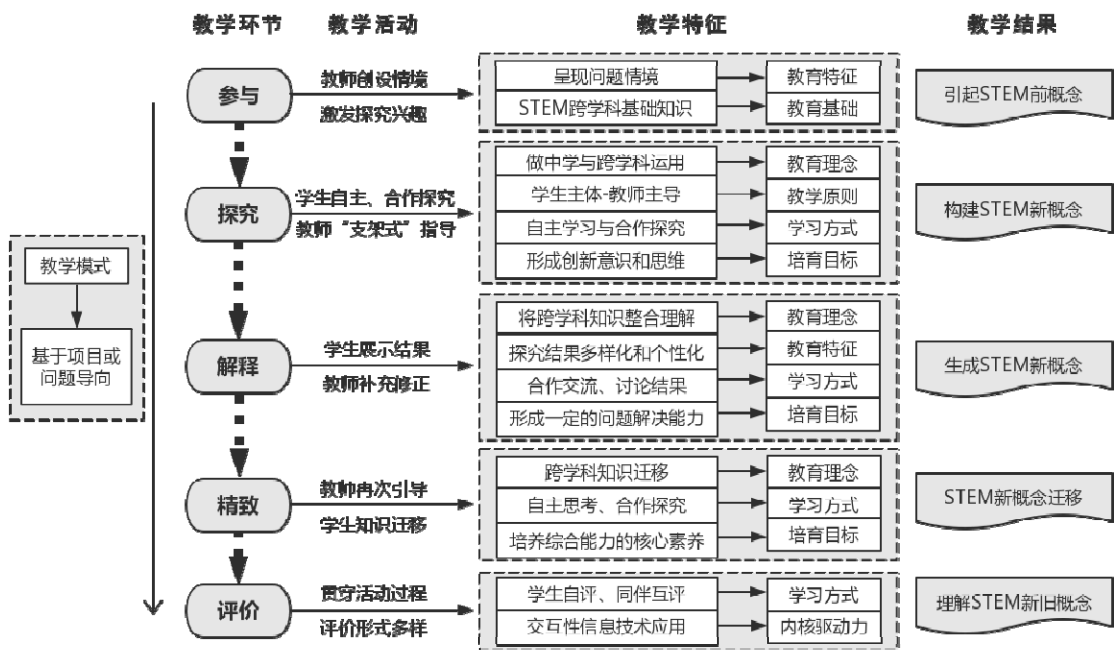


图 1 面向 STEM 教育的 5E 教学流程

参与：又称“引入”，是学生对 STEM 情境的初体验环节。课前，STEM 教师了解学生对于新学任务的前概念；课中，教师将学生引入 STEM 项目所创设的情境中，并以问题为导向，将 STEM 课程内容置于有意义的活动、生活实例中，促使学生思考并引发新旧概念的认知冲突，进而激发学习兴趣和探究意识。该环节可以通过观看视频、头脑风暴、实地考察等活动进行。

探究：是 5E 教学模式的中心环节。探究就是问题解决的过程，需要学生敢于提出质疑并逐步激发探究思维，构建对新概念的认知。学生是探究活动的主体，采取自主、合作探究的方式参与，通过观察描述、比较分类、交流讨论等形式建立事物之间的联系；教师是探究活动的主导，运用 STEM 知识进行启发式教学，对学生给予个性化指导，并提供“支架式”支持。此阶段是引发 STEM 创新思维的开端，注重培养学生的高阶思维能力和动手实践能力，以促进其知识经验的建构和技能技巧的掌握。

解释：是 STEM 新概念的生成环节。解释即揭示探究的意义，学生完成探究后通过师生答疑、演讲辩论、虚拟演示等方式展示方案——由于探究问题具有开放性，故所得方案也将具有多样性。教师通过播放视频、多媒体虚拟演示、提示讨论等方式对方案进行解释或补充，在阐释概念时注重强调学科之间的整合，以培养学生的跨学科素养、问题解决能力和创新能力。

精致：是对新概念的迁移运用。STEM 教师启发学生利用新概念解决具有关联性的新问题或新现象，并给予适当的思考时间和空间，引导学生通过参与讨论、协作交流进行总结归纳——这是一个对新概念不断精致化的过程，能促进 STEM 跨学科知识的迁移运用。此后，教师再行安排探究任务，引导学生不断内化新知识，并培养团队协作、问题探究和科学创新的能力，不断提升 STEM 综合素养。

评价：贯穿于整个教学过程。STEM 教育的评价具有多样化特征，不仅包括学生学习反馈、探究积极性等课堂评价，还包括教师评价、学生自评与互评。此阶段也可由师生共同开发 STEM 课程评估标准，以增强学生的参与意识。此外，还可以结合大数据、云计算等智能化的学习分析技术，来获得个性化、全方位的监测信息。评价的方法除了过程性评价和总结性评价，还应关注发展性评价，其中学生的科学精神、创新能力和合作能力应是重点考核指标。

2 三种探究式教学策略的对比

在 5E 教学模式中，探究是中心环节，而问题又是探究活动的核心。无论 STEM 教学如何设计，都要经历一个运用跨学科知识探究、获得新知和再探究的过程。为培养学生的探究能力，我国新课标提出了发现式探究、推理式探究和实验式探究三种探究式教学策略^[8]。本研究对这三种探究式教学策略进行了对比分析，如表 1 所示。

表 1 三种探究式教学策略的对比分析

教学策略 对比因素	发现式探究	推理式探究	实验式探究
探究特点	开放性、启发性	逻辑性、科学性	可重复性、可控性
探究问题	基于生活经验或自然现象	较为抽象，难以直接表达	验证自然现象或科学规律
学生活动	主动发现问题、自主归纳结论	观察资料、现象，经过逻辑和推理得出结论	通过做实验发现问题、现象或规律，验证假设
探究环节	发现问题 探讨猜想 提出方案 理解重构 反思质疑	提出质疑 问题思考 归纳演绎 逻辑推理 形成结论	发现问题 提出假设 设计实验 观察现象 数据处理 验证假设
能力培养	发散性思维	逻辑性思维	创造性思维

柳栋等^[9]认为，STEM 的课堂常常是基于真实问题解决的探究式学习或基于设计的学习，强调学生在看似杂乱无章的情境中发展设计能力与问题解决能力。解决问题的过程就是认知活动的过程，而设计是一种解决多重问题的活动，所以设计活动也应该是认知活动的一部分。由此，本研究认为基于设计的学习贯穿于基于问题解决的 STEM 探究性活动过程之中。

3 面向 STEM 教育的 5E 探究式教学模式的构建

综上，本研究以 STEM 教育为背景，以“5E 教学流程”为基本架构，以“探究”为核心点，将三种探究式教学策略融入该流程，设计了面向 STEM 教育的 5E 探究式教学模式，如图 2 所示。

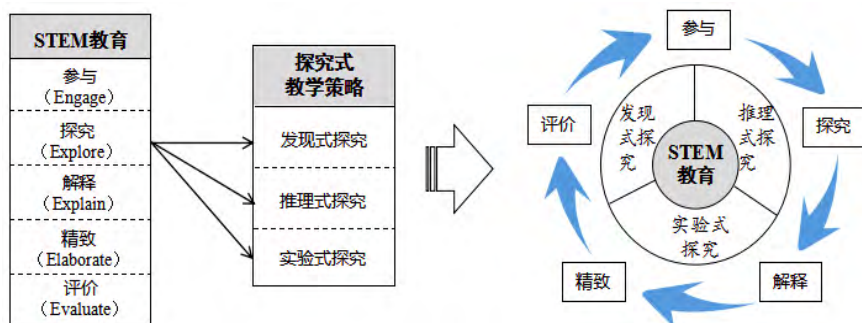


图2 面向STEM教育的5E探究式教学模式

本土化的STEM教育有机融合了基于项目或问题导向的教学模式、跨学科和“做中学”的教育理念、个性化多元培养的教育特征、自主合作探究的学习方式和信息技术支撑的创新驱动力等多种现代教育教学元素，成为新时代下智慧教育的重要组成部分。在STEM教育环境下，5E教学流程循环交替地运行——其中，“探究”既是5E教学活动的中心环节，也是贯穿于整个STEM教学过程的核心思想。当一个探究节点结束之后，又会在此基础上以该结束点为起点，触发新的节点和新一轮的探究过程；并且，在每一轮的探究活动中学生表现出个性化、多样性的学习结果，使得其认知思维不断从横向、纵向发散延伸，从而实现对知识的构建、加工、生成和迁移。从STEM教育的内涵考虑，学生探究性地参与学习实践和互动交流是在活动层面较为贴切的学习方式，也是对培养理工科思维品质和践行跨学科教育理念的一种有益尝试。

与此同时，由于STEM内容具有多样性，教学应结合探究式教学策略的不同特点进行灵活选择和调整，并合理安排教学顺序：若探究要点多而分散，可以设置多个“5E”循环；若探究活动较为复杂，可以横跨几节课来完成“5E”教学过程；若探究活动的中间环节较多，可以对“探究—解释”部分反复实施多次再逐步推进教学。这就要求STEM教师具备一定的教学掌控能力，能够合理预估和有效组织、引导教学活动，并允许学生在探究活动中不断试错。

三 5E探究式教学案例

本研究采用面向STEM教育的5E探究式教学模式，针对三种探究式教学策略分别设计了具体的教学案例（如表2所示），以通过教学实例帮助理解该教学模式。

四 小结

STEM教育进入课堂已成全球趋势。在知识经济时代，培养学生的STEM核心素养和创新创业能力已成为一种新的教育范式。因此，STEM教育的研究者和建设者应立足于国内教育的发展现状，将其植入本土化教育模式中，并将STEM与社会价值、人文艺术、信息技术等相融合，创建出具有中国特色的STEM教育形态。

本研究试图从多个视角分析本土化的STEM教育形态，并以“5E教学流程”为基本架构，以“探究”为核心点，针对三种探究式教学策略，构建出面向STEM教育的5E探究式教学模式。该模式终究要落到实处，而从尝试引入到全面推广需经历一个曲折的过程。基于此，教育研究者在践行该模式的过程中，要不断改进教学策略，将理论与实践相结合，推动STEM教育的螺旋式前进，并以创新、协调、绿色、开放、共享为发展理念，加快推进教育现代化的建设步伐。

表2 三种5E探究式教学案例

探究策略	发现式探究	推理式探究	实验式探究
案例名称	“一次性餐盒”主题探究	制作太阳系分布模型	“竞速小车”实验探究
面向对象	高中学生	小学高年级学生	小学二、三年级学生
实验材料	一次性餐盒等	长纸条、直尺、计算器等	竞速小车、齿轮、秒表等
课程目标	知识与技能	通过对一次性餐盒的主题探究,理解并掌握相关的跨学科知识经验	通过设计实验,探究不同齿轮下小车的运动情况,掌握实验设计流程和探究方法
	过程与方法	能够设计主题实验方案,并利用科学、工程学等方法,完成项目的制作与探究	能够搭建不同齿轮的小车,测试其行驶时间和路程并计算运动速度,分析和掌握运动规律
	情感态度价值观	养成发现问题的好奇心和求知欲,并通过小组协作探究培养人际沟通、合作能力	体会实验探究的价值,敢于大胆猜想,养成严谨的实验分析能力和果敢的科学探究能力
教学过程	参与	教师于课前将一次性餐盒发给各小组,小组参与讨论	教师展示太阳系分布图片,吸引学生观察对比
	探究	各小组选择“一次性餐盒”研究主题,确定设计方案,进行调查、发明创作	教师简要介绍八大行星,再提供长纸条和制作太阳系模型的方法引导学生操作
	解释	各小组展示方案,教师予以纠正或补充,并做归纳总结	教师播放太阳系影片,学生讨论结果,得出初步结论
	精致	学生修正方案,教师再次启发学生围绕“白色塑料袋”进行主题探究	教师引导学生按成比例方法根据太阳系分布的实际距离计算长度,利用直尺制作模型
	评价	根据任务完成情况,教师提问测评、同伴互评、学生自评	教师综合课堂表现和任务完成情况评价、同伴互评和自评
案例分析	学科	化学、生物、工程学等	物理学、天文学、数学等
	STEM分析	餐盒的属性特征属于科学S,对餐盒制作的方法属于技术T,利用餐盒进行发明创作属于工程E,在实验中涉及的计算属于数学M	太阳系的分布特征属于科学S,利用长纸条制作模型的方法属于技术T,制作太阳系模型属于工程E,按成比例方法计算长纸条长度属于数学M

参考文献

[1]国务院办公厅.全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016-2020年)[OL].

<http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content_5053247.htm>

- [2]Morrison J. Workforce and school[A]. Briefingbook. SEEK-16 conference[C]. Washington D.C.: National Academy of Engineering, 2005:4-5.
- [3]Berry M R, Chalmers C, Chandra V. STEM futures and practice, can we teach STEM in a more meaningful and integrated way?[A]. Beijing Normal University and Griffith University. 2nd international STEM in education conference[C]. Beijing: Beijing Normal University, 2012:225-240.
- [4]詹青龙,许瑞.国外 STEM 教育研究的热度表征与进路预判——基于 ERIC(2005-2015)的量化考察[J].中国电化教育,2016,(10):66-73.
- [5]余胜泉,胡翔.STEM 教育理念与跨学科整合模式[J].开放教育研究,2015,(4):13-22.
- [6]蒋志辉,赵呈领,周凤伶,等.STEM 教育背景下中小学生学习力培养策略研究[J].中国电化教育,2017,(2):25-32、41.
- [7]王健,李秀菊.5E 教学模式的内涵及其对我国理科教育的启示[J].生物学通报,2012,(3):39-42.
- [8]教育部.基础教育课程改革纲要(试行)[OL].<http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61386.htm>
- [9]柳栋,吴俊杰,谢作如,等.STEM、STEAM 与可能的实践路线[J].中小学信息技术教育,2013,(6):39-41.

The Design of 5E Inquiry Teaching Model for STEM Education

ZHAO Cheng-ling¹

ZHAO Wen-jun¹[Corresponding Author]

JIANG Zhi-hui^{1,2}

(1. School of Educational Information Technology, Central China Normal University, Wuhan, Hubei, China 430079;

2. Department of Electronic and Information Engineering, Changsha Normal University, Changsha, Hunan, China 410100)

Abstract: At present, the transformation of traditional “science and engineering education” into Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) interdisciplinary education still lacks of the practical teaching methods and effective teaching strategies. Firstly, this paper expounded the connotation of STEM education, and attempted to analyze the pattern of indigenized STEM education from the eight aspects of teaching model, educational idea, learning style, cultivating goal, core driving force, educational foundation, educational characteristic and teaching principle. Secondly, the 5E teaching process including engagement, exploration, explanation, elaboration and evaluation was designed. Finally, taking the “inquiry” as the core, this paper constructed the 5E inquiry teaching model for STEM education aiming at the three inquiry teaching strategies, and further conducted a case study of this model, expecting to provide oretical reference for the future research and development of STEM education.

Keywords: STEM education; 5E teaching process; inquiry-based teaching strategy; interdisciplinary education

*基金项目：本文为教育部—中国移动科研基金 2015 年度项目“师范生信息化教学能力标准与培养模式实证研究”(项目编号：MCM21050607)、湖南省社会科学成果评审委员会项目“区域内优质教育资源共享机制及实证研究”(项目编号：湘社评【2017】1号 XSP17YBZC188)的阶段性研究成果。

作者简介：赵呈领，教授，本科，研究方向为教育技术学理论、方法与应用，信息技术与课程整合，邮箱为 zhcling@mail.ccnu.edu.cn。

收稿日期：2017 年 4 月 17 日

编辑：小米