

从“分科”到“融合”:STEM 课程整合的困境与创新路径^{*}

王 林

〔摘 要〕实现从“分科”到“融合”的课程整合,是世界各国 STEM 教育变革的重要标识和关键环节。我国 STEM 课程整合面临诸多现实困境,主要表现为视野窄化、平面化、机制不健全、资源匮乏等。STEM 教育作为一个有机整体,其课程整合需要超越知识分支与学科分化的视界,从学科本质属性出发深度融合。从课程设计角度看,学科知识整合、问题情境整合和学习者中心整合成为三种可能路径。

〔关键词〕STEM 课程整合 整合路径

DOI:10.16194/j.cnki.31-1059/g4.2018.12.018

在关于 STEM 教育变革的讨论中,课程问题是核心议题,如何有效实现从分科到综合的课程整合,已成为世界各国 STEM 教育变革的重要标识和关键环节,但国内学术界尚缺乏有价值的深入探讨。有鉴于此,本研究拟从 STEM 课程整合的内涵和特征出发,分析我国 STEM 课程整合遭遇到的现实困境和创新的可行路径。

一、STEM 课程整合的内涵与特征

从课程角度看,STEM 教育作为一个有机整体,课程整合需要超越知识分支与学科分化的视界,其课程整合具有以下显著特征:

(一)课程整合的跨学科性

近代科学的产生是以分科为前提的,经过几百年的分化,中世纪四大学科已经演化为千百个学科与交叉学科,编织成了界限分明的学科体系;对自然界与人类社会的探究,也从综合走向分化,从朴素走向精确,最终结果就是人类积累的知识总量日益庞大繁杂,有限课程容量和无限知识之

间的矛盾越发凸显。美国学者莫里斯(Morrison)认为,对知识进行泾渭分明的划分,对于知识传授有所裨益,但这并不反映我们生活世界的真实性和趣味性。^[1]特别是库恩、利奥塔等人提出科学范式与宏大叙事以来,知识界开始深入反思高度分化的知识体系。在学科日益交融的今天,分科知识已显出很大弊端。

课程知识的跨学科整体建构是 STEM 课程整合最为重要的方面。在 STEM 语境下,知识的跨学科整合意味着任何一种科学现象或者科学问题,都包含了技术、工程与数学的意蕴;而要解决一个现实问题,不再将重点放在单一学科或局限于特定学科,它不仅需要科学知识,同时也要具有把问题转化为技术、工程与数学的能力;它强调实现技术创新,它是未来世界的创新者从多学科知识综合的角度,技术、设计、工程与数学素养协同参与的过程。将散乱的学科知识有机组合,从而形成跨学科知识系统,这正是 STEM 课程整合的出发点。^[2]

(二)课程整合的实践体验性

^{*} 感谢王林名师工作室专家委员会石亚兵博士对本研究所提的意见和帮助,文责自负。

在实践中培养学生解决问题与创新的能力,即在“动手做”和“真体验”中提升综合素养是STEM教育最重要的目标。无论是科学问题,还是工程、技术与数学问题,归根结底都是问题解决与技术创新的实践问题。在STEM课程整合过程中,课程内容将融于实践情景中,课程是由一个个或一组组具体的、与学生日常生活相关的情境或问题组织起来的,教师要做的就是引导学生运用多学科知识和工程设计思维去探究、发现、建构、设计、解决和创造。这种在学习中动手、在参与中体验、在体验中习得、在习得中创新发展的学习方式,将会催生出更多的创新型、创业型人才。例如,美国开发的优秀STEM课例《电梯》,它通过引导学生了解有关力学、传输、轴承、滑轮等科学概念,通过亲自设计电梯模型并测试其运行效能,不仅可以习得知识,还能在工程设计框架下灵活地运用和体验知识,将知识与现实勾连,并导向知识创新。

(三)课程整合的情境性

将课程中所涉及知识的实际生活面和情境引入课堂,通过特定情境下的问题来引发学生的科学探究,这是STEM课程整合的必然要求。知识具有情境性的基本特征,西方学者如波兰尼等多使用“个体知识”“实践性知识”“默会知识”“缄默知识”等概念来指称知识和情境的相互依存关系。也就是说,知识虽然是客观世界的抽象化成果,但是它的传递与运用却是情境化的,知识必然依存于特定的、相互联系的背景。加之课程内容的情景化有利于学习效率的提高,这势必会要求在STEM课程整合过程中需要把课程知识还原为丰富的实践情境,新知识也必定是与情境、环境互动建构的产物,而非抽象的灌输与演绎。知识的情景性对教师设计相应的STEM教育项目与课程提出新要求,“一方面要基于真实的生活情景,另一方面又要蕴含着所要教的结构化知识。这样,学生在解决问题的过程中,不仅能获得知识,还能获得知识的社会性、情境性及迁移运用的能力。情境性问题的解决,可以让学生体验真实的生活,获得社会性成长。”^[3]

(四)课程整合的协作性

STEM课程整合的协作性主要表现为两个方面:一方面是指教师之间的协作,STEM教育相关课程的教师都将要参与其中,这给教师突破自身学科局限,在课程整合框架发挥专业特长,增强学科融合,实现知识共享和专业发展提供了机遇。在长期分科教学背景下,形成了所谓的“专业主义”,不同学科的教师之间经验交流与学术探讨存在障碍,大多数教师的思维逻辑都从自身学科出发。在课程整合视野下,教师将共同开发与互相分享中逐渐走出专业主义与个人主义的藩篱,生成创新协作的校园文化,推动了STEM课程建设。另一方面是指学生学习过程中的协作与会话,STEM课程中所创设的问题与情景,它的探索 and 解决过程需要团体的协作,涉及的主体包括学生、教师、家长、专家学者、社区居民等,以任务驱动不同主体之间的会话,学习者要通过会话学会如何学习与增长新知识。

(五)课程整合的创新性

对于STEM课程来说,在知识管理、整合和共享基础上实现知识创新(Knowledge Innovation)是根本目的。STEM教育主张把知识情境化的融入到课程内容中,培养学生驾驭复杂信息、进行工程设计与建模计算的能力,引领学生参与深度学习,将知识不断地重组、架构和应用到新领域,并在此过程中不断创新。首先,从学习过程看,学生要想完成课程设定的任务,就需要整合四门基础学科的知识。解决问题的基本方法涉及许多不同的实践过程,如问题界定,模型开发和使用,数据的研究、分析和解释,数学和计算思维运用,确定解决方案等。在这种情境下,在问题或任务的驱动下,原理、工具、技术的使用变得有目的、有需求,学生也能将具体学科的情境与工程实践情境相联系,实现跨领域间知识的迁移,迁移则是旧知识重组与新知识产生的前提。其次,从STEM课程的最终学习成果看,“是让学习者通过STEM知识的综合运用去完成一个创新物品的设计和制造,其核心是创新的设计,是创新性的实现,是基于设计的学习在STEM教育中的特定应用。”^[4]

二、STEM 课程整合的现实困境

(一) 课程整合视野窄化

对 STEM 课程整合的认识,主要存在两个窄化误区。一是把 STEM 课程整合理解为科学、技术、工程和数学四门分支学科知识的综合,整合视野局限于学科知识或经验知识层面。究其原因,仍然是受到知识工具性与应试教育传统的影响,导致 STEM 课程整合局限于“静态知识”。需要明确的是,STEM 课程整合离不开分科课程,分科知识是整合的基础,但它不是简单的叠加,STEM 课程所要整合的内容、对象与要素更加丰富。

二是将 STEM 课程与综合课程、综合实践活动混淆等同。在基础教育课程改革过程中,我国逐步形成了“小学以综合课程为主、初中以综合课程和分科课程相结合、高中以分科课程为主”的课程导向,并在实践中建构了特色鲜明的综合课程,比如社会课、自然课、科学课和综合实践活动等。在国家课程政策的引导下,中小学均按要求开设了相应的综合课程,投入了大量资源来完善课程结构、课程组织与课程实施,并为科任教师开展了专业化的培训。因此,大部分教师都对综合课程和综合实践活动的概念和方式有比较明确的认识。也正因如此,很多教师不自觉地将 STEM 课程与综合课程、综合实践活动混淆等同。

(二) 课程整合的平面化

世界各国都在 STEM 课程的内容选择、课程编排与组织实施方面积极探索,我国 STEM 课程开发也处于实验阶段,国家层面的课程标准和教材还没有产生,课程开发的具体任务一般由学校承担。从开发主体看,自然、科学、数学、物理、化学等学科课程教师是主力军,课程开发人员可以借鉴国内外 STEM 课程经验,充分发挥自己的教学智慧,开发出适合学生发展的课程。同时,这也考验着开发人员的 STEM 课程整合能力,从开发现状来看,往往表现出其能力不足的问题。

“STEM 课程整合的本意在于将四门分支课程教学中零星分散的知识点有机地联系成意义丰富的整体,完成课程的意义化、内化、类化、简化。然而,现实中的课程整合往往只关注到其简化的一

面。”^[5]具体来看,主要表现为科目的简单拼合与平面化调整。比如,“教师将原本分科的教材内容直接安置到 STEM 课程主题之下,出现为整合而整合,不协调等拼凑现象。”^[6]典型表现就是课程平面化,即 STEM 课程开发主题并未认识到科学、技术、工程和数学课程之间的实质性联结,缺乏整体性,往往陷入一种机械的、简单的拼盘模式,一种“伪整合”的误区,注重的是科目结构的平面调整,缺少对学科知识、学生认知发展水平以及学生认识顺序的整体关注,使得学校在进行学科间课程整合时缺少依据,导致整合深度与整体度关注不足。

(三) 课程整合机制不健全

从规划 STEM 课程到课程开发、形成、实施和完善,需要跨越较长的时段,这就需要健全的机制提供保障。STEM 教育在欧美发达国家尚处于实践探索阶段,我国部分学校则已经提出了宏观课程整合规划与目标,目标往往比较理想化,由空洞的课程目标向具体的实践操作转化较为困难,不注重机制建设。大多数学校只是提出相应的课程设想,由于前期的准备不够充足,对实践中课程整合的问题估计不足,缺乏明确的操作规范和指引,在推行的过程中显得匆忙混乱。

(四) 课程整合资源匮乏

1. 校长缺乏 STEM 课程领导素养。新课改以来,学校获得了更多课程自主权,学校能够依据学校自身情况,发挥校长的课程领导职能,进行课程开发。课程领导是“以课程品质和学生学习成效的持续提升为目的,以学校行政领导为前提,由课程领导者引导成员集中更多精力关注课程与教学事务,共同创建学校课程愿景,朝着正确的目标前进,上下一心进行课程实践的活动过程”。在 STEM 课程整合过程中,校长普遍缺乏课程领导的经验,多数校长没有这方面的专业素养,相应的培训也较为缺乏。

2. 教师的 STEM 课程整合素养有待提升。教师是 STEM 课程的设计者,也是执行者,是决定课程整合成败的关键因素。STEM 教育要求教师具有课程整合的理论基础与实践能力。我国传统师

范教育是基于分科教育的,绝大部分 STEM 相关学科教师的培养都以分科教学为主。教师职业生活也以学科逻辑知识为中心,长期习惯于分科教学,转型难度不容小觑。

3.STEM 课程整合的教学条件支撑不足。教学条件是 STEM 课程整合与实施的重要载体,教学条件支撑不足是较为明显的制约条件,主要表现为如下几个方面。一是 STEM 课程文本缺乏。在自身开发受限的情况下,大部分学校教授 STEM 课程时,均移植发达地区的经验或者翻译国外 STEM 教材。在未充分研究、吸收和分析学情的情况下,盲目照搬就会导致 STEM 课程的水土不服。二是 STEM 课程的集成教学空间不充足。STEM 课程实施过程中,需要专门的教学空间,它集讲授、探究、制作、创造于一体,类似的教学空间普遍不足。三是支撑 STEM 课程整合的信息技术设备不足,多局限于多媒体领域,很少拥有 STEM 的配套技术设备,例如传感器、仿真实验环境等。

三、STEM 课程整合的路径创新

(一)以学科知识为中心的整合

以学科知识为中心的整合强调围绕着核心“知识”与“概念”来进行整合,它需要分析所学习内容涉及到的科学、技术、工程和数学学科最基本的学科知识和概念结构,并找到不同学科知识点之间的连接点与整合点,将分散的课程素材按跨学科的问题逻辑结构化,生成整合课程。具体而言,可以有两种方式:一是绘制课程知识图谱,按照知识间的逻辑关系组织课程内容,组织原则是使学生获得完整的知识图景;二是从核心概念出发,生发出更多与此相关的概念、原理和现象,使用特定的课程素材将概念序列化、串并联与结构化,从而形成完整的课程体系。下面以上海 STEM 云中心开发的《指南针 DIY》为例进行说明。

表 1 课程单元在 STEM 各方面的学科知识举例

科学	技术	工程	数学
概念:磁性 知识点:磁铁同性相斥、异性相吸的特点,地球磁场分布,理解指南针的工作原理。	概念:磁体 知识点:了解指南针的发展历史,探究磁化的金属体特性。	概念:指南针 知识点:制作指南针,通过实验改善指南针的结构与性能。	概念:力 知识点:了解安培力、洛伦兹力的概念,学习相关计算公式。

如表 1 所示,《指南针 DIY》单元教学期望学生通过系列背景经验活动学习特定的物理知识,并能够综合运用数学知识和计算机模拟操作能力来设计与构建指南针磁性作用的概念模型,并实际设计和解决指南针制作过程中存在的问题。在课程内容上,学生将了解指南针的背景知识,包括其悠久发展历史、理解磁体的特性和指南针的工作原理,通过有趣的探究实验,学习者将制作简易指南针,在动手操作的过程中深入理解科学知识,掌握实验操作技能,增强问题意识和问题解决能力。表 1 列举了该课程单元在科学、数学、技术和工程各方面的部分学习内容,体现了科学、数学、技术和工程的综合。整个课程以四个核心概念(磁性、磁体、指南针、力)为主线,按照“合并同类项”的原则来串联核心知识点,整个教学过程将同时运用数学知识和语言艺术能力来加强理解。从《指南针 DIY》课程设计思路可见,与学生 STEM 核心素养相适应的知识点与概念,均是具有基础性、统摄性和延伸性特征的,它们是 STEM 课程整合的根基所在。

(二)以问题解决为中心的整合

知识只有基于学习者的需要,才能产生社会功能。第三次工业革命以来科学知识的显著特点,就是多学科整合,并且强调将学术性的整合性知识转化为可解决实际问题的生活性知识。因此,推进 STEM 课程整合的一个基本原则即是“以生活经验为中心,解决实际问题”。解决问题的过程,也必然需要科学、技术、工程和数学知识的共同参与。正如有专家指出的那样,“当我们在解决实际生产和生物问题的时候,我们想到不仅仅是技术、设计和工程,同样也必须考虑到设计的科学原理和规律,只有遵循这些原理和规律,才能找到真正问题的本质,而数学技术等作为解决问题的工具,会越来越多地广泛使用。”下文将以《LED 做中学》为案例,分析其以生活经验为中心的课程整合过程。

从表 2 可见,《LED 做中学》课程设计是以“问题解决”为核心,基本设计思路是从学习者的日常生活经验中抽取具有典型意义的生活事件,如本

文 LED 灯的课程内容,并对经验进行课程设计,让学习者在实践体验中完成 STEM 教育。从表 2 可看到,课程设置了一个问题解决情景,即“动手制作并点亮一个 LED 灯”。从工程设计思维过程看,主要包括定义问题、创建设计、建立模型、测试验证、模型修正、展示交流六个部分,每个步骤都确定了对应的具体任务。很显然,解决这个问题的过程,需要融合多学科的元素。

表 2 《LED 做中学》的工程设计思维流程

	定义问题	创建设计	建立模型	测试验证	模型修正	展示交流
思维过程	识别并清晰理解问题及情境	提出设计与蓝图应对问题	形成工程设计模型与附件	开展试验与测试以验证模型	对模型与设计做出恰当修改	过程与素材的完整呈现
具体任务	制作并点亮 LED 灯	电路知识运用;材料的使用;柔性电路制作工艺	纸电路模型;电阻串联模型;灯片控制与开关模型	LED 灯片电压测试;点亮 LED 灯	解决短路等电路故障;增强作品设计的艺术感	问题解决过程与相互联系的学科经验的呈现

(三)以学习者为中心的整合

2016 年 9 月,美国发布了对 STEM 未来十年发展愿景的报告《STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education》,该报告提出了 STEM 课程整合的未来形式——以学习者为中心的学习空间建构。报告认为,STEM 课程整合应当突破“物理教室”的限制,转而为学生创设灵活且包容的学习空间(Flexible and Inclusive Learning Spaces)。这一学习空间包括自然世界、创客空间以及通过虚拟现实手段或基于技术的平台等,以加强学习者的 STEM 体验。灵活的学习空间可以适应各种学习活动,在非教师主导的课堂环境中,激发学生创造力,促进协作学习、发现学习以及实验学习。根据这份报告,可大致勾勒出未来 STEM 课程整合的新趋势(见图 1)。

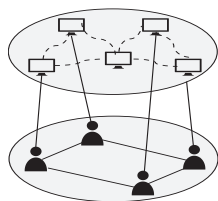


图 1 未来 STEM 课程整合与教育过程图^①

由计算机、互联网、大数据、控制技术、互动媒

介、大数据、云计算、仿真技术等组合而成的教育环境,将取代传统的课程教学技术,STEM 教育也将面临巨大变革。不同技术手段和资源之间的协同,将给 STEM 学习者创设更具灵活性和包容性的学习空间,这一学习空间将为所有学习者提供更为高效、便捷、个性与公平的教育,从而在 STEM 教育中真正实现以学习者为中心。“未来的 STEM 课堂将是以学习者为中心的,学习者可以在课外时间通过在线视频获得知识,随后在课堂上更积极地应用学习内容。学习者还可以通过其他技术来获得跨学科的、更加真实的 STEM 学习体验。”^[7]在这个更具灵活性和包容性的 STEM 教学空间内,教师、学习者以及其他参与人员,将围绕一组学习模块,组成个性化的学习团体,运用先进的技术手段和方法搜集信息、获取数据、分析证据,并设计、测试和改进问题解决方案。这个“杂乱无章”(Intellectually Messy)与高度自由的学习环境,将更多尊重学习者的主体性。

注释:

① <http://photo.blog.sina.com.cn/showpic.html?blogid=6611dd-cf0102vflh&url=http://album.sina.com.cn/pic/001RTffJgy6Qxsc5g6da>.

参考文献:

- [1]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).
- [2]叶兆宁,朱丽娜.集成式 STEM 课程如何实现各领域的集成[J].人民教育,2016,(12).
- [3]李春密,赵芸赫.STEM 学科课程整合模式国际比较研究[J].比较教育研究,2017,(5).
- [4]傅骞,刘鹏飞.从验证到创造:中小学 STEM 教育应用模式研究[J].中国电化教育,2016,(4).
- [5]夏绮云.课程整合,不仅仅是“合并同类项”[J].湖北教育,2015,(5).
- [6]李玉珠.学科课程整合的实践探索、问题及思考[D].首都师范大学,2007.
- [7]胡慧,胡盈滢.以 STEM 教育创新引领教育未来[J].远程教育杂志,2017,(1).

[王 林 安徽省六安市三里桥小学 237100]