

【STEM教育研究】

基于核心素养的 STEM 课程建设策略研究

——以人大附中实验小学为例

尹 军

【摘 要】作为国家首批“STEM教育领航学校”，人大附中实验小学以培养学生核心素养为主要目标建设学校 STEM 课程体系。学校依据学生和教师的特点，制订基于核心素养的 STEM 课程培养目标，开设科学探究类、手工制作类、电子信息类和工程挑战类等 STEM 课程，同时开展多样的实践活动作为重要补充。经过近三年的课程设计及教学，学校总结出以下几点经验：一是以培养核心素养为目标，选择项目式课程内容；二是课程以真实情境为开端，以综合性问题为核心；三是使用工程思维解决问题，采用探究式学习方式；四是以学生为中心组织课堂，实现做中学和协作学习；五是以核心素养为评价标准，革新评价方式和内容。

【关 键 词】核心素养；STEM 课程；课程建设；课程设计

【作者简介】尹军，中国人民大学附属中学实验小学书记、校长，高级校长（北京 100086）。

1986 年，美国国家科学委员会发布《本科的科学、数学和工程教育》，该报告首次提出了“科学、数学、工程和技术教育集成”的纲领性建议，成为 STEM 教育的里程碑^[1]。很快，美国所推崇的这一跨学科、综合性教育模式就在全球范围内流行开来，中国也同样加入了这一行列。2017 年 6 月，中国教育科学研究院发布《中国 STEM 教育白皮书》，提出“中国 STEM 教育 2029 创新行动计划”^[2]；2017 年新版小学科学课程标准发布，增添了“技术与工程领域”^[3]的内容；2018 年 7 月，国家首批“STEM 教育领航学校”名单公布^[4]。自此，我国的 STEM 教育行动全面铺开。

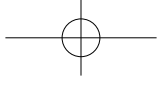
与此同时，国际上关于核心素养的讨论也日趋激烈。20 世纪 90 年代，国际经济合作与发展组织、联合国教科文组织和欧盟陆续提出了各自的核心素养指标体系^[5]，将发展青少年的核心素养培养作为教育的最终目标。受到这三个组织

的影响，各国也开始制订符合自己国家情况的核心素养标准。2016 年，《中国学生发展核心素养》出炉。这一“学生应具备的，能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力”^[6]成为学校教育关注的重点。此后，我国确定了普通高中各学科核心素养，培养学生学科核心素养成为各学科课程标准中的重要教学目标。

何克抗教授指出，培育核心素养的途径是实施 STEM 的理念与模式^[7]。作为首批 STEM 教育领航学校，人大附中实验小学以培养学生核心素养为主要目标进行 STEM 课程建设，初步形成了适用于小学的基于核心素养的 STEM 课程建设策略。

一、基于核心素养制订 STEM 课程培养目标

STEM 教育，是将科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）和数学



(Mathematics)相融合的课程,STEM教育具有区别于普通单科教育和传统的以教师为中心的教育的特点,即跨学科性、情境性、实践性和设计性。至于核心素养,无论是国际组织还是特定国家,其制订核心素养框架的基础均指向了21世纪信息时代公民生活、职业世界和个人自我实现的新特点和新需求^[8]。将培养核心素养作为STEM课程的最终目标,在本质上实现了两者培养创新领域人才共同目标的统一。

中国学生发展核心素养以“全面发展的人”为核心,分为文化基础、自主发展、社会参与三个方面,最终以人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新六大素养为主要培养方向^[6]。小学阶段处于培养学生核心素养的初级阶段,小学STEM课程主要以跨学科的综合型项目作为培养学生核心素养的途径。人大附中实验小学结合本校学生、教师的基本情况,依据《中国学生发展核心素养》,制定了STEM课程的培养目标,旨在通过课程教学培养学生的批判性思维、技术能力、专注力、好奇心、想象力与表现力(见图1)。

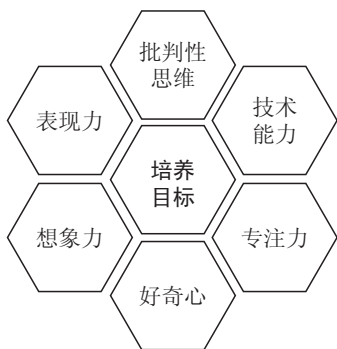


图1 基于核心素养的STEM课程目标示意图

人大附中实验小学基于核心素养的STEM课程目标具体如下。一是批判性思维:引导学生学会以批判性眼光看待问题,从不同角度出发思考问题,不以教师和课本为唯一标准,培养学生使用求证思维和逻辑思维来解决问题的能力。二是技术能力:掌握现代信息技术,熟练使用各种技术工具,培养学生以计算思维为核心的思维能力,使他们体验通过技术使思维物化的学习过程。三是专注力:增强学生元认知能力,提升他们对于学习和探究的内部动力,培养他们较长时间专注于同一学习主题的专注力。四是好奇心:

培养学生对于世界的探究欲望和不断发现问题的能力,保持他们对万物的好奇心态。五是想象力:激发学生丰富的想象能力,培养他们跳跃式的联想能力,让他们体会跨学科解决问题的方式,并使用想象力增添学习成果的艺术性和设计性。六是表现力:提升学生语言表达能力,让他们体验使用绘画、表演等形式表达思想的过程,培养他们良好的表现力。

其中,批判性思维对应科学精神素养中的批判质疑能力,技术能力对应实践创新素养中的技术应用能力,专注力、好奇心、想象力和表现力综合体现了学会学习素养中的乐学善学能力、健康生活素养中的自我管理能力、责任担当素养中的社会责任和人文底蕴素养中的审美情趣。而STEM课程最终要培养的是学生的问题解决能力,与核心素养中的实践创新素养高度对应。

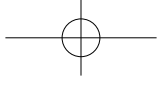
二、STEM课程体系建设前期准备

(一)STEM教育师资培养

师资匮乏是STEM教育推进过程中公认的难点,人大附中实验小学开启课程建设时,就将STEM教育师资培养作为首要任务。

人大附中实验小学STEM教育教师工作坊正式成立于2018年9月1日,改变了原有的分学科教研模式,为学校各学科教师联合教研提供了时间和空间保障。学校通过STEM教育工作坊活动,帮助全体教师深入理解STEM教育理念,开展STEM课程研究,逐步推进STEM教育课程建设、资源开发、空间建设、教学评价等方面的教学实践和科研工作。STEM教育教师工作坊确立的目标是“让STEM在学校落地”,以“自愿、开放、务实、效率”为工作原则,深入探索学校STEM教育的实践路径,努力让STEM教育惠及全体学生。自成立以来,该工作坊定期开展活动,从STEM教育理念学习开始,逐步深入具体;其活动形式多样,包括专家讲座、体验式培训、交流研讨等。

学校鼓励新老教师共同开发STEM课程,将“以点带面”作为STEM教育师资培养的主要方式,首先发挥学科骨干教师和青年教师的作用,其次带动老教师提供教学经验支持,以项目组的形式完成STEM课程建设任务。



STEM 教育教师工作坊开设以来,已经开展了包括“我们需要什么样的学生:理解核心素养”“寻找我们的 STEM:达成基本理念共识”“逃离自己的学科:理解跨学科的意义”“让有意义变得有意思:基于项目的课程设计”“成为学生:理解 STEM 课的核心”“我们真的需要 STEM 吗?深入理解 STEM 教育”“学科教学与 STEM 教学间的相互作用”等主题的培训课程。

(二) STEM 课程的制度保障

为保障 STEM 课程的顺利进行,学校为课程建设提供了有力的资金保障和时间保障。

资金保障方面,学校在制订年度财务预算时就设立 STEM 教育专项资金来确保课程实施、活动开展、设备采购、教师培训等方面的支持。课时安排方面,学校允许 STEM 课打破原有 40 分钟一节课的标准,通过课时连排等形式保证 STEM 课的有效课时。在开设年级设置方面,学校本着“逐步推进、有效开展”的原则,于 2018 年 9 月率先在一年级和二年级开设每周一节的 STEM 课,分别由科学学科骨干教师和综合实践学科骨干教师任课。课程受到了学生们的喜爱,也为本地化的 STEM 课程设计与实施提供了宝贵的经验。2019 年 9 月,学校将 STEM 课程推广到三年级和六年级,在全校四个年级开展每周一节的 STEM 课,STEM 教师也由原来的两人增加到了六人。

三、基于核心素养的 STEM 课程设置

依据已有教学目标,人大附中实验小学将 STEM 课程划分为科学探究类、手工制作类、电子信息类和工程挑战类,每学期分别开设四个主题的 STEM 课程内容,以求全方位培养学生核心素养。除此之外,学校还开展多样的实践活动,举办的科技节、学科实践活动、假期实践活动成为 STEM 学习活动的重要组成。

(一) 科学探究类

科学探究类课程以 STEM 课程中的“科学”课程内容为主题,开展探究活动。科学探究类课程以培养学生的好奇心和批判性思维为主要目标,将“探究”作为课程的重点内容,让学生体验“提出问题—作出假设—制订计划—搜集证据—处理信息—得出结论—表达交流”的科学

探究过程,学会像科学家一样思考问题。科学探究类课程挑选科学课程中适于进行探究活动的内容进行设计,并融入其他学科的内容,使学生能够使用跨学科方法来解决科学问题。

例如,科学探究类课程典型案例“种子的家”一课,以三年级下学期科学课“植物的生长变化”为课程内容设计出发点,让学生使用具有三层结构的一次性塑料杯和纸巾等制作自吸水式种植器,并进行种子萌芽实验。在这个过程中,教师会讲解毛细现象的科学原理、引导学生认识塑料的种类,进而帮助学生树立塑料回收和环境保护的意识,同时也为学生对植物生长进行深入的科学探究做好了准备。

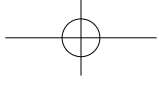
(二) 手工制作类

手工制作类课程常采取项目式教学方式,主要是给定学生一个成果目标,让学生以此成果目标为导向,通过动手学习知识。固定的成果目标和模糊的过程让学生能够有机会充分思考——完成固定成果需要学习的内容是什么、通过怎样的方法能够完成这一成果目标,学生会在完成成果过程中学习到关于工程、技术等方面的知识。因此,该类课程主要培养学生的技术能力、想象力和表现力。

例如,手工制作类课程典型课例“我的衣服我来叠——制作叠衣板”一课的主要成果目标就是叠衣板。教师先展示使用叠衣板叠衣服的效果,然后让学生以硬纸板为材料制作适合自己衣服大小的叠衣板,课程结束前通过叠衣比赛来让学生展示自己的作品。整个制作过程中,学生需要思考如何才能制作出适于自己衣服尺寸的叠衣板,因此在制作过程中会自主观察叠衣板的结构并测量自己衣服的大小,通过小组合作完成作品。此课程实现了劳动教育与 STEM 教育的融合,学生在制作叠衣板过程中用到了剪刀、美工刀等工具,提高了动手能力和劳动能力。

(三) 电子信息类

电子信息类课程以编程内容为主要依托,通过制作创意型物品来培养学生的问题解决能力。与手工制作类课程类似,电子信息类课程也是以最终成果为导向的课程,因此同样主要以项目式学习的方式开展。电子信息类课程可以培养学生的计算思维,也能够考查学生将创意物化



的能力。因此,该类课程主要培养学生的技术能力、专注力和表现力。

例如,电子信息类课程典型课例“创意扫雷器”一课,让学生使用 micro:bit 电子开发板来设计一个扫雷器。教师首先展示扫雷器的功能:利用 micro:bit 磁力传感器检测磁力变化,当遇到磁铁后 micro:bit 给出提示信息,这个过程就很像扫雷。学生根据扫雷器的功能,自主讨论完成这一作品需要用到哪些编程模块,最终完成任务。

(四) 工程挑战类

工程挑战类课程以 STEM 课程中的“工程”内容为主要依据,主要培养学生的工程思维。工程挑战类课程要求学生以工程师的方式来解决问题,通过“识别问题和制约因素—调查研究—形成概念—分析观点—建立模型—测试和优化—沟通与反思”的过程,不断提升学生的能力。工程挑战类课程一般采用“5E”教学法^①实施,该类课程对应的课程目标是培养学生批判性思维、技术能力和表现力。

例如,工程挑战类课程典型课例“骨牌搭高”一课,学生以小组为单位,尝试采取三种不同的方式,用多米诺骨牌进行搭建,找出最高的搭法和最稳的搭法。教师让学生首先画出搭建的设计草图,再根据搭建效果不断分析修改设计图,形成最终的搭建方式。该类课程培养低年龄段学生的工程思维,引导学生自主合作,提升学生的专注力和想象力。

(五) 实践活动类

1. 科技节活动

科技节是学校的传统活动,近年来其规模不断扩大,内容也更加丰富,从原有的大型科普活动逐渐转变为面向全体学生和家长的综合素质展示和提升活动。学生从原来的观看者变为参与者,学生的参与体验逐渐深入,已经完全成为活动的主体。

2. 学科实践活动

学校把学科实践活动作为推动学校 STEM 教育开展的重要形式,也由此将 STEM 教育作为促进课堂教学形式变革的突破口。例如,“数学

嘉年华活动”通过数学游戏、动手实践的方式丰富学生对数学的理解,将所学数学知识与身边的生活建立联系,提高应用数学解决问题的能力 and 创新能力。“编程一小时”活动中,低中高年级分别开展了“不插电游戏”“micro:bit 编程”“人工智能体验”活动,激发了学生对计算机科学的兴趣。

3. 假期实践活动

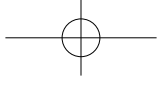
学校自 2018 年开始,每个假期都会推出基于 STEM 教育理念的“假期造起来”实践活动。学生可以在假期相对宽松的时间里,与家人共同创造,也出现了很多优秀的作品。例如,“纸模型制作”活动通过不同难度的任务设计,使得不同年级的学生都可以参与这个经典的动手动脑活动,发挥自己的创意进行纸模型制作。“人实小讲堂”活动请学生在绘本、课本中去找科学、数学知识,让学生成为小老师,通过微视频的形式讲解知识,使师生的跨学科意识都得到了提升,也给教师备课提供了新的思路。“木编拱桥挑战”活动是让学生在假期里使用木筷子进行搭建,挑战可以搭出桥的最大跨度,开学后将学生的创意搭建作品在校园内进行展出。

四、基于核心素养的 STEM 课程设计经验

(一) 以培养核心素养为目标,选择项目式课程内容

普通的科学、信息技术类课程均以完整的知识体系作为课程内容选取的主要脉络,但以核心素养为培养目标的 STEM 课程强调的是学生各方面能力的提升,希望学生能够以跨学科思维来解决生活中的实际问题。因此,教师在内容选取过程中会将目光投向项目式内容,一个项目用为期一个月的时间来进行教学,学生能够在较长时间的深入学习中深刻地理解知识、培养问题解决能力。这样的内容虽然不是系统性、连贯性的知识体系,但是往往具有极强的综合性、实践性和社会性。一是综合性:能够综合多学科知识来解决问题的内容是学校 STEM 课程重点关注的。

^① “5E”教学法是由美国生物学课程研究开发的一种基于建构主义教学理论的模式,5个“E”具体为参与(Engagement)、探究(Exploration)、解释(Explanation)、详细说明(Elaboration)、评价(Evaluation)。



二是实践性：鼓励学生在“做中学”，选择的教学内容大都需要学生动手实践。三是社会性：希望选取的内容具有社会意义，与现实生活中的问题息息相关，这样不仅能提高学生的学习兴趣，还能在课堂中融入一些关于社会的因素，增强学生的社会意识。

（二）课程以真实情境为开端，以综合性问题为核心

项目式教学的主要特点是，项目来源于真实生活，学生需要解决真实问题。因此，在课程的开始，教师就要为学生设置真实的情境，让学生明白自己即将解决的问题在生活中是有实际意义的。同时，问题是整个课堂的核心，一节基于核心素养的 STEM 课的内容往往就是解决核心问题的过程。STEM 课程问题都有一些共同特点：符合学生的认知水平、逻辑严谨、表达明确清晰、包含本节课的知识重点，而且具有综合性。以课程标准作为标杆来选择课程的内容能够符合学生的认知水平。除此之外，还要做到问题既不晦涩难解又不一望便知，这个问题要能够引发学生思考，且需要学生通过努力才能将其解决。逻辑严谨和表达明确清晰是这个课堂问题的重要特点。学生在解决问题时往往按照教师所指导的方向进行思考，问题的逻辑是否合理、表达是否清晰直接决定了学生对问题的解决是否朝着教师希望的方向进行。同时，教师希望学生在解决问题过程中用到他们所掌握的知识，或是经过解决问题的过程能够深刻理解某些概念。综合性问题需要以综合性知识来解决，要让学生在解决问题时使用多学科知识，这一要求体现了 STEM 教学理念的跨学科性质。

（三）使用工程思维解决问题，采用探究式学习方式

面对真实情境中的真实问题时，学生应学会以工程思维去解决问题。我们可以用“七个步骤”来代表工程设计：识别问题和制约因素、调查研究、形成概念、分析观点、建立模型、测试和优化、沟通与反思。让学生以工程思维去思考和解决问题，有助于培养学生的问题解决能力。教学过程中，教师根据工程思维模式去引导学生进行活动和思考，自然而然地就选择了“5E”教学模式，即参与、探究、解释、详细说明和评价，因

为这一典型教学模式中的每个教学阶段都可以与工程设计的步骤相对应。同时，教师应鼓励学生采用探究式学习方式，在工程步骤中的“测试和优化”阶段不断尝试探索，找到核心问题的不同解决方式。

（四）以学生为中心组织课堂，实现做中学和协作学习

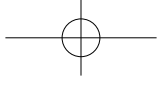
“做中学”是 STEM 课程的一个重要理念，学生在动手操作中获得知识，在设计中逐步理解工程理念。教师在整个课堂教学中应以“引导”为主，这样的“引导”可以是以发问形式让学生朝着一个正确的方向去思考，也可以是为学生提供丰富的教学资源引导学生发散性思考。这样的“引导”要把课程所需要学生掌握的知识重复不断地渗透在课堂里，同时也要让学生像工程师一样去解决实际问题。教师的引导影响到学生的思考方向和思维跨度，同时也影响学生解决问题的方式，因此极为重要。

基于核心素养的 STEM 课程必然是以学生协作的方式来进行的。在课堂中，小组成员共同搜集学习资料，共同思考解决问题的方式。小组成员需要清晰表达自己的观点，需要和他人共同合作，需要对自己的工作负责、对其他小组成员负责，这是培养学生协作能力的一个绝佳机会，同样也有助于那些平时成绩稍差的学生在合作中重拾自信。

（五）以核心素养为评价标准，革新评价方式和内容

评价方式是学生学习的“指挥棒”，基于核心素养的 STEM 课程必然要以核心素养为最终评价标准。学生能够记忆多少知识内容，在 21 世纪的网络时代再也不是最重要的评价内容，核心素养中三个方面六个层次的核心能力才是学生走向社会 and 他人竞争的重点。因此，教师在课堂评价时，应将学生个人能力的提升作为最主要的考查对象，通过覆盖整个学习过程的观察和记录来全面评价学生，让学生理解“学习成果虽然重要，但是学习过程及能力提升才是学习最核心的部分”。

在基于核心素养的 STEM 课程中，教师要更加注重过程性评价，并将其与终结性评价相结合。在课程进行过程中，数据记录表格、对于引导问题的回答、方案优化过程记录和最终的学习



成果等都可以作为教师评价的依据,教师将根据学生在整个课程中的综合表现作出评价,这样的评价方式趋向多元和公平。同时,学生间的互评及学生自评都是十分重要的。

任何教育理念最终都应落实到学生的发展,人大附中实验小学的 STEM 课程建设从设计到实施始终关注学生的成长,聚焦学生核心素养的培养,力求将 STEM 教育理念落实到学校教育实践之中。

参考文献:

- [1] 朱学彦,孔寒冰.科技人力资源开发探究——美国 STEM 学科集成战略解读 [J].高等工程教育研究,2008 (02):21-25.
- [2] 王素.《2017 年中国 STEM 教育白皮书》解读 [J].

现代教育,2017 (07):4-7.

[3] 中华人民共和国教育部.义务教育小学科学课程标准 [M].北京:北京师范大学出版社,2017.

[4] 中国未来学校实验室.中国 STEM 教育 2029 行动计划 | 首批领航学校、种子学校、种子教师重磅公布 [EB/OL]. (2018-07-06) [2020-08-23].; https://www.sohu.com/a/239673101_793135.

[5] 辛涛,姜宇.全球视域下学生核心素养模型的构建 [J].人民教育,2015 (09):54-58.

[6] 核心素养研究课题组.中国学生发展核心素养 [J].中国教育科学,2016 (10):1-3.

[7] 何克抗.核心素养的内涵、特征及其培育 [J].中国教育科学 (中英文),2019 (3):114-122.

[8] 张华.论核心素养的内涵 [J].全球教育展望,2016 (4):10-24.

Research on STEM Curriculum Construction Strategy Based on Core Competencies: Take the Experimental Primary School of RDFZ as an Example

YIN Jun

(The Experimental Primary School of RDFZ, Beijing 100086, China)

Abstract: As a member of the first batch of STEM Education Pilot Schools, the Experimental Primary School of RDFZ has established the STEM curriculum system with the main goal of cultivating students' core literacy. According to the characteristics of students and teachers, the school has formulated core-literacy-based STEM curriculum training objectives, provided STEM courses such as scientific inquiry, manual production, electronic information and engineering challenges, and carried out various practical activities as an important supplement. After nearly three years' practice of curriculum design and teaching, the school has summed up the following experience: First, select the curriculum content with the aim to cultivate core competencies; second, make the teaching start from the real situation and focus on comprehensive problems; third, cultivate engineering thinking and guide inquiry learning; fourth, organize students-centered classroom and advocate collaborative learning; fifth, reform the evaluation approaches and contents based on core competencies.

Key words: core competencies; STEM curriculum; curriculum construction; curriculum design