

“中小学 STEM 教育”丛书
丛书主编 赵中建

小学STEM 教育实践路径与方法

——上海市世界外国语小学的探索

张悦颖 沈祖芸 主编



上海科技教育出版社

小学STEM教育实践路径与方法

——上海市世界外国语小学的探索

张悦颖 沈祖芸 主编

上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

小学STEM教育实践路径与方法:上海市世界外国语小学的探索/张悦颖,沈祖芸主编. —上海:上海科技教育出版社,2017.11

(中小学STEM教育丛书.第二辑)

ISBN 978-7-5428-6571-7

I. ①小… II. ①张… ②沈… III. ①科学知识—教学研究—小学 IV. ①G623.62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第175547号

责任编辑 顾姚星

装帧设计 符 劼

小学STEM教育实践路径与方法

——上海市世界外国语小学的探索

张悦颖 沈祖芸 主编

出版发行 上海科技教育出版社有限公司

(上海市柳州路218号 邮政编码200235)

网 址 www.sste.com www.ewen.co

经 销 各地新华书店

印 刷 上海师范大学印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 9.75

版 次 2017年11月第1次

印 次 2017年11月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-6571-7/G·3456

定 价 36.00元

STEM教育的根本动因和未来方向

(代序)

科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)这四门学科已经存在很长时间了,为什么现在会如此强调四门学科的交叉融合和有机统整,倡导STEM教育这样的新范式?世界究竟发生了什么变化,让我们对教育变革的呼声如此迫切?问题的答案只有一个:信息技术的迅猛发展,创造了一个全新的世界,也为科学教育变革创造了新的可能性。只有明白这点,才能更好地理解STEM教育的现实背景,才能更好地推进STEM教育。

一、信息化拓展了学习的形态

从储存的方式来看,知识可以分为细胞知识(储存在人脑之中,在有文字出现以前,只有这种方式)、原子知识(存在于纸张、录音带上,主要在图书之中)和比特知识(储存在数字化的网络空间)。在信息化浪潮来临以前,世界只有两种知识形态,要么在书本上,要么在人的脑子里,而这两种形态决定了知识稀缺的现实,谁掌握有知识的头脑或丰富的图书,谁就有了学习的机会和权利。但是信息技术在短短的几十年里,就颠覆了知识稀缺的状况,大大拓展了学习的形态。

一是拓展了人与人发生学习关系的空间。原来学校学习只能在一个真实的班级里发生,因为有了信息化,现在学习可以在世界范围里发生。比如来自中国山区的孩子,就可以通过网络,在可汗学院学习学科知识。世界开始像同一个学校,同一个班级。

二是拓展了学习发生的机会。原来知识掌握在少部分人手里,因为有了信息化,现在我们可以极短时间里用极低成本,来获取需要的知识。电子书籍、电子期刊、各种知识类APP和网络课程,都能使需要的知识快速呈现在学习者面前。

三是拓展了学习经历分享和积累的途径。在网络空间的学习过程,会产生真实的学习记录;同时在现实世界里的学习场景,也可以用视频或照片方式记录下学习过程。这些都是不可再生的数据资源,可以用信息技术来充分分享、储存和分析,从而实现学习者之间的学习关联。

因此,信息化使原来班级授课制和教师传授式的学习形态转变为随时随地的学习,学习内容更丰富,学习过程更个性化,学习机会更均等化,同时也打破了单一学科的局限,超越了教师个人专业的局限,为科学、技术、工程和数学的融合教育提供了可能性。我们可以从一些学校的艺术教师、体育教师在STEM教学出众的表现中,发现这样一些特点:在世界范围里收集学习资源,在跨领域中寻找活动主题,在网络环境里充分交流展示,在多种技术的整合中实施教学。

二、信息化改变了学习的目的

很长时间以来,知识主要存在于图书之中和教师的脑子里,我们的教育也主要通过阅读和记忆来塑造大脑,学习的主要目的是延续和重复前人的生产知识。信息化创造了大量知识工具,把每个人从一个简单的知识储存容器或者简单的智力机器当中解放了出来。比如计算能力曾经是非常重要的技能,有了计算器这样的知识工具,每个人都可以算得又快又准,实际上学生已经没有必要用近10年的时间去学习加减乘除了。再比如,有了百度搜索、维基百科等知识工具,我们通过关键词搜索就可以获取很多知识。不必要记忆的东西不再去记忆,不必要掌握的技能不再要求掌握,这样就出现了所谓的“认知盈余”,从而增加出来了很多自由时间,一方面当然是给了人们更多的闲暇时间,但更重要的一方面是可以让人们去从事创造性劳动,用新的方法去塑造大脑,塑造适合创造性活动的个性化人脑神经回路。

信息技术创造和拓展了人人可以创新的平台。原来学生要创造、创新、创业的成本比较高,因为有了信息化,学生可以很方便地开展低成本的创造性活动。可以说,因为有了信息化,世界又重回年轻人的手里。世界进入了一个创新的爆发期,无数的创意改变了人们的生活,也在改变我们的观念。比如“喜马拉雅——一个人的电台”这项网络技术,能让普通学生创建自己的个人电台,孩子创造知识的时代已经来临。而这一点我们以前是无法想象的。再比

如,一些学校的3D打印,实际上已经成为STEM课程中的一个环节。学生在实施各个领域的项目时,非常自然地应用3D打印来制作项目中的零件或作品。

因此,信息化对教育最深刻的影响是改变了学习的目的——教育不再以记忆和重复人类过去的知识为目的,而是以造就个性化的创新型大脑为目的。归根到底,STEM教育的核心就是给学生提供更多的创造性学习机会,而成本低廉、高度集成的知识工具,为新的学习提供了支持。

三、信息化在STEM教育中的应用分析

从上面的分析来看,STEM教育不是传统科学、技术、工程、数学这四门学科简单的融合,而是以信息化为特征的跨学科教育变革,其教育内容、教学方法、学习资源和评估等方面,都深深烙上了信息化的印记。

一是科学、技术、工程和数学学科自身内容的变革,其特征是从记忆性知识向探究性知识、实践性知识迁移。比如过去学习“为什么杯子里的热水会变凉”这个科学问题,我们主要的目的是要学生掌握热传导这个现象;过去学习“怎样让杯子里的热水保温”这个技术问题,我们主要目的是让学生了解不同物质导热性的不同。现在我们可以把温度传感器放在水里,直接观察热水变凉整个过程的温度-时间图像,研究不同材料包裹杯子后热水变凉的不同情景,学生甚至可以自己带不同材料来分析。同样,小学阶段的数学,过去教师更多的是教学生进行数学运算;有了信息化,我们可以开始引导学生进行初步统计和图像建模等内容的学习,而这些学习内容在生活中非常普遍和实用。对学生来说,从真实生活经验而来的真实问题,成为学习的重要内容,会对学习的意义产生根本性的改变。学生通过体验知识获得的过程,促进元认知能力的发展,通过应用知识解决问题达成对知识的灵活掌握,促进对知识进行社会性、情境性的迁移运用。

二是以问题学习和项目学习为特征,用信息化这根珍珠链串联起科学、技术、工程和数学。科学以探究为主要方法,技术以设计为主要方法,工程以系统应用为主要方法,数学以演绎归纳为主要方法。如果不体现这些学科最为本质的方法,学校开展项目学习,要么是短期行为,要么是浮于表面的教学秀。我们欣喜地从一些学校的教学案例中看到,学校利用信息化手段,在体现了学科主要方法的同时,创造了整体性的STEM教育新的实施方法。这种新颖的教学方

法,在两种情境里都在发挥作用。第一种情况是在跨学科的主题学习当中,在探究课、拓展课上,让学生围绕解决生活当中的实际问题,去创造性地探究、设计,比如“荒岛逃生”项目和“水循环植物养殖系统”项目,得到了学生的喜爱。第二种情况是在基础型课程当中,在平时的科学课、数学课,甚至在语文、数学、艺术等课堂上,围绕着问题解决,形成了“像科学家工作般学习”和“像工程师工作般学习”的特点。

三是教与学环境的信息化,使STEM教育成为可记录、可传播、可分析的生态链。有些学校的STEM教育教师团队有一个微信群,教师们教学的点滴过程、教学设计的奇思妙想等,都会在这个微信群里共享,在不经意中建立起了一种教师互相学习和激励的机制,同时在向家长和社会传播的过程中,产生了宣传和辐射的效果。学校教师在研究某种材料固液态转变过程中,发现了一种有趣的材料,结果竟然可以用在其他教学环境中。某个孩子的创意作品,因为信息化传播的力量,在短时间里让这个孩子成为小有知名度的小小发明家,甚至去非常有知名度的“听道”论坛上演说。

综上所述,STEM教育显然不是简单地将科学、技术、工程和数学组合起来,而是要把学生学习到的零碎的知识转变成一个探究世界相互联系的不同侧面的过程,这里有一条隐形的线索,就是信息化的适当应用。分析每一个STEM教学案例,总有一个或几个环节,出现了信息化深深的烙印,无法剥离,应用自然。

四、教育的未来走向对STEM的呼唤

智人以制造和使用工具为标志,距今已经20万年了。发展到现在,人类对知识工具的灵活应用将成为创造性活动的核心。对教育而言,也到了应用知识工具创造新的教育形态的关键节点上。一是要应用知识工具创新课堂设计和学习设计,围绕发现问题、解决问题,学会知识工具的创造性应用,让学生体验全新学习过程,实现新大脑塑造。二是要应用知识工具,实现学生学习动力的多重激发:目标激励,教师鼓励,同伴挑战,知识魅力。而STEM教育恰恰综合体现了这个教育转型的要求。

从课程变革的角度看,目前世界上呈现出两个大趋势:一个是学科更加细分,商科、艺术、设计与技术(D&T)、媒体素养等内容也进入核心课程,为学生提供更充分的选择,并辅之以职业体验和志愿者服务,这是北美选择的教育道路;

另一个是学科消失,以主题学习、基于项目的学习(PBL)为主,围绕创造发明、角色扮演、挑战创业、问题解决等综合性活动组织学习路径,就如芬兰正在选择的道路。而这两者,都深深依赖于信息化的深度融入。当然有的学校也开始了第三条道路,上海徐汇区的康健外国语小学,采用“4+1 课程变法”,一周4天是学科教学,1天是综合性主题学习,这一群学生的发展情况将非常值得追踪关注。

课程即大脑,有怎样的课程,将造就怎样的大脑。教育未来的走向将深深影响到STEM教育的价值判断。人类并不会一直做同样的事情,也不会一直用相同的方式做事。有人认为,在整个生命史上出现过三次生命绽放:第一次绽放是在5.5亿年之前,寒武纪时代突然爆发了一场生物进化革命,产生了无数新的生命形式,实现了从多细胞生命到多样化生态的飞跃;第二次绽放大概是在10万年前,出现了人类语言,随后又出现了文字,使人类进入了文化进化的阶段;而目前阶段正处于生命的第三次绽放阶段,其特征就是信息化主导的数字进化,是人脑和电脑相关联,进入了一个以创新创造为主导的新时代。关于这个时代对教育的影响,笔者提出以下三个预测。

一是对于学习者而言,未来人类遇到的瓶颈将无关知识,而是如何形成共识。信息化破除了知识权威,让每一个人都有了表达的机会,而形成共识将难度加大。STEM教育当中,应该有更多的主题能够让学生体验观念冲突,并让学生们体验协商和妥协,而这方面实际上有大量的案例可以去实践,也非常值得我们用时间去让孩子们体会沟通和作决定。

二是对于学习者而言,未来人类面临的是超大教育规模带来的挑战。以前我们只有几个电台或电视台可供选择,现在可能已经有上千个电台或电视台可供选择了,未来可能人人都有电台或电视台,数据技术时代将大大改变我们的行为方式,学会选择已经成为核心要素。STEM教育有必要让孩子们了解,没有完美的选择,只有现实的选择,无论是设计方面,还是材料加工方面,真正科学的态度,并不是追求正确,而是解决问题。而且可以进一步明白,解决一个问题,往往会带来新的问题,这也恰恰是技术和人类不断进步的特征。

三是对于学习者而言,未来人类最大的特征是相互关联并透明,形成开放、集体的创新范式。信息化让每一个人的隐私完全处于脆弱的状态,如果大多数人不尊重这样一个现实,那么信息化将让未来人类生活在无比黑暗之中。STEM教育需要激发的是集体创造力,让人和人之间的连接变成资源和学会尊

重的机会,互相尊重,互相分享,并在思想关联中孕育创造力。创新实际上从来就是一个社会现象,一个人的创意只有得到别人的认同,才会真正变成改变社会的动力。因此在STEM教育当中,要创造机会让学生理解社会运作的系统性,了解不同角色在创造活动当中的重要性,理解竞争与合作、发展与成本、行为与规则。比如学生为了解决某个问题,可能会借助苹果公司的平台来开发APP软件,而这个过程当中创生出来的STEM教育资源,绝对不局限于开发出了一个APP,教师们必须仔细判断和引导过程性的教育价值。

信息化为教育打开的价值空间,只是刚刚开始,无论是教还是学,无论是知识传递还是创新体验,最激动人心的时代已经到来。但是,我们必须理解和把握未来教育的特征:不是要学得更多,而是要学得更多样;不是要学得更快,而是要学得更快乐。这两者,显然更是STEM教育成功的核心。

倪闽景

小学STEM课堂的学习识别

(序)

进行STEM学习的课堂究竟是什么样子的？它是如何运作的？怎样才能确定在课堂里进行的是真正的科学探究与学习活动？在本书之后章节中，我们通过大量案例细述其中的各个关键性环节和主要步骤。在这里着重提炼和分析三种我们在实施推进STEM过程中的观测点。

小学课堂是一个复杂的社会环境，学生在其中说、写、笑、学习并相互交流。它要求教师在多种知识领域中贯彻各种政策和标准。教师要满足各种各样的目标和需要，要对教育管理人员、学生、家长、政策制定者和整个社会负责。摆在第一位而且最为重要的，就是教师必须满足学生的需要。

STEM课程中的科学探究是一种促进学生学习的极好方法。我们在多年的实践中反复追问和尝试着回答几个问题：课程中的科学探究是什么样子的？学生在其中究竟该做什么最有价值？教师又应该在哪个环节介入合适呢？怎样的课堂环境才能支持这样的学习？于是，在大量的实践案例中我们提取了以下三个主要观测点。

一、第一个观测点：学生究竟在做什么？

假如身处一个进行科学探究的课堂之中，你希望看到些什么呢？我们将研究建立在对“动手、动脑”的课堂观察之上，力求表明我们在科学研究过程、学生科学素养以及科学知识的发展等方面的价值取向。

1. 学生把自己视为学习活动的主动参与者

- (1) 他们盼望着“做”科学。
- (2) 他们表现出学习的愿望。
- (3) 他们寻求合作，与同伴一起工作。
- (4) “做”科学时，他们充满自信；表现出愿意修正自己的观点、敢于冒险以

及健康的批判质疑精神。

(5) 他们尊重他人,尊重不同的观点。

2. 学生接受“学习的邀请”并乐意参与科学探究

(1) 他们表现出好奇,为观察结果陷入沉思与专注。

(2) 他们懂得利用机会和时间来检验自己的观点并对它们加以坚持。

3. 学生自己设计并实施探究活动

(1) 他们设计对比实验来检验自己的观点,并不坐等别人的指导。

(2) 他们制订方案开展探究来证明、拓展或扬弃自己的观点。

(3) 实施探究活动时,细心地运用各种材料,观察、测量并记录数据。

4. 学生运用多种方式进行交流

(1) 他们用多种方式表达自己的观点:笔记、报表、曲线图和图表等。

(2) 他们以交谈的方式与父母、教师以及同伴就科学问题进行讨论。

(3) 他们交流时常常使用科学术语。

(4) 他们交流已经形成的对概念的理解。

5. 学生提出揭示和解决方案并建立起初步概念体系

(1) 他们提出解释,这些解释基于先前储备的经验和正在进行的探究活动所获得的知识。

(2) 他们利用探究活动来解决自己提出的问题。

(3) 他们愿意对解释进行修正,把接受新观点视为知识的获得。

6. 学生提出问题

(1) 他们用语言或行动提出问题。

(2) 他们利用问题来引导探究活动,从而在探究活动中产生或提炼出更多的问题和观点。

(3) 他们重视并乐于提问,视之为科学的一个重要部分。

7. 学生运用观察结果

(1) 他们仔细观察,不仅仅是看看而已。

(2) 他们注意细节,寻求模型,探测关系与事件;他们留意变化、相似或者区别。

(3) 他们把观察结果与原先持有的观点相联系。

8. 学生对自己的科学实践进行批判性讨论

(1) 他们创建质量评价标准,并用它来评价自己的工作。

(2) 他们做报告,肯定自己的成绩,找出需要改进提高的地方。

(3) 他们与成人、同伴一起进行反思。

二、第二个观测点:教师在做些什么?

在STEM的课堂上,教师要减少直接灌输,将工作的重点转向示范、引导、驱动以及对学生展开学习的发现与评价之上。教师必须根据发现与评价所搜集的学生学习信息来不断调整教学策略。

教师的角色因此被模糊了边界,正在重新定义,包括要创建、保持学习的必备条件,使得学生能够在其中建构理解。同时教师要负起发展学生的概念以及创设学习情境的责任。

除了掌握那些在STEM课堂中要求学生掌握的技能之外,教师还需要掌握支持学生学习科学概念的工具、方法和技巧。

1. 教师作出行为和技能的示范

(1) 教师向学生展示如何使用新的工具或材料。

(2) 教师引导学生在课程实施过程中承担越来越多的责任。

(3) 教师帮助学生发展与策划、实践与记录、证明和下结论有关的技能。

2. 教师对知识学习的支持

(1) 教师帮助学生在理解知识的过程中提出试探性解释。

(2) 教师为学生学习知识介绍合适的工具、材料和科学的观点。

(3) 除了科学和数学外,他们还须使用适当的知识性术语。

3. 教师应用多种评价手段

(1) 教师能敏锐地感知学生的思考与学习状况,了解学生的想法。

(2) 教师与学生交谈,向学生提问、提建议以及相互交流。

(3) 教师行进在学生的学习之中,保持与所有学生接触。

(4) 运用适宜的线索和提示引导学生进入下一阶段的学习。

4. 教师作为推动者的行为

(1) 教师使用开放式的问题来激发学生进行探究、观察和思考。

(2) 教师耐心倾听学生的观点、解释和疑问,以便发展学生的技能和思维。

(3) 教师让学生观察新的事物,做新的尝试,鼓励进行更深入的实验和思考。

(4) 教师组织并鼓励学生之间的对话。

三、第三个观测点:学习环境怎样支持STEM学习

创建适合的学习环境是支持STEM学习的一个重要条件,但仅仅这样还不够。STEM课堂的学习环境与传统的“标准”课堂情境不太相同。课堂的学习过程可能会非常活跃,堆满各种材料,随处可见学生就科学现象进行讨论、合作实验,或是独立地进行思考与操作。

所有的课堂实践活动都在促进学生三方面的发展:知识概念性的理解;学习的技能和活动能力;态度和思维习惯。

要想让学生在STEM课堂中得到这些领域的发展,必须为他们营造出一个非常特别的课堂环境。

1. 学生在一个适宜的、有材料支持的环境中进行学习

- (1) 教室的设计适合以小组为单位的互动和探究。
- (2) 把学生问题的列表放在显眼的位置,让教室里所有的人都看得见。
- (3) 可以方便地在书桌或壁柜里找到各种常规用具。
- (4) 容易获得与所要探究的内容相关的各种材料。
- (5) 用多种方式展示学生的作业作品,以便于促进反思。

2. 学生在宽松、相互支持的情感氛围中进行学习

- (1) 学生的思考会受到鼓励和表扬。
- (2) 学生可以自由地表达自己的观点和主张。
- (3) 学生可以轻松地与同伴、教师进行交流。
- (4) 学生被鼓励与同伴分享各种信息和交流各自的观点。
- (5) 学生知道自己在做什么以及这样做的原因。

3. 学生在鼓励交流的各种组织方式下进行学习

- (1) 同桌之间、以小组或大组为单位或是全班一起进行学习活动。
- (2) 学生有许多处理反馈并相互学习的机会。
- (3) 学生成为“学习群体”中的一员,相互支持和相互影响。

以上是从上海市世界外国语小学(以下简称“世外小学”)和康健外国语实验小学(以下简称“康外小学”)的STEM课堂中提取的观测要素。课堂上的学习一定要让学生的思维真正投入对有趣现象进行的调查和研究之中。更加需要强调的是,在学校中要不断允许并帮助学生找到最适合自己的学习方式。

编者的话

STEM作为一种全新的教育模式进入中国也只是近几年的事情,但如今它却成为教育领域中一个非常热门的词语。学校对STEM教育有强烈的需求,也有诸多的顾虑。基本集中在如下两点:STEM课程和国家课程间的关系该如何处理?STEM教育的课堂样态和传统的课堂样态有什么样的区别?上海市世界外国语小学也许是最早进行STEM教育的学校之一。我们之所以着力构建STEM课程,主要出于两个考虑。首先,改变课程模式,取分科和主题式课程模式之长,在解决实际问题中使各门学科有目的地融合。其次,改变教与学的方式,主张在“情境”之中采用质疑的探究式学习方法,学生们通过解决真实世界的问题为自己“创造机会”。在若干年的实践过程中,学校一方面和美国、英国的若干所学校进行STEM课程的共建和培训,一方面依据我国的课程标准和模式探索适合本土教育的STEM课程构建的方式。在实施过程中,我们也遇到过很多的问题,走过些许的弯路。例如,刚开始时教师在STEM项目实施过程中代替学生预设结果,设计方案,让学生按图索骥地开展动手活动;或者是给学生配置相同的项目材料,使课堂变成了批量组装式的“加工场”。在不断地调整和改进过程中,我们发现STEM教育的目标达成主要取决于教和学的方式的改变。我们参考了美国国家研究委员会2013年颁发的《下一代科学标准》以及全国科学教师协会出版的《指导学生调研的提问之力量》的工作思路,鼓励世外学生像科学家探索未知和工程师解决问题的思维方式和路径去学习,力求实验与思维的有机结合,层层递进,使学生始终处于积极参与的状态中。不仅关注“要学生知道什么”,更关注学生“怎样才能知道”。在这样的探索学习中,加深学生对事物的认识和观察,最后完成对知识的“动态建构”。

现在市面上有关STEM教育和课程的书籍尽管数量有限,且绝大部分都是国外学校的经典案例,虽然十分精彩,但是总感到缺了融合本土课程文化这一

环节,很多学校在借鉴的过程中也会觉得有点生硬。作为STEM教育的实践者,我们或许知道一些关于一所学校如果要实施STEM教育可能会遇到的问题以及解决的方法。我们希望世外小学在STEM实践过程中形成的具有本土特色的课程构架和教学模式以及积累的操作性案例,能对其他学校开展STEM教育实践具有建设性的帮助。同时我也认为,世外小学需要提炼学校近年来的STEM课程实践并通过此来促使自己和教师们有更多的理性思考,可以让世外的STEM课程有一个质的提升。“思考永远是问题,行动才是答案。”这本书就是我们思考后的行动,给出的是世外小学自己的答案。

在本书即将出版之际,我要特别感谢赵中建教授。赵老师在世外小学的STEM教育实践过程中给予了高度的关注和中肯的指导,并在他主编“中小学STEM教育丛书”的过程中邀请世外小学的老师一起翻译出版了《设计·制作·游戏——培养下一代STEM创新者》一书。他认为“参与本书的翻译对于教师深刻理解STEM教育具有非常积极的作用,而通过翻译学习到的STEM教育理念和具体做法又在一定程度上指导着世外小学本身的STEM实践。”赵老师更希望世外小学的老师能用书籍文本的方式把自己在STEM教育实践过程中具有操作性的经验加以提炼,而本书正是这一提炼的结晶。其次,还要感谢沈祖芸老师和曹坚红老师。沈祖芸老师在百忙之中参与了此本书的编写,曹坚红老师对“荒岛求生”的项目给予了很多指导。最后感谢世外小学STEM团队的所有老师。感谢老师们有勇气去改变,感谢老师们有智慧去创造,感谢老师们有能力去实践,让世外的孩子们能在STEM课堂中掌握学习方式,搭建探索路径,提升思维品质,并连接真实世界中人类共同关注的问题,为孩子们在未来具备全球胜任力打下了坚实的基础。

张悦颖

目 录

PART I

世外小学STEM课程的构建与运行	2
像科学家、工程师工作般地学习	16
高质量STEM项目的标准有哪些	21
支持型的教学资源从何而来	25
教室环境布置怎样支持探究式学习	27
思维导图如何帮助我们理清思路	29
如何在STEM课堂中有效提问	32
如何组织和实施有效讨论	38
谁决定了“等待时间”	42
“失败”为什么在探究过程中是重要的	44
怎样确保学生在STEM课堂上的安全	46

PART II

以科学课为核心课程的STEM教学	50
设计为先	63
3D打印技术支持下的课堂教学	79
小学VJC程序设计机器人课程创新的初步探索	88
IMMEX-C——基于问题解决的多媒体互动练习与评估	99
“荒岛求生”	112
“屋顶农场”	125
世外TED大会——奇思妙想校长奖	135

Engineering

MATHEMATICS

Technology

Technology

Science

Science

Engineering

Mathematics

Technology

Mathematics

ENGINEERING

Technology

Technology

Science

Engineering

Engineering

PART I

Technology

Science

Mathematics

Engineering

Science

Engineering

Mathematics

Technology

Mathematics

ENGINEERING

Technology

Engineering

Engineering

Mathematics

Engineering

Mathematics

ENGINEERING

Science

Engineering

Mathematics

Technology