

美国北卡罗来纳州中学STEM学校的 教学设计及其启示*

赵慧臣

(河南大学 教育科学学院, 河南 开封 475004)

摘要:随着我国STEM教育的不断开展,其教学活动设计成为人们关注的问题。该文分析了美国北卡罗来纳州中学STEM学校教学设计的特点:通过STEM主题整合课程内容,有效连接校内外STEM项目,开展项目学习;通过技术与课程教学深度融合,优化STEM教学过程;开展真实性评价以及STEM技能展示,营造创新的文化氛围;形成社区/行业合作关系以及与高等教育连接,促进教师专业发展;关注缺少支持服务的学生,不断促进教育公平。基于此,我国STEM教育在教学设计方面应吸引社会力量,参与设计STEM教学计划;设计、开发与整合STEM学科的课程资源;提供技术服务和设备支持,服务STEM教学;开展STEM教师专业培养,提高教师的STEM教学能力;关注弱势学生群体,逐步实现教育公平;构建多元化、真实性的评价体系,提升STEM教学效果。

关键词:STEM学校;STEM教育;教学设计;教学启示

中图分类号: G434

文献标识码: A

在“大众创新,万众创业”的大背景下,国家更加注重创新型人才的培养。STEM教育的主要目标是培养学生分析问题、解决问题的综合能力以及提高他们的跨学科思维能力,成为未来教育改革创新的重要方向。2015年教育部在《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见》中明确指出建议学校探索STEAM教育等新的教育模式。目前已有600余所中学引入了STEM教育课程。

目前而言,我国STEM教育在本质、本地化、与创客的关系、人才培养和课程等五个方面都面临着一些争议^[1],其教学活动指导、评价和改善亟需科学有效的标准。量规可以为STEM教学提供更加具体的参考,引导师生按照标准来优化教学过程,提高STEM教学效果。美国北卡罗来纳州中学STEM学校基于量规开展有效的教学设计,分析其特点和启示,可以为我国STEM教学提供指导。

一、美国北卡罗来纳州中学STEM学校的教学设计概况

北卡罗来纳州中学STEM学校综合了科学、

技术、工程和数学四门学科,并且与州、国家、国际和行业的标准是一致的。北卡罗来纳州中学STEM学校“STEM属性(STEM Attributes)”主要描述了一所优秀的中学STEM学校应具备的特征,其教学设计包括10种STEM属性,列出了2~5个“要素”的关键组成方面分别描述每种属性。4个阶段的“实施连续体”——“初期(Early)”“发展(Developing)”“成熟(Prepared)”“典型(Model)”依次排列在页面顶端,代表着每个要素实现的不同深度。

北卡罗来纳州中学STEM学校的教学框架如表1所示。其中,1~6是关于STEM教学设计,7~10则主要为STEM教学提供方法与途径。前10个属性适用于中学;第11个属性仅适用于高中。

表1 基于量规的中学STEM学校的教学框架^[2]

北卡罗来纳州中学STEM学校的教学阶段	初期	发展	成熟	典型
综合了科学、技术、工程和数学四门学科,并与州、国家、国际以及行业标准相一致				
1.通过STEM主题整合课程内容,开展项目学习				
2.与校内、校外的STEM项目有效连接				
3.技术与课程教学的整合				
4.真实性评价以及STEM技能的展示				
5.综合性STEM课程的开发,社区/行业合作关系以及与高等教育的连接				

* 本文系2016年河南省哲学社会科学项目“我国中小学实施科学、技术、工程和数学(STEM)教育的路径与对策研究”(项目编号:2016CJY032)、2017年度河南省教育科学规划重点课题“中学STEM(科学、技术、工程、数学)教育的国际经验与本土探索”(课题编号:[2017]-JKGHZD-02)的研究成果。

续表1

6.推广、支持以及关注服务群体、尤其是女性、少数民族和经济欠发达地区等				
社会和行业的持续性参与				
7.一种联通性的STEM课程教学被教育、社区和商业部门所采纳				
8.基于工作的STEM学习经验可以提高师生STEM技能领域所需的兴趣和能力				
9.商业与社区的合作关系可以提供教室以外的指导、实习以及其他STEM机会				
与高等教育联系起来				
10.学生的职业道路与高等教育STEM课程教学相得益彰				
11.在社区学院、学院和(或者)大学信用完成				

二、美国北卡罗来纳州中学STEM学校的教学设计

STEM教育鼓励学生整合不同学科的知识,通过动手实践解决当前遇到的问题,培养学生的STEM素养以及跨学科思维能力。北卡罗来纳州中学STEM学校基于量规开展教学设计,有力地促进了课程教学的开展。

(一)通过STEM主题整合课程内容,开展项目学习

基于项目的学习是STEM教学活动最常用的教学或学习方式之一,因此,通过STEM主题整合课程内容,开展项目学习主要体现在基于项目的学习频率、整合STEM学科知识频率、基于项目的合作频率以及支持STEM教学活动的物理空间设计四个方面^{[3][4]},如表2所示。

表2 通过STEM主题整合课程内容开展项目学习

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1.基于项目的学习频率		很少用于STEM教育	每月运用于STEM教育	每月运用于STEM教育以及相关学科教学	经常运用于STEM教育以及相关学科教学
2.STEM整合的频率(教师整合STEM学科、学生组织跨学科知识的情况)		25%的STEM必修和选修课	25%-50%的STEM必修和选修课	50%-75%的STEM必修和选修课	超过75%的STEM必修和选修课
3.基于项目的合作频率(教师通过专业学习社区和共同交流来共享STEM活动以及规划学习成果)		每半年共享	每季度共享	每月共享	每周共享
4.物理空间(计算机实验室(教室)被改造为协作空间,项目工作地点作为师生面对面、虚拟协作(展示)的空间)		在特定场合被改造	偶尔被改造	经常被改造;可能还包括1个STEM实验室	多个设备或空间专为学生项目合作

1.项目学习的频率逐步提高

STEM教育中,学生通过项目实践活动将不同学科知识应用于解决现实问题。基于项目的学习需要教师和学生具备相应的信息技术应用能力、较为完善的跨学科知识体系。因此,基于项目的STEM教学活动以学生学习情况为依据,因地制宜来计划是否适合开展以及如何开展。

在初期阶段,学生主要通过教师讲解掌握和获得知识,很少开展基于项目的学习。随着学生跨学科知识内容的拓展、STEM素养的增强以及教师教学能力不断完善,在成熟阶段无论是学生还是教师均每月开展基于项目的学习,并且应用于所有的学科领域。在典型阶段,基于项目的学习活动已经被学生熟练运用,可以经常在STEM领域以及所有学科开展。

2.整合STEM学科知识的教师不断增多

教师的学科知识整合能力对STEM教学效果产生重要影响。在初期阶段,25%的STEM核心课程和选修课程教师经常明确努力地整合科学、技术、工程和数学四门学科的知识内容,并要求学生组织跨学科知识。在发展阶段、成熟阶段和典型阶段,分别有25%-50%、50%-75%、超过75%的STEM核心课程和选修课程教师整合科学、技术、工程和数学知识,要求学生独立组织跨学科知识。

教师需要根据教学情况和学生反馈,结合自身能力有目的、有计划地整合学科知识:不仅仅局限于STEM核心课程以及选修课程,而应将整合作为理念扩展至现实生活中。此外,STEM学生同样需要能够学习、整合和应用跨学科知识。

3.基于项目的合作更加频繁

基于项目的合作可以为不同学科教师提供交流合作的机会,有利于消解不同教师之间的学科界限。学生则可以通过商讨如何完成学习任务,共同规划学习步骤,并在解决问题的过程中完成知识建构。

在初期阶段,不同学科教师之间的合作频率较低。STEM教师每半年通过参与专业学习社区和共同规划来进行合作,共享STEM教学活动计划。随着不同学科教师之间融合加深,从发展阶段、成熟阶段到典型阶段,STEM教师之间的合作、教学计划以及教学成果的共享会议的时间逐渐缩短至每季度、每月乃至每周。

4.支持项目学习的物理空间设计

项目学习的开展需要为师生提供协作交流和成果展示的空间。随着师生STEM素养的不断提高、实践能力的增强以及协作程度加深,STEM项目学习的空间和设备的的需求会逐渐加强,需要管理者为师生提供必要支持。

在初期阶段,在特定的场合下计算机实验室(教室)被改造成学生合作的空间,项目工作地点作为师生面对面、虚拟协作(展示)作品的空间。从发展阶段到成熟阶段,计算机实验室(教室)从偶尔到经常性被改造为学生合作的空间,甚至可能还有1个专业STEM实验室。到典型阶段,多个设备或空

间专门为合作与项目而设置，以支持师生之间的协作交流、成果展示等。

(二)校内外STEM项目的有效连接

构建学校、社区、高等教育机构和企业之间的STEM网络可以为学生提供参与STEM项目实践活动、聆听STEM专家实践经验华和体验专业的STEM工作环境的机会，从而提高学生在STEM教育中的参与度，使学生认识到STEM教育对生活的价值^[5]。校内外STEM项目的有效连接主要体现在STEM网络、学生和STEM专业人员、研究与发展三个方面^[6]，如表3所示。

表3 校内外STEM项目的有效连接

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1.STEM网络(学校与其他学校、社区、高等教育机构和企业之间建立合作关系的情况，优质中学STEM学校解决方案的执行情况)		正在寻求建立合作关系，正在准备提供解决方案	正忙于建立合作关系，确定执行解决方案	已经签订合作关系，确定执行解决方案	已经建立具有共同愿景、互惠互利，甚至可监控、可评估的合作关系，确定执行解决方案
2.学生和STEM专业人员(学生获得STEM专家的直接经验、专业STEM工作环境或STEM内容的实践应用的机会)		领导者正在制定计划，为学生提供机会	每学年学生至少两次机会	每学年学生至少四次机会	每月学生都有机会
3.研究与发展(学校领导与STEM教师共享与他们STEM教育相关的实践与研究)		每年共享	每半年共享	每季度共享	每月共享

1.构建学校、社区、高等教育机构和企业之间的STEM网络

STEM教育提倡学校之间、学校与社区或企业之间建立合作伙伴关系，形成协同联动的知识创新共同体。其中，学校教育可以通过创建有效的STEM课程资源、创新教学方法和教学活动，促进学生参与STEM教学，并通过科学的评估改进课堂教学。

在初期阶段，中学STEM学校正在寻求与其他学校、社区、高等教育机构和企业之间建立合作关系，为建立优质的中学STEM学校提供有效的计划和解决方案。从发展阶段到成熟阶段，中学STEM学校从正忙于签订与其他学校、社区、高等教育机构以及企业之间商议，执行优质STEM项目或建立优秀中学STEM学校的解决方案。而在典型阶段，中学STEM学校已经与其他学校、社区、高等教育机构和企业之间形成具有共同愿景、互惠互利、甚至可监控、可评估的合作关系。

2.逐步增加学生与STEM专业人员的交流机会

随着STEM协作共同体的建立，学生参与STEM项目活动、体验专业STEM工作环境以及与STEM专

业人员的交流在逐步加深。学校应当构建与拓展多元化沟通途径，鼓励学生进行深层次的探究，期望所有学生都能参与STEM学习。

在初期阶段，学校领导者正在制定计划，为学生提供与STEM专家见面交流以及体验专业的STEM工作环境的校内外机会。从发展阶段到成熟阶段，学生每学年至少从两次机会变为四次机会，体验专业STEM工作环境或在校内外进行STEM项目实践活动。而到了典型阶段，学生每月可以获得此种机会。

3.通过分享交流不断完善研究与发展的计划方案

STEM教育研究与发展规划不仅是学校领导的责任，更需要教师、学生、家长乃至社区的支持。STEM学校领导、教师以及相关人士不断分享交流优秀的实践与研究成果，共同制定和完善STEM教育的计划方案。

中学STEM学校领导以及教师共享关于STEM教育目标的优秀实践与研究成果。在初期、发展、成熟、典型四个发展阶段，领导与教师之间的共享频率逐渐提高，逐渐缩减为每年、每半年、每季度、每月。

(三)技术与课程教学深度融合，支持STEM教学

STEM教育强调将技术融合到课程教学中，提高学生运用技术分析和解决问题的能力。探讨不同阶段STEM教育中技术的运用情况、信息资源的利用状况以及技术与课程的融合情况等，可以让师生及时了解目前技术与课程融合的问题，采取针对性措施以信息技术优化课程教学^[7]，如表4所示。

表4 技术与课程教学不断融合

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1.面向STEM的信息技术		已经确定相关的技术工具	高达50%的师生精通相关的技术工具	50% - 75%的师生精通常用的技术工具	超过75%的师生精通常用的技术工具
2.STEM教育信息资源(STEM师生获得与基本技术标准对应的计算机(基于网络)的教学资源情况)		很少获得	每年获得	每半年获得	每月获得
3.计算机和网络技术(STEM教师运用计算机、网络、手机、虚拟现实以及其他技术工具来支持教学的情况)		偶尔运用	每周运用	每天运用，这些技术工具经常在学生手中	技术工具无缝融合于教学中，这些技术工具持续在学生手中
4.技术支持(STEM教师获得教学技术工具维护支持的情况，信息技术设备工作时间的情况)		很少有机会，信息技术设备不能长时间工作	偶尔有机会，信息技术设备偶尔不能延长工作时间的	经常有机会，信息技术设备很少不能延长工作时间的	根据所需获得。信息技术设备很少不能延长工作时间的

1.STEM师生应用信息技术的比例不断增加

随着STEM教育不断深入，技术对师生提供的



支持逐渐多样化, 师生的技术需求不断增加。在STEM教学中, 学生需要利用技术手段支持创新活动, 通过技术真正实现与传播创意。

在不同阶段, STEM教学的师生需要不断加强对相关技术工具的熟练度和使用频率。在初期阶段, STEM课程教学相关的技术工具已经确定, 这些技术工具是参加STEM师生要学习和掌握的。在发展阶段、成熟阶段和典型阶段, 50%、50%-75%、超过75%的师生精通这些常用的技术工具。

2. STEM师生应用教育信息资源的频次不断提高

在不同阶段, STEM师生能够获取和利用的技术资源的频次不同。在初期阶段, STEM师生很少能够获得与北卡罗来纳州基本技术标准对应的计算机(基于网络)的教学资源。在发展阶段、成熟阶段、典型阶段, STEM师生分别为每年、每半年、每月能够获得相应的教学资源。这表明, 经过培训以及实践活动, 师生的信息技术素养不断提高, 应用技术手段搜集、分析和应用信息的能力不断加强。

3. STEM师生应用计算机与网络技术的能力逐步提高

技术不仅是开展STEM教学的核心要素, 更是支持STEM教学创新的重要手段^[8]。因此, STEM师生的信息技术应用能力对创新STEM教学以及促进学生发展具有重要作用。技术不只是一种支持或辅助教学的手段, 更是把创意转化为现实成果的桥梁。

STEM师生应该不断创新教学方法和技术应用方式, 把信息技术融入创新教学和创意实现中。在初期阶段, STEM师生偶尔运用信息技术来支持教学。从发展阶段到成熟阶段, STEM教师从每周变为每天运用技术工具来支持教学和学习。而在典型阶段, STEM教师将技术工具无缝融合于教学中。

4. 技术设备的经常维护与有效支持

不断提高技术设备的支持与维护程度, 可以为STEM教学提供可靠的帮助。从初期阶段到典型阶段, STEM师生获得的支持不断增加。在初期阶段, STEM教师获得有限的教学技术工具的维护和支持, 信息技术设备不能长时间工作。从发展阶段到成熟阶段, STEM教师从偶尔到经常会获得教学技术工具的支持和维护, 信息技术设备偶尔不能延长工作时间。在典型阶段, STEM师生可以根据自身所需获得技术工具的支持与维护, 信息技术设备很少不能延长工作时间。

(四)开展真实性评价以及STEM技能展示

STEM教育以跨学科方式引导学生通过合作和实践完成项目或生活中的问题, 以培养学生解决

问题的创新能力。传统的单一的评价方式难以对STEM教学进行客观、真实的评价。STEM教学需要关注真实性评价、教师协作发展评估、STEM成就激励措施、文化创新四个方面^[9], 如表5所示。

表5 开展真实性评价以及STEM技能展示

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1. 真实性评价(STEM核心课程以及选修课教师运用多样化指标评价学生的成功)	教师被鼓励和支持运用	教师运用	多达50%的教师运用	50%-75%的教师每年多次运用	超过75%的教师经常运用
2. 教师协作发展的评估(STEM教师共享协作式发展的评估策略、共同制定促进学生成功策略的情况)	每半年共享评估策略	每半年共享评估策略	每季度评估策略; 共同制定成功的策略	至少每月反思学习情况, 共同制定多样化的策略	至少每两周反思协作和学生情况, 共同制定多样化的策略
3. 庆祝STEM学习成就(学生、教师和管理人员为STEM学生的学习庆祝)	每年庆祝	每半年展示和庆祝	每季度通过现场展示和在线展览的方式庆祝	每月庆祝, 通过现场展示或在线展览的方式庆祝	每月庆祝, 通过现场展示或在线展览的方式庆祝
4. 创新文化(项目领导者给予学生荣誉, 鼓励STEM学生创新)	每年	每半年	每季度	项目文化不断地赋予学生荣誉	

1. 开展真实性评价的教师不断增加

STEM教学评价应具有多元化的评价理念, 发挥师生等多元化评价主体的作用; 应考虑学习的过程性、实践的真实性以及教学绩效等因素, 开展真实性评价, 从而建立面向STEM综合素养的评价体系。

在初期阶段, STEM核心课程以及选修课教师被鼓励和支持运用多样化指标与方式评价学生的学习成就。从发展阶段、成熟阶段到典型阶段, 分别50%、50%-75%和超过75%的STEM核心课程教师和选修课教师运用多样化指标评价学生的学习成就。

2. 教师协作发展的频次不断提高

教师之间的知识共享、经验交流可以促进教师的专业发展。在评估教师协作发展的过程中, 除了要监测学生的学习情况, 以通过协作制定或改善评估和发展策略外, 还应评估、反思和改进教师的STEM教学能力, 以提升STEM教学团队的教学水平。

在初期阶段, STEM教师通过协作共享、制定和评估学生学习情况策略的频率较少, 每年共享两次。从发展阶段、成熟阶段到典型阶段, STEM教师从每季度转变为至少每月、每周共享评估策略, 共同制定、评估促进学生成功的策略, 以检测和反映学生学习情况。

3. 激励STEM学习成就的措施应用频繁

为营造积极的STEM学习文化, STEM学习者举

行庆祝和表彰活动。从初期阶段、发展阶段到成熟阶段，STEM教师、学生和管理人员由每年、每半年转变为每季度通过现场和在线展示成果的方式为优秀学生进行庆祝。在典型阶段，STEM教师、学生和管理人员每月为优秀学生进行庆祝，通过现场或者在线方式在州乃至国家论坛上展示学生成果。

采取相应的成就激励措施可以提高学生STEM学习兴趣、学习驱动力与积极参与STEM项目实践。激励学生的学习成就具体措施：(1)了解学生对STEM教育的兴趣，针对性地激发他们的学习热情；(2)为学生提供积极的情感体验，以减少对STEM学习的负面影响；(3)帮助学生将STEM知识技能与STEM职业联系起来；(4)帮助学生将STEM知识和技能与学生的兴趣和经验联系起来；(5)设立STEM教学奖学金。

4.不断营造创新的文化氛围

“STEM教育的最终结果是为社会培养更多的具有综合解决复杂现实问题的人，促进社会的发展”^[10]。STEM教育领导者鼓励学生不断进行创新，并且会给予创新者荣誉和奖励。在初期阶段、发展阶段和成熟阶段，项目领导者分别每年、每半年和每季度给予STEM学生荣誉以及鼓励创新。在典型阶段，创新的项目文化不断形成，STEM学生创新受到表扬、鼓励以及以物质刺激。

为了营造创新的文化氛围，除了增加给予学生奖励以鼓励创新外，还应该形成STEM教师团队的创新文化。具体措施包括：(1)向学生定期展示STEM教育发展现状；(2)鼓励STEM教师向学生宣传、介绍STEM职业；(3)为STEM师生提供丰富的专业知识。

(五)开发综合性的STEM课程，形成社区/行业合作关系以及与高等教育连接

STEM教学需要教师、学生、管理者、项目领导者、家长、社区、高等教育机构和企业之间建立共同体，通过合作来促进教师专业的发展，主要包括个性化专业培养、工作嵌入式(Job-embedded)专业培养、师生的特征以及专业培养频率四个方面^[11]，如表6所示。

表6 整合STEM课程的专业培养和社区/行业合作关系以及与高等教育连接

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1.个别化的专业发展(STEM教师参加课程学习的情况，是否确定专业发展目标)		参加大规模、面向初学者的STEM教学技能的专业发展课程	参加大规模、侧重于STEM教学技能的专业发展课程	教师已经确定独特的专业发展目标，并调整他们25%的STEM专业发展活动	教师已经确定独特的专业发展目标，并调整他们50%的STEM专业发展活动
2.工作嵌入式的专业发展(STEM教师运用该方法进行专业培养的情况)		每学年两次运用	每个季度运用	每月运用	每月多次运用

续表6

3.师生的特征(STEM教师专业发展活动的侧重点)	标准化、照本宣科的教学	每年根据不同类型的学生教授具体内容	每季度根据不同类型的学生教授具体内容	经常根据不同类型的学生教授针对性的内容
4.专业培养的频率(STEM教师每年参加与STEM相关的专业培养的时间)	10-20小时	20-25小时	25-30小时	30小时或更多

1.提高教师专业发展的个性化和专业化

为了满足不同类型学生的学习需求，教师需要提高STEM教学能力，创新教学策略、教学效果评估方式以及学生学习成就评价方法。不同阶段STEM教师所具备的专业能力不尽相同，STEM教师专业化培养、个性化培养的内容和程度有所区别。

在初期阶段，STEM教师参加大规模的专业培养课程，这些课程主要为初学者介绍相关的STEM教学技能。在发展阶段，STEM教师参加大规模专业培养课程，侧重于重要的STEM教学技能，可能会包括基于问题的教学策略、整合STEM或边缘学科信息内容。从成熟阶段到典型阶段，STEM教师已经确定了独特的专业培养目标，并实现从25%到50%的STEM专业培养活动以满足个性化、专业化的专业发展需求。

2.以工作嵌入方式促进教师专业发展

工作嵌入式培养主要指运用基于工作的或实践活动的培训方式，对STEM教师进行专业能力培养。通过参加与STEM相关的工作和实践活动，教师可以更好地把握STEM学科知识与现实问题之间如何连接，建立STEM课程知识与项目实践之间的紧密联系。

尽管培训方法主要是工作嵌入式或基于实践活动，但不同阶段教师培训的频率或程度不同。在初期阶段，STEM教师每学年接受两次专业培训。在发展阶段，STEM教师每季度接受专业培养。在成熟阶段到典型阶段，STEM教师专业培养由每月一次变为多次运用工作嵌入式的方法。

3.针对学生的特征和需要，进行因材施教

为了开展个性化的教学，STEM教师针对不同的教学内容和学生采取具有针对性的教学方法和教学策略。在不同阶段，STEM教师专业培养活动侧重于个性化教学的程度不同。在初期阶段，STEM教师专业培养活动侧重于标准化、照本宣科的教学策略。从发展阶段到成熟阶段，STEM教师专业培养活动由每年转变为每季度，侧重于根据不同类型的学生教授具体内容。在典型阶段，STEM教师专业培养活动经常侧重于根据不同类型的学生教授具



有针对性的内容。

此外,个性化教学培训还应关注学生需求:(1)项目实践活动能够满足不同学生的学习需求,并且学生可以自主学习;(2)项目实践活动应运用技术来关注学生个性化的学习需求、学习风格以及兴趣爱好;(3)学生须在规定时间内完成学习目标^[12]。

4.逐步增加教师专业培养的时间和内容

教师专业培养时间主要指STEM教师每学年参与与STEM相关的专业培训的时间。在初期阶段、发展阶段、成熟阶段和典型阶段,STEM教师每年参加与STEM相关的专业培养课程时间分别为10-20小时、20-25小时、25-30小时、30小时以上。教师专业培养时间的增加,有助于丰富教师专业培养的内容,有利于提高STEM教师的教学能力。

(六)关注缺少支持服务的学生,不断促进教育公平

STEM教育鼓励并倡导营造创新性、探究性、开放性和包容性的教学、文化,关注处于不同社会阶层和文化背景的学生,尤其是女性、少数民族和经济欠发达地区的学生。STEM教育被寄希望于作为减少辍学率、失业率和贫困率的关键因素。

中学STEM学校领导为解决弱势群体支持服务不足的问题,专门设计了指导方针,以提高弱势群体学生参与STEM学习的机会,主要在探究文化以及关注弱势学生两个方面^[13],如表7所示。

表7 关注缺少支持服务的学生以不断促进教育公平

要素	阶段	初期	发展	成熟	典型
1.探究文化		中学STEM学校领导者很少阐释什么是探究文化和创造力	中学STEM学校的核心参与者维持探究文化和创造力	探究文化和创造力在大多数中学STEM学校参与者中间存在	探究文化和创造力存在于中学STEM学生、教师和管理者之间
2.关注弱势群体(指导方针或具体实践致力于提高弱势群体学生的长期参与性的情况)		没有清晰的指导方针或具体实践	1项指导方针或具体实践被应用	至少2项指导方针或具体实践被应用	2项以上指导方针或具体实践被应用

1.培养探究文化

探究文化主要指中学STEM学校致力于营造探究和创新文化,把所有学生都纳入创新文化氛围中,以培养他们的探究能力和创新能力。培养探究文化既需要为师生共同参与探究学习提供合适的环境,又需要鼓励所有学生参与探究式学习活动,引导学生通过合作提出问题、做出假设、验证假设并得出结论。

在不同阶段,中学STEM学校尽管均强调将所有学生纳入到文化中,但对创新文化的重视和塑造

方式不同。在初期阶段,一些学校领导者向STEM参与者阐释什么是探究文化和创新。在发展阶段,中学STEM学校的核心参与者维持探究文化和创新。在成熟阶段,探究文化和创新在大多数中学STEM学校参与者之间处处存在。在典型阶段,探究文化和创新存在于中学STEM学校学生、教师和管理者之间。可见,随着STEM教学的开展,探究文化与创新的渗透群体不断扩展。

2.关注弱势学生群体

中学STEM学校专门为弱势群体学生设计相关指导方针,提高弱势群体学生参与STEM学习的机会以及维持其长期参与性。人们对弱势群体学生长期参与STEM教育的关注度逐渐加深,体现在指导方针与具体实践方面的增多。

在不同阶段,STEM学校对弱势群体学生的关注程度不同。在初期阶段,中学STEM学校没有清晰的方针或具体实践活动致力于从STEM教育方面来提高弱势群体学生的长期参与性。在发展阶段到成熟阶段,1项到至少2项指导方针或具体实践活动致力于从STEM教育方面提高弱势群体学生的长期参与性。在典型阶段,若干项指导方针或具体实践致力于在STEM教育方面提高弱势群体学生的长期参与性。

三、美国北卡罗来纳州中学STEM学校教学设计的启示

针对我国中学开展STEM教学的需要,本文分析和总结STEM教学需求和关键要素(教师学生素养、课程资源、支持服务、协作方式、教学策略等),兼顾国际经验和本土特色开展STEM教学实践。

(一)吸引社会力量参与,顶层设计STEM教学计划

STEM教育虽被国内专家和学者倡导,并已经逐步开展起来,但其顶层设计和阶段性规划有待强化。STEM教育的顶层设计和实施规划需要国家层面的推动下,吸引社会力量的支持,为开展STEM教育提供战略指导和有力支持。例如,美国政府发布《美国创新战略:确保我们的经济增长和繁荣》将STEM教育提升到国家教育发展战略高度,不仅有“项目引路”“变革方程”等第三方社会组织的积极参与,并且获得了英特尔公司、考夫曼基金会等大型企业和基金会提供的支持^[14]。以顶层设计为导向、以实践为检验标准,设计STEM教育实施计划和评估指标,有助于逐步推进STEM教育的发展,完善STEM教育实施效果。

(二)设计、开发与整合STEM学科的课程资源

整合STEM学科的课程资源不是简单地把四门学科课程知识进行线性叠加,而是把原本独立、分散的不同领域的学科知识和技能以活动为基础,通过形式多样的学习活动(基于项目的、基于探究的、基于主题的和基于问题)支持学生在解决问题的过程中实现不同学科知识与方法在不同情境中的迁移、运用和生成。

STEM课程资源建设的关键在于如何通过与现实生活紧密相连的、与社会需求相对应的主题将不同的学科知识融合在一起:(1)设计STEM课程资源要强调基于问题与真实情景。问题是跨学科知识与技能的连接点,而真实的情景是学生进行跨学科知识迁移的支架;(2)整合STEM课程资源需要不同学科教师和专家的智慧,更需要加强社会力量的支持。例如,美国STEM创新课程与英特尔公司、美国宇航局、美国航空航天协会、VEX机器人等共同合作,为美国STEM中学、高中学校提供课程资源;(3)STEM课程资源的整合要充分兼顾学校的特点和实际情况,建设符合学校特色的校本课程。

(三)提供技术服务和设备支持,服务STEM教学

STEM教育中的科学探究与工程设计需要技术手段的支持。开展STEM教学的技术服务为STEM师生提供所需技术设备和信息资源的维护和更新,并为师生利用技术创新教学过程、开展团队合作、分享创新成果等提供咨询、培训等支持。具体包括:(1)设置技术应用的情景,帮助学生了解该技术的应用价值;(2)提供STEM实验室以及设备,并进行技术培训;(3)进行产品制作的演示,不仅为学生讲解产品制作的原理,而且让他们在制作过程中进行探究;(4)进行总结和反思。

由于受办学水平差异的影响,STEM教学活动没有特殊或先进的设备是情有可原的,但用来支持学生和教师创作作品的STEM房间或学习区是实施STEM所需的。学校要为师生提供STEM教学相关的技术设备,然后根据学内容、教学目标以及教学实施情况组合合适的教学设备。此外,STEM学校要重视利用社会组织(科技馆、博物馆等)所创设的STEM相关模拟实验室或提供STEM学科的设备^[15]。

(四)开展STEM教师专业培养,提高教师STEM教学能力

STEM教师专业能力对开展STEM教学、促进学生发展方面来说至关重要。然而,我国基础教育阶段虽然有数学、科学、技术等课程,但课程之间的界限鲜明,整合上相对薄弱,对教师教学能力的培养主要针对某门学科或某个领域。STEM教育跨

学科、综合性的特征对教师提出了更高的要求。

“STEM教师需要采用一体化的教学和学习方法,不需要明确地区分出具体的学科内容,在教学处理上形成动态的、连贯性的学习。”^[16]

首先,教师要掌握多门学科的知识技能和教学方法,并将它们融合到具体的教学活动中;其次,采用多元化的培养方式(职前培训、进修等)对教师进行培训,增加STEM教师实习项目的数量和参加STEM项目的频率,提高其STEM教学能力。例如,采用基于实践活动、工作嵌入式等培训活动,提高教师的STEM教学能力和创新教学策略,以满足不同类型学生的学习需求;最后,引导教师通过知识的共享、经验的交流与成果的展示及时根据实际教学情况改善教学策略。

(五)关注弱势学生群体,不断促进教育公平

STEM教育倡导关注弱势学生群体,满足弱势群体的教育需求,提高弱势学生群体参与STEM学习的兴趣与机会。尤其重视女性和少数民族的学生,鼓励STEM教师到贫穷地区和少数民族地区教学以缩小教育差距,促进教育公平。

首先,需要明确解决STEM领域弱势群体的需求问题,尤其是关注女性和少数民族的学生;其次,针对弱势群体的需求问题,发挥信息技术优势,提高弱势群体学生的STEM参与程度;最后,通过针对性的招聘工作使STEM教育项目延伸到弱势群体^[17]。

(六)构建多元化、真实性的评价体系,优化STEM教学效果

鉴于STEM教育的跨学科、综合性等特征以及其重点培养学生的问题解决能力,STEM教育采取更加灵活的方式准确评估STEM教师教学效果和学生学习成就。STEM教学评价要以促进学生发展为根本目的,侧重于利用多元化、过程性评价等方式来了解教学效果,并及时调整和改进教学活动,以提高学生分析、探究和设计等能力。

真实性评价强调在完成任务或作品的过程中评价学生的表现,注重评价学生创新能力、实践能力和团队协作能力,更适用于以培养学生跨学科综合能力为目的的STEM教育。STEM教育评价可采用表现性评价以更加真实全面地评价学生的学习成就^[18]。作为真实性评价的具体表现,表现性评价指在真实的情境中,通过对学生完成作业或成果作品表现的观察和判断来评价学生的学习成就。

参考文献:

[1]赵兴龙,许林.STEM教育的五大争议及回应[J].中国电化教育,2016,



- (10):62-65.
- [2][3][4][6][7][9][11][13] Friday Institute for Educational Innovation. Middle School STEM Implementation Rubric [DB/OL].<http://www.ncpublicschools.org/docs/stem/schools/rubrics/middle-school.pdf>, 2016-10-09.
- [5] 周鹏琴,徐唱,张韵,李芒. STEM视角下的美国科学课程教材分析——以FOSSK-5年级科学教材为例[J].中国电化教育, 2016,(5):25-32.
- [8] 丁杰,蔡苏,江丰光. 科学、技术、工程与数学教育创新与跨学科研究——第二届 STEM 国际教育大会述评[J].开放教育研究, 2013,(2):41-48.
- [10][16] 詹青龙,许瑞.国外STEM教育研究的热题表征与进路预判——基于ERIC(2005-2015)的量化考察[J].中国电化教育, 2016,(10):66-73.
- [12][17] CTEq. Design Principles Rubric[DB/OL].<http://changetheequation.org/sites/default/files/CTEq%20Design%20Principles%20Rubric.pdf>, 2016-06-02.

- [14] 钟柏昌,张祿.项目引路(PLTW)机构的产生、发展及其对我国的启示[J].教育科学研究, 2015,(5):63-69.
- [15] 蔡苏,王沛文.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.
- [18] 李杨. STEM视野下的科学课程构建[D].宁波:浙江师范大学, 2014.

作者简介:

赵慧臣: 副教授, 硕士生导师, 副主任, 研究方向为教育信息化、课程群知识建构(zhc412328@163.com)。

The Instruction Design and Its Enlightenment of STEM School in Middle School in North Carolina in USA

Zhao Huichen

(Education College, Henan University, Kaifeng Henan 475004)

Abstract: With the continuous development of STEM education in China, how to design its teaching activities becomes a problem. The paper analyzed the teaching design in STEM School in Middle School in North Carolina, and drawled the conclusion about the characteristics of teaching design: integrating the contents of the curriculums through the STEM theme, and carrying out the project learning under the effective connection between the internal and external STEM projects; optimizing STEM teaching through the integration of the technology and curriculum; carrying out the authentic evaluation and the display STEM skills to create an innovative cultural atmosphere; formatting the partnerships between community / industry and higher education to promote teacher professional development; paying attention to the lack of support services for students to facilitate educational equity constantly. According to the experience about teaching design in STEM school in USA, the paper suggested that the STEM education in China should design STEM teaching plan in support of social forces; design, develop and integrate STEM curriculum resources; provide STEM technical technology services and equipment support to service the STEM teaching; carry out the professional training for STEM teachers to improve the teachers' STEM teaching ability; pay attention to disadvantaged student groups to achieve educational equity constantly; construct the evaluation system of diversity and authenticity to enhance the results of STEM teaching.

Keywords: STEM School; STEM Education; Instruction Design; Teaching Enlightenment

收稿日期: 2016年11月13日

责任编辑: 宋灵青