

科学

SCIENCE

技术

TECHNOLOGY

工程

ENGINEERING

数学

MATHEMATICS



STEM教育 这样做

主编 / 王素 李正福



教育科学出版社
Educational Science Publishing House

S

T



STEM教育 这样做

主编 / 王素 李正福



M

教育科学出版社
· 北 京 ·

出版人 李 东
责任编辑 殷 欢 池春燕
版式设计 运平设计 吕 娟
责任校对 马明辉
责任印制 叶小峰

图书在版编目 (CIP) 数据

STEM教育这样做 / 王素, 李正福主编. — 北京:
教育科学出版社, 2019. 10 (2019.11重印)
ISBN 978-7-5191-2000-9

I. ①S… II. ①王… ②李… III. ①科学知识 — 教学
研究 — 中小学 IV. ①G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第214427号

STEM教育这样做

STEM JIAOYU ZHEYANG ZUO

出版发行 教育科学出版社

社 址 北京·朝阳区安慧北里安园甲9号

邮 编 100101

传 真 010-64891796

藏书

市场部电话 010-64989009

编辑部电话 010-64981269

网 址 <http://www.esph.com.cn>

经 销 各地新华书店

制 作 北京运平文化发展有限公司

印 刷 北京市大天乐投资管理有限公司

开 本 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 20.5

字 数 315千

版 次 2019年10月第1版

印 次 2019年11月第2次印刷

定 价 98.00元

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

编 委 会

主 编：王 素 李正福

副主编：张 丰 郭 斌 陈 颖 黄志红

姚毅锋 范佳午 赵 亮

编 委：（以姓氏笔画为序）

王志宏 王志锋 毛展煜 邓翼涛

白刚勋 朱 晖 刘向东 苏 纾

李 猛 杨春丽 何 龙 张平福

张军红 周大林 周华松 高婷婷

崔 琰 管光海

序 一

当今世界正处在新一轮科技革命和产业变革的孕育期，科技创新对社会的引领作用愈加凸显，经济转型对高素质人力资源的需求与日俱增，如何培养面向未来的新型人才，提高学生的科学探究能力、创新能力和解决复杂问题的能力，已经成为各国共同面临的时代课题。

近年来，国内外对STEM教育的相关研讨很多，虽然目前还没有公认的定义，但其在培养未来人才、增强国家竞争实力等方面的作用却得到了广泛而高度的重视。特别是近些年，国际形势的不稳定性、不确定性更加突出，人类面临的全球性挑战更加严峻，各国遭遇的多样化困难更加复杂，经济科技力量作为撒手铜频繁显示出其无比的威力。

STEM教育作为科技创新教育的有效形态，在世界范围内已经形成引领科技发展和人才培养的新潮流。倡导多学科融合、注重创新精神和实践能力培养的STEM教育引起了世界各国的普遍关注，美国、英国、德国等主要发达国家都把STEM教育上升至国家战略，纷纷出台政策文件，围绕课程建设、师资培养、标准规范等方面进行谋划部署，力图在国际竞争中掌握主动权。

当前，中国经济进入新常态，调整结构、转型升级、提质增效刻不容缓，劳动密集型经济正在向知识密集型转变，社会发展急需一大批具备良好的科学素养、拥有特定的技术专长，并善于解决实际问题的复合型创新人才。从现在算起到2035年，现在的中小学生到那个时候正是努力攀登科技高峰的黄金年龄，正赶上现代化强国建设的关键时段。现在加强STEM教育，就是要为下一阶段社会主义现代化强国建设提供强有力的科技人才支撑。现在加强中小学STEM教育恰逢其时，不可不为，不可慢为，必须以时不我待、只争朝夕的精神，脚踏实地，奋起直追，努力赶超。大力发展STEM教育，有助于我们抓住第四次工业革命机遇，促进制造业的智能升级；有助于

我们抓住信息技术和互联网革命带来的契机，在新兴产业领域抢占先机，实现经济上的跨越和赶超。加快STEM教育发展、创新STEM教育模式，已经成为加快推进教育现代化、建设教育强国的重要任务，也是全面提升国家竞争力的迫切要求。

近几年，STEM教育在我国快速兴起，学校、科研院所、社会机构、企业公司等共同发力，推动了STEM教育实践、理论和政策的发展。北京、上海、深圳、成都等地采取措施，积极探索STEM教育推进方式，开展中小学STEM课程体系、专用空间、评价方式等方面的尝试。一系列促进科技发展和科技人才培养的重要文件，对STEM教育提出了专门要求。

中国教育科学研究院作为国家级教育智库，以服务决策、创新理论、指导实践、引领舆论、协同战线为己任，肩负着为国家重大教育战略和宏观政策提供智力支撑、咨询服务的使命。2017年6月，中国教育科学研究院正式成立STEM教育研究中心，通过整合院内外专家资源，建立协同创新中心，聚焦热点问题和前沿问题开展深入研究。随后，他们又发布了《中国STEM教育白皮书》，启动了“中国STEM教育2029行动计划”，召开了STEM教育课程标准、STEM教师能力等级测评、STEM教育资源认证等系列专题研讨会，介绍了STEM教育的国际经验，并提出一系列具有重要参考价值的政策建议，引起了教育界的广泛关注和热烈反响。

为了总结STEM教育实施经验，促进各地各校加强交流合作，相关学校在中国教育科学研究院STEM教育研究中心和教育科学出版社的支持下，完成了《STEM教育这样做》一书。该书围绕STEM教育的主要问题，立足“是什么”、追求“怎么做”，精选探索深入、举措得力、效果良好的学校案例，力争把一些问题谈透，把一些做法说清，把一些道理讲明。可以说，这本书不仅是阶段性工作小结的成果、探索STEM教育迈出的一小步，也是进一步深入研讨STEM教育的素材，更是其他学校开展STEM教育的参考。

我国STEM教育起步虽晚，但学校和教师热情很高，推进力量比较大，局部发展很快，优秀成果不断涌现。在面向未来的探索中，衷心希望大家进一步把准努力方向，抓住主要问题，聚焦关键环节，加强理论攻关，加大实践探索，切实解决STEM教育发展面临的困难与问题，共同推动STEM教育的持续健康发展。

教育部教材局局长

、田慧生

2019年9月

序 二

科技兴则民族兴，科技强则国家强。科学技术是第一生产力，从国家间的合作竞争，到人类发展面临的共同问题的解决，科技发展都发挥着关键核心作用。习近平总书记指出：“进入21世纪以来，全球科技创新进入空前密集活跃的时期，新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。科学技术从来没有像今天这样深刻影响着国家前途命运，从来没有像今天这样深刻影响着人民生活福祉。”当前，我们比历史上任何时期都更接近中华民族伟大复兴的目标，我们比历史上任何时期都更需要建设世界科技强国！

纵观历史发展，横看时局激荡，国与国之间的竞争，本质上是生产力之争，其核心是科技创新能力之争。科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，经济合作与发展组织的报告也指出要同等重视知识的生产、传播和利用。没有高水平的科学教育，就没有大量高水平的科技创新发展后备军，国家的科学创新能力就难以显著提升，就难以产生根本性突破的科技创新。没有高质量的科学普及，就没有科学素质普遍提高的广大民众，就难以建立起宏大的高素质创新大军，难以实现科技成果的高效转化。所以，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置，推动科技创新必须重视科学教育、科学普及。

人是科技创新最关键的因素，创新的第一资源是人，坚持创新驱动实质是人才驱动。从实践经验来看，科技创新能力虽然能够通过购买先进设备、引进科学技术、吸纳高端人才、优化管理体制等方式短时间内获得快速发展，但归根结底还是要靠内生发展，要靠创新人才的培养，基础是科学教育、科学普及。

就我国现实情况来看，科普工作还存在一些需要关注和推动解决的重要问题。一方面，科普人才比较缺乏，2018年12月科技部发布2017年度全国科普统计数据，结

果显示,全国科普专职人员22.70万人,兼职人员156.75万人。这个数据与《中国科协科普人才发展规划纲要(2010—2020年)》所列目标“到2020年,全国科普人才总量达到400万人”还存在相当大的差距。另一方面,仅提高数量远远不够,我们还必须认识到,新时代科普工作的思路、方式都已经发生了变化。信息化时代的科普工作与过去有着极大的不同,主要特征表现在:信息来源丰富、传播速度快、碎片化获取、表现形式多样、内容活泼等,这些特征对于不熟悉信息化传播方式的科普活动主体是既存的天然的困难。另外,如何创新科学普及的方式方法,如何促进校内外科学教育的融合发展,也都是科学普及需要面对的困难与挑战。

科技关心明天的事,教育关心后天的事,科教兴国确是眼下正在全力推进的事。促进科技、教育发展的举措很多,关键是科技队伍和教育队伍的协同发力。科技人员不仅要努力攀登科技高峰,也要关注科学普及,把科学事业发展情况传播出去,特别要重视向中小学生做一些科学普及工作。我们也希望中小学老师做好科技界在课堂的代表角色,不仅要了解必要的科学技术知识、掌握基本的科学方法、树立科学思想、崇尚科学精神,最好对科普工作也有所了解,引导更多青少年讲科学、爱科学、学科学、用科学。两支队伍携起手来,科学教育的队伍就更强大,教育资源就更丰富高质,推动全民科学素质的提升就更有力量。

近十几年来,STEM教育在全球越来越受重视,美国、英国、德国等多个国家不仅设计了本国STEM教育发展规划,还将其上升到国家战略的高度加以推进,力求在知识经济时代保持国家竞争优势。中国教育科学研究院敏锐地发现科学教育发展的国际趋势,以高度的历史使命感,迅速而有力地组织起STEM教育的协同创新力量,成立中国教育科学研究院STEM教育研究中心,启动了“中国STEM教育2029行动计划”。这个行动计划系统宏大,从促进STEM教育政策顶层设计、实施STEM人才培养畅通计划、建设资源整合和师资培养平台、开发STEM课程标准与评价体系、涵养一体化STEM创新生态系统、打造服务经济的教育与人才战略高地、推广STEM教育成功模式等多个方面全面推进STEM教育的研究与实践。经过努力,行动计划各方面任务都取得了可喜的进展,产生了一批高质量的成果。

《STEM教育这样做》一书介绍了部分实验学校推进STEM教育的案例,反映了各地各校开展STEM教育探索的阶段性成果。该书设计的几个主题都是我们推进STEM教育无法回避的重要内容,也是许多科学教育工作者关心或者困惑的问题。这些案例内容比较翔实,有些介绍了如何开发STEM课程,有些展示了STEM教育空间

建设和仪器设备配置，有些分享了推进STEM教育不断深化的策略。我们可以从中概览STEM教育如何看、如何做、如何研究，也可以聚焦感兴趣的内容继续深入下去。可以说该书为我们认识、思考和开展STEM教育提供了很好的资料，对于我们进一步推进科学教育是有重要意义的。

听说《STEM教育这样做》出版后，中国教育科学研究院STEM教育研究中心和各协同创新中心还会陆续推出新的成果，这很令人振奋。期待相关成果早日面世，希望中国的STEM教育越做越好。

中国科学院科学传播局局长

2019年9月

周进

目 录

上 篇

STEM 教育理念认识

第一章	STEM 教育及其发展的国际背景·····	2
1.	STEM 是什么? ·····	3
2.	各国为什么高度重视 STEM 教育? ·····	4
3.	美国 STEM 教育经历了哪些发展历程? ·····	6
4.	英国将 STEM 教育列为国家战略, 具体采取了哪些措施? ·····	9
5.	德国如何搭建涵盖全学段的“STEM 教育链”? ·····	12
6.	芬兰如何推进 STEM 教育? ·····	16
7.	以色列如何推进 STEM 教育? ·····	20
第二章	STEM 教育在中国的发展·····	22
1.	我国为什么必须重视 STEM 教育? ·····	23
2.	我国 STEM 教育经历了怎样的发展历程? ·····	25
3.	我国与 STEM 教育相关的政策有哪些? ·····	27
4.	我国 STEM 教育发展目前面临哪些挑战? ·····	29
5.	为什么说 STEM 教育应该纳入国家创新人才培养战略? ·····	32
6.	为什么说 STEM 教育需要全社会共同参与? ·····	33
7.	如何理解 STEM 教育是面向所有学生的培养综合素质的载体? ·····	34

第三章 中国 STEM 教育 2029 行动计划 35

1. “中国 STEM 教育 2029 行动计划”的提出背景是什么? 36
2. “中国 STEM 教育 2029 行动计划”有哪些指导原则? 37
3. “中国 STEM 教育 2029 行动计划”的战略目标是什么? 38
4. “中国 STEM 教育 2029 行动计划”将开展哪几个方面的工作? 39

下 篇

STEM 教育实践探索

第四章 STEM 课程建设 44

1. 让校园处处见关怀

——杭州市保俶塔实验学校“关怀与创造”STEM 课程建设 46

“关怀与创造”STEM 课程将人文关怀与科技创新同构，引领学生以关怀之心发现校园中的真实问题，融合多学科知识创造设计并解决问题，让校园处处见关怀。

2. 工程设计流程在 STEM 课程开发中的应用

——以济南市天桥区宝华小学“海绵家园”为例 65

建造“海绵家园”的路径很多，遵循工程设计流程，可以有效地解决 STEM 学习中的工程设计问题，这为丰富 STEM 课程资源的开发提供了一个可资参考的思路。

3. 小学科学教育中的 STEM 课程体系构建

——以北京市中关村第一小学为例 81

STEM 理念如何进入小学校园，与科学教育融合？基于 STEM 教育跨学科整合、项目式学习的理念，通过思考未来社会的需求、结合学校育人的目标、分析学生真实的情况，在小学科学领域不断推进和完善 STEM 课程体系构建，是途径之一。

4. 分年段构建与实施小学 STEM 课程

——乐山市外国语小学 STEM 教育探索与实践之路 97

如何结合学生的年龄特征和认知规律构建年段 STEM 课程体系和内容？如何用科学的策略实施和评价 STEM 课程？乐山市外国语小学走出了自己的 STEM 教育探索与实践之路。

5. 以项目为载体推进学校 STEM 课程体系建设

——北京市中关村中学 STEM 课程“生态智能科考站”的开发与实施 114

把学习的主动权交给学生,鼓励学生提出问题,师生共同围绕问题展开 STEM 项目活动,逐步开发形成了“生态智能科考站”课程,并从中探索出以项目为载体推进学校 STEM 课程体系建设的路子。

6. “3×3” STEM 课程体系构建及实施

——长春吉大附中力旺实验中学 STEM 课程建设 129

“三创促三课,三课推三力,三力成三创”,经历三轮 STEM 课程体系迭代发展构建的“3×3”STEM 课程体系,解决了跨学科知识融合、STEM 课程评价等问题。

第五章 学校 STEM 空间建设 150

1. 创想空间 筑梦少年的明天

——西安高新国际学校创想空间建设与应用 152

一所拥有 95 个教学班 5000 多名学生的大规模学校,如何建设能供全体学生开展 STEM 教育的学习空间?又是如何将空间建设与课程建设、教师团队建设同步推进?他们这样做……

2. 构建“联·动”空间

——深圳市龙岗区平安里学校 STEM 教育生态环境建设 172

STEM 空间建设本身就是一项 STEM 工程。如何有效地进行学校 STEM 空间建设,让空间更好地服务于课程,深圳市龙岗区平安里学校紧握 STEM 教育特征,让点动成线,线动成面,面动形体……

3. 筑巢引凤 涅槃重生

——湖州市第五中学 STEAM 学习空间的建设与思考 190

场地有限、经费有限的“草根”学校如何建设 STEAM 学习空间?湖州市第五中学凤凰校区在“螺蛳壳”里做出排场,创造条件,依托空间建设,重构 STEAM 教育生态,有效推动 STEAM 教育在初中阶段的积极开展。

第六章 STEM 教育路径 204

1. STEM 教育与学科融合的实践探索

——以清华大学附属中学为例 206

百年树人,其命唯新。清华附中近十年来积极探索研究 STEM 教育,在学科教学中融入 STEM 教育,以 STEM 教育理念培养学生跨学科研究能力,提升高中生科研探索和工程实践能力。

2. 高中生物 STEM 项目式学习的探索

——以山东省青岛第三十九中学果酒制作为例 217

如何开展基于学科的 STEM 项目式学习?本案例以高中生物学科细胞呼吸的学习为

例，着眼于学生核心素养发展，进行课程内容的整合和课堂教学的改进，开展项目式学习，并以此激发学生学习兴趣，培养学生的动手实践能力及创新精神。

3. 指尖上的乐队

——宁波市实验小学音乐创演 GarageBand 课程开发 234

人人都有一颗 STEM 的心，如何让孩子们能够更好地跨越学科、畅通表达呢？宁波市实验小学利用信息技术、依托音乐软件、结合学科本质，鼓励学生大胆想象、跨界融合，自由组合乐队、自主创编曲目，形成了音乐创演 GarageBand 课程。

4. 基于地方传统文化的 STEM 课程培育

——以西安航天城第一小学为例 250

当地方传统文化与以工程技术为核心的 STEM 相遇，将发生怎样的嬗变？西安航天城第一小学挖掘地方传统文化，从工程和技术角度出发，将对传统文化的科学探究转化为 STEM 教育活动，构建人文教育与学科融入式 STEM 课程。

5. 开发利用 STEM 教育资源，校外也有别样天

——以电子科技大学实验中学为例 267

STEM 教育资源哪里来，成为困扰众多学校的难题。电子科技大学实验中学立足于学校实际情况，想方设法开发利用校外 STEM 教育资源，打造出优质的课程资源，建立起高水平师资队伍，探索出一条行之有效的 STEM 课程资源开发建设之路。

6. 构建知识与生活的桥梁

——深圳市盐田区梅沙小学基于区域资源的 STEM 教育推进策略 282

一所连独立的校园都没有的学校，如何开展 STEM 教育？深圳市盐田区梅沙小学跳出传统思维的框架，开发利用区域资源，组建灵动的 STEM 教师团队，深挖经典案例，研磨教学活动流程，多途径促进学校 STEM 教育不断深入。

7. 为区域 STEM 教育赋能，我们这样做

——以北京市海淀区为例 297

开展 STEM 教育什么最关键？海淀教育认为，教师最关键、能力最重要。通过集中力量抓关键、压实任务强根基、搭建平台促发展等方式，海淀区持续推进教师 STEM 教育专业能力提升，促进区域 STEM 教育整体发展。

参考文献 313

后记 315



上篇

STEM 教育理念认识



第一章

STEM 教育及其发展的国际背景

近年来，STEM教育在全球发达国家受到高度重视，一些国家还将STEM教育提升到国家行动的战略高度，试图通过STEM教育打造本国在全球范围内的核心竞争力。了解STEM教育兴起的原因和国际背景，明确STEM教育的“初心”和“使命”，借鉴全球STEM教育的已有经验和成果，对我们开展好STEM教育至关重要。本章重点介绍STEM教育的内涵、发展背景，以及美国、英国、德国等发达国家发展STEM教育的举措。

1 STEM 是什么？

STEM 是科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering)、数学 (Mathematics) 英文首字母的缩写，最早由美国国家科学基金会于 2001 年提出。

STEM 教育强调跨学科整合，其学习方式主要有三种：基于问题的学习、基于项目的学习、基于设计的学习，这些方式对于培养学生跨学科解决问题的能力，培养学生的 21 世纪技能，包括沟通交流能力、合作协作能力、批判性思维能力、创造创新能力等都发挥着重要作用。STEM 教育不是简单地把四门学科进行线性叠加，而是把原本独立、分散的不同领域的学科知识和技能以问题解决为基础，以多样的学习活动形式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整合、运用和迁移，并进一步生成新思路、新方法、新技术和新产品。

对 STEM 教育尚未有一个国际公认的完整定义，近些年 STEM 教育的内涵也有很多不同的扩展，例如：

STEAM：科学、技术、工程、艺术和数学，在 STEM 基础上加了“A”，代表艺术 (Art)；

STEMM：科学、技术、工程、数学和医学，在 STEM 基础上加了“M”，代表医学 (Medicine)；

STEAMS：科学、技术、工程、艺术、数学和社会，在 STEAM 基础上加了“S”，代表社会 (Society)。

这些不同的扩展反映了不同国家、不同教育主体对 STEM 的不同理解与需求，因此在大框架之下 STEM 的内容和含义还可根据需要不断地调整。

2 各国为什么高度重视 STEM 教育？

当今世界，全球化趋势深入发展，我们迎来了第四次工业革命，飞速发展的科技成果正在重塑人类社会。科学技术越来越成为各国参与国际竞争、促进经济发展的核心因素，各国也均把技能人才竞争提升到国家战略的高度。这其中，又以科学、技术、工程、数学（STEM）等领域人才的竞争最为关键。

随着移动互联网、物联网、人工智能、智能制造等产业的高速发展，数字高新技术正渗透到生活的方方面面，并不断地与不同领域、不同产业紧密结合，重构产业内部结构，提升产业效益，推动人类向数字化和智能制造时代迈进。21 世纪的人才要在当今复杂世界中维持竞争力，需要具备从各种渠道获取、收集和评估信息的意识，并以此为基础，具备快速掌握新的知识技能，以解决复杂问题的能力。各国的教育实践表明，STEM 教育有助于培养学生的科学探究与实践能力、创新意识、批判性思维、信息技术能力等未来社会所需的技能和能力，并有可能在学习者的未来生活和工作持续发挥作用。

STEM 专业人才对各国抢占第四次工业革命先机，促进制造业的智能升级具有关键作用。发展 STEM 教育能引导更多的学生投身 STEM 相关专业，进而提高国家的竞争力；有助于应对老龄化带来的劳动力人口减少问题，填补技能劳动力缺口，促进经济良性发展；更能够助力新兴经济体发展，抓住信息技术和互联网革命带来的发展契机，在新兴产业领域抢占先机，实现经济上的飞跃和赶超。此外，STEM 教育涉及基本的公民科学素养的培养，也关乎劳动者就业能力的提升，对于促进就业、维护社会稳定、提升公民素质均具有重要意义。

数字化时代的到来，进一步推动教学突破时空限制，促进教与学的双重革命，打造没有围墙的校园，汇聚海量的知识资源，为学习者提供更加优质、多样、个性化的学习支持，推进不同地区、不同群体之间教育的均衡发展，使得教育公平理念从理想走向现实。这一时代背景深刻地改变着教师的教学模式与学生的学习方式，也为发展 STEM 教育提供了良好基础。

自 21 世纪以来，以美国、英国、德国、芬兰为代表的主要发达国家，都在国家战略层面制定了促进 STEM 人才培养的政策措施，加大了对 STEM 教育领域的公共投