

基于设计的跨学科STEM教学 对小学生跨学科学习态度影响的研究*

张屹¹, 李幸^{1,3}, 黄静², 张岩², 付郎华², 王珏⁴, 梅林⁵

(1.华中师范大学 教育信息技术学院, 湖北 武汉 430079; 2.武汉经济技术开发区实验小学, 湖北 武汉 430056; 3.江汉大学 教育学院, 湖北 武汉 430056; 4.湖州师范学院 教师教育学院, 浙江 湖州 313000; 5.湖北广播电视大学 导学中心, 湖北 武汉 430074)

摘要:作为一种跨学科教育, STEM教育日益成为当前知识经济社会关注的焦点。该研究提出包含“学科内容层、跨学科大概念层、教学设计层和学习目标层”的四层基于设计的跨学科STEM理论框架。该框架强调学习者基于真实的社会问题主题, 开展田野学习形成跨学科大概念, 利用“设计”迭代制作解决实际问题的产品, 推进学习者大概念知识习得、跨学科态度的转变以及问题解决能力、科学探究能力以及工程设计能力的提升。该研究通过单组前后测实验, 从跨学科的意识、能力感知、价值和倾向四个维度调查武汉经济技术开发区实验小学四年级学生的跨学科学习态度。研究表明, 基于设计的跨学科STEM教学在以上四个维度上提升学生的跨学科学习态度, 同时, 对科学与数学单科的学习意识上有显著提升, 对信息技术与工程的能力感知上有显著提升。该研究提供基于设计的跨学科STEM教学案例, 以期对研究者和教师起到借鉴作用。

关键词: 基于设计; 跨学科STEM; 教学理论框架; 跨学科学习态度

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

一、引言

2016年教育部发布的《教育信息化“十三五”规划》中提出“积极探索信息技术在跨学科学习(STEAM)教育、创客教育等新的教育模式中的应用, 促进学生的全面发展^[1]”。随后, 2017年6月《中国STEM教育白皮书》指出, 应将跨学科STEM(科学、技术、工程、艺术与数学)教育纳入国家创新型人才培养战略, 是全社会共同参与的教育创新实践^[2]。从中可以看出, 跨学科STEM教育对当今知识经济社会及其重要, 如何开展跨学科STEM教育也成为教育工作者深思的问题。传统分科式教育将课程按照具体学科划分, 不利于学生对知识体系部分到整体的把握和理解, 更割裂了学生与真实世界的有机联系^[3]。如何在融合学生与真实世界的联系的同时, 帮助学生打好扎实的科学、技术、工程与数学知识, 培养学生问题解决、科学探究、创

造发明与交流合作的能力, 提升学生学习跨学科内容学习的兴趣是本研究的重点, 其教学模式创新成为STEM教育研究者亟需解决的关键问题。

二、文献综述

(一)跨学科STEM教育

STEM教育概念最初源于美国, 是科学、技术、工程与数学的首字母缩写。当前国内外的主流教育体系中, 科学、技术、工程和数学四门学科在K12教育中通常作为分科课程进行教学^[4]。2017年2月, 教育部颁布《义务教育小学科学课程标准》, 我国首次以科学课为依托, 提出STEM教育的标准^[5]。该标准强调STEM教育的核心是一种跨学科的学习方式。跨学科的学习方式的内涵在于通过四门学科的有机整合, 培养学生能够综合运用科学、技术、工程和数学等相关领域知识解决生活中的实际问题, 从而培养学生的问题解决能力、

* 本文系国家科技支撑计划课题“现代科技馆体系相关标准与规范研究子课题: 数字科技馆相关技术规范体系研究”(课题编号: 2015BAK33B01)、湖北省教育厅人文社会科学研究指导性项目师范生“整合技术的学科教学知识”(TPACK)现状调查与分析(项目编号: 15G080)研究成果。

创新能力和综合实践能力^[6]。20世纪90年代,著名的新进步主义代表人物詹姆斯·比恩在杜威的教育思想的基础上,提出了课程统整的理念,强调学习者经验的重要性。学习应以儿童和社会问题为中心,由师生共同设计、建构意义,即通过选取自我和社会共同关注的主题或问题,形成基于主题的概念网,确定与大概概念相关的活动,然后开展活动,呈现结果,共同制定评价规则与方法,开展评价^[7]。2016年9月,美国教育部发布《STEM2026: STEM教育中的创新愿景》。该报告提出了六大原则,强调跨学科STEM的教与学融合的重要性。六大原则为STEM的融合提出了指导性建议:网络化且参与度高的实践社区、设计的游戏和冒险的学习活动、包含跨学科方法解决“大挑战”的教育经验、灵活且包容的学习空间、创新且可操作的学习测量、多元化且多机遇的社会文化影像^[8]。美国《下一代科学教育标准》强调跨学科的大概念,指出不同科学领域统一的思维方式,需要明晰跨学科大概念,将不同学科领域中相互关联的知识组织成连贯条理的客观世界^[9]。因此,跨学科STEM教育强调以真实问题或主题为驱动,利用科学、技术、工程、数学以及艺术等多学科相互关联的跨学科概念知识解决问题,实现从跨学科知识综合应用的角度提高学生解决问题、探究和创造的能力^[10]。在实践中,学生融入多元的社区实践环境中,切实参与到实践活动中,主动、积极地通过观察与操作获得真实的学习与动手体验,深层次建构多学科知识,最终实现跨越学科边界,运用多学科综合知识解决问题,培养综合能力^[11]。

(二)基于设计的跨学科STEM教学与课程项目

学科融合过程中,不同的理论框架和教学模式不断涌现。其中,基于设计的学习一直得到广泛的关注。基于设计的学习(Design-Based Learning),简称DBL,其课程项目最早于1996年由乔治亚技术学院Kolodner教授提出^[12]。STEM课程的雏形最初以科学与数学的整合为主,美国数学教育家John Perry提出应协调数学与科学的关系,更好整合两者的教学^[13]。之后,以科学课为主导,工程设计作为实践过程,同时少量融入信息技术或数学的课程迅猛发展。在此背景下,基于设计的学习应运而生。2004年密歇根大学Fortus教授提出基于设计的科学DBS(Design-based Science),DBS的学习环框架分为五部,第一步,鉴别与定义情境,提供学生与任务相对应的情境;第二步,背景研究,教师展示新的科学概念,告知学生阅读材料,以及如何调查与收集相关信息;第三步是开发个人与集体观念,学生结合调查的背景,自己设计解决方案,然后配对讨论,在小组中展示他们的解决方案,将个人观念与小

组观念融合;第四步,建构产品,每个设计小组分成两对,每两个学生一同建构模型,最终开发产品;第五步,反馈,学生相互进行评价,互相提供反馈^[14]。2015年斯坦福大学教育学院教授Kim开发基于设计的学习课程,该课程学生开发自己的实验设计,利用推理与问题解决思路投入到问题的解决中,同时在主题式整合背景下利用脚手架评价与报告科学现象^[15]。2015年乔治亚大学高级创新学习研究中心的Ikseon Choi教授领导的团队开发基于设计的整合STEM机器人学习课程,该课程面向五年级学生,使用基于情境与场景的学习环境,通过机器人应用工程设计过程、科学探究、数学思维与计算思维。总之,基于设计(DBL)的STEM课程强调从主题或真实问题出发,以科学为主导,融合数学与技术,以工程设计为载体,探究新的解决方案,最终迭代形成完善的作品。

(三)跨学科STEM学习态度

积极的跨学科态度可减少学习者面对跨学科STEM学习挑战所产生的畏难情绪,帮助学习者在迁移的新环境中平稳过渡地学习高阶STEM课程^[16]。因此,测量跨学科STEM学习态度是了解学习者STEM课程学习成果的重要指标之一。虽然许多测量工具都为测量学习态度提供了坚实的基础,但将多学科的态度放在同一个尺度上进行测量的工具很少,能准确测量针对STEM课程或项目的学习者跨学科STEM态度的评价量规十分有限。在此背景下, Mahoney专门为跨学科STEM教育开发了态度调查问卷,STEM课程项目较之于其他传统的课程而言,学习者面临着新的教育材料、形式和内容,因此,在课程实施中,学习者面对新的挑战 and 变化,会有哪些意识?是否觉得STEM课程有价值?在学习的过程中,学习者对自我效能(能力感知)是否满意?参与课程学习后,是否愿意进一步从事STEM相关职业?因此,《跨学科STEM问卷》结合前人开发的CBAM态度问卷和TEO态度问卷,融合STEM课程的特点,设计了跨学科STEM学习态度问卷的四个维度,即“意识”“能力感知”“价值”和“倾向”。该问卷经过STEM教育专家小组三轮审核。第一轮确保主成分分析和文献综述结果一致,有较好的效度。利用Cronbach系数分析得知每一个组成成分的信度系数也非常高。随后,问卷进行第二轮修改,随后发放到一所开展STEM教学的高中和一个传统的预科大学进行先行对比实验,跨学科STEM教学的态度展现出高的信度与效度^[17]。

毫无疑问,跨学科STEM教育已成为我国重要发展战略,目前我国小学STEM教育开展状况方兴未艾,正努力跨越传统分科式教育的弊端,建立学

生与真实世界的联系，将多门学科知识进行深度融合，培养学习者高阶思维能力和核心素养。但如何开展跨学科STEM教育，创新教学模式成为STEM教育研究者亟需深思的问题。基于此，笔者提出基于设计的跨学科STEM理论框架。研究问题如下：基于设计的跨学科STEM理论框架是怎样的？由哪些层次要素组成？基于设计的跨学科STEM教学是否可以促进学习者的跨学科学习态度？

三、基于设计的跨学科四层STEM理论框架

本团队提出的基于设计的跨学科STEM理论框架融合詹姆斯·比恩(James A. Beane)的“主题-概念-活动”的课程统整理念，David Fortus提出的基于设计的“科学环”教学流程，美国《下一代科学标准》NGSS提出的跨学科大概念，以及国际《STEM2026：STEM教育中的创新愿景》中的未来STEM发展要素，结合在两所合作小学——武汉经济技术开发区实验小学和华中科技大学附属小学两年来指导STEM课程开发的实践经验，建构基于设计的跨学科STEM理论框架。该模型共有四层，如图1所示，从内到外依次分别为：学科内容层、跨学科大概念层、教学设计层、学习目标层。

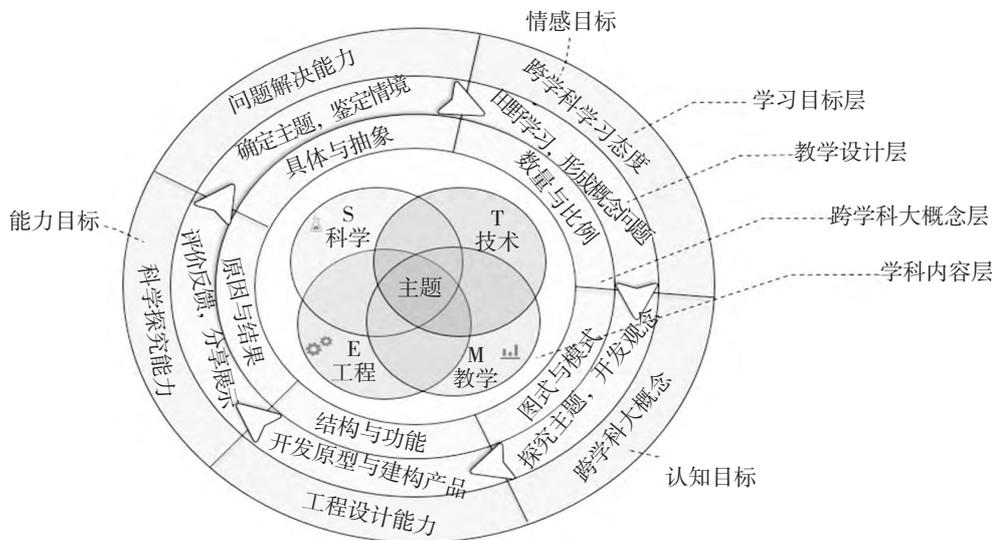


图1 基于设计的跨学科STEM理论框架

从学科内容层而言，以主题为入角点，融合科学(S)、技术(T)、工程(E)、数学(M)等多学科(STEM)内容，归纳分析学科共性特征和内容，探究学科间交叉内容，实现学科与学科内容的跨越。其中，数学强调问题解决与知识本体，科学作为学习的情境和迁移的知识概念，科学探究过程与问题解决过程作为高阶能力培养的基石。工程设计作为STEM内容的催化剂与整合器。工程设计将科学、数学、技术与艺术放在一个平台上，给学生提供一个系统的流程解决问题。通过产品的设计与开发，将数学问

题解决与科学探究融合其中，技术则是知识本体、工具，或者设计、生产与研究的过程。通过学科内容与过程的整合，实现学科与学科内容的跨越。

从跨学科大概念层而言，以凝练跨学科的核心概念作为核心，即凝练“抽象与具体、数量与比例、图式与模式、结构与功能、原因与结果”等多对跨学科的核心大概念，对核心概念进行细化分解以及横向联结，实现学科大概念的跨越。

从教学设计层而言，该层是教学实施的核心，教学实施依次从五个核心要素依次按步骤实施，并迭代循环，实现跨学科学习过程的跨越。五个核心要素分别为：第一步，确定主题、鉴定情境；第二步，田野学习、形成概念问题；第三步，探究主题与开发观念；第四步，开发原型与构建产品；第五步，评价反馈与分享展示。该过程的核心是基于主题情境，设计产品。学生在设计过程中，将科学知识 with 真实世界的问题解决进行整合。学校教学被批判的原因之一在于学生的经验与真实社会情境是脱离的^[18]。通过设计过程，学生观察真实社会与生活，选取“弱构”的主题，开展田野学习，在教师引导下深入社会，调查背景，逐步明晰跨学科的概念网，重新建构真实社会与学科知识的关系，对观念进行深入的挖掘和探究，以问题解决为导向开始开发产品原型并不断构建产品，然后与同伴相互反馈评价，迭代完善产品，最后分享展示，实现跨学科学习过程的跨越。

从学习目标层而言，该层注重学生21世纪核心能力的培养，实现学生跨学科认知、情感与能力的跨越。受传统课程观影响，研究者和教师往往将教学视作知识的习得，只追求知识的结果，而不注重知识习得的过程，注重构建系统的知识内容而忽略知识探究的方式^[19]。该层强调在前三层的实践中培养学生跨学科概念的习得，跨学科态度的转变，以及问题解决能力、探究能力、工程设计能力以及协作能力的培养，实现学习思维的跨越。

四、基于设计的跨学科STEM课程《水之旅》教学设计与实施

(一)基于设计的跨学科STEM课程《水之旅》教学内容与目标分析

基于设计的跨学科STEM课程《水之旅》教学

内容分为学科核心知识内容和跨学科大概念，教学目标从认知、能力与情感三维阐述，其中认知通过教学内容的“核心知识内容和跨学科大概念”呈现。课程《水之旅》是经济技术开发区实验小学四年级开展的STEM综合实践主题课。其教学内容与目标分析如表1所示。

表1 “水之旅”跨学科STEM教学内容与目标分析

学科	学科核心知识内容	跨学科大概念	跨学科STEM教学目标
S 科学	科学概念：生活污水、工业废水、酸雨、悬浮物、杂质 科学探究：探究污水形成的原因与过程，生活供水的过程，污水处理的方法与过程	原因与结果：识别因果关系，例如：酸雨形成的原因与过程，由于对环境的破坏，导致酸雨的形成	科学探究能力：探究水污染和浪费的过程，提出相关假设、搜集信息与证据、分析和处理数据，最后验证假设得出结论 情感与态度：体验科学探究严谨务实的精神，培养严谨的“好奇心”
T 技术	搜索引擎：检索生活污水“生活净化”“酸雨”等 社交软件：例如使用学校云平台上分享作品，并评价	图式与模式：学生绘制“水是如何供应到千家万户”的工程图，“如净化污水”的“每日用水”统计表等	协作能力：小组开展协作学习 信息检索能力：分工开展信息检索、分析与综合处理的过程 情感与态度：体验合作的精神，培养合乎道德的数字公民
E 工程	设计解决方案：解决污水问题，制作污水净化装置。利用已有证据设计多种污水净化装置解决方案，根据标准和约束条件，制作净水装置产品 制定标准：设计净水装置图，确定净水装置需要购置的设备以及标准 迭代优化：对不同的净水装置进行测试，以确定哪种方案最能解决问题，对净水装置设计方案进行优化	数量与比例：用水的计量单位，以及对水用量的计算 图式与模式：学生绘制“水是如何供应到千家万户”的工程图，“如净化污水”的“每日用水”统计表等 结构与功能：学生了解净水装置的基本结构以及实现功能	设计能力：以工程思想设计净水装置，制作净水装置，迭代改良净水装置。 定义问题，制作净水装置；收集和分析信息，设计图，通过搜索引擎收集分析污水处理的方法；制定解决方案，购置设备，根据标准购置；设计净水装置图，制作产品，迭代优化产品，制作成型的污水净化器 情感与态度：在制作净水装置的过程中，培养保护水的社会责任感，产生对水、大自然以及家乡的爱
M 数学	解决问题：每天日常生活水消耗量是多少，如何节约水 数学概念：加减运算、计量单位(千克、克) 数学建模：绘制“每日用水”的图、表以及“节省方案”的图表		问题解决能力：学生发现问题，即“水匮乏”、“水污染”的问题，制定计划，即制定“每日水消耗的图表”方案，解决问题，通过合理“节约用水”解决问题 情感与态度：积极参与节约用水的活动，并产生节约用水的环保意识

(二) 基于设计的跨学科STEM课程《水之旅》教学设计与实施

基于设计的跨学科STEM理论框架突出“跨学科”和“基于设计”的过程。跨学科强调通过主题打通学科与学科的界限，通过不同的学科视域透视关于“水”的多样性问题，构成不同学科能力要求的STEM教学设计，即培养科学(S)的探究能力、技术(T)协作能力、数学(M)的问题解决能力以及工程(E)设计能力。结合基于设计的跨学科STEM理论框架第三层的教学设计，按照科学的思维步骤，开展学习活动。具体的教学设计与实施图如图2所示。



图2 《水之旅》教学设计与实施

该教学在武汉经济技术开发区实验小学四年级实施应用。

1. 学生确定“水”主题，鉴定“水浪费”以及“水污染”的社会情境，初步形成问题解决的能力

真实生活情境是指当地社区或者地域相关的社会与文化情境。将真实生活情境问题引入到中小学阶段教育或课后项目活动中，整合STEM教育经验和资源，解决真实世界的社会文化问题。跨学科STEM课程核心在于为学生营造一个真实的学习情境，学生在教师的引导下自发发现和提出一些社会生活中关注的重大主题，例如，生态失衡、环境污染、资源短缺等，这些均是STEM课程教育素材。学生选择《水之旅》作为主题，“我觉得地球上大部分都是水，所以我想调查水”“我觉得水资源特别珍贵，我们住在长江边，每天都能看见水，可是有些地方的小朋友很缺水，我觉得要珍惜水资源，所以我选择水作为主题”。如图3所示，学生选择水作为自我和社会方面

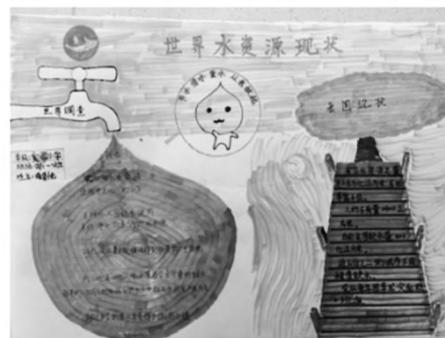


图3 某同学水主题的选取

共同关注的焦点问题，通过画海报的形式抒发自己对水为主题的相关问题的关注。

2.学生开展田野学习，形成“节约水”“净化水”的问题概念，进一步形成问题解决的能力

学生到供水厂、污水厂开展田野学习，在学习过程中，逐步形成“节约水”“净化水”的问题概念。实验学校对供水厂和污水厂进行实地考察，与当地社区等组织进行资源整合，共同打造具有地方特色的实践社区。首先将供水厂的专业人员请到学校里开展知识讲座，随后让学生深入开展田野学习，到供水厂污水厂了解一手资料，了解水是如何供给市民的，以及工厂如何治理污水，对背景进行调查研究，在真实的环境和情境中学习，加深对知识的内化。学生在供水厂和污水厂的田野学习中，明确探究的问题“如何节约水”以及“如何净化水”，学生在供水厂按照“取水—沉淀—过滤—入请水库”的过程参观了水是怎么净化后送到家家户户的。学生在参观过程中，提出多样化问题“家里停水是不是因为水厂没水了？”感叹家用自来来之不易，“天哪，原来我们平时喝的水这么不容易得到啊！”“治理污水真的好复杂，我们要爱惜水”。如图4所示，学生在供水厂开展田野学习。学生在参观完供水厂和污水厂后，按照教师要求画出自来水厂净水过程流程图和污水处理流程图，设计智能污水处理系统，为后期制作污水净化装置做准备。如图5所示。



图4 学生在供水厂开展田野学习

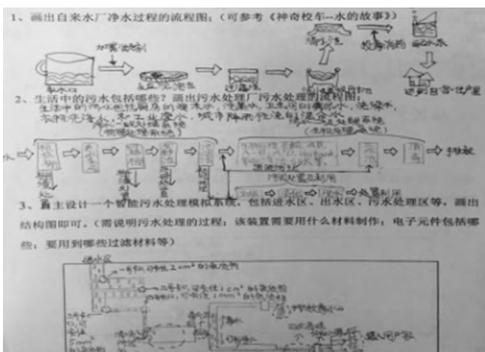


图5 学生完成设计任务单

3.学生探究“每天生活用水量式多少”“如何节约用水”，开发“节约水”的观念，促进科学探究和问题解决能力的培养

学生根据田野学习产生的问题“如何节约水”，以小组为单位开展问题分析、提出假设、搜集证据、即搜集数据、分析和处理数据，最后验证假设得出结论的科学探究活动。如图6、图7所示，学习者协作开展科学探究活动，探究“每天生活用水量是多少”“如何节约水”，学习者根据自己的生活经验提出问题“一家人每天要使用多少生活用水”，提出假设，“假设每日基本用水量为多少”，然后制定观察计划，在家收集“洗菜、洗碗、刷牙、洗脸”等多元用水量数据，然后分析与解释数据，最终得出结论和解决问题的建议，“淋浴时间应该减少一些，洗碗的时候应把水龙头调小一点”。

用水地点	用途	用水情况	用量估算(每天)
厨房	洗菜	每种菜分开洗，先放一盆水用安利浸泡，再换一盆水漂洗，最后流水反复冲洗	30升
	洗碗	每餐后洗，先冲洗残渣浮油，再放半盆水用洗洁精浸泡，用洗碗巾擦洗，最后流水反复冲洗。有时候洗碗时水龙头没有关严	30升
	烧开水	电水壶一壶、保温瓶一瓶	5升
卫生间	洗脸	洗脸用一盆热水，冬季热水龙头要放一盆没有热起来的水	30升
	刷牙	爸爸洗脸和刮脸用两盆水 爸爸刷牙时水龙头不关	
	洗小衣物	先浸泡，再用肥皂洗涤，最后冲洗干净	20升
	洗浴	淋浴时水龙头常开，冬天水热起来之前要空放很多水 每人每天淋浴，淋浴时间比较长 洗头 and 冲干净的时间比较长 爸爸洗澡唱歌时间很长	200升
	马桶	双开关马桶都使用最大档	20升
保洁龙头	做卫生	每天拖地擦桌面台面，每个房间换一桶水清洗拖把	30升
洗衣机	洗衣服	每天洗两三次衣服，使用自动模式	100升
阳台	浇花	每天一次	10升
合计用水量			380升

图6 学生调查记录每日家用水量

浪费水的做法	节约用水的方法
洗菜时反复漂洗浪费水	1) 几种菜一起浸泡，一起漂洗，能用半盆水就不多用，冲洗时候把龙头调小 2) 淘米和洗菜的水可以用来浇花
洗碗时多次放水浪费水	3) 减少浸泡，用洗碗巾把油污残渣擦去，再用适量洗洁精和少量水洗涤，冲洗时候把龙头调小
洗脸刷牙多次放热水浪费水	4) 刷牙时把热水龙头打开，这样洗脸时水已经热了 5) 洗脸和刮胡子同时完成
淋浴时间长浪费水	6) 避免长时间淋浴，应该间断放水淋浴，擦洗的时候要及时关水 7) 洗小衣物时打开热水龙头，洗澡时水就已经热了
马桶浪费水	8) 合理使用小水量冲洗
拖地换水频繁浪费水	9) 先扫干净，再拖地，从房间到客厅用一桶水，再从客厅到房间用一桶水，一共两桶水
洗衣机多次开动浪费水	10) 减少洗衣机使用次数，夏季可以手洗衣物，手动模式降低洗衣机用水量

图7 学生分析浪费水的原因并提出建议

4.学生开发污水净化装置原型，建构制作净水装置产品，以期“净化水”，促进工程设计的能力

美国科学教育标准(NRC)中定义设计过程为鉴定和定义问题,收集分析数据,定义解决问题的标准,制作原型,评价和选择合适的解决方案,实施方案,最终评价结果^[20]。该实践活动共6课时,依托课程为科学课和信息技术课。首先,学生定义待解决的问题,即如何进行污水处理,净化水资源。随后,学生利用网络收集和分析信息:“治理污水的工具具有哪些?需要采购哪些设备和工具?这些材料和工具需要满足哪些标准?如何利用科学的方法设计制作解决水污染问题的产品?”如图8所示,学生协作制定解决方案和确定解决方案的标准。制定基本解决方案和材料标准后,学生完成教师布置的设计任务单,设计构建污水净化器的原型。学生进行小组合作,将前期参观污水厂获取的信息、网络获取到的信息以及科学课学习到的知识进行整合,绘制污水净化器的原型。图9是学生设计的污水净化器,该设计注重分层处理污水,将物理与化学方法相结合,通过将污水进行聚集、净化、检验、聚集的方式对污水进行处理,并写到“这样就不用浪费水了,污水可以变成纯净水,二次利用咯”。

学生绘画污水净化装置设计图后,在教师指导下,不断优化设计。其后,结合设计图,实施制作污水净化器,并测试污水净化装置并评估。图10为学生制作污水处理净化器的实施过程。

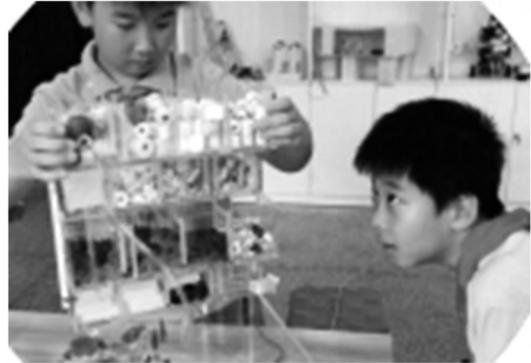


图10 学生制作污水处理净化器的实施过程

5. 学生结合教师、同伴与自我评价反馈,分享展示“节水报告”“污水净化器”等产品与作品,最终促进问题解决能力和协作能力的培养

学生将所学的知识运用到《水之旅》的主题学习中,设计制作以科学探究、数学问题解决为内核的多元产品,学生最后以报告的形式展示和分享得到的结论和建议。展示“节水报告”“污水净化装置”等产品与作品。在STEM+A(艺术)的分享与展示中,学生还将设计的海报、图画、书法、编排的戏剧、定格动画融入,将自身情感与知识经验融入,形成各具特色的设计报告、方案和成果作品,在创造过程中体验快乐和学习的乐趣。

五、基于设计的跨学科STEM教学效果测评

(一)研究目标

本研究设计单组前后测实验,选取武汉经济技术开发区实验小学四年级参与跨学科STEM课程的265名小学生为研究对象,其中男生133人,女生132人。以基于设计的跨学科STEM教学为自变量,以学生的跨学科学习态度为因变量,采用《跨学科STEM态度量表》为测量工具,探讨全校范围的基于设计的跨学科STEM教学对学生跨学科学习态度的影响。

(二)测量工具

问卷改编自Mahoney开发的基于STEM的学生态度问卷^[21]。该问卷从意识(Awareness)、价值(Value)、能力感知(Perceived Ability)、倾向(Commitment)四个维度调查学习者对跨学科STEM的学习态度。每个维度共7道题,共28道题目,分别调查学生对STEM课程以及对科学、数学、信息技术与工程的态度。问卷采用李克特五分量表,每题

序号	图片	名称	规格	数量	序号	图片	名称	规格	数量	
容器类		亚克力鱼缸	定制	1	电子材料		水质pH监测套件	Df	1	
		亚克力五盒过滤	定制 39*8*7	1			pH传感器	Df	1	
		亚克力大号四盒过滤器	定制 38*8*7	4			继电器	Df	5	
		加气过滤柱	亚克力圆柱 120*180	1			控制器	Df	2	
		沉淀池	亚克力圆柱 120*100	2			蓝牙控制器	Df	2	
雷雨云		云朵棉花	大号	1			液位传感器	Df	4	
		超声波雾化头带电源	12v	2			速度传感器	Df	1	
		水泵带电源	12v10m	4			语音播放模块	Bs*80	1	
						辅料		PVC板材	雪弗板 2.4m*1.2m	1
								线材辅料	电线led 辅料开关电源	一批

图8 学生查找制作的材料标准

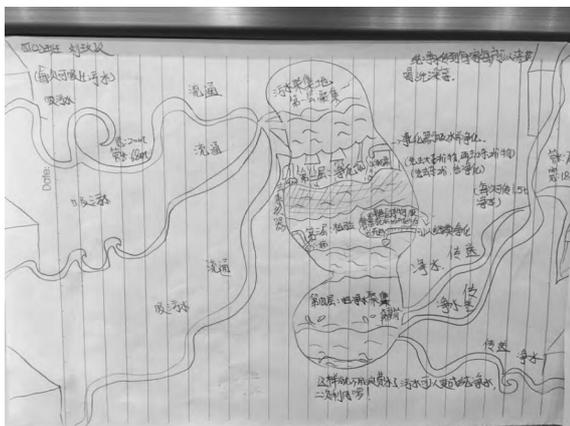


图9 学生设计的污水净化器

陈述有“非常同意”“同意”“不一定”“不同意”“非常不同意”五等选项。问卷具有良好的信度，在意识维度上，Cronbach的Alpha值为0.864，在价值维度上，Cronbach的Alpha值为0.86，在能力感知维度上，Cronbach的Alpha值为0.80，在倾向维度上，Cronbach的Alpha值为0.82。均在0.7以上，问卷具有较好的信度。学生在参与以水为主题的STEM课程前填写前测问卷，在结束STEM课程后填写后测问卷。

表2 跨学科STEM态度量表

维度	指标	题号					题数
		跨学科STEM	数学	科学	技术	工程	
跨学科STEM 学习态度 数学、科学、 信息技术、工 程学习态度	意识	A1、A2、A3	A4	A5	A6	A7	7
	价值	V1、V2、V3	V4	V5	V6	V7	7
	能力感知	P1、P2、P3	P4	P5	P6	P7	7
	倾向	C1、C2、C3	C4	C5	C6	C7	7

(三)实验研究数据分析

为了检验基于设计的跨学科STEM教学对学生跨学科学习态度的影响，在该教学开展的前后对学生进行了问卷前后测量，数据分析使用SPSS与Excel软件进行描述性统计分析推断性统计分析。

1.学生在开展跨学科STEM学习之前跨学科学习态度均值较高，在经过基于设计的跨学科STEM学习后，学生的STEM学习态度在意识、价值、能力感知和倾向维度上均值有提升。如图11所示。

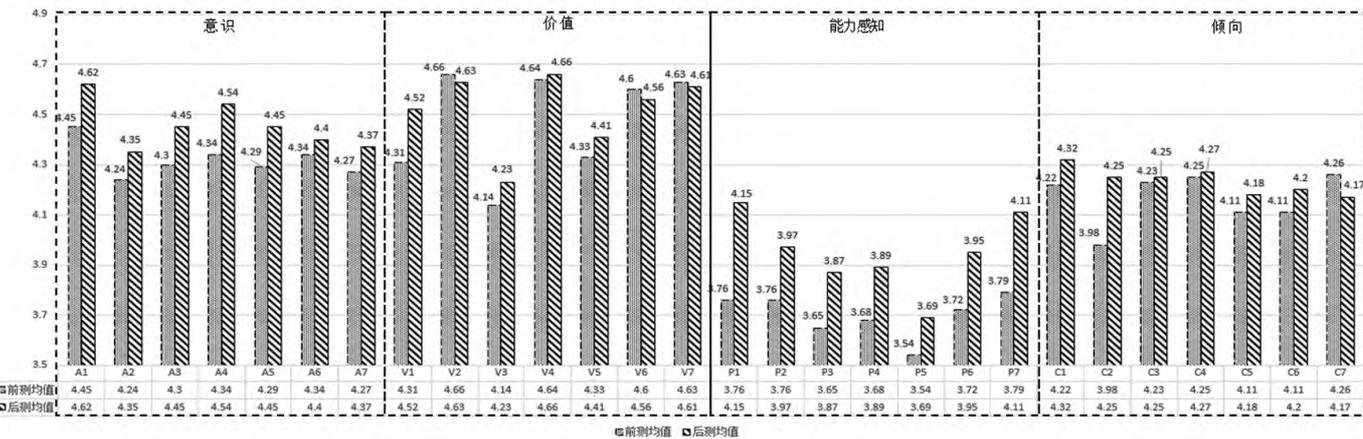


图11 跨学科STEM态度前后测均值

如图11所示，调查结果显示，学生整体STEM学习态度本身就较高，意识、价值、能力感知与倾向维度上均值分别为4.32，4.47，3.7和4.17，可能得益于该实验学校开展了近两年的创客学习，学生在创客学习的过程中，对信息技术、工程设计与制作、数学与科学融合的实践课有较为浓厚的兴趣。在开展跨学科STEM课程后，学生在意识、价值、

能力感知与倾向维度上有不同程度的提升。可见，STEM课程的学习促进学习者对基于设计的跨学科STEM学习更感兴趣，理解其价值，对自己的跨学科能力更自信，并增强未来从事STEM相关工作的意愿。

2.学生在经过基于设计的跨学科STEM课程学习后，在意识和能力感知维度上均值有显著提升，数据结果如表3所示。

表3 整体跨学科STEM态度前后测数据分析

变量	维度	样本量	前测均值	前测标准差	后测均值	后测标准差	t值
整体STEM 学习态度	意识A	265	4.32	0.62	4.45	0.45	-2.89**
	价值V	265	4.47	0.51	4.52	0.47	-1.09
	能力感知P	265	3.70	0.60	3.95	0.66	-4.50**
	倾向C	265	4.17	0.73	4.23	0.66	-1.14

注：*p<0.05,**p<0.01。

数据分析使用配对样本t检验。在经过基于设计的跨学科STEM课程学习后，学生的STEM学习态度在意识和能力感知维度上有所提升。在对STEM课程的整体意识维度上，学生对STEM课程的喜爱有显著提升(m前测=4.32，m后测=4.45，t=-2.89)。在对STEM课程的能力感知维度上，学生对STEM有更强的能力感知，认为“STEM课程对我而言很容易”(m前测=3.70，m后测=3.95，t=4.50)，在价值和倾向维度上，有部分题目显示出显著差异性，价值维度

上学生表示“STEM课程对我而言，很有帮助”显著增加(m前测=4.31，m后测=4.52，t=3.27，p=0.00)，在倾向维度上，学生表示“我以后想从事STEM相关工作”的意愿显著增加(m前测=3.98，m后测=4.25，t=2.78，p=0.01)。

3.在单个学科维度上，学生通过跨学科STEM学习后，在意识上认为数学和科学更有趣味性；在

能力感知方面,认为信息技术和工程变得更容易,具体数据结果如表4所示。

表4 STEM单科态度前后测数据分析

变量	维度	题目	前测均值	前测标准差	后测均值	后测标准差	t值
STEM学习态度	意识	4.我认为学习数学对我而言很有趣味性	4.34	0.82	4.54	0.70	-2.98**
		5.我认为学习科学对我而言很有趣味性	4.29	0.82	4.45	0.74	-2.27*
	能力感知	6.对我而言,信息技术学习的内容很容易	3.72	0.95	3.95	1.20	-2.40*
		7.对我而言,工程学习的内容很容易	3.79	0.87	4.11	1.09	-3.72**

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

在单个学科维度上,学生通过基于设计的跨学科STEM学习后,在意识上,认为数学与科学更有趣味性($t_{\text{数学}} = -2.98$, $p = 0.00$, $t_{\text{科学}} = -2.27$, $p = 0.02$);在能力感知上,认为信息技术和工程学习更容易($t_{\text{信息技术}} = -2.40$, $p = 0.02$, $t_{\text{工程}} = -3.72$, $p = 0.00$)。

六、总结与思考

本研究采用基于设计的跨学科STEM理论框架进行教学设计与实施,该模式强调通过主题联通学科,开展基于主题的全校范围的跨学科STEM学习,同时,以工程设计为核心,开展解决真实社会生活问题的学习和注重科学探究过程的学习。研究采用单组前后测准实验研究法,对学生跨学科STEM态度进行分析。研究发现。

(一)从跨学科STEM学习意识维度而言,学生在真实社会生活情境下的“水”主题学习中潜移默化的融入跨学科意识。学生对社会方面共同关注的焦点问题“水”兴趣浓厚,希望进一步从多学科融合的视角了解“水”的相关概念与知识。学生自发的在中午课间催促同组的伙伴“某某某,快来开会了”,午托时间是学生们自主活动学习《水之旅》的时间,学生自由组合,分工明确,共同制作“保护水”的科学英语绘本。事实上,该跨学科STEM教学模式的益处在于,主题是学习者感兴趣的社会话题,学生的学习融合数学、科学、工程设计与信息技术,甚至融合语文、英语和综合实践课程。学生在意识上不断的将真实生活的问题情境建构到跨学科知识中。“我很感兴趣水是怎么形成的?”“我想知道家里自来水是如何产生的?”“家里每天用了多少水呢?”“我准备上网搜搜污水处理有哪些步(骤)?”“我觉得净水器太酷了”。学生在协作学习的过程中提出的问题和话语建构中展现出物理、化学等科学概念以及信息技

术和工程实践概念与知识。在“水之旅”主题的学习中,潜移默化的融入跨学科意识。

(二)从跨学科STEM学习价值维度而言,学生在学习过程中,能感受到通过跨学科知识和概念解决共同主题问题的价值。A学生感慨“原来水的过滤这么复杂,要经过这么多道工序呀,设计这些的科学家真了不起!”B同学说道“我觉得自己真棒,通过向爷爷学习怎么估算用水量,我发现我们每天用水量真多。”。学生在学习过程中,为了解决“净化水”和“节约水”的问题,积极的构建跨学科知识,发现了科学的价值,“设计水过滤装置的科学家真了不起”,感受到数学的价值,“我自己计算了每天的用水量”,在引擎搜索的过程中感受到技术的价值,“我上网采购了原材料准备制作净水装备,我感觉我为净水做了一点小贡献。”,在设计和制作净水装置的过程中感受到了工程设计的价值。学生在学习过程中,感受到跨学科知识的价值。

(三)从跨学科STEM学习能力感知维度,学生对自身的科学探究能力、数学的问题解决能力以及工程设计能力和技术应用更有自信。规范学生按照科学的思维过程方式开展学习,例如,问题解决按照“产生问题、明确问题、实施计划、解决问题”,科学探究按照“提出假设、制定计划、收集数据、分析解释数据、得出结论”,设计过程按照“定义问题、收集分析信息、制定解决方案、制定标准、设计原型、迭代完善、评估分享”。C学生开心表示“我能制作净水装置了!”,D同学表示“我发现自己做一个净水装置也不难嘛”,E同学自豪的说“我感觉我也能解决水的小问题了,为社会做了一点贡献”。

(四)从跨学科STEM学习的倾向维度而言,学生对未来从事STEM相关学科以及STEM融合学科都表达了愿景。学生对于进一步开展基于设计的跨学科STEM活动表达了浓厚兴趣,“我还想通过这种方式学习其他主题,我还想探究天气,想探究桥梁,想探究食物”。学生对于进一步学习跨学科融合学科也表达了自己的渴望。F同学表示“我未来想做一名科学家,我想为保护地球贡献自己的力量”。

由于研究对象、研究条件、教师等多方面因素的限制,教学设计还有待完善。在今后的研究中,结合教学模式,还需结合主题开展更广泛的研究以及进行更科学的规范,同时,在研究方法上进行更严谨的设计和更深入的探讨。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部.教育信息化“十三五规划”[EB/OL]. http://www.moe.edu.cn/srsite/A16/s3342/201606/t20160622_269367.

- html,2016-06-07.
- [2] 中国教育科学研究院.中国STEM教育白皮书(精华版)[EB/OL]. <http://www.ict.edu.cn/uploadfile/2018/0507/20180507033914363.pdf>,2017-06-20.
- [3] 秦瑾若,傅钢善. STEM教育:基于真实问题情景的跨学科式教育[J]. 中国电化教育, 2017,(4):67-74.
- [4] 祝智庭,雷云鹤. STEM教育的国策分析与实践模式[J]. 电化教育研究, 2018,(1):75-85.
- [5] 义务教育小学科学课程标准[EB/OL]. <http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/201702/W020170215542129302110.pdf>,2017-02-15.
- [6] 蔡苏,王博文.美国STEM教育中社会组织的作用及对我国的启示[J]. 中国电化教育,2016,(10):74-78.
- [7] 赵士果,崔允灏. 比恩课程统整的理念及模式建构[J]. 全球教育展望, 2011, 40(7):32-36.
- [8] U.S. Department of Education. STEM 2026: A vision for innovation in STEM education[EB/OL]. https://innovation.ed.gov/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf,2016-09-01.
- [9] NGSS. Next generation science standards[EB/OL]. <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/AllDCL.pdf>,2017-09-01.
- [10] 张屹,赵亚萍等. 基于STEM的跨学科教学设计与实践[J]. 现代远程教育研究, 2017,(6):75-84.
- [11] 唐焯伟,郭丽婷等. 基于教育人工智能支持下的STEM跨学科融合模式研究[J]. 中国电化教育, 2017,(8):46-52.
- [12] Kolodner J L. Educational implications of analogy. A view from case-based reasoning[J]. *Am Psychol*, 1997, 52(1):57-66.
- [13] Brock W H, Price M H. Squared paper in the nineteenth century: Instrument of science and engineering, and symbol of reform in mathematical education[J]. *Educational Studies in Mathematics*, 1980, 11(4):365-381.
- [14] Fortus D, Dershimer R C, Krajcik J, et al. Design-based science and student learning[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2004, 41(10):1081-1110.
- [15] Kim P, Suh E, Song D. Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom[J]. *Educational Technology Research & Development*, 2015, 63(4):1-28.
- [16] Huang S, Degen C, Ellingsen M, Bedillion M, Muci-Kuchler K H. Investigating the impact of an outreach activity on high school students' attitude towards STEM disciplines[A]. 122nd ASEE Annual Conference and Exposition[C]. 2015.122.
- [17] Mahoney M P. Students' Attitudes toward STEM: Development of an Instrument for High School STEM-Based Programs[J]. *Journal of Technology Studies*, 2010, 36(1):24-34.
- [18] Fortus D, Dershimer R C, Krajcik J, et al. Design-based science and student learning[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2004, 41(10):1081-1110.
- [19] 刘登璋. 詹姆斯·比恩课程统整思想研究[J]. 全球教育展望, 2017, 46(4):30-39.
- [20] Towne L E, Wise L L E, Winters T M E. *Advancing Scientific Research in Education*[J]. National Academies Press, 2004, 106(100):329-337.
- [21] Mahoney M P. Students' Attitudes toward STEM: Development of an Instrument for High School STEM-Based Programs[J]. *Journal of Technology Studies*, 2010, 36(1):24-34.

作者简介:

张屹: 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为移动学习与智慧教育、STEM教育、教育信息化技术标准、教育信息化测评与发展战略研究(zhangyi@mail.ccnu.edu.cn)。

李幸: 在读博士, 研究方向为STEM教育、移动学习与智慧教育、数字化教学设计(lixing1130@mails.ccnu.edu.cn)。

The Impact of a Design-based Integrated STEM Teaching on Students' Interdisciplinary Attitude

Zhang Yi¹, Li Xing^{1,3}, Huang Jing², Zhang Yan², Fu Yunhua², Wang Jue⁴, Mei Lin⁵

(1.School of Educational Technology, Central China Normal University, Wuhan Hubei 430079;2.Wuhan Economic and Technological Development Zone Experimental Elementary School, Wuhan Hubei 430056; 3. School of Education, Jiangnan University, Wuhan Hubei 430056; 4. School of teacher education, Huzhou University, Huzhou Zhejiang 31300; 5. Research Institute for Open Education, Hubei Radio and Television University, Wuhan 430074)

Abstracts: As an interdisciplinary education, STEM education has increasingly become the focus of the current knowledge economy society. This study proposes a four-tier design-based cross-discipline STEM theoretical framework that encompasses "subject content level, interdisciplinary conceptual level, instructional design level, and learning objective level". The framework emphasizes that learners are based on the real topic of social issues, conducting field study to transform crosscutting concepts, using "design" to iteratively generate products that solve practical problems, and promoting learners' acquisition of concepts, interdisciplinary attitudes, and problem solving. This study investigated the interdisciplinary learning attitudes of fourth-grade students in experimental primary schools in Wuhan Economic and Technological Development Zone through a single set of pre- and post-test experiments, from the perspectives of interdisciplinary awareness, perceived ability, value, and commitment. Studies have shown that design-based integrated STEM teaching improves students' interdisciplinary learning attitudes in the above four dimensions. At the same time, the awareness of science and mathematics is also significantly improved. And the perceived ability of technology and engineering is also significantly improved. This study provides a design-based integrated STEM teaching case in order to serve as a reference for researchers and practitioners.

Keywords: Design-based Learning; Integrated STEM; Theoretical Framework; Interdisciplinary Attitude

收稿日期: 2018年5月3日

责任编辑: 李馨