

中小学 STEM 教育丛书

主编 赵中建

基于实践的 STEM教学模式

STEM 学生登台秀

[美] 阿尔帕斯兰·沙欣 编

侯奕杰 朱玉冰 殷 杰 译
季民卿 聂婷华 邢 可
宋 娴 审校



上海科技教育出版社

中小学 STEM 教育丛书
主编 赵中建

A Practice-based Model of STEM Teaching

基于实践的 STEM教学模式

STEM 学生登台秀

STEM Students on the Stage (SOS)

[美] 阿尔帕斯兰·沙欣 编

侯奕杰 朱玉冰 殷 杰
季民卿 聂婷华 邢 可 译
宋 娴 审校

图书在版编目(CIP)数据

基于实践的STEM教学模式:STEM学生登台秀/(美)阿尔帕斯兰·沙欣(Alpaslan Sahin)编;侯奕杰等译. —上海:上海科技教育出版社,2016.12

(中小学STEM教育丛书)

书名原文:A Practice-based Model of STEM Teaching

ISBN 978-7-5428-6500-7

I. ①基… II. ①阿… ②侯… III. ①中小学教育—研究—美国 IV. ①G639.712

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第255159号

责任编辑 侯慧菊

封面设计 符 劼

“中小学STEM教育”丛书

基于实践的STEM教学模式:

STEM学生登台秀

[美]阿尔帕斯兰·沙欣 编

侯奕杰 朱玉冰 殷 杰 季民卿 聂婷华 邢 可 译
宋 娴 审校

出 版 上海世纪出版股份有限公司
上 海 科 技 教 育 出 版 社
(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)

发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

网 址 www.sste.com www.ewen.co

经 销 各地新华书店

印 刷 启东市人民印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 19.25

插 页 2

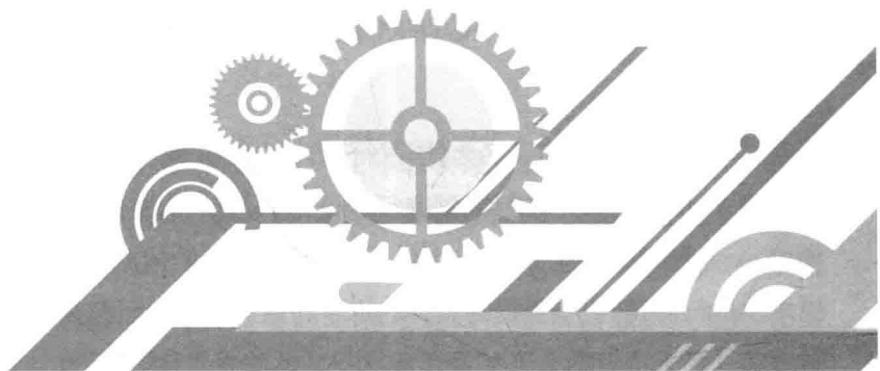
版 次 2016年12月第1版

印 次 2016年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-6500-7/G·3710

图 字 09-2016-380

定 价 68.00元



正确理解STEM教育

——“中小学STEM教育”丛书总序

最近,英国国际权威科学期刊《自然》(*Nature*)与美国权威科普期刊《科学美国人》(*Scientific American*)合作,在2015年7月15日出版的《自然》期刊上集中推出几篇从幼儿园到大学的“科学、技术、工程和数学”(STEM)方面的文章,并配以非常醒目的封面图片、名为《培育21世纪的科学家》的封面文章和名为《一种教育》的期刊社论,系统审视了全球STEM教育的挑战和希望。美国连接在校教育和职业生涯的期刊《技术》(*Techniques*)在2015年3月出版了STEM专题(STEM Issue),指出:当STEM教育的重要性和价值已经成为教育改革和经济发展的主要部分时,STEM教育就成为“今天的创新,明天的成功”。同样,由美国督导和课程开发协会主办的著名教育期刊《教育领导》(*Educational Leadership*)在2015年1月出版了题为《全民STEM》(*STEM for All*)的专题。这一切确切地传递着这样一个信息:现在是关注和重视STEM教育的时候了!

早在近30年前的1986年,美国国家科学基金会(NSF)就发布了名为《科学、数学和工程本科生教育》的报告,强调要“加强大学教育并追求卓越,以使美国下一代成为世界科学和技术领导者”,并就此向各州、学术机构、私营部门和作为联邦机构的国家科学基金会提出诸多建设性建议。这或许是最早提出STEM教育的一份重要文献(最初的英文缩写为SME&T)。国家科学基金会在1996年对美国大学科学、数学、工程和技术教育的十年进展进行回顾和总结,发表了名为《塑造未来:科学、数学、工程和技术教育的本科生教育新期望》的报告,针对新的形势和问题,对学校、地方政府、工商界等提出明确的政策建议,包括要大力“培养K—12年级教育系统中科学、数学、工程和技术学科的师资队伍”。2007年10月3日,

国家科学基金会又发布了名为《国家行动计划:应对美国科学、技术、工程和数学教育体系的重大需求》的报告(以下简称《国家行动计划》),针对面临的两项主要挑战,提出两个方面的措施:一是要求增强国家层面对K—12年级和本科阶段的STEM教育的主导作用,在横向和纵向上进行协调;二是要提高教师的水平和增加相应的研究投入。而10月3日这一天正是苏联第一颗人造卫星上天50周年纪念日。此时发表《国家行动计划》的目的,就是要向美国朝野警示:50年前的威胁今天正以另外一种形式出现,美国必须时刻不忘加强对学生的STEM教育。

这里还须提及的一份重要文献,是美国总统科技顾问委员会于2010年向美国总统提交的名为《培养与激励:为美国的未来实施K—12年级科学、技术、工程和数学教育》的报告。该报告的如下表述充分显示了STEM教育对于美国的战略意义和积极价值,这在一定程度上也显示出STEM教育的普遍价值:“STEM教育将决定美国未来能否成为世界领袖,能否解决如能源、卫生、环境保护和国家安全等诸多领域的巨大挑战。STEM教育将有助于培养国际市场竞争所需要的能干且灵活的劳动力。STEM教育将确保美国社会继续做出基础性发现并提升我们对我们自身、我们的星球和宇宙的理解。STEM教育将造就科学家、技术专家、工程师和数学家,他们将提出新的思想,制造新的产品并创造出21世纪的全新产业。STEM教育将为每一个个体提供为获取足够生活的薪水,以及为他们自己、他们的家庭和社区作出决定所必需的技术技能和计算素养。”

STEM是科学、技术、工程和数学(Science, Technology, Engineering and Mathematics)的英文单词首字母的缩写。我们可以这样来认识STEM:首先,STEM是分科的,它代表着科学、技术、工程和数学四门独立的学科领域;其次,STEM又是整合的,这或许是今天强调和重视STEM时最为看重的;再次,STEM还是延伸和扩展的。

就分科而言,这里以美国中小学各科标准为例予以说明。最早是美国全国数学教师理事会(NCTM)在1989年公布其《美国学校数学课程与评价标准》,而后又在2000年公布了新版标准《学校数学的原则和标准》。隶属于美国国家科学院的国家研究委员会(NRC)在1996年发布了美国第一份《全国科学教育标准》,且在2013年再次公布了标志着美国新一轮科学教育改革的新标准,即《下一代科学标准》(NGSS)。此次新科学标准第一次将工程和技术教育单独列出并加入到科学教育的标准中,且非常注重跨学科学习和实践参与,“旨在帮助实现科学和工程领域的教育愿景”。2000年4月,美国国际技术教育协会及其下属的“面向全体美国人的技术项目”隆重推出《技术素养标准:技术学习之内容》的全国性中小学技术教育标准。此外,美国国家科学院于2009年发布了由国家工程院和国家研究委员会组成之

“K—12年级工程教育委员会”提出的研究报告《K—12年级教育中的工程：理解现状和改进未来》，并提出中小学实施工程教育的三项原则和七条政策建议，其中的建议七提出：“国家科学基金会和美国教育部应该支持研究‘STEM素养’的特征和界定。研究者应该不仅要思考科学、技术、工程和数学的核心知识，还要思考连接这四个学科领域的大概念(big ideas)。”这是我们理解科学、技术、工程和数学作为各自相对独立的学科的基础。

作为集成战略的STEM教育并不局限于四门各自独立的学科，而是更关注其“整合”的意义和价值。这正如美国瓦利市州立大学(Valley City State University)的STEM教育中心官网在解释“什么是STEM教育”时所说：STEM“超越其首字母缩写所意味的，它远不止于科学、技术、工程和数学”，“STEM教育是关于学生参与的学习，是基于项目的学习，它运用科学探究过程和工程设计过程，是跨学科的，是关于积极学习的，是关于合作与团队工作的，是关于解决实际问题的，它连接抽象知识与学生的生活，整合过程和内容……”美国“项目引路”(Project Lead The Way, PLTW)机构的观点更明确了STEM教育的整合特点及其现实意义：

STEM教育课程计划旨在使学生参与以活动、项目和问题解决为基础的学习，它提供了一种动手做的课堂体验。学生在应用所学到的数学和科学知识来应对世界重大挑战时，他们创造、设计、建构、发现、合作并解决问题。

美国国家科学院出版社于2014年出版的《K—12年级STEM整合教育：现状、前景和研究议程》，对理解STEM教育的整合有了更为全面的认识，认为“STEM整合教育远不是单独的、定义明确的经验，它包括一系列不同的体验，涉及一定程度的联系。这些体验可能发生在—一个或几个课时内，贯穿整个课程，体现在单一学科或整个学校中，包含于校外活动中”；认为通过对STEM整合方案的研究获得如下三点重要启示：整合必须明确，支持学生学习单个学科的知识，整合并不一定越多越好。

同样，从目前发展的情况看，STEM教育本身也在不断扩展和延伸。首先，STEM教育发端于美国，但现在已经不断地出现在其他国家的教育改革中。如英国教育与技能部早在2006年就发布过《科学、技术、工程和数学计划报告》(*The Science, Technology, Engineering and Mathematics Programme Report*)，英国“代表教育之科学团体”(SCORE)机构在2010年发布了一份三次专业发展活动的总结报告《STEM提供者的变革性课程》(*The Changing Curriculum for STEM Providers*)；2013年全球STEMx教育大会的专题中涉及的国家有芬兰、澳大利亚、新西兰、赞比亚等；此外，还有“美洲国家组织对拉丁美洲与加勒比地区STEMx教育的支持”的专题。

其次,STEM教育本身也在扩大。如全球STEMx教育大会名称中STEM后的x就是最明显的扩大,这里的“x”代表着计算机科学、计算思维、调查研究、创造与革新、全球沟通、协助及其他不断涌现的21世纪所需的知识与技能,“其他不断涌现的”表示出一种极大的“包容性”。此次大会专题中还多次出现STEAM,如“以STEAM为支撑的高尔夫课程”“从STEM向STEAM进发”“STEAM设计”;又如2013年8月,中国第一届中小学STEAM教育创新论坛在浙江温州中学举办;以STEAM模型为中心的技术教育课程设计正成为当前韩国技术教育发展的最新动向。STEAM中的“A”即艺术(Arts)。

再次,STEM教育的实施正在越来越多地与教育信息与通信技术(ICT)结合,而后者的引入为STEM教育的实施提供了更为丰富的方式和途径。美国科学与技术研究联盟(ASTRA)于2013年7—11月连续发布了《2013教育技术》报告,对教育技术革命及其对教育领域的影响进行了全面的阐述,认为“教育技术革命正在为学生创造出更为有效的学习方式,让他们理解学习如何与‘真实世界’相联系,并向他们提供有助于其更为彻底、深入地进行学习所必需的工具”“教育技术正在变革着K—12教育的面貌。随着教育技术延伸至课堂,学生不再是信息的被动接受者。当学生已经拥有智能手机或iPad时,很少有人能够静静地坐在课桌后面”。当STEM教育与迅速发展中的教育信息与通信技术相联系时,它所带来的教育效果或许难以预料,但其前景却令人十分期待。

最后,STEM教育从最初关注或集中于高等教育,到逐步下移至中小学教育乃至幼儿园活动,从国家竞争力人才的培养扩展至学习方式的变革。

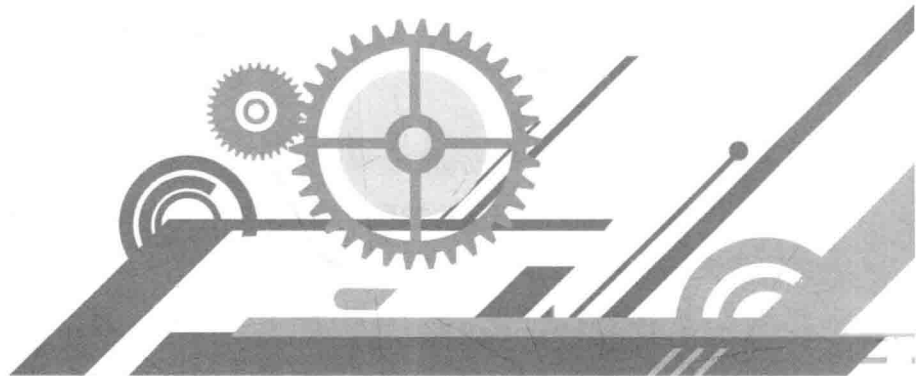
尽管从比较研究的角度看,STEM教育在世界其他国家的出现和实施已经为时不短,且越来越显现其引人注目的积极方面,但它在我国教育研究界和中小学一线的出现只是最近几年的事情。2012年第4期《上海教育·环球教育时讯》曾开辟STEM教育专栏,刊登有《STEM:美国教育战略的重中之重》等若干篇文章,这是我国教育类杂志第一次较为集中地介绍STEM教育,而由中国科协青少年科技中心翻译、科学普及出版社于2013年出版的《STEM项目学生研究手册》,或许是我国第一本有关STEM教育的译著。

我国中小学新课程改革至今已有10多年的发展历史,且已取得相当的成就并获得诸多有益的经验,但在如何延续或深化这一课程改革,尤其在学校教育如何注重培养学生的批判性思维和问题解决能力(或者说21世纪基本素养或技能)等方面,国际的经验或许可以为我们提供某些方面的借鉴。为了使我们能够充分了解世界其他国家尤其是美国在中小学课程改革和发展中实施STEM教育的现状,从中获得某些有益的经验,我们策划出版“中小学STEM教育”丛书(本丛书系由我本人主持承担的上海市教育科学规划课题“美国中小学

STEM教育研究”成果之一),其中既有翻译著作,包括美国国家科学教师协会出版社(NSTA Press)于2012年出版的《在课堂中整合工程与科学》、英国劳特里奇出版社(Routledge Press)于2013年出版的《设计·制作·游戏:培养下一代STEM创新者》及荷兰 Sense 出版社(Sense Publishers)于2013年出版的《基于项目的STEM学习:一种整合科学、技术、工程和数学的学习方式》3本译著;也包括由我本人负责选编或撰写的《美国STEM教育政策进展》和《美国中小学STEM教育研究》两本著作;同时计划出版出自我国一线学校的相关著作。

华东师范大学 课程与教学研究所 赵中建
国际与比较教育研究所

2015年8月25日



序

提出新想法很容易,难就难在当你放手去做了一段时间后,却发现这个想法马上就要过时了。

——罗格·冯·厄克(Roger von Oech)
(“创意思考顾问公司”创始人,总裁)

当今社会的需求和期望时刻快速变化着,为了使学生对未来高度不确定性的职业和生活做好准备,现在的教师常常被要求具有“创造性思维”。许多教师欣然接受了挑战,在求知欲和成功欲的驱动下努力,这项工作成为使人畏难而又不可抵御的任务。STEM SOS (STEM学生登台秀)模式,尤其本书将是使这个艰巨的任务走向可操作和成功的桥梁。虽然“基于项目的教学”已经在很多书籍中出现过,但没有一本书或文章展现过如此综合的审视和指导——沙欣博士在本书中成功讲述了通过STEM SOS模式进行的基于项目的跨学科STEM教学。

虽然我是一名数学家和数学教育者,我依然对日常生活中的科学抱有巨大的热情。我曾想长大后成为一名新生儿科专家,我也非常想帮助人们理解数学和科学。最后,我对教与学有着更高的热情,这结束了我作为一名研究型大学教师这份职业。作为一名刚“萌芽”的STEM爱好者,我多年的研究和工作引发了美国STEM教学领域专业的发端。这本书再次连接了我和沙欣博士及其在基层跨学科STEM教育的努力。

当我在得州农工大学攻读博士学位的时候,我第一次遇到沙欣博士。作为同辈博士生,沙欣和我埋头于一项预算为数百万美元的满是视频编码和分析的研究项目中。当我们的时限临近时,我们坐在小隔间中,戴着耳机蜷缩在屏幕前,疯狂地计算。正是在这个时刻,我和沙欣博士开始了关于学科联系和跨学科的讨论。沙欣博士一直很好奇美国教师是如何教授或展示数学及其内容的。我记得在我们视频编码讲习会期间,他一直想知道为什么美国教师总是特别关注于教授一个特定概念,而不是关注于教授一个概念、技能或一般规律的应用和互联性。他讨论并与人分享关于他作为一名学生如何看待和体验数学的故事。我作为一名曾被劝阻不要选修数学和生物学(因为这两门学科太不“一样”)的学生,为沙欣博士对应用联系的热情所着迷。当我毕业后选择一条更传统的“专业”路线时,沙欣博士却在继续追求他的酷爱——帮助人们理解应用和联系的重要性,特别是通过基于项目的跨学科教学这种方式。得州农工大学农科STEM中心研究员的这一经历使沙欣博士已经成为了创建和促进创新型STEM学校组成人员。这项工作成为了他进入和谐公立学校的跳板。在那里,他谨慎地研究和帮助教师及管理层实施STEM SOS模式。在过去的几年里,沙欣博士已研究、设计并培训了STEM院校的许多教师。他的工作成果出现在各类书籍和学术期刊上。

STEM SOS模式增进了学生的知识、学生对概念的理解以及对STEM学科的兴趣,甚至增进了其他21世纪所需的重要技能(自信、交流和协作)。该模式最终使学生更好地做好对大学和职业生涯的准备。在本书中,通过编纂和讲述STEM SOS模式的故事,沙欣博士的工作得以体现。虽然在许多出版物中,基于项目的教学模式已被肯定,但是尚未出现通过现成的课程展示该模式的,而这使本书成为你收藏必备图书。本书不仅为基于项目的教学进入教室确立了基础,还囊括了展示STEM SOS模式在班级层面和学校层面样式的实例。本书联系教学标准,甚至在附录中还包含完整的教学计划、教师资源、真实评估样本等等。

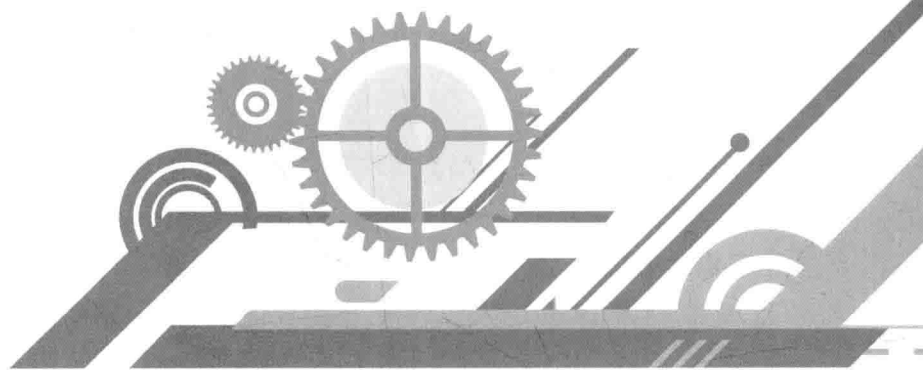
本书告诉你如何实施STEM教学,无论你是教师、管理层、教师培训人员、科学家、工程师还是STEM爱好者,都能定期地积极鼓励学生通过在合作的社会环境中完成共享作业来参与到STEM学科中,让学生将STEM学科视作一种社会需求、一种有吸引力的未来职业。

玛格丽特·J·莫尔-施罗德

(Margaret J. Mohr-Schroeder)

肯塔基大学STEM教育学院中学数学教育副教授

STEM爱好者



前言

本书旨在描绘和谐学校的STEM教育方法——STEM SOS模式及其组成(从创建到评估再到教师培训)。本书还描绘了一种易用的基于项目的学习(PBL)模式以及有助于实现简单而连贯教学的课堂材料。本书的核心内容还提供了许多关于STEM教育、STEM教育历史、现行PBL模式及其各种有用的信息。本书最重要的内容还是关于STEM SOS模式的细则及实施策略。

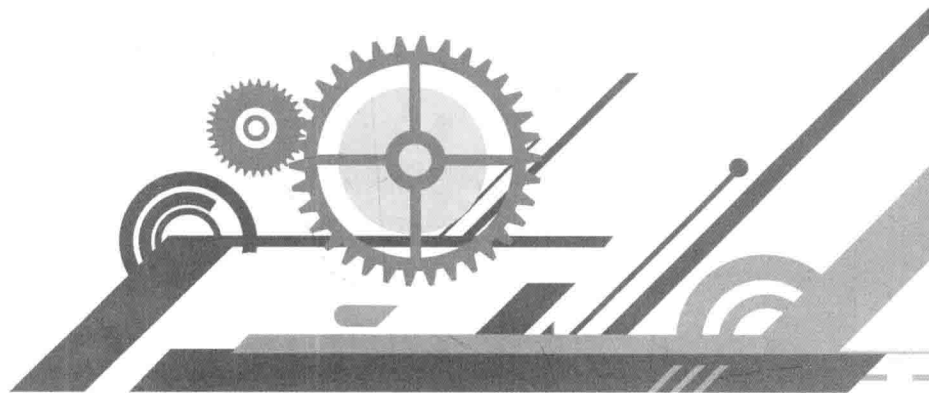
和谐公立学校创建了STEM SOS模式,旨在以一种参与、有趣且高效的方式进行严谨的教学。在书中,你将发现STEM SOS模式不仅帮助学生学习STEM专业的内容、培养其21世纪所需的技能,还能帮助教师通过提升课堂气氛来增进师生沟通、减少课堂管理成本。

至少从两方面来看,这都是一本创新的书。第一,你可以通过“扫一扫”二维码观看学生的视频和网站。读者可以通过二维码扫描APP来观看学生章节的相关内容,读者们还能观看学生们在Google上的电子学习档案的范例。无论是在课堂上还是在课外活动中,浏览书中正在讨论的内容。第二,本书并不是一本理论书籍。本书介绍一个经过多年演化的实用模式,自2012年以来,已在超过25所学校中得到应用,该模式的质量及使用便捷性还在持续提升。本书不仅可以作为课堂上教师的上课资料或指导,还能作为专家级别的数学、科学或STEM专业教育项目的教科书。书中关于STEM起步教学模式的实施、发展,以及持续的解释、研究和讨论,能使课程编排、教学及教育领导项目同样受益。因此,本书

给STEM教育工作者、STEM教育领袖、职前/在职教师以及毕业生都可能带来益处。

附录也是本书特色之一。教师可以在其中找到即用的师生讲义及活动。完整的讲义囊括了格式化的总结性评估材料及分阶段的评估准则,帮助教师和课程总监理解STEM SOS模式背后的理念和秘要。最后,因为STEM总监已经具备了承继、修订甚至创建自有模式的能力,他们可以探索出更佳的典型STEM教学模式。

编 者



致谢

本书的完成,得到了许多人的帮助,他们为我提供资助、理念和范例。由于篇幅有限,我不能逐一致谢。但是,我必须感谢那几位奉献了大量时间和才智支持我的协助者。

我要感谢以下几位作者,是他们为本书贡献了重要章节。他们是莫尔-施罗德(Margaret J. Mohr-Schroeder),卡瓦尔坎蒂(Maureen Cavalcanti),布莱曼(Kayla Blyman),恩里科(S. Enrico),因迪奥吉内(P. Indiogine),埃尔多安(Niyazi Erdogan),博兹曼(Todd Dane Bozeman),托普(Namik Top),奥泽(Ozgur Ozer),艾伊尔德兹(Ismail Ayyildiz),埃施(Nickola Esch),斯里尼瓦桑(Pam Srinivasan),胡西奇(Freda Husic),萨金特(Cynthia Sargent),桑顿(Robert Thornton),贝尔(Kerri Bell),伊尔马兹(Burak Yilmaz),肯尼迪(Eugene Kennedy),埃斯基(Tevfik Eski),杰莱普奇卡伊(Ulvi Celepcikay),特瑞穆(Soner Tarim),多甘(Bulent Dogan),罗宾(Bernard Robin),亚斯明(Farjana Yasmin),阿尔穆斯(Kadir Almus),布什(Steven Busch)和麦克尼尔(Angus J. Macneil)。

萨卡里亚大学计算机和教学技术系助理教授阿克金(Ozcan E. Akgun)博士和我一起完成了书中的教学模式。他的充满灵感的观念和支持帮助我将STEM教学模式的名称拟定为“STEM学生登台秀”。

和谐公立学校的物理课程总监、STEM活动协调人、STEM SOS 模式创始人及倡导者之一的萨卡尔(Levent Sakar)为本书提供了许多有价值的深刻见解,还提供了STEM

SOS课程样本、评估资料及评估准则。当我在编纂模式时,他乐此不疲地回答了我所有的提问。中级课程编写总监、国际可持续发展项目奥林匹克竞赛项目总监艾伊尔德兹也为本书提供了有价值的深刻见解。和谐公立学校首席学术官、副校长奥泽博士为编写该模式提供了概念支持,并协助我决定本书内容。

我还要感谢肯塔基大学教育学院中学数学教育副教授莫尔-施罗德在百忙之中为本书作序。

谢谢编辑助理塔卡哈什(Meredith Takahashi)对本书的语法和格式进行了多次审校。在她一丝不苟的努力下,本书变成了一本更好的佳作。

最后,我发自肺腑地感谢特瑞穆博士、卡普拉罗(Robert M. Capraro)教授、于克塞尔(Zekeriya Yuksel)先生、阿尔穆斯博士以及库尔姆(Gerald Kulm)教授,感谢他们出色的领导能力和大量的努力工作。谢谢!

沙欣,哲学博士
得克萨斯州,休斯顿
2014年10月

A Practice-based Model of STEM Teaching:
STEM Students on the Stage (SOS)TM

Edited By

Alpaslan Sahin

Copyright © 2015 Sense Publishers

First Published by Sense Publishers as A Practice-based Model of STEM Teaching:

STEM Students on the Stage (SOS)TM

Chinese Simplified Character Copyright © 2016

By Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House

All Rights Reserved

上海科技教育出版社业经 Sense Publishers 授权

取得本书中文简体字版版权

目录

序	1
前言	3
致谢	5
第1部分 关于STEM教育的文献	1
第1章 STEM教育:认识变化中的新格局	3
1.1 引言	3
1.2 STEM教育的简要历史	4
1.3 定义STEM教育:一种跨学科的教育方法	9
1.4 全速前进的STEM	11
参考文献	11
第2章 数学、科学的成绩差	16
2.1 引言	16
2.2 背景	16
2.3 关联性	18
2.4 说明和原因	19
2.5 干预措施	23
2.6 总结	24
参考文献	25

第2部分	STEM SOS模式概述	31
第3章	21世纪的PBL模式	33
3.1	引言	33
3.2	PBL概念	34
3.3	现有的PBL模式	35
3.4	PBL存在的问题	38
3.5	PBL现有问题的解决方案	39
3.6	总结	40
	参考文献	41
第4章	关于新颖的教学模式“STEM SOS”的研究	44
4.1	概述	44
4.2	方法	46
4.3	结果	48
4.4	SOS模式	48
4.5	对学生成长的影响	51
4.6	讨论	57
4.7	总结	59
	参考文献	59
第5章	聚焦“标准”世界中的PBL	63
5.1	概述	63
5.2	为什么要PBL?	64