

STEM 学习荟

总第 2 期

初等教育学院

2020 年 6 月

主 办 : 重庆师范大学 STEM+ 学习社团

主 管 : 重庆师范大学初等教育学院

学 术 顾 问 : 初等教育学院院长 林长春教授

指 导 教 师 : 王俊民 王 剑 李秀明

(按姓氏笔画排序) 陈 放 首 新 韩葵葵

主 编 : 马预龙

编 委 : 车 露 卢军洲 刘 亿

(按姓氏笔画排序) 朱泓瑞 陈钊杰 张可柔

张 晶 周 辉 郑秀洁

封 娜 袁晓艳 黄浩轩

符罗倩 廖 又

编辑部主任 : 蒋宛亚

美 术 编 辑 : 刘江玲

文 字 编 辑 : 张可柔 符罗倩

STEM 学习荟

总第 2 期

目录

2020 年 6 月

社团心语

STEM+ 学习社团 /1

STEM+ 学习社团

社团成员

STEM+ 学习社团 /2

好书推荐

STEM+ 学习社团 /6

学术动态

STEM 教育研究与趋势定量分析

李业平 /8

STEM 教育的国策分析与实践模式

祝智庭 雷云鹤 /24

科技资讯

中国科大团队

— 首创人工智能全自动地震监测系统

中国科大新闻网 /34

博奥集团

— “呼吸道病毒（6 种）核酸测试剂盒”

中国新闻网 /36

中国首次在太空验证 3D 打印技术

全晓书 喻菲 /37

鸽子羽毛让机器人像鸟一样飞翔

胡璇子 /39

STEM 学习荟

总第 2 期

目录

2020 年 6 月

教学设计

学生优秀作品

自制“潜水艇”——沉浮与什么因素有关

沈丹 /40

课程实践

无线电测向

STEM+ 学习社团 /50

优秀 STEAM 教育课程案例：《一张纸的奥秘》

缪袁宇 /56

STEM 教育案例分享之屋顶的雪花

南希梦 /60

STEM 课堂

—学生体验与设计属于自己的投掷器

徐莉莎 /64

创客园地

神奇的变色花

魔力科学小实验 /71

药丸溶解实验

STEM 课程学习与案例分析 /72

模拟火山喷发

科学半盒 /73

社团心语

岁末年初，新冠肺炎肆意传播，打乱了所有人生活和工作的节奏。随着疫情的蔓延，一场没有硝烟的“战疫”在全世界打响。但黎明的曙光，终将成为翻越一切艰难险阻的力量。如今，花开盛夏，傍晚的凉风轻轻地抚摸着你的脸颊。生活就是这样，当你怀着一颗平淡的心去感受时，便会收获意想不到的春暖花开。欢迎回家，我亲爱的朋友们！

那么，经历了疫情，体验了“停课不停学”的特殊课堂形式，感受了不一样的学习氛围的你们，是否会更加珍惜平日里未曾关注过的家人间的一声问候、朋友间的一阵打闹、师生间的一场交谈……生活的轨迹总是在不经意之间慢慢延伸向远方。你所经历的，终究会成为生命中不可或缺的美好。

或许你会感到迷惘，仿佛岁月的每一帧每一秒都不曾在你指尖停留分毫；或许你会觉得遗憾，从前立下的目标竟没能如愿以偿。我的朋友，请闭上眼睛，慢慢地深呼吸一次，感受此刻的舒畅。那么，现在，就请你坚定目光，跟随 STEM 学习荟，探索别样的惊奇与美妙。

在此，你会享受好书推荐里跃然纸上的浪漫，接收学术动态中的信息浇灌，聆听科技资讯中时代浪潮的声音，学习课程设计和课程实践中的优秀案例，以及遨游创客园地中的趣味海洋。每一版块的设计都是本社倾心打造，每一段文字也是本社诚心表达。

第一期 STEM 学习荟成功出刊，很荣幸，我们收到了来自老师和同学们的意见和建议。因此，我们也及时根据大家的信息反馈对后续的期刊做出改进，不辜负每一位翻阅此刊的你。

夏天，用它独有的炙热与莽撞敲击着每个人的心房，此时的阳光比任何一个季节都要留恋人们的怀抱。她在绿叶的光斑上跳跃，在教室的墙角穿梭，在雪糕的冰凉与西瓜的香甜中游荡……

这是一个正值肆意挥洒汗水的季节。即使山川相隔，知识的风帆也能将你载到我的身旁。STEM 学习荟，我们在这里，等你！

【责任编辑：封娜】

社团成员



马预龙——2018 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团会长

个人简介：尘世纷纷，正直与踏实是不变的选择；浮世扰扰，乐观与勤奋是永恒的伴侣。生活艰难很多，但这并不妨碍我的坚持，因为我永远相信，美好的事情即将发生！

陈钊杰——2017 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+ 学习社团副会长

个人简介：茫茫大海，我只是其中的一滴水，我没有过人的成就，也没有耀眼的光芒，但我有着一颗不断进取的心，一个永不服输的信仰。朝气是我的代名词，认真是我的座右铭，而理想将是我永远的奋斗目标。阳光正好，青春还在，现在的自己向着未来前进吧！

座右铭：Where there is a will, there is a way.



车露——2018 级科学教育本科专业

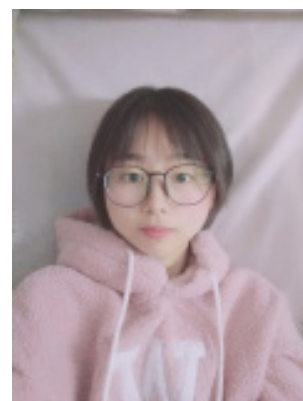
工作：STEM+ 学习社团副会长

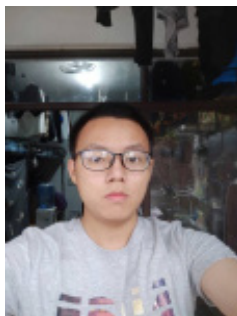
个人简介：时间很短，生命很长，多做有意义的事，多看有意义的书，多交有意义的朋友。爱上跑步、篮球、追剧，给我的生活带来乐趣。时常反思，让我沉淀、成长。良师益友，给我支持帮助。常怀感恩之心，感谢与你相遇。

封娜——2017 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+ 学习社团办公室主任

个人简介：我性格活泼开朗，爱好广泛，追剧、听歌、爱运动、喜欢美食。作为办公室的负责人，我会认真对待 STEM+ 学习社团办公室的工作，带领、组织好小组内成员完成相关工作。希望和所有社团成员一起努力，打造一个更加优秀的 STEM+ 学习社团。





刘亿一——2018 级科学教育本科专业

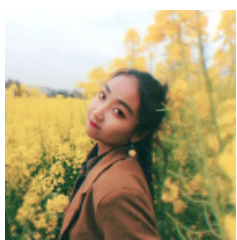
工作：STEM+ 学习社团活动部部长，主要负责管理策划活动内容。

个人简介：岁月已往者不可复，未来者不可期，见在者不可失！我会认真做好每一件事，踏实稳重，勤于反思，迎接更好的未来。

周辉——2018 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团活动部副部长

个人介绍：我为人谦恭有礼，在闲暇时喜欢看书，同时也是一个十足的吃货。在 STEM+ 学习社团中有幸遇见了一群志同道合的伙伴，有平易近人的指导教师，乐于助人的学长学姐们。今生有缘相聚，且行且珍惜！



刘江玲——2018 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团宣传部部长，主要负责做 ppt、海报、编辑消息。

个人简介：我是一个动静皆宜的人，习惯独处，但也热衷于参加各种群体活动。安静的时候，静若止水，冷敛而深沉。玩的时候，热情如火，率性而疯狂。我始终相信一份耕耘，一份收获，向前冲吧！

黄浩轩——2018 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团外联部部长，主要负责拉赞助等外联工作。

个人简介：大家好，我叫黄浩轩，来自 18 科教，为人阳光，爱好运动，乐于学习。我是外联部的一员，负责与外界的联络工作，也配合宣传部做好宣传工作，为社团的各项活动提供强有力的保证。期待着青春年少的我们将陪伴同样青春年少的社团一起绽放更精彩的烟火！



卢军洲——2019 级小学教育（全科教师）本科专业

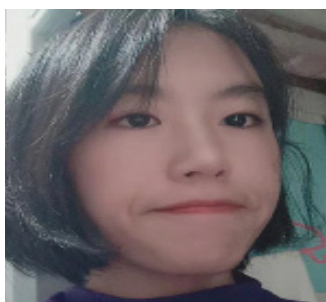
工作：STEM+ 学习社团外联部干事，主要负责联系老师与拉赞助等等。

个人简介：我是一个爱好运动的男孩，喜欢跑步、打篮球、打乒乓球等，除了运动之外平常还会玩玩游戏，喜欢结交朋友，喜欢帮助别人。对于自己的工作，总是竭尽全力去完成，对于不会的东西会努力去学习。希望自己有一个美好的未来。

蒲函言——2019 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+ 学习社团宣传部干事，主要负责制作 ppt 和宣传海报以及空间文案的撰写、会议记录和活动拍照。

个人简介：爱好阅读，喜欢幻想，有时有兴趣也会写杂七杂八的东西，喜欢电视剧，喜欢冲浪，也喜欢一切我好奇的未知。希望能尽己之力，在自己的位置做好自己的事情，批评后自勉，夸奖后自励。



张晶——2019 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+ 学习社团干事，主要负责写策划。

个人简介：日常喜欢看书，对美好的文学很感兴趣。留下几滴笔墨，见过各式邮戳，书籍堆满一摞，期待与你相逢。

袁晓艳——2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团干事，参与杂志编辑。

个人简介：重庆潼南人。爱好听歌，喜欢阅读，热爱一切有趣的事物。经常犯懒，偶尔异想天开，曾经喜欢运动，现在是个宅女。愿望是朋友家人健康喜乐，想要做一名老师，在 STEM+ 学习社团的日子是我最美好的大学时光之一。生活就像巧克力糖，你永远不知道下一颗是什么味道。



郑秀洁——2019 级小学教育（全科教师）本科专业

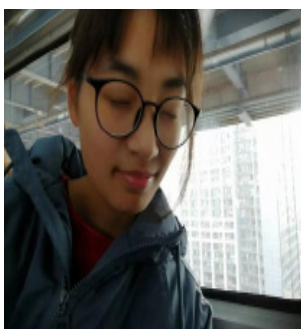
工作：STEM+ 学习社团办公室干事，主要负责办公室的工作。

个人简介：大家好，我是来自重庆黔江的郑秀洁，目前在 STEM+ 学习社团中负责办公室的一些工作。我算是个阳光开朗的女孩吧，虽然我话比较多，但其实爱好还是偏静的，我喜欢在网易云音乐、b 站闲逛，喜欢观看各种历史纪录片，有灵感时还会自己写点随记。未来可期，我会继续加油的。

廖又——2019 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+ 学习社团宣传部干事。

个人简介：STEM+ 学习社团的宣传部干事，负责制作海报，撰写文案。横眉冷对伪善肮脏，俯首轻吻温暖纯良。



朱泓瑞——2019 级科学教育本科专业

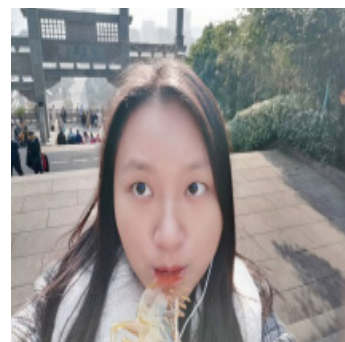
工作：STEM+ 学习社团学术部干事，主要负责 STEM 相关资料的推送。

个人简介：大学开学以来，我积极了解并适应周围环境，加入了学生会和社团。我爱好看电视剧，听歌，看书等。海子说：“我们要用最朴素的生活与最遥远的梦想，即使明日天寒地冻、路远马亡。”我梦想能够成为一名有个性、有自己的教学方法的老师。

符罗倩——2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团办公室干事，主要负责办公室的工作。

个人简介：性格开朗，喜欢与人交流，热爱跑步，希望在大学里参加一次马拉松比赛，喜欢科学与书法。我的梦想是当一名科学老师，与学生一起在科学的世界里遨游。虽然前路漫漫，但是我相信自己可以越过困难，达到梦想的彼岸。让我们与 STEM 一起加油吧！



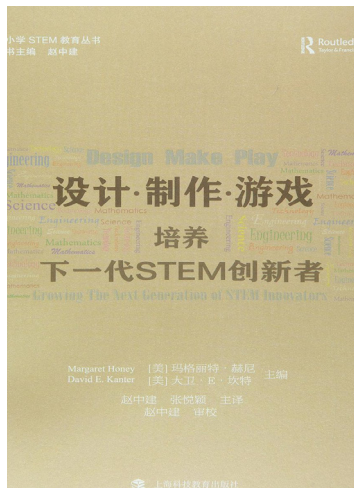
张可柔——2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+ 学习社团活动部干事，主要负责活动策划编辑和组织。

个人简介：不喜欢运动却也愿意奔跑。如果惧怕前面跌宕的山岩，生命就只能是死水一潭。迎难而上和 STEM 一起成长！

【责任编辑：车露】

好书推荐



书名：《设计·制作·游戏：培养下一代 STEM 创新者》

出版：上海科技教育出版社 / 2015-12-1 出版

原作名：Design Make Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators

作者：玛格丽特·赫尼 (Margaret Honey) / 大卫·E·坎特 (David E. Kanter)

译者：赵中建 / 张悦颖

简介：本书是中小学 STEM 教育丛书中的一种，在很大程度上融入了美国《K-12 年级科学教育框架》和《下一代科学标准》的主要思想和观点，尤其是实践或跨学科学习的观点。本书包含 13 个章节内容，选编了有关科学与技术学习的创新性课程计划的真实案例，是美国教育从业者、教育政策制定者、教育研究人员和创客的智慧结晶。每个章节都介绍了激发孩子们学习 STEM 的内在动力和天生好奇心的教学方法。



书名：《基于实践的 STEM 教学模式》

出版：上海科技教育出版社 / 2016-12-1 出版

原作名：《A Practice-based Model of STEM Teaching: STEM Students on the Stage (SOS)》

副标题：STEM 学生登台秀 (SOS)

作者：[美] 阿尔帕斯兰·沙欣

译者：侯奕杰 / 朱玉冰

简介：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。

好书推荐

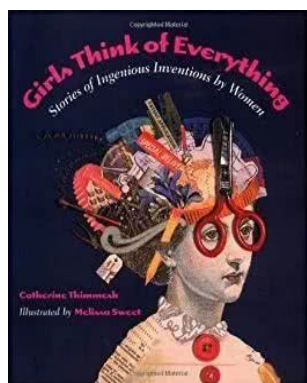


书名：《The Most Magnificent Thing》

出版：Kids Can Press/2014-4-1 出版

作者：Ashley Spires

简介：正如现实生活中的科学家、创新学家们一样，书中的小女孩认识到了科学上的成功都是来之不易的，是经历了反反复复的失败与挫折才得来的，也是需要下定决心才能达到的。当小女孩在探索科学的奥秘旅程中经历了无数次失败与挫折的时候，她的特别导师——一只小狗为她加油鼓劲，为她指明了前方的道路。在狗狗的鼓励下，小女孩最终完成了她的伟大作品！



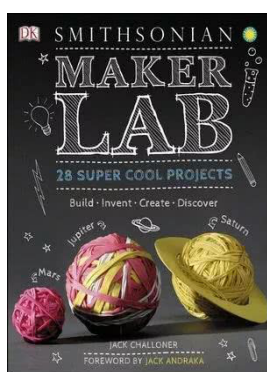
书名：《Girls Think of Everything: Stories of Ingenious Inventions by Women》

出版：Houghton Mifflin/2002-3 出版

作者：Catherine Thimmesh

简介：这是一本女性发明家们的传奇传记。它讲述了水下灯、望远镜、尿布、挡风玻璃、雨刷等神奇的小发明的由来。

适合年龄：8-12 岁



书名：《Maker Lab: 28 Super Cool Projects》

出版：Dorling Kindersley/2016-6-5 出版

作者：Jack Challoner

简介：精美的设计步骤，吸引人的照片教孩子运用家庭常用的材料来发明创造。所有的小实验都是为孩子精心挑选的，并且步骤简单易懂。所有的实验被分为三类，难度递增，让孩子们在现实生活中学习科学小知识！

适合年龄：8-12 岁

【责任编辑：黄浩轩、刘亿】

学术动态

STEM 教育研究与趋势定量分析

近日，美国德克萨斯 A&M 大学 (Texas A&M University) 的 Yeping Li、尼古拉斯州立大学 (Nicholls State University) 的 Ke Wang、俄亥俄州立大学 (Ohio State University) Jeffrey E. Froyd 等学者在《国际 STEM 教育杂志》(International Journal of STEM Education) 上在线连续发表两篇关于 STEM 教育研究与趋势的文章。其中一篇发表于 3 月 10 日，题目为《STEM 教育的研究和趋势：对期刊论文的系统综述》(Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications)，另一篇发表于 4 月 22 日，题目为《STEM 教育的研究和趋势：对公共资助项目的系统分析》(Research and trends in STEM education: a systematic analysis of publicly funded projects)。两篇文章从不同视角对 STEM 教育的国际研究现状进行了分析，下面我们就这两篇文章的主要内容进行编译，与读者分享。

一、STEM 教育研究和趋势：对期刊论文的系统综述

首先在时间段上，该文选择了 2000 年至 2018 年底。起点之所以选择 2000 年，是因为 STEM 这个缩写直到 21 世纪初才出现，截至时间之所以选择 2018 年底，是因为该文作者 2019 年开始进行综述研究。在论文的选择上，该文作者基于谷歌搜索、耶鲁普尔乌教学中心 (Yale's Poorvu Center for Teaching and Learning) 的期刊目录以及专业判断首先选出了 45 个期刊，然后以标题或 (和) 摘要中含有“STEM” (或含有 STEAM 以及含有“科学、技术、工程和数学”短语) 为条件，对这些期刊发表的论文进行了检索，最终从其中的 36 本期刊中 (有 9 本要么没有符合检索条件的研究论文要么是非英语期刊) 选出 798 篇研究论文进行分析。

通过对这 798 篇论文进行分析，作者得到如下一些发现：

1. 自 2000 年开始，STEM 教育研究论文在数量上呈逐渐增长趋势，其中从 2010 年开始出现显著增长。另外从 2015 年到 2016 年，从 2017 年到 2018 年出现特别显著的增长。

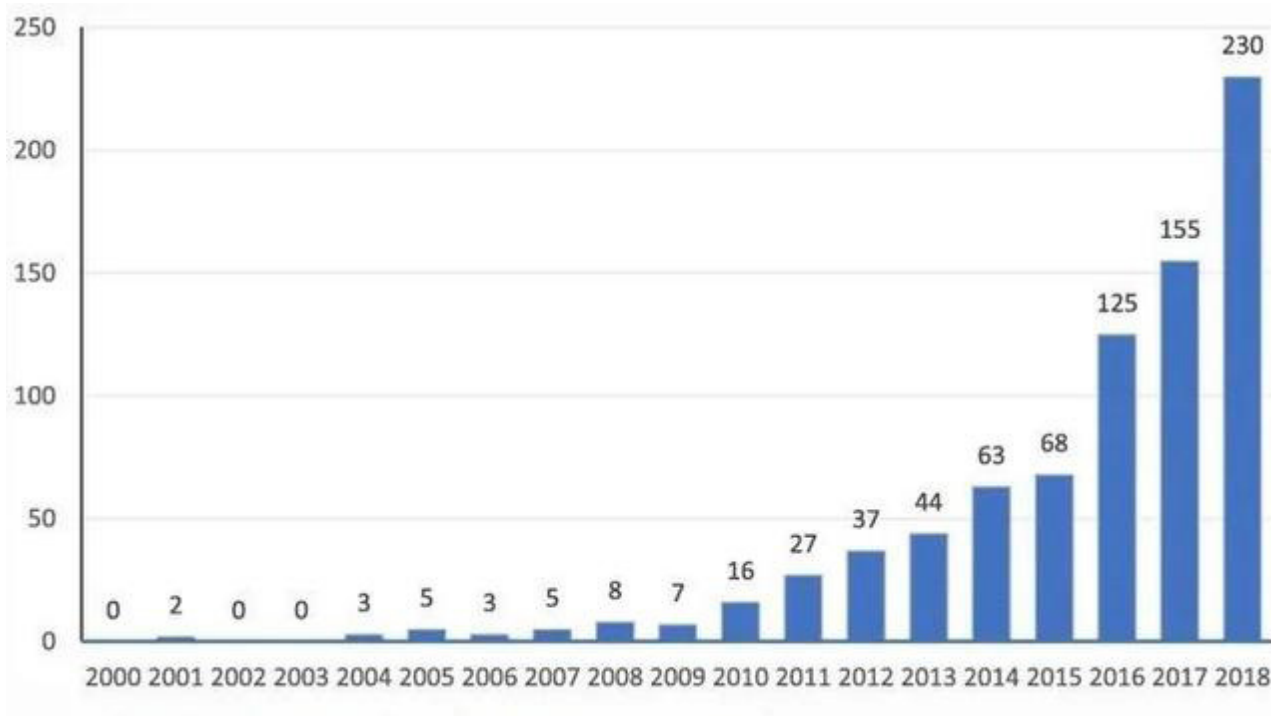


Fig.1 The distribution of STEM education publications over the years

(图 1 多年来 STEM 教育研究论文的发表情况)

在 798 篇论文中，在标题中含有（或在标题和摘要中都含有）“STEM”（或 STEAM 或“科学、技术、工程和数学”短语）的共有 549 篇，仅在摘要中含有的共有 249 篇。从年度分布上来看，从 2010 年开始，两类均出现显著增长，但在标题中含有“STEM”的论文比只在摘要中含有“STEM”的论文增长更快。

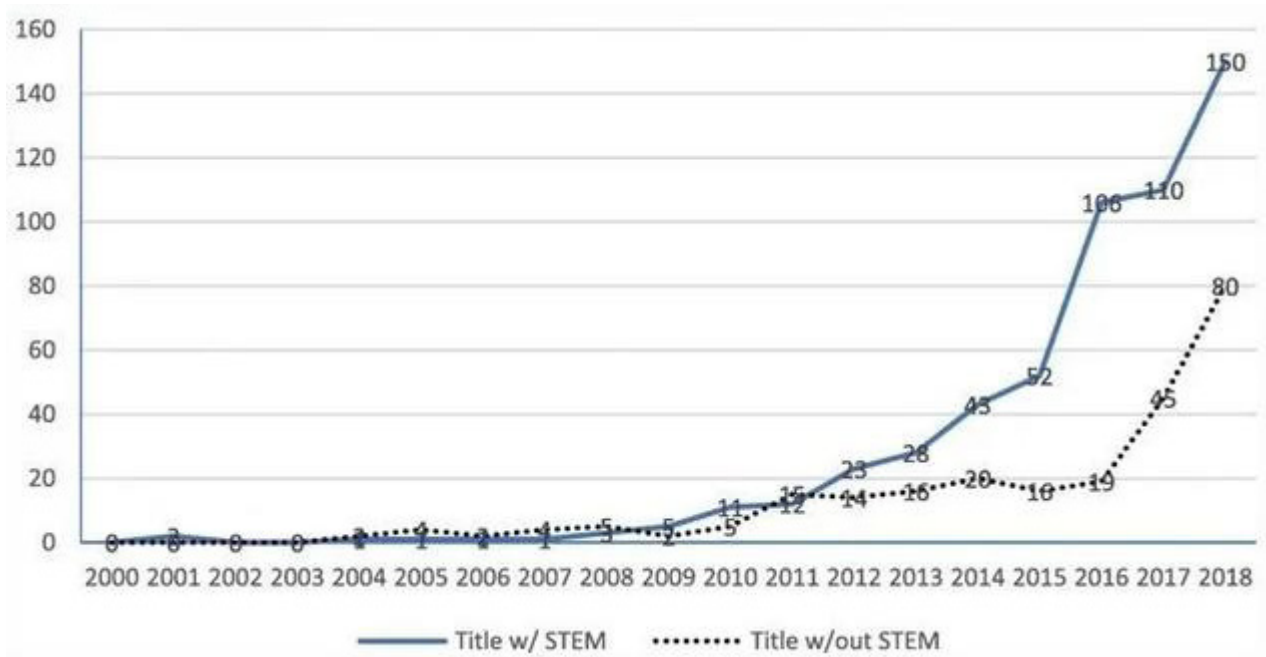


Fig.2 The trends of STEM education publications with vs without STEM included in the title

(图 2 STEM 是否包含在标题中的 STEM 教育研究论文的发展趋势)

在论文内容所涉学科领域上，798 篇中有 488 篇 (61.2%) 包含 STEM 的所有四个学科领域，有 141 篇 (17.7%) 仅包含 STEM 中的其中一个学科领域，有 84 篇 (10.5%) 既包含 STEM 学科领域也包含非 STEM 学科领域，包含 STEM 中的两个学科领域和三个学科领域的分别有 72 篇 (9%) 和 13 篇 (1.6%)。

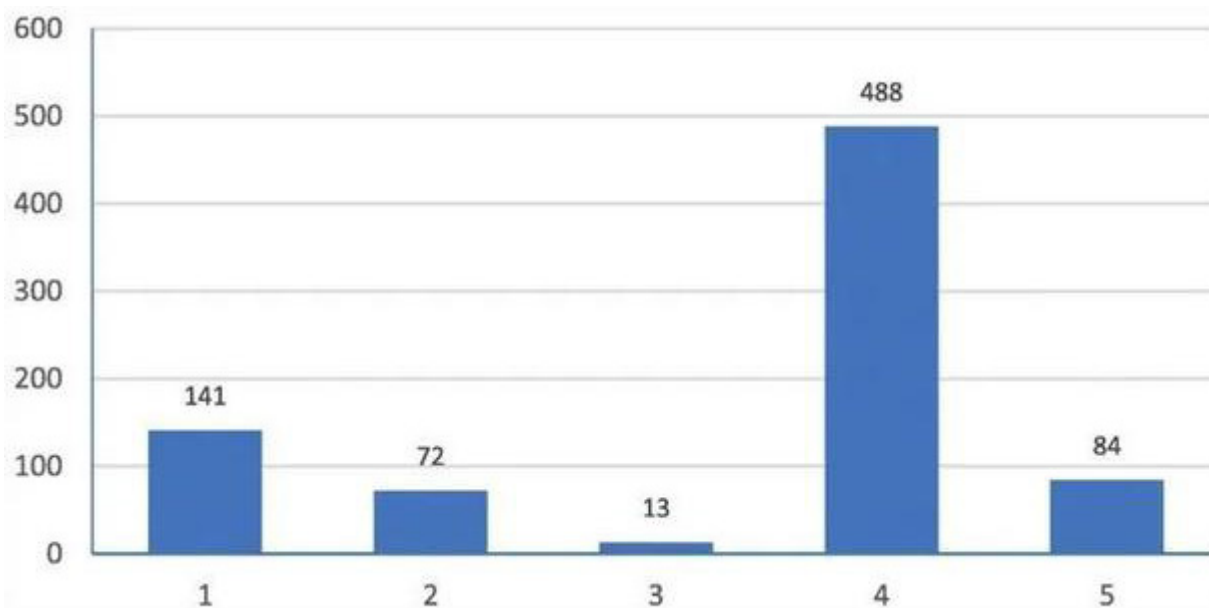


Fig.3 Publication distribution in terms of content scope being focused on (Note:1=single subject of STEM; 2=two subjects of STEM; 3=three subjects of STEM; 4=four subjects of STEM; 5=topics related to both STEM and non-STEM)

【图 3 发表的论文对内容范围的关注 (注: 1=STEM 中的 1 个学科领域; 2=STEM 中的 2 个学科领域; 3=STEM 中的 3 个学科领域; 4=STEM 中的 4 个学科领域; 5= 既包含 STEM 学科领域也包含非 STEM 学科领域)】

从年度发展变化来看，自 2010 年以来增长最快的是包含 STEM 四个学科领域的论文。

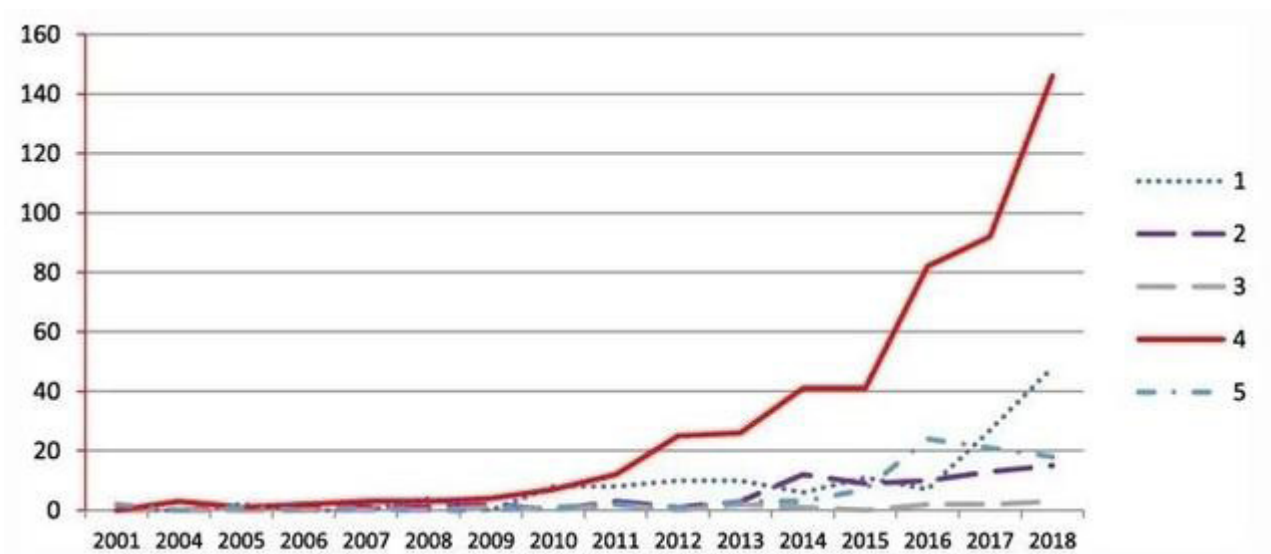


Fig.4 Publication distribution in terms of content scope being focused on over the years

(图 4 多年来发表的论文对内容范围的关注)

2. 在所选的 36 本期刊中, 有 2 本是综合教育研究期刊, 12 本是刊名中含有一个 STEM 学科的期刊, 8 本是刊名中含有 2 个 STEM 学科的期刊, 6 本是刊名中含有 3 个 STEM 学科的期刊, 7 本是刊名中含有“STEM”名称的期刊, 1 本是刊名中含有“STEAM”名称的期刊。其中刊名中含有 1 种学科、2 种学科以及含有“STEM”的这三类期刊刊载的样本论文数量接近总数的四分之一, 这三类期刊每年平均发表超过 40 篇。

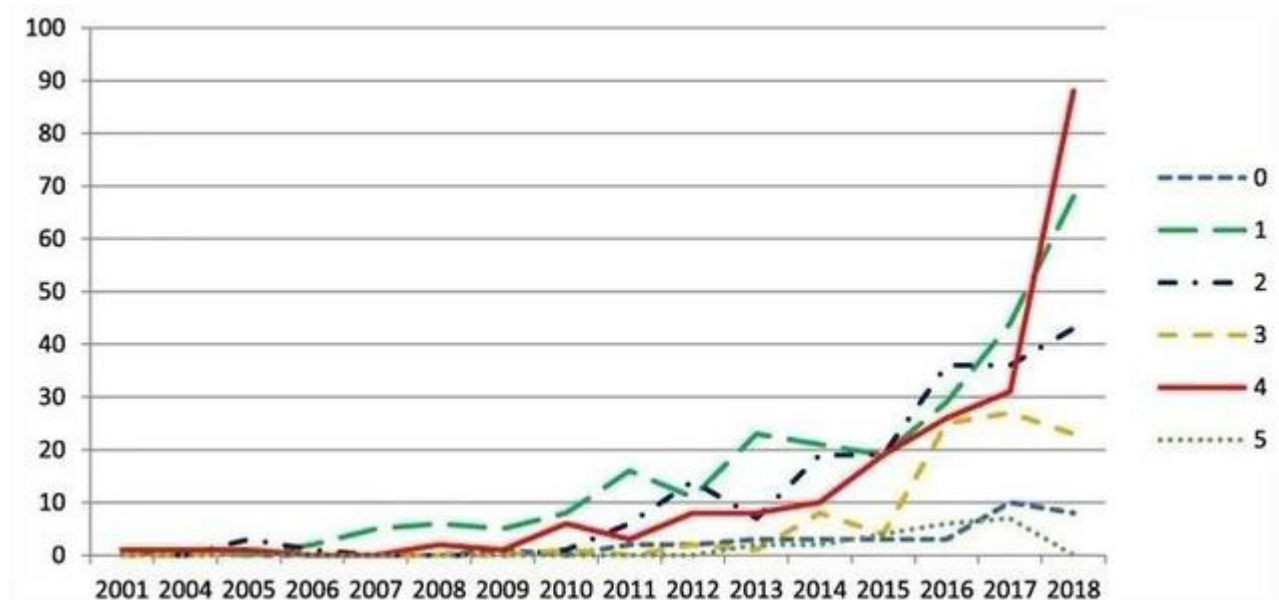


Fig. 5 STEM education publication distribution across different journal categories over the years

(Note: 0=subject 0; 1=subject 1; 2=subject 2; 3=subject 3; 4=subject 4; 5=subject 5)

【图 5 多年来 STEM 教育研究论文在不同期刊类别的发表情况 (注: 0=0 个学科; 1=1 个学科; 2=2 个学科; 3=3 个学科; 4=4 个学科; 5=5 个学科)】

样本论文发表期刊排名前五的是《科学教育与技术杂志》(Journal of Science Education and Technology, 共发表 80 篇)、《STEM 教育杂志》(Journal of STEM Education, 共发表 65 篇)、《国际 STEM 教育杂志》(International Journal of STEM Education, 共发表 64 篇)、《国际工程教育杂志》(International Journal of Engineering Education, 共发表 54 篇)、《学校科学与数学》(School Science and Mathematics, 共发表 41 篇)。

3. 按照两种不同的方法 (第一种以论文第一作者或通讯作者划分国家/地区属性, 不考虑其他作者, 这种方法的统计指标为文章篇数或篇数占比; 另一种是基于统计公式对国家/地区属性进行赋值, 如一篇文章有两位作者, 第一位赋值 0.6, 第二位赋值 0.4, 三位作者的话, 依次分别赋值 0.47, 0.32, 0.21, 这种方法的统计指标为赋值总分或总分占比) 划分论文作者的国家/地区属性, 发现排名前五的国家/地区一致, 均为美国 (两种类别占比分别为 75.75%、74.91%)、澳大利亚 (4.65%、4.81%)、加拿大 (2.26%、2.31%)、台湾 (1.76%、1.73%) 和英国 (1.76%、1.61%)。

4. 798 篇 STEM 教育研究论文中，83.7% 为合著论文，独立作者的仅有 130 篇。

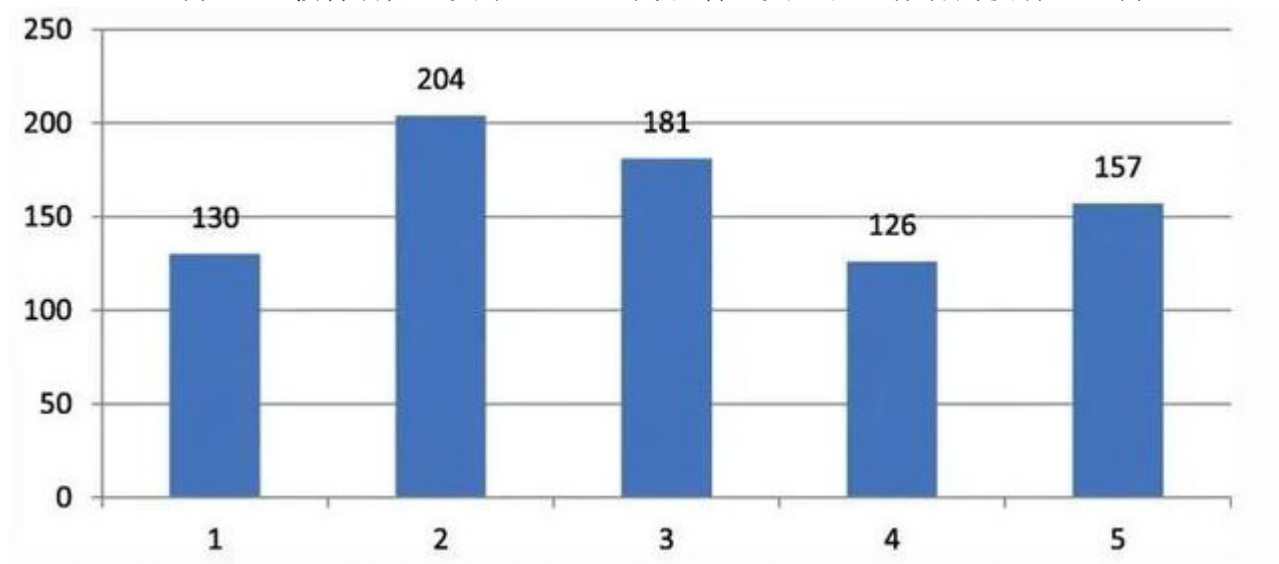


Fig.6 Number of publications with single or different joint authorship (Note:1=single author;2=two co-authors;3=three co-authors;4=four co-authors;5=five or more co-authors)

【图 6 单独发表或合著论文的数目（注：1=1 位作者；2=2 位合著者；3=3 位合著者；4=4 位合著者；5=5 位及以上合著者）】

从年度发展变化来看，同样合著论文呈现逐年增长趋势，特别是 2015 年之后增长非常显著。

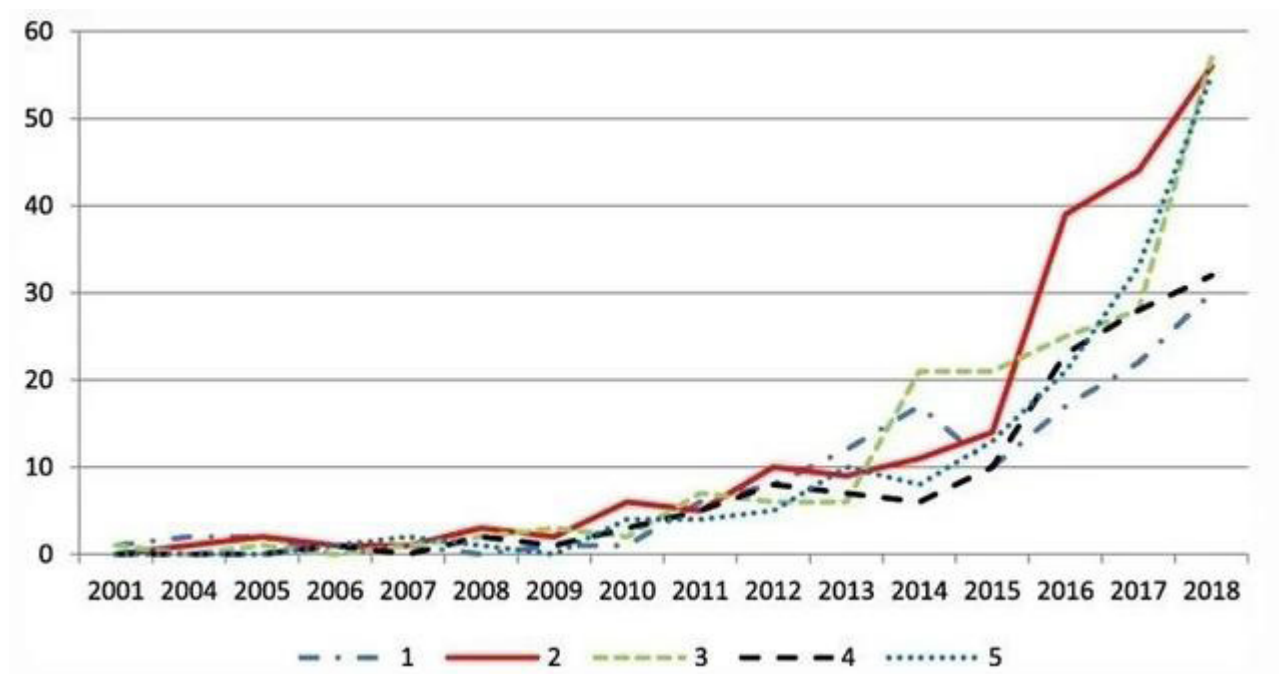


Fig.7 Publication distribution with single or different joint authorship over the years (Note:1=single author;2=two co-authors;3=three co-authors;4=four co-authors;5=five or more co-authors)

【图 7 近年来单独发表或合著论文的数目（注：1=1 位作者；2=2 位合著者；3=3 位合著者；4=4 位合著者；5=5 位及以上合著者）】

另外，合著论文中，国内学者合作的论文明显高于国际学者合作的论文。

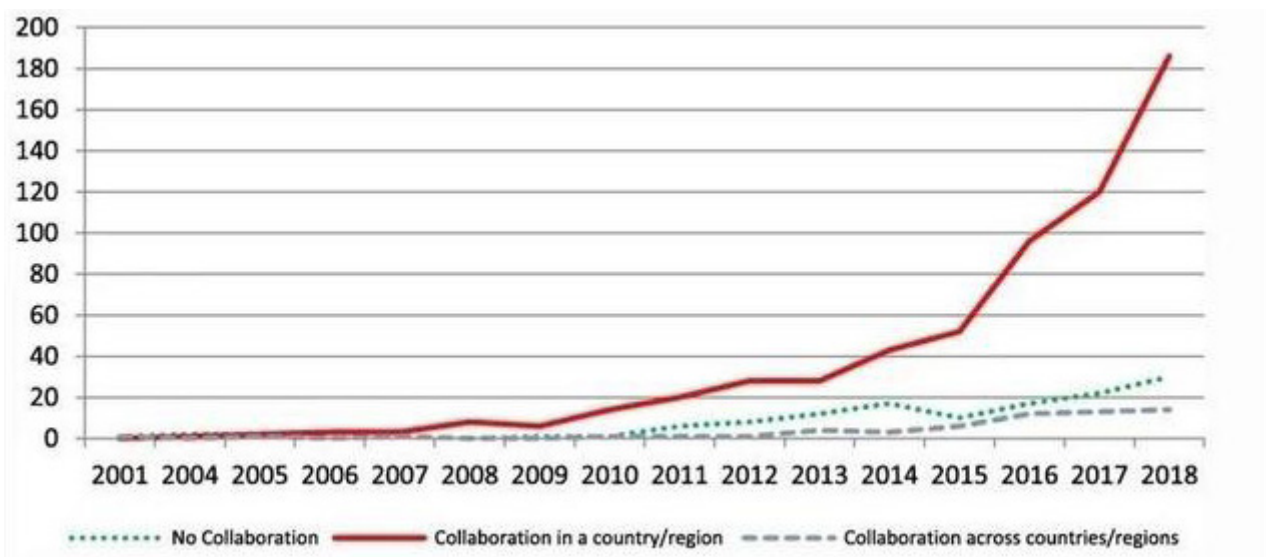


Fig.8 Publication distribution in authorship across different categories in terms of collaboration over the years

(图 8 就合作程度而言划分的不同类别的作者的论文发表量)

5. 在论文内容上，关于“目标、政策、课程、评价和评估（包括综述）”的主题类别几乎占了一半（375 篇，占 47%）。其次是“K-12 教学、教师和教师教育”（103 篇，占 12.9%），紧随其后的是“K-12 学习者、学习和学习环境”（97 篇，占 12.2%）。这可能是学术界对 K-12 STEM 教育的教学和学习都有广泛的兴趣。

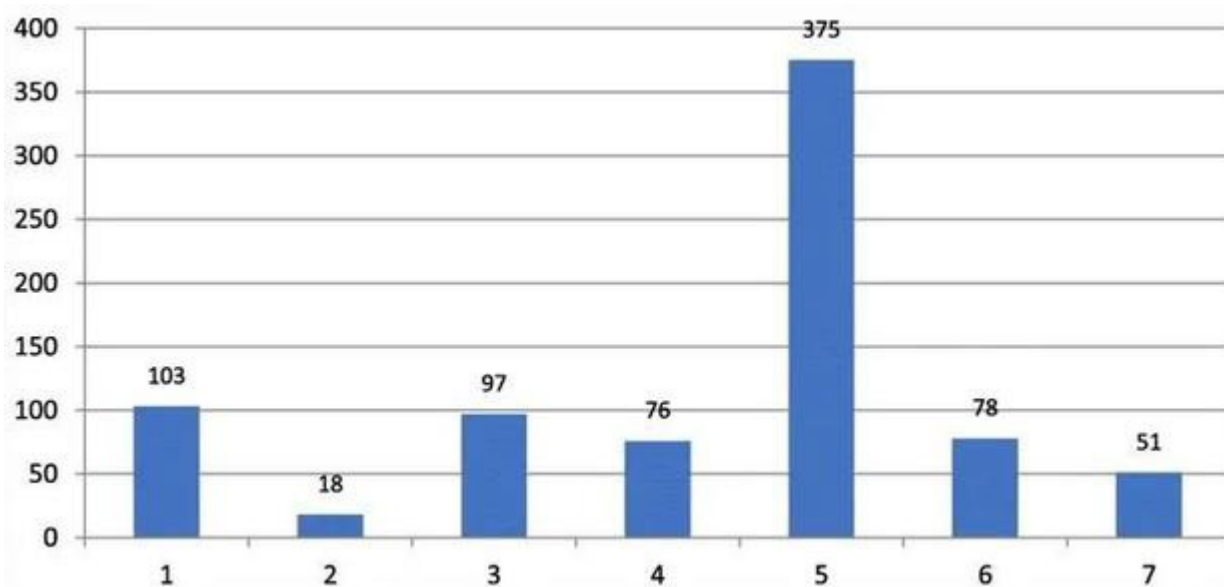


Fig.9 Frequencies of publications research topic distributions (Note:1=K-12 teaching, teacher and teacher education;2=Post-secondary teacher and teaching;3=K-12 STEM learner, learning and learning environment;4=Post-secondary STEM learner, learning and learning environments;5=Goals and policy, curriculum, evaluation and assessment(including literature review);6=Culture, social and gender issues;7=History, philosophy, Epistemology and nature of STEM and STEM education)

【图 9 发表论文研究课题分布频率（注：1=K-12 教学、教师和教师教育；2= 专上教师与教学；3=K-12 STEM 学习者、学习和学习环境；4= 专上 STEM 学习者、学习和学习环境；5= 目标和政策、全部课程、评价和评估（包括文献检索）；6= 文化、社会和性别问题；7= 历史、哲学、认识论和 STEM 和 STEM 教育的性质）】

另外，从年度发展变化来看，关于“目标、政策、课程、评价和评估”的主题增长最为迅速。

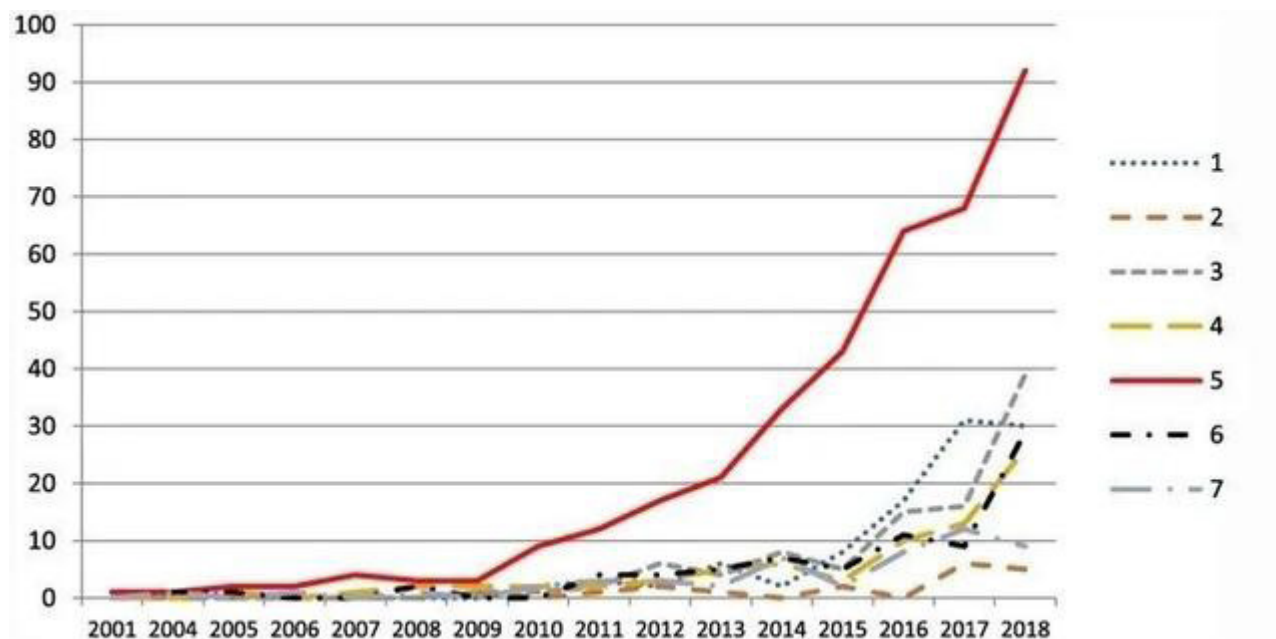


Fig.10 Publication distributions in terms of research topics over the years

（图 10 近年来发表的论文的研究主题）

6. 在研究方法上，使用定量方法的增长速度最快，使用定性和混合方法的实证研究以及非实证研究也在增长，但非实证研究的增长速度明显低于实证研究的增长速度。

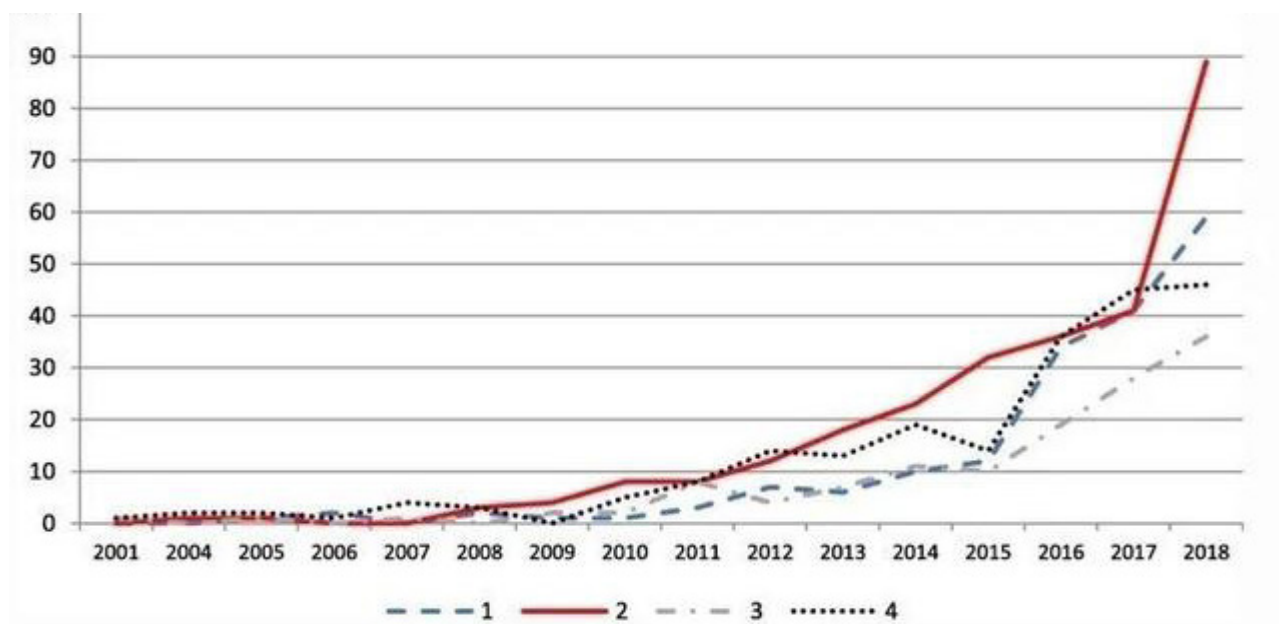


Fig.11 Publication distributions in terms of research methods over the years. (Note: 1=qualitative, 2=quantitative, 3=mixed, 4=non-empirical)

【图 11 多年来论文发表的研究方法（注：1= 定性的，2= 定量的，3= 混合的，4= 非实证的）】

二、STEM 教育研究和趋势：对公共资助项目的系统分析

该论文以 STEM 教育的公共资助项目为特殊视角，选择了 2003 年至 2019 年由美国教育科学研究院 (IES) 资助的 127 个项目为样本，对 STEM 教育研究与趋势进行了分析。作者指出，之所以选择美国，是因为在期刊上发表的 STEM 教育论文美国占很大一部分。而这可能是因为美国的 STEM 教育研究环境得到了良好的支持，有助于成果的产出。自 20 世纪 80 年代末开始，美国政府重启对 STEM 教育研究的资助。近年来奥巴马政府、特朗普政府均出台了相关的政策，支持 STEM 教育研究。

由于自 2003 年始，美国教育部对 STEM 教育研究的资助主要由美国教育科学研究院 (Institute of Education Sciences) 负责管理，所以该论文聚焦于由该机构资助的 STEM 教育研究项目上。时间段的起点自然也就选择为 2003 年。对于资助项目样本的选择，该文作者直接借用了美国教育科学研究院网站的资助项目分类，其中 STEM 教育在两个大类下都有，一个是在“教育研究” (Education Research) 大类下，另外一个是在“特殊教育研究” (Special Education Research) 大类下。在第一大类中共有 98 项，在第二大类中共有 29 项，合计 127 项。然后作者根据研究问题，对这些项目进行了编码，包含多个类别的项目会进行多重编码。例如，其中一个项目在学科类别上有三个编码，科学、技术和综合，因为这三个方面的内容在该项目中都有涉及。

通过分析，作者得出如下一些发现：

1. STEM 教育研究项目的资助数量在年度上没有明显的特征。2007 年之前基本呈现一个逐年增长趋势，从 2009 年到 2011 年和从 2012 年到 2014 年总体上有一个明显的下降趋势。

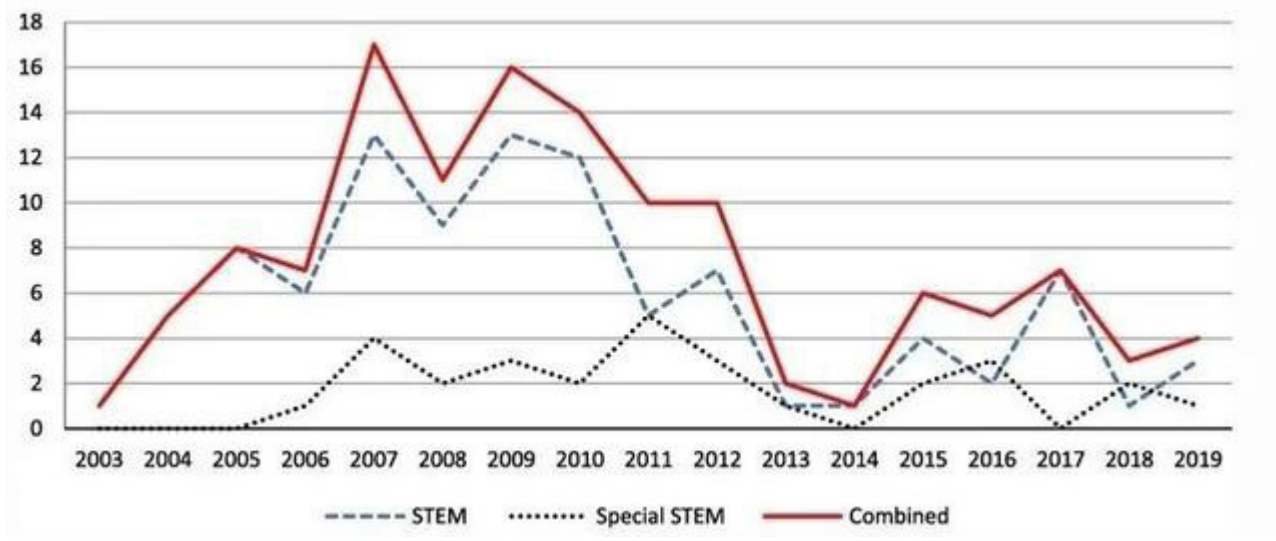


Fig.12 The distribution of STEM education projects over the years. (Note:STEM refers to projects funded under “Education Research”, Special STEM refers to projects funded under “Special Education Research”, and “Combined” refers to projects funded under both “Education Research” and “Special Education Research”. The same annotations are used in the rest of the figures.)

【图 12 近年来 STEM 教育研究项目的捐助情况（注：STEM 是指在“教育研究”项下资助的项目，“特殊 STEM”是指在“特殊教育研究”项下资助的项目，“合并”是指在“教育研究”项下资助的项目。其他图片使用了相同的注释）】

STEM 教育研究项目资助总额在年度上也没有明显的特征，年度资助总额波动较大，两大类合并计算，最高出现在 2007 年，超过 3300 万美元，最低出现在 2013 年，为 269 万美元。

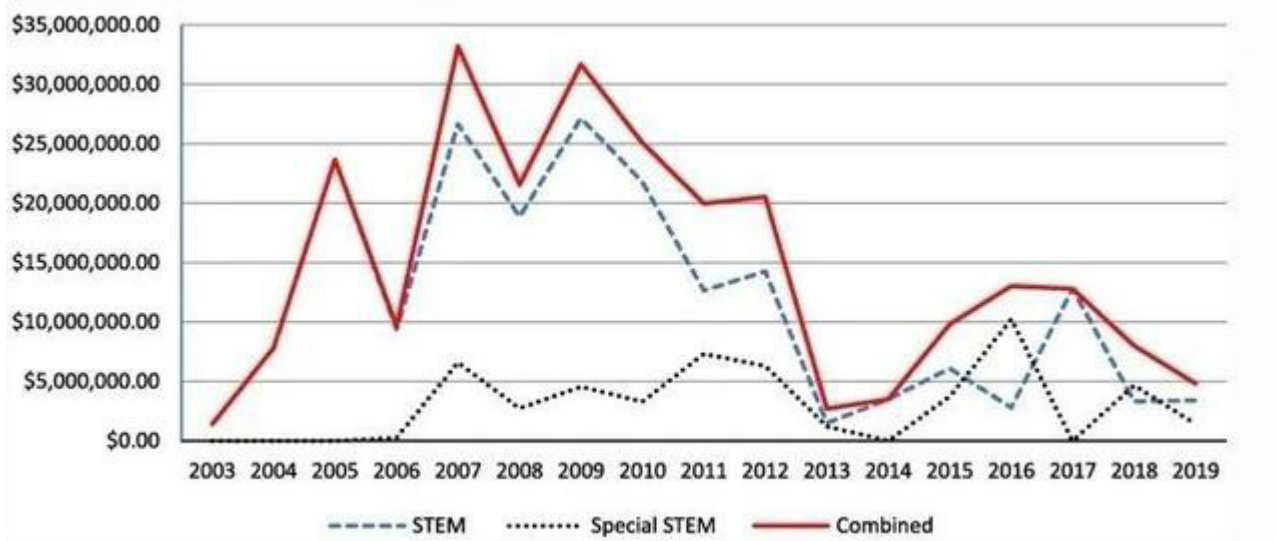


Fig.13 Annual funding totals

（图 13 年度资助总额）

对于“教育研究”大类下的 STEM 教育研究项目和两大类合并起来的项目，每个项目的年平均资助额在 1132,738 美元（2019 年）到 3,475,975 美元（2014 年）之间。对于“特殊教育研究”大类下的 STEM 教育研究项目，每个项目的年平均资助额差异很大，其中 2014 年和 2017 年该大类下没有 STEM 教育研究项目。

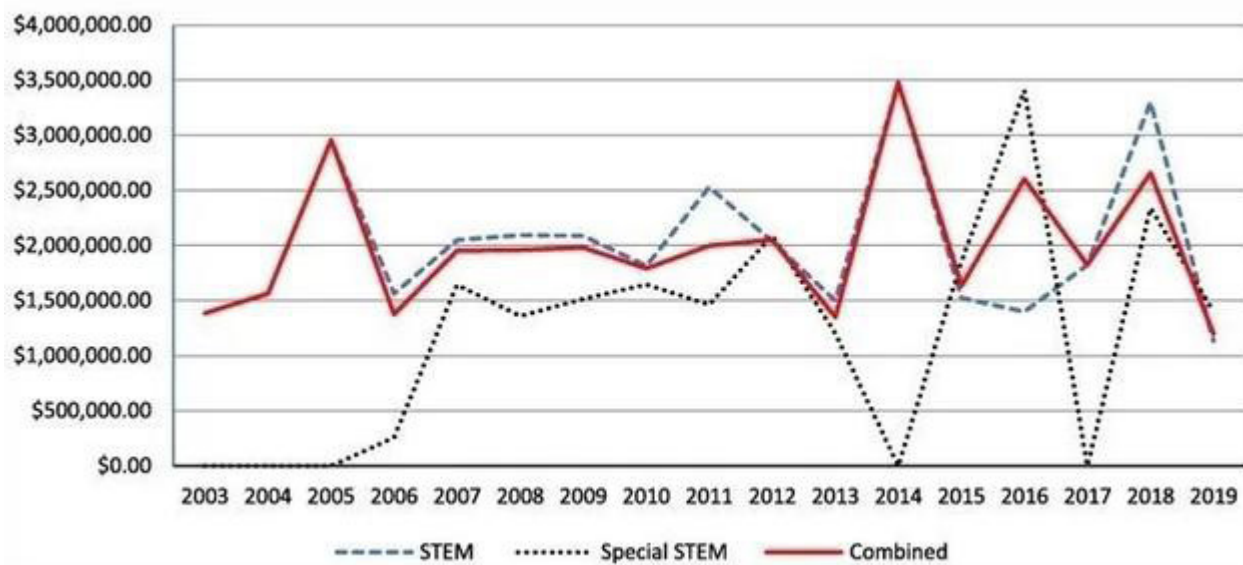


Fig.14 The trend of average funding amount per project funded each year in STEM education research

(图 14 STEM 教育研究中每年资助项目平均资助金额的变化趋势)

在项目资助额度大小上，127 个项目中大数获得了 100 万 -200 万美元的资助（77 项，占比 60.6%），超过 300 万美元的项目位居第二（21 项，占比 16.5%）。

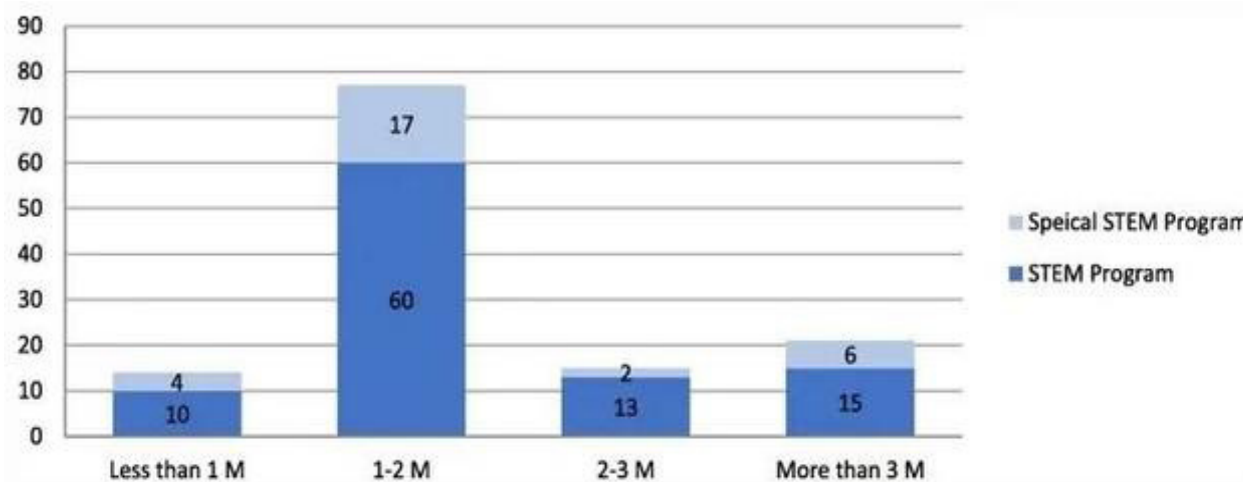


Fig.15 The number of projects in terms of total funding amount categories

(图 15 按资金总额类别划分的项目数量)

在项目研究周期上，127 个项目中的绝大多数是 3 年或 4 年的项目，其中 4 年期研究项目最多，有 59 项（46.5%），3 年期研究项目其次有 54 项（42.5%）。

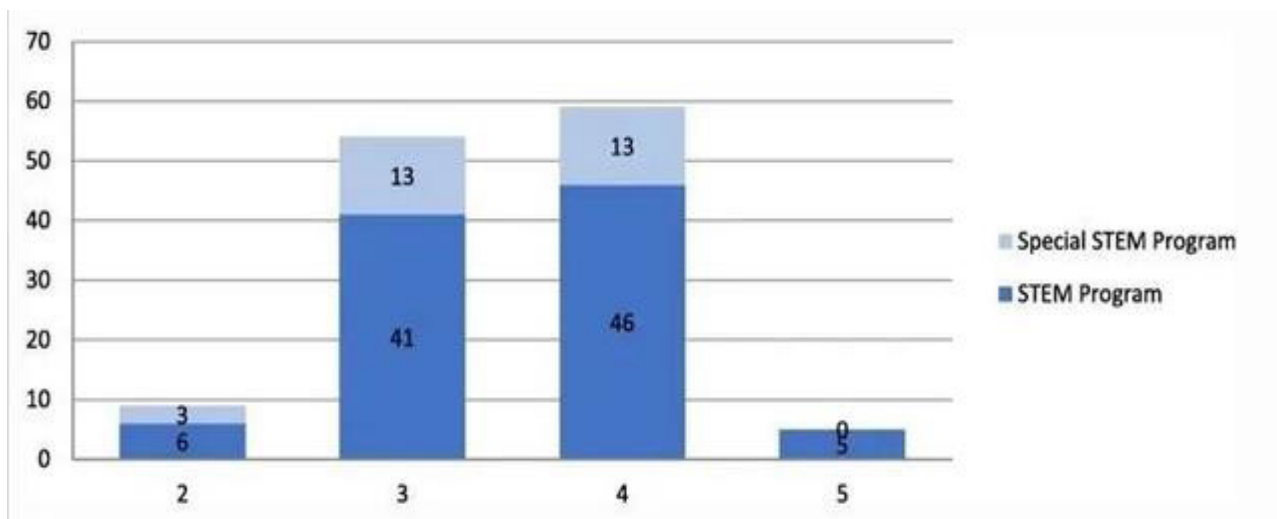


Fig.16 The number of projects in terms of years of project duration. (Note: 2=2-year projects; 3=3-year projects; 4=4-year projects; 5=5-year projects)

【图 16 按项目周期划分的项目数量（注：2= 两年期项目；3= 三年期项目；4= 四年期项目；5= 五年期项目）】

2. 2009 年以前大部分的 STEM 教育研究项目负责人 (principal investigator) 为一，2009 年以后项目负责人为多人的成为主流，说明 STEM 教育研究越来越需要合作。

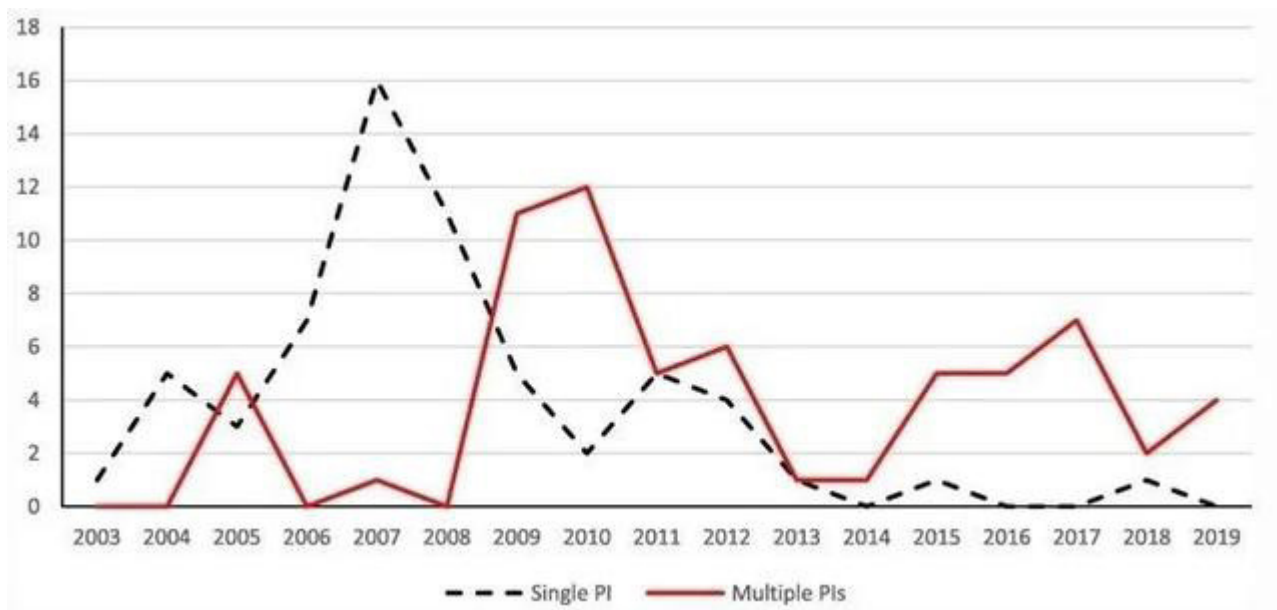


图 17

3. 2012 年之前，大学是 STEM 教育研究项目的主要获得机构。从 2003 年到 2019 年，有 80 个项目 (63.0%) 被大学所获得。与此同时，非大学机构只获得了 47 个 (37.0%)，在近几年里它们在争取 STEM 教育研究资助上似乎越来越积极。这说明，STEM 教育研究呈现出多元参与的趋势，这其实也是 STEM 教育研究重要性的另一个指标。

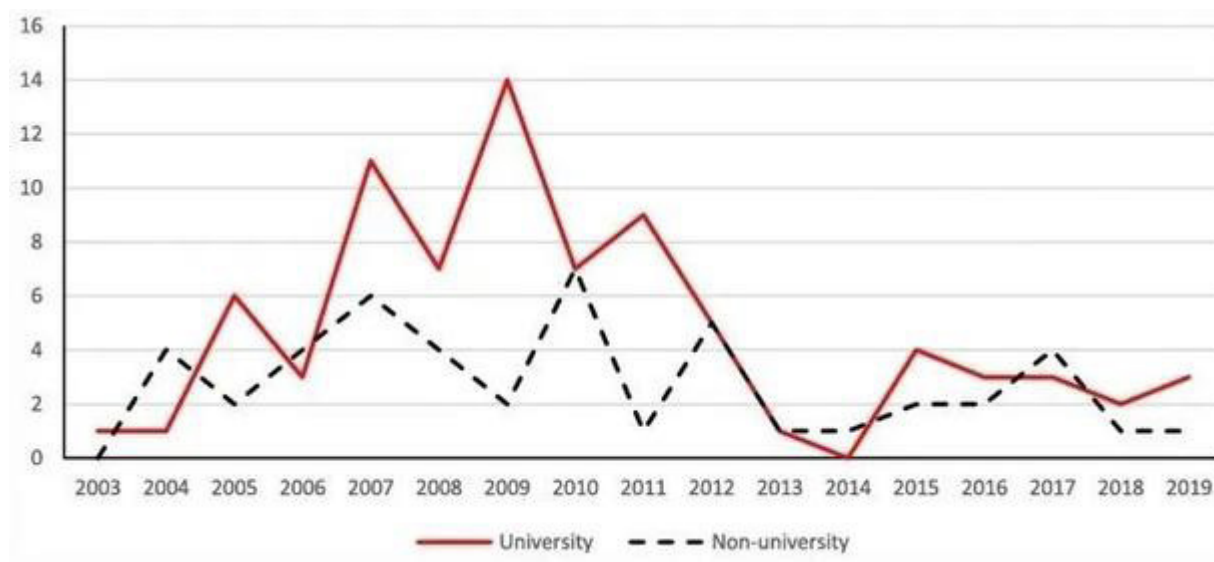


Fig.18 The distribution of projects funded to university versus non-university awardees over the years

(图 18 多年来大学资助项目与非大学资助项目的分布)

4. 127 个 STEM 教育研究项目中，大多数聚焦在 5-8 年级上（70 项），其次为 1-4 年级（48 项），接下来为 9-12 年级（38 项）。

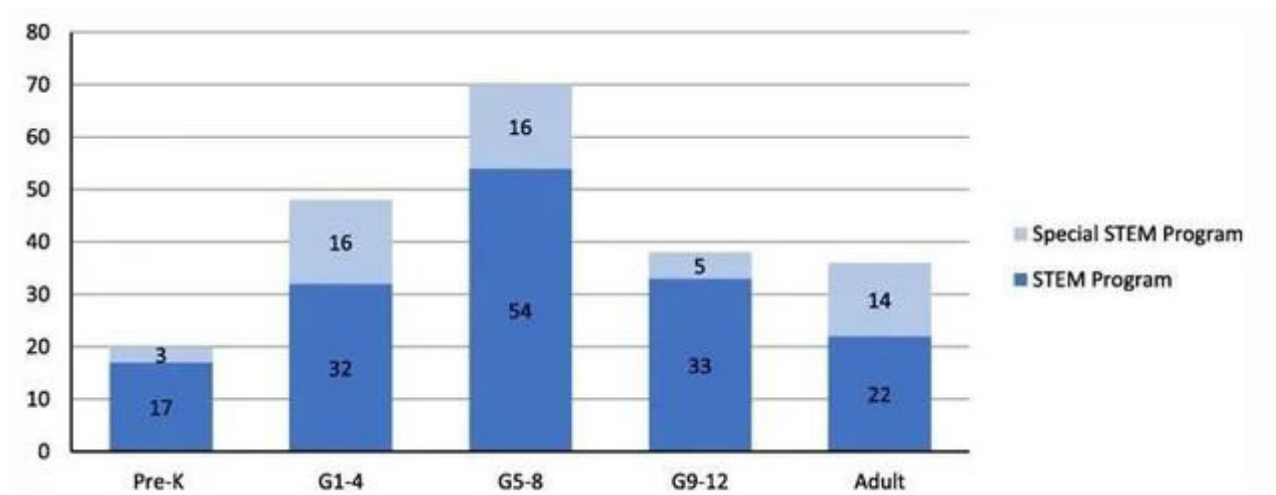


Fig.19 The number of projects in STEM education for different groups of participants (Note: Pre-K: preschool-kindergarten; G1-4: grades 1-4; G5-8: grades 5-8; G9-12: grades 9-12; adult: post-secondary students and teachers)

【图 19 针对不同参与者群体的 STEM 教育项目数量（注：学前教育：幼儿园；G1-4：1-4 年级；G5-8：5-8 年级；G9-12：9-12 年级；成人：专上学生和教师）】

5. 以“开发和创新”（development and innovation）为研究目标的项目最多（58 项，占 45.7%），接下来为以“效能与复制”（efficacy and replication）为研究目标的项目（34 项，占 26.8%）和以“量度”（measurement）为目标的项目（21 项，占 16.5%）。

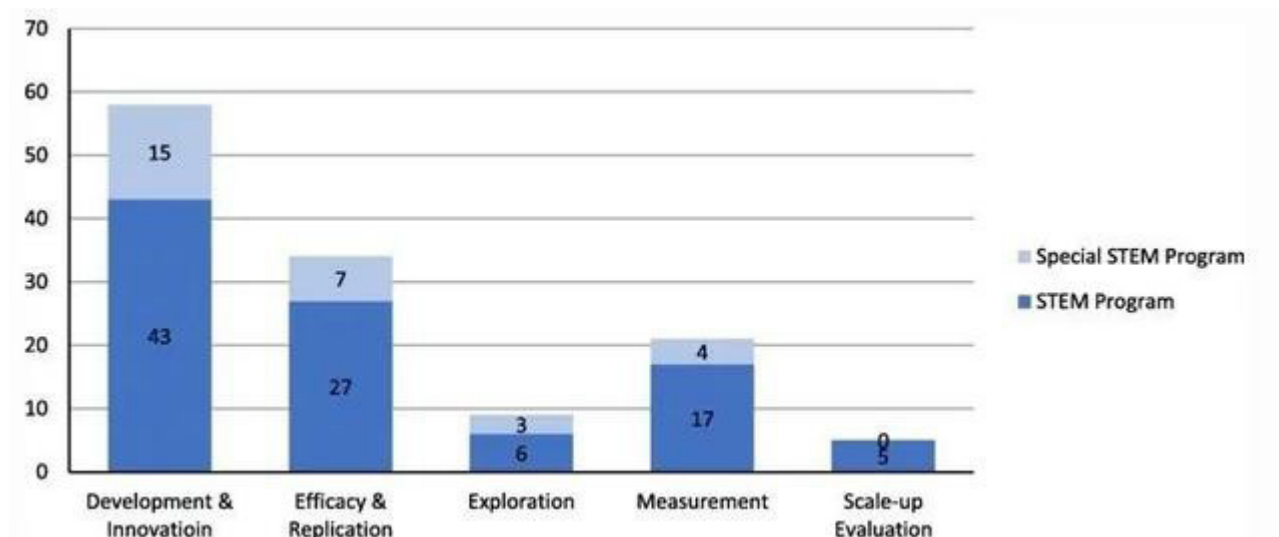


Fig.20 The number of projects in terms of the type of goals

(图 20 按目标类型划分的项目数量)

从年度发展变化来看，在“教育研究”大类下的项目，以“开发和创新”为目标的项目数量有下降趋势，而以“量度”和“效能与复制”为目标的项目数量有增长趋势。

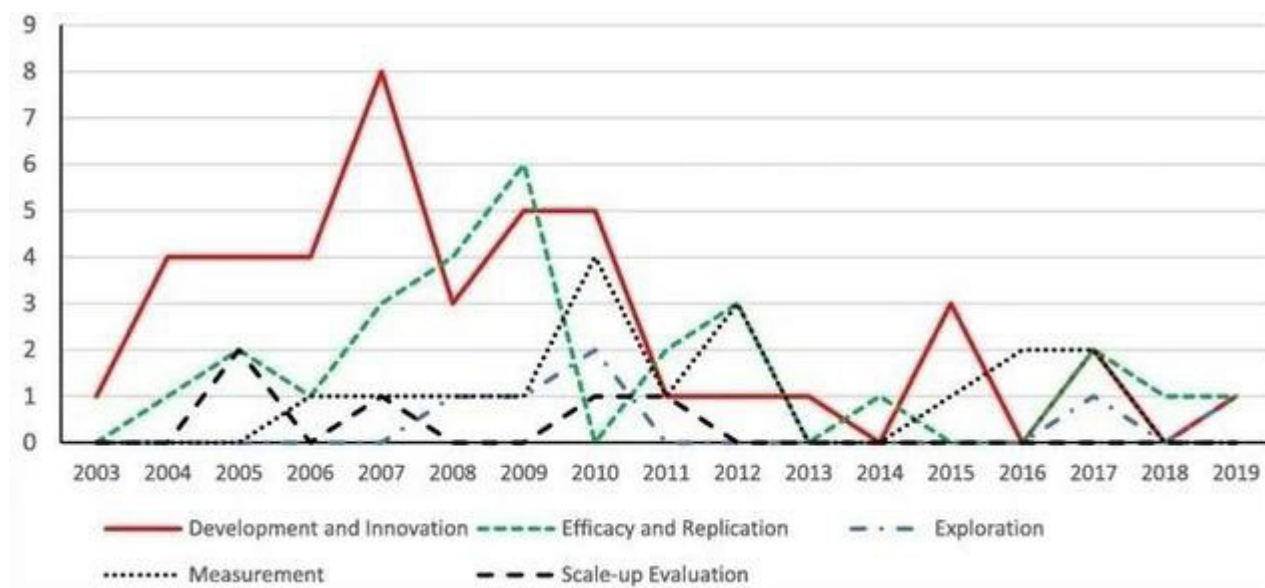


Fig.21 The distribution of projects in terms of the type of goals over the years(in “Education Research” program)

【图 21 多年来按目标类型划分的项目分布（在“教育研究”大类下的项目）】

6. 在项目所涉学科上，大多数聚焦在单个 STEM 学科上，其中 88 个项目聚焦数学，51 个项目聚焦科学，43 个项目聚焦技术，2 个项目聚焦工程。尽管每个项目可能聚焦多个学科，但是在 88 个聚焦数学学科的项目中，有 54 个项目以数学作为唯一的学科聚焦点。

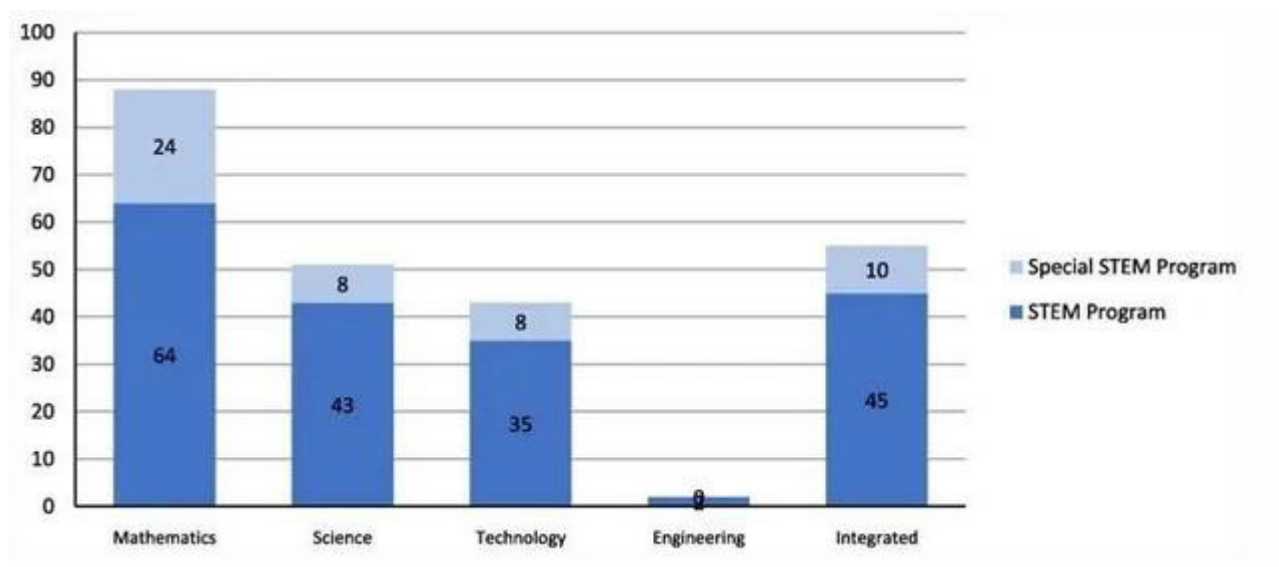


Fig.22 The number of projects in terms of disciplinary focus

(图 22 项目聚焦学科数)

另外，聚焦 STEM 综合学科的有 55 项（43.3%），这进一步证实了一个普遍的看法，即综合 STEM 教育和研究的发展仍处于初级阶段。

7. 在研究方法上，“介入性研究”和“实验性研究”是最常用的两种方法，分别有 104 项（81.9%）和 89 项（70.1%）。

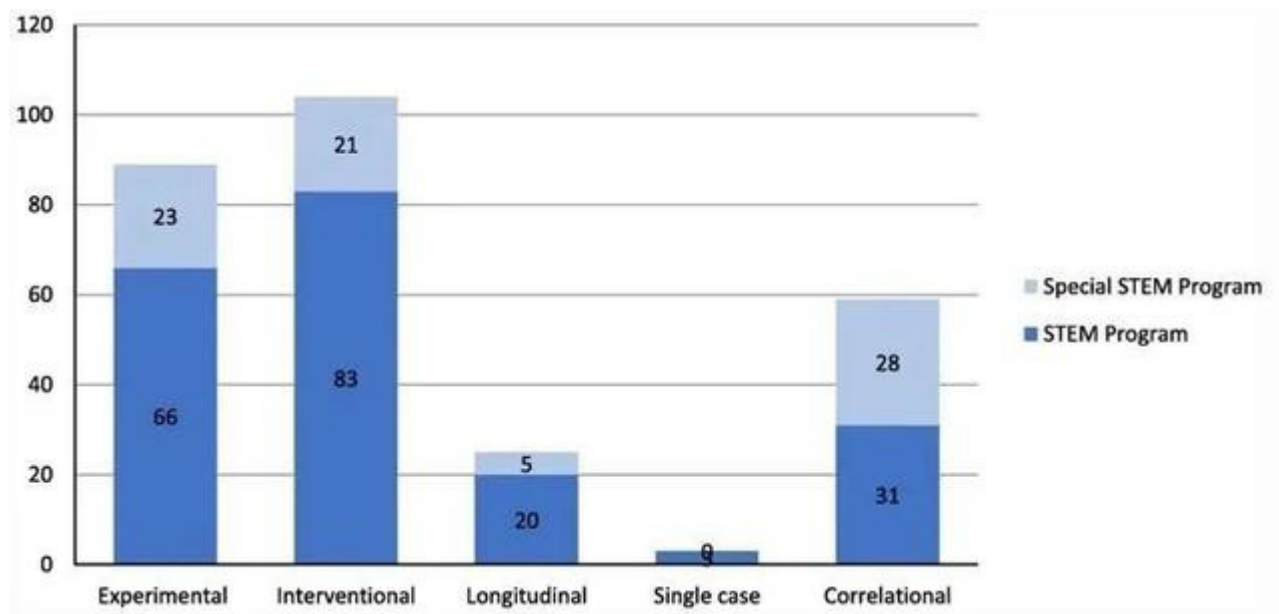


Fig.23 The number of projects in terms of the type of research conducted

(图 23 按研究类型划分的项目数量)

在数据收集上，标准化测试和设计测试是最常用的两种方法，其次是调查、观察和访谈。大多数项目使用三种定量方法。

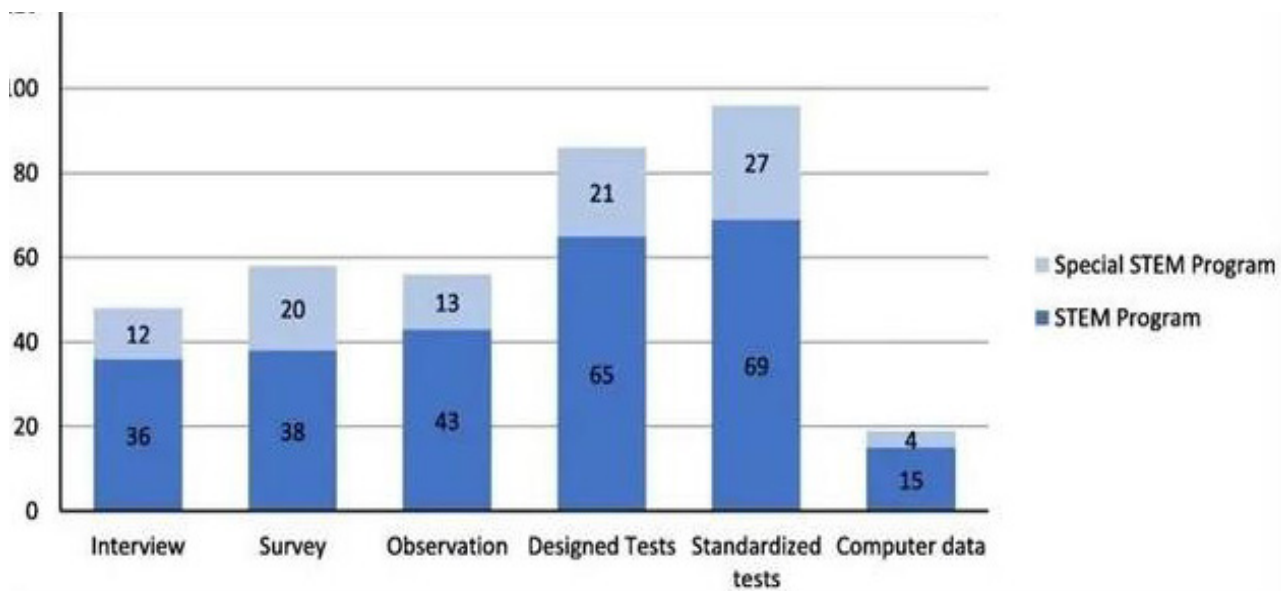


Fig.24 The number of projects categorized by the type of data analysis methods

(图 24 按数据分析方法类型分类的项目数)

在数据分析方法上，使用定量方法的远远大于定性方法。

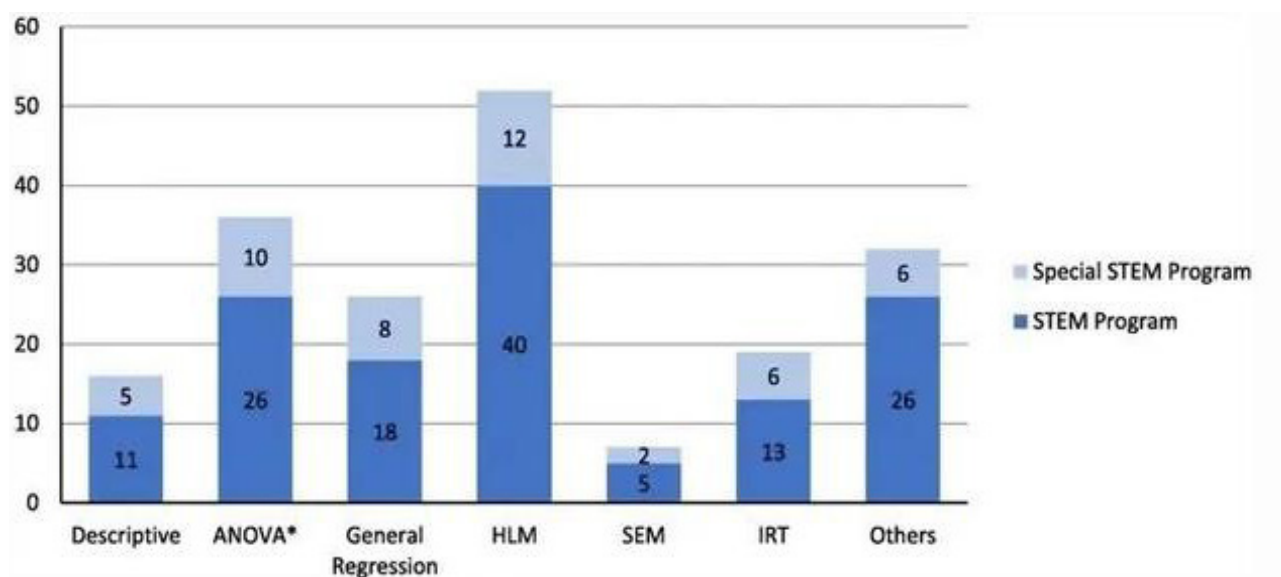


Fig.25 The number of projects categorized by the type of data analysis methods.

(图 25 按数据分析方法分类的项目数)

【参考文献】

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. et al. Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. IJ STEM Ed 7, 11 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. et al. Research and trends in STEM education: a systematic analysis of publicly funded projects. IJ STEM Ed 7, 17 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8>

（本文由国际与比较教育研究所“八国 STEM 教育研究丛书”课题组编译。内容与图片均来自于所编译的两篇文章。访问参考文献中文章 doi 链接，可直接阅读和下载这两篇论文）

转自：国际与比较教育

网址：<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1665164015906139584&wfr=spider&for=pc>

【责任编辑：张可柔】

STEM 教育的国策分析与实践模式

祝智庭¹, 雷云鹤²

- (1. 华东师范大学开放教育学院, 上海 200062;
2. 上海市普陀区现代教育技术中心, 上海 200333)

[作者简介] 祝智庭(1949—), 男, 浙江衢州人。教授, 主要从事教育信息化理论、系统架构与技术标准、网络远程教育、智慧教育理论与实践模式、教学系统设计、面向信息化的教师专业发展、技术使能的教学创新与教育文化变革等方面的研究。E-mail: ztzhu@dec.ecnu.edu.cn。

[摘要] 近年来, 由于科学技术的发展, STEM 教育受到世界各国的普遍关注和追捧。美国开展 STEM 教育已逾 30 年。本文对实用主义哲学背景下的美国 STEM 教育溯因探源, 从国家教育理念与政策取向、实施方略、课程建设、教学探索和 STEM 生态发展等视角归纳分析国际上 STEM 教育的主要实践模式, 并提出针对中国 STEM 教育发展的四层架构、整合机制、学科建设方法论、能力建设和学习生态系统发展等方面建议。

[关键词] STEM 教育; 国策分析; 实践模式; 实用主义; 创造能力

一、STEM 教育的政策分析: 溯因探源

从国策层面强烈关注 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics) 的现象发端于美国, 并历经三十余年发展到现在, 这主要根源于深入美国的实用主义思维, 即美国认为实施 STEM 教育能够从一定程度上解决其所面临的国家安全和经济安全问题, 保持领先的国际地位。

(一) 基于实用主义哲学的教育国策

实用主义哲学(实用主义的英文是 Pragmatism, 原意是“行动”)产生于 19 世纪 70 年代, 是美国的一种主流思潮, 主要代表人物有开创者查尔斯·皮尔斯(Charles Sanders Peirce)、集大成者杜威(John Dewey)等。实用主义注重行动和效用, 已渗透到美国人的思维中, 对法律、政治、教育和艺术等领域产生了广泛而深刻的影响。例如美国建国初的《独立宣言》和《宪法》, 均是修修改改, 照顾各方利益相互妥协的结果, 就是实用主义哲学思维的一种体现。在美国多元竞争的文化传统中, 尤其是在进步

时代(Progressive Era)。

以后, 人们更加注重社会的公平性, 也更为理性, 往往本着实用主义的原则开展连续性、合作性和尝试性的变革, 注重事物和行为的实际作用和效果, 达到解决问题的目的。

著名教育家杜威将实用主义哲学与美国教育实际相结合, 建立了实用主义教育思想和理论。他认为, 经验是有机体和环境相互作用的结果。杜威认为“一切学习来自经验”, 提出了儿童中心主义, 认为教育即生活, 教育即生长, 教育即经验改造。他指出, 人的知识与行为应该是合一的, 反对单纯地以知识为中心的教育, 鼓励儿童通过探究活动获得知识和经验。杜威的实用主义教育思想和方法论, 尤其是《民主主义与教育》对美国教育界的影响非常大, 使美国教育从以赫尔巴特主义为主导转向以杜威主义为主导的新阶段。

美国的 STEM 教育政策从历史发展看, 是根源于军事与经济安全的国家目标。其目标除了整合科学、技术、工程、数学外, 还

包括培育博识的民主公民与高素质的公民。美国把 STEM 摆在重要位置，首先因为 STEM 教育攸关国家安全。《美国教育改革和国家安全》报告认为，美国教育失败对国家安全造成五大威胁，损害了美国经济增长与竞争力、美国人的身家安全、美国知识资产储备、美国的全球意识、美国的团结与凝聚力；报告提出了为安全服务的四项技能：科学期望、技术期望、外语期望、超越核心素质的创造思维；最终提出三条核心建议，在攸关国家安全的学科必须实现教育预期目标，做结构性变革来为学生提供好的选择，启动《国家安全就绪审计法》，确保学校与政策制定者为结果负责并提升公众意识。在国际数学与科学评测趋势（TIMSS，四年一次）中，美国的排名落后于很多国家。这更加引起了美国对于数学和科学教育的关注。此外，STEM 教育对社会经济发展和国家竞争力是至关重要的。美国商务部报告（2010）指出：社会对 STEM 人才的需求越来越大，STEM 工作的薪资水平更高，STEM 人才对国家竞争力、经济增长和总体生活水平有特别大的影响，STEM 工作是适应未来的，对国家的技术创新和全球竞争至关重要。实际上，STEM 素养现在已经成为许多领域的核心素养，而且在大多数教育层次上，STEM 受教育者的薪酬超过未接受 STEM 教育的学生。

（二）保持国际领先地位的人才理念

美国促进科学协会（AAAS）联合美国科学院、联邦教育部等 12 个机构，于 1985 年启动了一项面向 21 世纪、致力于科学知识普及的中小学课程改革工程——“2061 计划”（1985 年恰逢哈雷彗星飞经地球附近，那时入学的孩子还可能看到哈雷彗星 2061 年再次归来），其目的是帮助美国人了解科学、数学和技术，让美国当今的儿童——下世纪的主人能适应 2061 年时科学技术和生活的急剧变化。（“2061 计划”项

目的中文介绍资料参见网站 <http://2061.cast.org.cn/n11115958/index.html>）它代表着美国基础教育课程和教学改革的趋势，体现着美国教育界对于中小学生学习科学素养、数学知识和技术能力的关注。

自 20 世纪 80 年代以来，美国制定发布（实行）了近二十项与 STEM 教育相关（包含全部相关和部分相关）的政府报告及政策（如表 1），对 STEM 教育的关注度越来越大。STEM 最早是由《本科的科学、数学和工程教育》（Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education）于 1986 年提出，该报告针对大学本科教育中存在的问题，提出了要重视科学、数学和工程教育，为国家的发展做好准备。该报告被普遍视为美国 STEM 教育的开端。随后的历任政府（布什、奥巴马、特朗普等）都对 STEM 教育非常重视。2006 年 1 月 31 日，美国总统布什发布《美国竞争力计划》，提出培养具有 STEM 素养的人才是全球竞争力的关键。此后，STEM 教育逐步受到重视。2011 年美国总统奥巴马推出新版的《美国创新战略》，开展“创新教育运动”，加强 STEM 教育，动员全国力量支持所有的美国学生发展高水平的 STEM 知识和技能。美国总统奥巴马对于 STEM 教育的呼吁，进一步引起了美国以及世界各地对 STEM 教育的广泛关注。特朗普于 2017 年 9 月 25 日签署《总统备忘录》，宣布每年至少投资 2 亿美元用于 STEM 教育项目，提供高质量的 STEM 和计算机科学及编程课程，培养儿童的 STEM 知识和技能，以获得高薪工作。

表 1 美国 STEM 教育政府报告 / 政策

时 间	报 告
1983	《教育美国人为 21 世纪做好准备》
1985	Project 2061 项目
1986. 3	《本科的科学、数学和工程教育》
1989	Project 2061 全美科学素养标准

1996	《塑造未来：透视科学、数学、工程和技术本科教育》
2006. 1. 31	《美国竞争力计划》
	《国家行动计划：应对美国科学、技术、工程和数学教育系统的紧急需要》
2007	《美国创造机会以有意义地促进技术、教育和科学之卓越法》（美国竞争法）
2009. 1. 11	《改善所有美国学生的科学、技术、工程和数学教育》
2010. 9. 16	“变革方程”教育计划
2011	新版的《美国创新战略》
2011	《成功的 K-12 阶段 STEM 教育：确认科学、技术、工程和数学的有效途径》
2013. 5	《STEM 教育五年战略计划》
	《每一个学生都成功法（ESSA）》
2016. 9. 14	《STEM2026：STEM 教育创新愿景》
2017	《美国竞争力计划》
2017. 9. 25	总统备忘录（STEM 教育项目资助 2 亿美元 / 年）

二、STEM 教育的实践模式：国际观察

美国关注 STEM 教育已逾 30 年，尤其是近年来积极开展 STEM 教育，这也让世界各国有关人士增强了 STEM 教育对于未来国家竞争力影响的认识，并在国策层面有所行动，例如，英国、德国、日本、澳大利亚、芬兰等国家在近几年内也开始关注 STEM，并进行了政策部署和研究项目的实施。英国为了解决 STEM 技能短缺问题，2002 年提出了《为了成功的科学技术》（SET for Success），2017 年发布的《工业发展战略绿皮书》再次强调 STEM 教育的重要性，国家科学学习网络还专门开展 STEM 专业教师发展的网络。德国为应对高质量 MINT (Mathematik Informatik Naturwissenschaft Technik) 劳动力缺乏的状况，2008 年提出了《德累斯顿决议》，将 MINT 教育列为教育发展的重要目标，2012 年举办了“国家 MINT”论坛，发布了《MINT 展望——MINT 事业推广指南》。日本未曾在正式的政府文件中提出 STEM 一词，而是以一种局部的、潜在的方式实施，在小学阶段侧重 STEM 研究人才的培养，增加学生对 STEM 相关学科的兴趣和热情，高中阶

段实施 STEM 精英教育。澳大利亚为了改进学校的科学、数学和信息技术教学与学习，2015 年 12 月发布了《STEM 学校教育国家战略 2016-2026》，2016 年起在“国家创新与科学进程”中实施“小小科学家计划”与“让我们学会计算培训计划”，以确保澳大利亚儿童具备未来就业所需的数学与科学技能，培养未来的科学家与数学家。芬兰发起了以 LUMA 数学和科学教育发展项目为代表的全国性 STEM 教育促进项目，设立了 LUMA 国家中心，以“专业共享”为原则，在校外针对 3~19 岁的儿童和青少年量身打造 STEM 学习和教育活动，促进 STEM 教育研究和教师发展。

从国际总体发展视角看，当前 STEM 教育研究和实践仍然以美国为主，其他国家大多处于起步阶段。国际上的 STEM 教育实践表现为五个特征（如图 1 所示），从国家教育理念层面看，体现出“能力为本”的特点；从实施策略方法看，体现出“整合为要”的特征；从实践应用层面上，主要以“项目引领”为抓手；从课堂教学探索中，具有“继承创新”的特色；从 STEM 生态发展的视角看，表现出“多方力量”的共同努力。

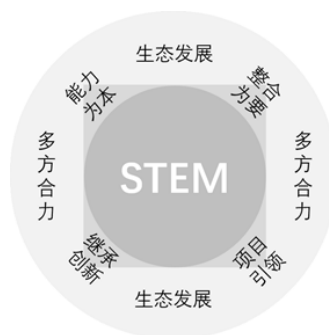


图 1 国际 STEM 教育实践特征模型

（一）国家教育理念：能力为本

STEM 教育表现出“能力为本”的特征，即在跨学科的基础上，培养学生的问题解决能力、自主创新能力、深度学习能力和适应未来能力。这类似于能力本位教育（Competency Based Education，简称 CBE，产生于二战后）的核心理念，即从职业岗位

需求出发确定能力目标。美国对保持国际竞争力人才的关注，英国为解决 STEM 技能短缺问题，德国解决 MINT 劳动力缺乏状况，澳大利亚面向未来就业的 STEM 教育行动，中国对劳动者创新能力的迫切需求等，都是对以能力为本的 STEM 教育行动的有力阐释。

美国 STEM 教育国家研究院，简称 NISE (The National Institute for STEM Education)，为实施 STEM 教育的教师、学校和地区颁发证书。应用一个能力本位的、学术性引领的在线学习平台，通过对三大领域（创造学习环境、建立科学理解、让学生参与到科学与工程实践中），共 15 种（对 STEM 学习必要的）教师行为的熟练程度进行论证，用以认证教师 STEM 教育专业技能。美国新课标 CCSS（全称 Common Core State Standards，制定了清晰连贯的学习目标，阐明学生在 K-12 阶段的每个年级层次中应该学会的数学、英语、社会历史、科学技术等知识与技能，帮助学生为当今全球经济环境下的大学、职业和生活做好准备。目前，美国已有四十二个州采用该标准）与美国下一代科学标准 NGSS（全称 The Next Generation Science Standards，是基于 K-12 科学教育框架的，主要有三个维度：学科核心概念、科学与工程实践、跨学科知识，强调不同学科的整合）相互呼应，均体现出对“能力为本”的特别重视和密切关注。

（二）实施策略方法：整合为要

当前国内外的主流教育体系中，科学、技术、工程和数学四门学科在 K-12 学校教育中通常作为分科课程进行教学。实际上，这四门学科紧密相关，因此很容易作为跨学科的综合课程来对待。例如，Thronburg 空间探索中心 (<http://www.tcse-k12.org/>) 为中学生提供了对四门学科进行无缝整合的 STEM 教育项目。从 STEM 教育发展的视角考虑，四门学科从内在关系上的深度无缝整合尤为重要。STEM 教育课程也将以一种跨学科的、

整合型的新型课程的形式存在。

STEM 教育涉及科学、技术、工程和数学四门学科，从相互关系看，四者具有内在关联性。David D. Thornburg 研究认为（如图 2 所示），科学是研究“发现的世界”，而工程关乎“造物的世界”。科学包含科学方法（提出假设并进行验证的过程，这是在多个年级水平中教会学生的），工程包含更灵活的创造和革新方法（这些在工程领域是必需的，但难以量化和教授）。我们还需认识到的是，工程师同时需要应用科学方法，科学家也常从创造性见解中获益。也就是说，科学与工程相互联系，科学得益于工程，工程应用科学方法。而且，两者与技术和数学的关系是动态的、紧密联系的，并且随着时间的推移不断变化。数学技能对科学家和工程师来说是必要的，科学和工程的进步能够促进新的数学方法的发展。例如，牛顿对物理学和微积分的贡献是紧密联系的。微积分提供了运算框架，运动定律得以计算和应用。与技术的关系也是相似的。例如，哈勃太空望远镜（HST）技术已极大地促进我们对于宇宙的科学理解。HST 是建立在科学基础上的巨大的工程努力的结果，它所提供的新认知不仅促进科学发展，也影响着更新、更强大的望远镜工程。

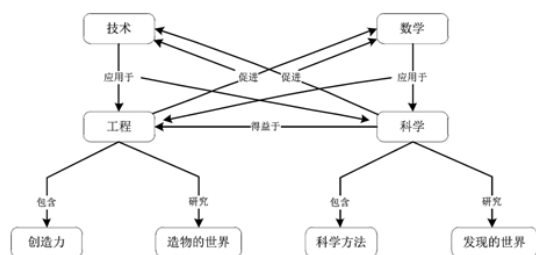


图 2 STEM 各要素关系图 (David D. Thornburg)

此外，STEM 教育之所以要融合工程设计过程，是源于工程设计的特点：工程师及相关专业人员在为真实世界构建创新解决方案时必须具有果决思维；工程设计过程（EDP）为解决创新性的复杂问题提供了组织性的方法。追根溯源，STEM 教育的整合性思维带有“巴斯德”科研范式的色彩，美国科学学家

Stokes 倡导的巴斯德科研范式将实用主义哲学推到极致，几乎消弥了基础研究、开发研究、应用研究的界限。

David D. Thornburg 的研究显示，STEM 教育的整合可能面临的现实难题有：K-12 教师极少获得工程学位，因而对工程没有深刻理解，不能很好地激发学生对工程方法的兴趣；在 K-12 阶段所学习的初等数学中，学生还不能体会到数学与其他三门学科的密切关系（科学、工程和技术），也不够重视数学学科，薄弱的中学数学基础又导致他们在 K-12 以后的大学阶段不能学习这些学科（科学、工程和技术），因而导致人才缺乏；技术不仅指（像人们通常所认为的）计算机技术，还包括应用于科学和工程领域的各种设备和工具；四门学科之间的内在联系在教学中通常被当作补充材料，而非核心问题。

（三）实践应用层面：项目引领

美国的 STEM 教育不仅从国家政策上做好保障，更重要的是在全国和区域范围支持开展了多个 STEM 教育项目，如美国 STEM 生态系统行动计划、项目领路 PLTW、区域推进 STEM 教育方案等。

美国 STEM 生态系统行动计划是由 STEM 资助网络（STEM Funders Network）支持的，组建了一个全国实践社区（由来自全国的地方、区域和国家 STEM 生态系统组成），有专家指导，也有相关领导、科学家和行业的支持，包含 K-16 学校、社区环境（课外项目和暑期项目）、高等教育机构、STEM 专门机构（如科学中心、博物馆、企业、非营利组织和专业协会）、商业、投资人以及国内和各种环境中的非正式体验。该行动计划旨在通过跨部门（Cross Sector）的 STEM 教学，增加学生的 STEM 参与度，完善知识，增强毅力，培养对 STEM 课程的认同和归属感。通过 STEM 学习，学生能够将他们在课内外所学会的和真实世界中的学习机会相联系，更容易寻找到 STEM 相关的职业和机会。项目领路 PLTW（全称为 Project Lead The Way）是一个为

美国小学、初中和高中开发 STEM 课程的非营利组织。该项目提供具有创新性的模块化课程内容（如初中的技术之门，高中的工程之路和生物医学科学，小学的初等工程课），鼓励学生参与基于活动的、基于项目的、基于问题解决的学习，注重培养学生的批判思维、协作意识、创造能力、创新精神和问题解决能力，开展实践导向的教师培训促进教师专业发展，以及多利益主体联合的课程资源支持，促进了其在美国中小学课堂的广泛应用。PLTW 是美国优选的 STEM 教育实践模式，其课程已经在美国 50 个州和哥伦比亚特区的 4200 多所学校开设，有 40 多万名学生修学了该类课程，是最大的 STEM 教育项目提供者。纽约州、印第安纳州、爱荷华州、南卡罗莱纳州等都提供了资金支持 PLTW 的未来发展。

区域推进 STEM 教育方案。印第安纳州教育部门在 STEM 实施中关注领导力与师资发展。制定了小学和初中的 STEM 实施的几种方案，全面实施（Full Implementation）、部分实施（Partial Implementation）和最少实施（Minimal Implementation）、补充实施（Supplemental Implementation）和合作伙伴（Collaborative Partnerships），规定了在不同的 STEM 实施方案中，从基础设施、教学、课程、扩展学习等不同维度需要采取的行动项（Action Items）和评价测度（Metric）。STEM 课程计划区域案例的另一个代表是 Cobb Science 项目。美国佐治亚州科布县学区（Cobb County School District，美国最大的学区之一，共有 7103 名教师）的 Cobb Science（也称 STEM Labs 实验室，提供 K-5 年级的全套 STEM 课程计划和资源，<http://www.cobbsciencelabs.com>），帮助教师为学生提供高质量的科学学习体验。我国 2017 年 2 月发布的《小学科学课程标准》与其有相似之处。

在积极实施多个 STEM 教育项目的背景下，美国各州的学校都积极开展 STEM 教育实践。STEM School 汇总了美国各州开展 STEM

教育的学校情况，制作成地图形式的 STEM 学校索引目录，覆盖小学、初中和高中学校。此外，该项目还经常提供 STEM 教育的研究实践和各种观点，如通过视频游戏激发学生对 STEM 课程的兴趣，应用 STEM 知识技能解决自然灾害相关问题，应用 STEM 知识技能改善生活等，以此带动和引领美国更多中小学校开展 STEM 教育实践。

（四）课堂教学探索：继承创新

STEM 教育具有跨学科、整合性的显著特征，这要求教师继承已有的教学成果和经验，如探究式教学、项目式学习、5E 教学模式、多元智能理论等，在此基础上完成创新式的整合，从而开展有效的 STEM 课堂教学，培养学生的科学素养、数学知识、工程思维和技术能力。这种课程整合不局限于科学、数学、工程和技术，还可包含艺术、历史、人文等不同领域的思维。

凸显设计思维的 6D-STEM 模型。澳大利亚的卡尔罗西设计了一种基于“解法流畅性”的 6D-STEM 模型。6D 模式是 Solution Fluency 研发的一种探究模式，即定义 (Define)、探究 (Discover)、假设 (Dream)、设计 (Design)、交付 (Deliver) 和汇报 (Debrief)。澳大利亚新威尔士塔姆沃斯的卡尔罗西 (Tamworth's Calrossy Anglican School in New South Wales) 的 Amber 是一个信息技术整合者，她设计了有趣的 STEM 项目日志工具，即应用解法流畅 (Solution Fluency) 的 6D STEM 模型。这种凸显设计思维的改良版 6D 模型，使 STEM 设计过程有趣又简单。

优秀 STEM 课程的六大特征。Anne Jolly 在总结诸多实践案例的基础上提炼出优秀 STEM 课程的六大特征，即聚焦于真实世界中的问题，以工程设计过程为导向，将学生的动手探索与开放式探究相融合，学生参与到富有成效的团队工作中，应用学生正在学习的严格的数学和科学内容，允许多个正确答案并将失败再试作为学习的必要部分。从中

可以看出，STEM 课程着力于培养学生将所学知识应用于实际问题解决的能力、团队合作能力以及工程思维和科学探究精神。

从 STEM 教育变革协同论视角看，技术对教育有替代、强化、调整和重构作用。协整 (SYNERGY) 教育研究机构通过多种元素和模型的整合绘制了一份 STEM 教育变革综合视图，具体整合 STEM、基于项目 / 问题的学习、5E 教学等理论，并以 SAMR 和 TRACK 模型为理念，开展综合性教育变革。将 SAME 模型、Webb's DOK (知识深度模型)、布鲁姆的目标分类理论、3-to-1 课堂立交道 (Classroom Crosswalk) 进行了对应分析，为教育变革提供了更清晰明确的思路。

从 iSTEM 教学模式创新视角看，整合了 5E 教学模式、NGSS 标准、科学探究等领域的教育理念和方法。NGSS 推荐应用的 5E 教学模式 (源于 BSCS 在 20 世纪 80 年代的“科学和健康课程项目”) 是在适用于科学探究的 Atkin-Karplus 学习环境模式基础上构建的，基于建构主义理论和概念转变理论的教学模型，包括吸引 (Engage)、探究 (Explore)、解释 (Explain)、展开 (Elaborate) 和评价 (Evaluate) 五个环节。5E 教学理论认为若要有效地进行科学教学，并构建科学概念，不仅要让学生进行探究，更重要的是要创设有利于学生显露先前概念的情境，以利于探究的进行。

探究式学习模式与 STEM 教育。探究式学习方法主要有：问题化学习，小组合作解决本真性劣构问题；项目化学习，用以前获得的知识解决具体问题；案例化学习，研习专业实践中可能遭遇的历史性或假设性事例；发现式学习，学生很少依赖教师，通过独立钻研解决问题。Nicholas Massa 和 Judith Donnelly (2009) 在 Photo PBL Project 项目报告中认为，问题化学习可作为 STEM 教育的一种实践模式。

多元智能与 STEM 课程相结合。Darci J. Harland 将加德纳的多元智能理论应用到

STEM 教育课程中。在课程教学设计中，充分考虑不同学生的学习偏好和学习风格特征，尽量采取多样化的教学手段和方法（如运用图片、音视频、身体动作、Think-Pair-Share 合作模式等开展教学，让学生通过博客、数字故事、口头讲解、设计游戏、创作主题歌曲、主持在线讨论等方式展示学习成果），帮助学生发现 STEM 教育的价值，体验 STEM 领域的乐趣。

从 STEM 到 STEAM 的跨界整合。佛罗里达大学研究认为，在 STEM 教育中增加艺术教育更有助于学生能力的发展，尤其是在创造变革能力、批判性思维和问题解决能力、交流合作能力、灵活适应能力、社交和跨文化能力等方面。他们认为，艺术教育有助于学生的全面发展，学习艺术的学生获得学术成就的比例更高，获得大学入学资格的比例更高，学艺术时间更久的学生在数学、SAT 等测试中获得的分数更高。

（五）STEM 生态发展：多方合力

STEM 学习生态系统行动计划明确提出：STEM 教育需要所有人联合起来共同努力。这就需要 K-12 学校开展课内 STEM 课程，课外 STEM 教育项目提供高质量的强调真实世界应用的 STEM 学习机会，高等教育机构为社区提供 STEM 项目、资源和培训，企业提供专家和慈善支持、并在地方产业中使用 STEM，富含 STEM 资源的机构激发人们对 STEM 的兴趣、并提供 STEM 课程，家庭帮助激发孩子对 STEM 的兴趣和理解以支持 STEM 的成功。

课内 STEM 课程是实施 STEM 教育的关键，教学效果与 STEM 教育成果直接相关。课内 STEM 课程的设计需要综合考虑知识系统性、学习趣味性、情境真实性等方面的特征。我国学者余胜泉教授等将 STEM 教育与跨学科理念相结合，提出了三种取向的跨学科整合方式：学科知识整合取向采用基于问题的学习模式，生活经验整合取向采用基于项目的学习模式，学习者中心整合取向采用学生主导

项目的方式。在此基础上提出的 STEM 跨学科项目设计模式，主要包括教学分析、学习任务设计、工具与资源设计、学习支架设计、学习活动设计、学习评价设计、总结与强化练习和项目方案试用与改进。这对于正规学校教育中的 STEM 课程实施具有参考价值。

课外 STEM 项目对于 STEM 教育的有效实施同样重要。STEM 强调真实世界问题，这恰恰是课外 STEM 所能发挥优势的地方。由于不受正规教育体系的束缚，课外项目能够更好地发挥 STEM 理念对于激发学生 STEM 兴趣、培养解决问题能力的作用。课外 STEM 项目与课内 STEM 应设定不同的目标，大型课外项目提供商（如 4-H 和 YMCA）已经采用了 STEM 项目，主要包含课外项目和暑期项目等。校外联盟（After school Alliance）最近所作的一次调查显示，几乎所有（上千家）课外项目负责人和从业人员都认为应该开展课外 STEM 项目。然而，研究表明，很多家长对课外 STEM 项目和暑期 STEM 项目并不了解，也没有条件带孩子去博物馆或者提供能够激发 STEM 兴趣的生活体验。

社交媒体、高等院校、企业科技力量等都在 STEM 教育领域积极行动。美国新闻与世界报道和雷神公司合作（2014 年）发布了 STEM 指数，用以追踪美国每年在 STEM 领域的发展趋势，国际理工教育学会提供 iSTEM 教育服务。美国新泽西开设了 STEM 教育专业，美国佛罗里达大学教育学院开设了 STEM 教育专业的相关课程，英国开展“STEM 大使”行动（聘请企业中具有 STEM 优势的专业人士当学校 STEM 导师）。

此外，研究机构和企业等也积极研发提供适用于 STEM 的教育产品和资源，具有代表性的有：互动仿真平台（PHET），虚拟实验室（Myscope Outreach SPARC），STEM AR 程序（Anatomy4D、Elements4D、Zoo-AR、Amazing Space Journey 等），游戏化教学产品（玩中学 STEM 教育方案），全球科技项目 HOP

(Hands-On Technology Program), 在线科学探究实验室 (<http://onlinelabs.in>), 英国开放大学的在线科学实验室 (The Open Science Laboratory) 等。

三、中国 STEM 教育策略：发展建议

在中国, STEM 教育刚刚受到关注, 虽已进入国策视野, 但尚未形成总体实施方案。虽然国家之间存在诸多差异, 但“调结构、增能力、创条件”的国策框架是基本一致的(详见表 2), 注重通过整合举措提升人才素质的策略是基本一致的。

“有条件的地区要积极探索信息技术在‘众创空间’、跨学科学习 (STEAM 教育)、创客教育等新的教育模式中的应用, 着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力, 养成数字化学习习惯, 促进学生的全面发展, 发挥信息化面向未来培养高素质人才的支撑引领作用。”2017 年 6 月 20 日, 中央教科院发布了《中国 STEM 教育白皮书》, 其中提出: STEM 教育应该纳入国家创新型人才培养战略; STEM 教育是一场国家终身学习活动; STEM 教育是跨学科、跨学段的连贯课程群;

表 2 STEM 教育国策分析框架

对比指标		美国	中国
调整结构	生源结构	扩大国内生源, 照顾女生与少数民族	预防警示: 应试教育可能影响部分具有 STEM 潜质的男生进入高校 STEM 学科的机会; 增加高考科目选择性可能削弱高中教育对 STEM 科目的重视
	培养方案	下代课标 NGSS 出台, 课程改革, 学科调整, 师资发展	小学科学教育标准出台; 高中新课标即将发布; 教育部发布高教十大“新工科”目录
	评估机制	注重核心能力	评估标准待开发
增强能力	人才科技能力	增强学习力、创造力; 就业技能	增强动手能力、创新能力
	公民科学素养	Project 2061 国民科学素养长期促进项目	2016 年科技部发布《中国公民科学素质基准》
	国家竞争力	确保美国第一	支撑智造强国
创建条件	学习生态环境	技术、人才、社区、家庭、企业协同建设生态系统	尚处于技术媒体、工具应用水平, 生态系统建设缺位
	STEM 教育师资开发	创办 STEM 教育专业, 开展在职培训, 注重科研引领	目前仅有教育部发起的《全国中小学教师信息技术能力提升工程》
	优惠政策机制	招生政策, 奖学金, 代学金优惠	相关政策缺位

在中国, STEM 教育初步进入国策视野。2015 年教育部发布的《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(征求意见稿)》明确提出: 要“探索 STEAM 教育、创客教育等新教育模式”。2016 年, 《教育信息化“十三五”规划》提出:

STEM 教育是面向所有学生的培养综合素质的载体; STEM 教育是全社会共同参与的教育创新实践。相比之下, 虽然我国在推动 STEM 教育上已有所行动, 但仍没有支持 STEM 教育全方位发展的专门政策和行动, 缺乏相应保障和激励机制。

美国的 STEM 教育开展已逾 30 年，其背景是基于实用主义哲学的教育国策。相比之下，我国近几年才开始关注 STEM 教育，因此在 STEM 教育理论与实践发展中都没有足够的经验积累和文化积淀。不同于美国的是，我国的 STEM 教育研究和实践有两大特点：一是受美国已有 STEM 研究实践的启发和影响，二是我国处于大力提倡创造力和创新能力的经济转型关键时期。这两点决定了我国 STEM 教育发展不能一味地模仿美国已有经验，而要走更适合我国基本国情的道路。本文将从 STEM 教育发展四层架构、STEM 教育的整合机制、学科建设方法论、STEM 教育能力建设、学习生态建设等方面进行探讨，仅作抛砖引玉，希望扩宽国内 STEM 教育理论和实践研究的思路。

（一）STEM 教育四层架构

从教育表现形态上，可将 STEM 教育划分为四个层次（如图 3）：资讯型科普教育、嵌入式课程、项目型课程、整合性学科。第一层次（iSTEM-0）是基于泛科技资源的资讯型（Informational）科普教育，学生获得的 STEM 知识主要来自于分布式的社会化信息资源，如博物馆、科技馆、书刊杂志、网络资源、自媒体等。第二层次（iSTEM-1）是嵌入式课程，将传统的知识型课程通过嵌入工具、问题与项目改造为准能力型课程，国外有专家称之为助推型（Instrumental）课程。第三层次（iSTEM-2）是项目型（Project-based）课程，关注学生的问题解决能力，因此需要设计接近于真实社会问题的项目，这些项目需要学生运用多个学科的知识与技能。学生在项目学习过程中，既能应用到先前的知识、体验工程方法、锻炼科学思维和技术能力，又能获得进一步的认知提升和能力发展。第四层次（iSTEM-3）是整合性交叉学科（Inter-disciplinary）。长久以来的分科课程依据知识的门类分科设置，逐步表现出割裂、孤立的缺点，随后出现了一些综合课程、广域课程、核心课程等研究探索。整合性学

科就是建立在这样的课程发展背景下的具有跨学科整合特征的课程形态，是对当下分科课程的一种反思和发展。

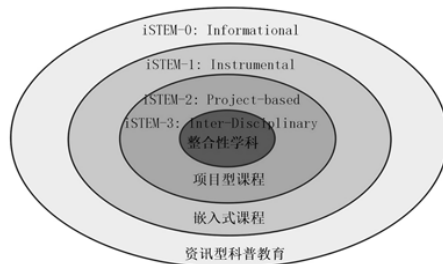


图 3 STEM 教育四层架构

（二）STEM 教育的整合机制

从 iSTEM-0 到 iSTEM-3 的 STEM 教育形态差异源于不同的整合程度。这种整合体现的是对学科教学和技术发展的有效整合，可以进一步细化为技术整合度和内容整合度两个维度。如图 4 所示，从 iSTEM-0 到 iSTEM-3 的形态变化，表现出了技术整合度和内容整合度两个维度上的变化和差异。从技术整合度上，体现了从媒体到工具、平台和生态的变化，从内容整合度上，体现了从科普资源到单学科、跨学科、交叉学科的演变。在这样的演变过程中，STEM 教育对教师综合能力的要求越来越高，表现出师资整合度上的从单一到综合的特点。此外，iSTEM 教育不仅整合科学、数学、工程、技术等学科，还可衍生并进一步整合 STEM 教育之外的其他学科，如艺术、语言、社会学、人文素养、历史等，产生不同的 STEM 变式，如 eSTEM、METALS、STREAM、STEAM、GEMS、GEMS、BEMS、STEMM、AMSEE 等。

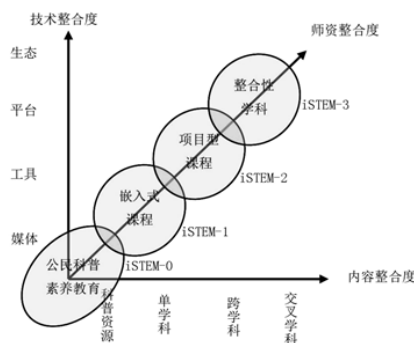


图 4 STEM 教育的整合机制

iSTEM-0 层次，以泛科普资源为主，主

要通过媒体传播科技资讯。2011年的一项调查显示,中国具备基本科学素养的公民比例为3.27%。其中,中国公民获得科技信息的主要渠道是电视、报纸、与人交谈等。2016年4月18日,国家科技部发布的《中国公民科学素质基准》(适用范围为18周岁以上、具有行为能力的中国公民)制定了26条基准、132个基准点,基本涵盖公民需要具有的科学精神、掌握或了解的知识、具备的能力,每条基准下列出了相应的基准点,对基准进行了解释和说明。《基准》要求在全社会大力弘扬科学精神、普及科学知识,提高全民科技意识和科学素养。我国对公民的科学素养的要求提到了新的高度。2016年中国公民科学素养调查报告显示,上海女性比男性科学素养更高。因而,STEM教育也应该关注到性别差异这一重要因素。

iSTEM-1层次,嵌入式课程,以知识型课程为基础,嵌入学习项目/问题,嵌入技术工具,这个阶段的师资是低度整合的。在现有分科形式的知识型课程形态基础之上,设计符合教学目标的学习项目/问题,使用合适的技术工具,完成基本的教学任务,并培养学生的跨学科思维、问题解决能力、工程设计思维、数学和科学素养等STEM技能。这一阶段的教法生态实现初步演变,即教师从传统的授导型教学逐步过渡到以问题化学习和项目学习为主要组织形式的研创性学习,可以采用模拟式、探究式、辩论式、创作式和案例式等教学形式。适合iSTEM-1层次的教学模式有翻转课堂2.0、创客教育等,这些教学模式和策略更强调知识学习基础上的体验学习,具有自主导航(对应他主导航)、体验与实践(对应内容授递)等特点。

iSTEM-2层次,项目型STEM课程。工程技术设计思维是其核心支柱。项目设计过程包括定义问题、设计方案、构建模型、测试模型、反思和再设计等环节。项目型课程让学生亲身体验运用项目设计思维解决实际问题的整个流程。STEM教育聚焦于“设计思

维”的发展,需要解决如何发现问题、如何集思广益、如何设计方案、如何快速成型、如何评估修订、如何演进发展等关键问题。杜威说过,阐明问题,事成得半(a problem well put is half solved)。为了能达到创造目的,在工程技术领域,解决问题是满足现实需求,而发现问题则是创造的潜在需求,发现创造性的问题是灵感、创意、机遇共同作用的结果。Triz(俄文“发明问题解决理论”的首字母缩写,对应英文为Theory of Inventive Problem Solving)好比发明问题解决的万能钥匙,包含很多创新方法,提供了一套系统化的创新方法论,能帮助学生突破惯性思维的束缚,对培养学生在项目学习中的创新能力(问题解决能力)具有指导意义。近年来引起普遍关注的创客教育是iSTEM-2层次的典型代表,教师引领、专家参与、任务情境性、学习过程体验性、系统知识藏于项目、个体参与小组协作等特征,在一定程度上体现了iSTEM-2的教学形态,后续的iSTEM-2教学实践仍需进一步的系统化发展设计。

iSTEM-3层次,整合型STEM学科。这是STEM得以充分发展的重要目标和愿景。整合型STEM学科是将STEM教育作为一个专门的学科进行规划和设计,有完整的学科建设思路、课程标准和教学目标、系列教材、实践案例、明确的职业发展路径等教学生态和社会环境支持。iSTEM-3层次是专门为STEM教育而研究设计的成熟发展形态,能够更好地实现培养具有数学知识、科学素养、工程设计能力和技术应用能力等核心素养人才的目标。整合型的STEM教育具备新的核心特征:跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性和技术增强性等。

(三) STEM 学科建设方法论

STEM教育服务于学生的核心素养发展。学生的核心素养主要包括科学素养、合作精神、创造能力、批判思维、问题解决能力、深度学习能力、适应未来的能力等。因此,

STEM学科的建设不同于现有的学科课程。它不仅强调基本知识与技能，更关注基本知识与技能的综合应用，即更关注问题解决能力。这弥补了分科教学脱离实际生活的不足，让学生的学习更富生活气息和实际价值。

然而在中国，谱系式学科编码管制是发展 iSTEM 学科的瓶颈。《中华人民共和国国家标准学科分类与代码表》对于萌芽中的新兴学科不留余地，同时，STEM 教育涉及数学、科学、技术、工程等多个不同领域，难以纳入到任何一个单独学科。中国长期以来更关注数学、物理、化学等学科，而忽视科学、劳技、通用技术、科技活动等学科。这些对 STEM 教育的学科建设造成了困难。笔者建议在当前情况下，不妨在一级学科层次设“交叉学科”或“新学科”大类，如此，新建交叉学科都可纳入其中进行培育。新兴学科（如 iSTEM 教育）才能得到更好的萌芽和发展环境。

2001 年国务院印发的《国务院关于基础教育改革与发展的决定》明确提出：“小学加强综合课程，初中分科课程与综合课程相结合，高中以分科课程为主”。最近，教育部指出，十余年来，小学科学课程对培养学生的科学素养发挥了重要作用，但需在课程适宜性、可操作性、时代性和整体性等方面进一步予以增强，并于 2017 年 2 月 6 日印发了《义务教育小学科学课程标准》，将小学科学课程定义为基础性、实践性、综合性的课程，基本理念是面向全体学生，倡导探究式学习，保护学生的好奇心和求知欲，并突出学生的主体地位。课程内容是从物质科学、生命科学、地球与宇宙科学、技术与工程等四大领域选择了 18 个主要概念，并将科学、技术、社会与环境的内容融入其中，最终分解成 75 个学习内容，分布在 1-5 年级的课程内容中。国家教育部已公布了详尽的科学课程标准，可见已更加重视通过综合性课程培养学生的科学素养。

STEM 学科建设需要从国家政策、从小学

到高校的课程设置、企业产品以及完善的社会环境等多方进行努力。余胜泉等从 STEM 教育理念出发提出了跨学科整合的三种类型，即学科知识整合取向、生活经验整合取向和学习者中心整合取向。从学习模式的角度看，学科知识整合取向对应于基于问题的学习模式，生活经验整合取向对应于基于项目的学习模式，学习者中心整合取向对应于面向体验的学习模式。这三种学习模式都是适合 STEM 教育的典型模式。

（四）STEM 教育能力建设

STEM 教育能力建设是关乎 STEM 教育的可持续发展问题，主要可从五方面开展：创办 STEM 教育专业、开展 STEM 教育教师培训课程、组建 STEM 教育团队、设立 STEM 教育研究机构、设立 STEM 教育特色校。

创办 STEM 教育专业。可值得借鉴的经验是，美国新泽西开设了 STEM 教育专业。STEM 教育要求教师具备跨学科的能力素养，这在当前的分科教学背景下难以实现，而 STEM 教育要求具备跨学科的思维能力和技术能力、科学素养、问题解决能力等不同维度和领域的专业能力，表现出专门的学科需求。高等教育创办 STEM 教育专业能够将 STEM 教育提升到专业发展和研究的层次，能够培养具备 STEM 教育能力和素养的专业型教师，为 STEM 教育的正规、持续发展提供基本的师资保障。

开发 STEM 教育教师培训课程。STEM 人才的培养需要从基础教育开始关注。然而，当前基础教育领域的教师基本都是在分科教学中培养出来的教师，因此专业知识比较专一，大多不符合 STEM 教育对教师提出的要求。所以，我国需要针对不同学科的教师群体，分别设计开发专门的系列培训课程，培养和提升现有教师队伍的 STEM 教育素养。

组建 STEM 教育团队。由于整合性 STEM 教育涉及多个学科，自初中学段以上，单个教师特长无法胜任 STEM 课程教学，必须发挥“长板理论”，组建有不同学科背景的多个教师协同施教。STEM 教育团队是在 STEM 教

师培训的基础上形成的，获得的成果经验可再应用于教师培训课程，促进 STEM 教育师资队伍持续发展。

设立 STEM 教育研究机构。教育研究机构需要开展理论研究和前沿探索，为 STEM 教育的发展指明具体的方向，研究 STEM 教育专业的培养目标和课程设置，研发适用于当前国情和教师实际发展水平的培训课程，带动并指导基础教育、高等教育及职业教育中的 STEM 教育实践。STEM 教育研究机构不仅要指导 STEM 教学实践（如课程理念、教学策略、教学组织形式、教学评估、国情政策等方面），而且要与一线实践探索互动交流、密切配合，共同促进 STEM 教育的全面发展。

设立 STEM 教育特色校。培育并遴选一批 STEM 教育特色校，作为 STEM 教育发展初期的重点培育对象，逐步形成具有特色的典型案例，发挥出 STEM 教育实践对学校发展和育人目标的影响，对更多的学校起到示范带动作用。

（五）STEM 学习生态系统

整合型 STEM 教育（iSTEM 教育）不仅包括传统意义上的学校课程教学，还包括课外项目、家庭教育，创造随处学习的大环境，这就需要建设良好的学习生态系统。美国 STEM 生态系统行动计划明确提出，STEM 教育需要每一个人联合起来，共同完成。（“There is a need for every one committed to STEM education to come together.”）这是因为，STEM 教育不是单一的知识型学科的学习，而是更为关注真实世界情境中的真实问题，而社会、家庭、企业等能够提供这样的真实情境问题，为 STEM 教育提供了便利。

从学校教育看，即涉及小学到大学各阶段的正规教育体系，需要建立整套的机制，保证师生对 STEM 教育的关注度、学习兴趣和重视程度。如 2001 年起开展的基础教育课程改革实验，倡导建设以学生为中心的“全课程”，2016 年发布的《小学科学课程标准》，都是 STEM 教育在课内教育中实施的政策保障

和方向引领。从课外教育和家庭教育的视角看，科学中心、博物馆和图书馆等社会资源的应用是激发学生对 STEM 兴趣的重要手段，如上海要求小学生参观上海科技馆、上海博物馆等富含 STEM 资源的场所，就是充分应用社会资源开展 STEM 教育的一个典型代表。这也要求社会培训机构和企业除了关注考试课程，还要引入课外 STEM 项目、暑期 STEM 教育项目等，提高学生的 STEM 知识和技能水平，培养其创造能力、问题解决能力等核心素养。此外，企业和研究结构等开设 STEM 教育项目，用以引领 STEM 教育的实践方向。如全球青少年主流 STEM 平台 Micro:bit（BBC 2015 推出的面向全球青少年的编程学习及 STEM 教育入门平台，目前已进入全球 40 多个国家和地区）已携手我国多家公司作为战略合作伙伴，正式开展全国范围的 STEM 教育项目。

我国要实现“中国制造”向“中国智造”的转变，需要开展符合国情的教育教学改革，通过 iSTEM 研究探索，充分发挥 STEM 教育生态的智力、兴趣、体验、文化和情境特点，关注儿童的 STEM 知识与技能，培养出具有创造能力和创新素养的人才。我国目前已有 STEM 教育方面的行动，深圳、江苏、成都等多个城市积极推动 STEM 教育探索，上海 STEM 云中心、深圳柴火创客空间等多家教育机构积极开展实践，但尚未形成完整的生态。我国的 iSTEM 教育生态建设需要聚集全社会力量，包括学校、图书馆、科学中心和博物馆、课外辅导机构、企业、高等教育、社区、家庭等。

【责任编辑：朱泓瑞】

科技资讯

《中国科大团队首创人工智能全自动地震监测系统》

当地震发生的时候，地震波信号传到地震台网，地震专业人员采用理论算法处理地震数据，得出地震震中、震级、发震时刻、深度、破裂机制等参数，迅速做出公众通报，为防震减灾提供重要的科学信息。虽然许多国家采用自动的快速数字算法得出地震信息，但结果经常不可靠，常发生误报，因此自动算法与专业人员人工计算结果及质量监控的结合是当前监测地震的主要手段，这种工作方式要求地震监测组织必须加强 24 小时人工持续值班监测的能力。

经过六年的努力，中国科技大学地球和空间科学学院张捷教授课题组、信息科学技术学院李卫平教授、陈志波教授课题组、计算机科学与技术学院陈恩红教授课题组与中国地震局地震预测研究所赵翠萍研究员团队合作推出世界首个人工智能地震监测系统——“智能地动”监测系统。该系统在位于四川、云

南两省的中国地震实验场试用了一年，中国地震局基于 2019 年 446 个地震评估结果对比显示无人操作的“智能地动”监测系统与专业人员人工计算处理结果的准确性非常接近，同时，“智能地动”监测系统仅需要 1-2 秒时间报出所有地震震源参数，而目前世界上最先进的美国国家地质调查局（USGS）自动速报系统需要 3-5 分钟计算时间后报出地震信息。能够快速报出地震预警信息对于及时通知公众立即采取防护措施、迅速终止核电站等重要设施的运行、减缓高铁速度、确定救援方案等具有重要意义。无人操作的人工智能地震实时监测系统的出现，极大地缓解了 24 小时人工监测地震的压力，特别是能够及时处理密集的地震台网大数据，帮助减少了误报、漏报现象。



图 1 中国科大交叉合作团队与中国地震局合作推出的人工智能地震实时监测系统。红色三角符号代表云南省境内地震台，蓝色三角符号代表四川省境内地震台，圆圈是该系统自动报出的地震位置。



图 2 中国地震局演示“智能地动”地震监测系统（下） 图 3 中国地震局总部实时运行该监测系统（上）

张捷教授课题组与陈恩红教授课题组曾于 2014 年在 Nature Communications 发表了地震搜索引擎的创新工作，该工作的研究成果也在“智能地动”系统里实现了实际运行，发挥了重要作用。2020 年 2 月 6 日张捷教授课题组与李卫平教授、陈志波教授课题组联合在 Scientific Reports 发表论文：Locating induced earthquakes with a network of seismic stations in Oklahoma via a deep learning method，该论文的第一作者是张雄博士，通讯作者是张捷教授。近两年来张捷教授课题组在人工智能地球物理学的应用领域发表了 15 篇学术论文，在国际学术大会上 21 次做相关的学术报告。

当前许多国际知名大学和科研组织都在研究人工智能地震监测问题，但大多处在基础科研以及发表论文阶段。中国科大交叉合作团队与中国地震局合作推出实际运行的人工智能系统，是国际领先。该系统已成功地测试了多个国家的地震数据。目前，系统的研发团队正在与日本、土耳其、墨西哥等地震频发的国家地震监测机构探讨交流合作推广计划。

转自：中国科大新闻网

网址：<http://news.ustc.edu.cn/2020/0225/c8103a413709/page.psp>

《博奥集团“呼吸道病毒（6 种）核酸测试剂盒”获批上市》

中新网北京 2 月 26 日电（陈杭）2 月 22 日，由博奥集团联合清华大学、四川大学华西医院共同设计开发的“呼吸道病毒（6 种）核酸测试剂盒（恒温扩增芯片法）”获批上市，实现新型冠状病毒（2019-nCoV）S 和 N 靶基因以及甲型流感病毒、新型甲型 H1N1 流感病毒（2009）、甲型 H3N2 流感病毒、乙型流感病毒、呼吸道合胞病毒的核酸检测。

该检测试剂采用等温扩增以及微流控芯片技术，基于高通量碟式芯片和自动化仪器，采集患者的鼻、咽拭子等分泌物样本，1.5 小时给出检测结果。该方法实现多病毒检测，支持高通量，帮助医务人员快速区分正常人和新冠肺炎病毒感染者，有效鉴别流感患者和新冠肺炎患者，也可以用于地域性的流行病学调研和疫情监控。

据悉，此次疫情发生后，博奥集团



恒温扩增呼吸道常见多病毒核酸快速检测芯片

紧急部署技术攻关，针对本次疫情设计开发了恒温扩增多病毒核酸快速检测系统。此外，北京博奥医学检验所入选北京市第三批开展新型冠状病毒核酸检测单位，覆盖北京市各级医院的服务网络，协助北京市医疗机构对全市疑似病例第一时间完成病毒核酸检测，分担此次防疫抗疫任务。

转自：中国新闻网

网址：<http://www.chinanews.com/sh/2020/02-26/9105079.shtml>

【责任编辑：刘亿】



中国首次在太空验证 3D 打印技术

全晓书 喻菲

新华社北京 5 月 9 日电（记者全晓书 喻菲）一台由中国自主研发的“复合材料空间 3D 打印机”及其在轨打印的两个样件 8 日随中国新一代载人飞船试验船返回舱成功返回东风着陆场。

这是中国首次开展轨道 3D 打印试验，也是全球首次实现连续碳纤维增强复合材料的太空 3D 打印。

5 月 7 日 1 时 58 分，这套由中国空间技术研究院 529 厂研制的太空 3D 打印系统全面完成预定任务，飞船下传的图像显示两个样件打印成功，清晰可辨。研究人员还将对返回的打印机和样件开展进一步性能检测和综合评价。

据介绍，碳纤维一直是航空航天应用广泛的轻质高强材料，连续碳纤维对于复合材料的性能提升具有显著意义。本次 3D 打印的两个样件均实现了碳纤维的长丝连续，为未来复合材料空间 3D 打印的应用奠定了重要的技术基础。

中国空间技术研究院指出，这套打印系统还实现了全部流程无人参与、自动控制。

国内外已有的微重力 3D 打印研究均有人参与、有人控制、有人管理，设备启动、加热、打印等环节工作异常时可以人为干预。此次空间试验无人参与，系统自身完成全部预定任务，其结构机构、运动控制、电源照明、摄像监控等研制经验将为后续太空 3D 打印任务提供重要的技术参考。

同时，本次试验还实现了微重力环境对 3D 打印成型机理的全面验证。

空间 3D 打印与地面 3D 打印不同，最重要的差别来自微重力环境对打印过程的影响，为此国内外采用失重飞机进行抛物线飞行试验，但是一个抛物线周期仅能提供 20 秒左右的微重力环境。

中国空间技术研究院指出，此次飞船进入预定轨道后，可以提供较长时间的微重力稳定环境，不仅可以考察材料成型工艺，也可以同时检验打印系统结构机构的可靠度、运动的精度、成型的质量。

随返回舱一同返回的 3D 打印样件能够直观展示微重力对材料、结构机构、控制、成型等影响，其经验和成果更适合推广到舱外和大型结构在轨建设中。

此外，新一代载人飞船试验船还搭载了世界首个基于金属 3D 打印技术的立方星部署器。

该部署器由中国商业航天公司星众空间（北京）科技有限公司研制。部署器连接立方星与运载工具，部署器能否保证发射过程中减振、准确释放并输出分离信号以确认分离时刻，是决定立方星发射成败的关键。

本次飞行验证了 3D 打印的新型部署器的结构强度、材料性能和空间环境适应性。“3D 打印制造的部署器，重量为传统机械加工产品的一半，加工周期从过去的几个月缩短为一个星期，领先于传统加工方式。3D 打印技术在航天领域的应用前景将越来越吸引人。”星众空间首席运营官白瑞雪说。

转自：公众号新华社新媒体

网址：<https://my.mbd.baidu.com/r/540PH7M5zy?f=cp&u=5aba37c54027b473>

【责任编辑：卢军洲】



鸽子羽毛让机器人像鸟一样飞翔

胡璇子

一个长得像鸽子且能像真正的鸟儿一样急转弯的机器人，可能预示着航天工程的未来——一个不断变形的羽翼。

准确理解鸟类如何飞行一直以来是个难题，因为单个翅膀由许多根羽毛组成，这些羽毛一直相互作用，使鸟类的翅膀在飞行中不断变形。

为更多地了解鸟类如何飞行，美国斯坦福大学的 David Lentink 及其同事首先观察了一具死亡鸽子的翅膀，每个翅膀有 40 根羽毛，上面 20 根，下面 20 根。然后，他们在每个翅膀上贴上了标记，以测量羽毛运动和骨运动之间的关系。

他们研究发现，腕关节的角度决定了鸟类飞行中羽毛的角度，这意味着鸟类可以不必控制每一根羽毛而改变翅膀的形状。

这同时意味着，建模机翼所需的变量减少了。“我认为未来飞机将从这一发现中受益。未来的飞机可能不会扇动翅膀，但我认为它们会改变形状。” Lentink 说。

研究团队将这一新发现应用于建造鸽子机器人——一种重现鸽子飞行的机器人。它由螺旋桨叶片驱动，每个机翼上都有人造关节和鸽子羽毛，可以远程控制。它的平均速度大约是 40 公里 / 小时，比普通鸽子慢一点。

Lentink 和同事还发现，这种飞行方式之所以可能，是因为某些分子嵌在羽毛中。这些直径只有 10 微米的分子可以让羽毛彼此远离，同时确保它们相互不会离得太远。这反过来降低了精确飞行时所需的对单个羽毛的控制。

鸽子机器人使用真正的鸽子羽毛，因为没有合成材料具有羽毛的特性。“它们轻盈但结实，能承载空气动力负荷，同时容易修复。” Lentink 说。

转自：科学网

网址：<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2020/1/435008.shtm>

【责任编辑：卢军洲】

STEM 教学设计——学生优秀作品

自制“潜水艇”——沉浮与什么因素有关

2016级科学教育 沈丹

一. 教材版本、年级、册、出版时间、课题名称

教材版本：教育科学出版社《科学》教材
年纪、册：五年级下册第一单元第二节
出版时间：2002年6月第1版 2007年6月第16次印刷
课题名称：《沉浮与什么因素有关》

二. 教材的STEM教育因素分析

科学 (Science)：

物理——了解浮力的概念；知道物体的沉浮与什么因素有关；知道潜水艇浮沉的原理。

技术 (Technology)：

互联网——查找关于自制“潜水艇”的信息，了解自制“潜水艇”所需材料、制作步骤以及注意事项；

绘图——设计自己的“潜水艇”，并画出平面图。

工程 (Engineering)：借助提供的材料“研制属于自己的潜水艇”。

数学 (Mathematics)：利用数学统计表直观形象地记录口服液小瓶里装有水量的数据，然后对数据进行汇总、分析，从而在“易沉”和“不易沉”这两组水量数据中得出自制“潜水艇”口服液小瓶里装水量的范围。

三. 学情分析

学习情况分析：通过前一课《物体在水中是沉还是浮》的学习，学生已经知道了同一种材料构成的物体，在水中的沉浮与它们的轻重、体积大小没有关系。那么，不同材料构成的物体，在水中的沉浮与它们的轻重、体积大小有关系吗？是我们本节课所要探究的问题。而且本节课还要引入控制变量法，这对小学五年级的学生来说有点难度。

学生情况分析：随着对小学教育的不断适应，五年级这一时期的学生无论是在生理，还是心理上都比初入学时的儿童时期较为稳定。他们不再像一二年级那样幼稚和天真，不再将老师的话奉为圣旨。他们有了自己的意识和主见，但是他们又不像中学生那样逐渐能够明辨是非，他们的意识和主见只是低级阶段的。而且这一时期的学生正由儿童向青春期过渡，正处在内部结构和功能完善的关键期，更是培养学习能力、学习习惯、意志能力的最佳时期。这时候的学生已经从被动学习向主动学习转变，有着自己的想法。所以老师在教学的过程中要注重引导启发，激发学生的学习兴趣 and 积极性。

四. 教学过程

教学环节	教师行为	学生行为	设计意图
创设情境 导入新课	<p>[提问] 同学们, 老师今天给大家带来了一个新朋友。看老师手里拿着的是什么?</p> <p>[陈述] 没错, 就是气球。老师准备了两个小气球, 一个装有空气、另一个装有水。</p> <p>[演示实验] 现在, 我们将装有空气的气球放在水里, 这个气球会怎么样? 如果我们用手往下压这个气球, 它又会怎么样? 我们的手又有什么样的感觉? 现在请同学们开始实验, 观察气球在水里的情况。</p> <p>[评价] 同学们观察得非常仔细。刚刚有同学们说当我们往下压这个气球, 会感觉到一股向上的力阻止气球进入水中。那么这个向上的力我们在科学上称为水的浮力。</p>	<p>[回答] 气球</p> <p>[学生实验]</p> <p>[回答] 气球会浮在水面上, 并且当用手往下压这个气球的时候感觉有一股力量阻止气球进入水中。</p>	<p>通过演示实验, 创设情境, 导入新课, 从而激发学生学习的积极性。</p> <p>在导入环节中打破了传统教材的禁锢, 将本单元第 5 课《浮力》中的感受浮力与本课的探究活动相结合, 这体现了 STEM 教育因素中科学 (Science) 这一因素——了解浮力的概念; 加深了学生对物体沉浮的认识。</p>
	<p>[提问] 如果我们将这个装有水的气球放入水中, 它在浮力的作用下会怎么样? 同学们先猜想一下。</p>	<p>[猜想] 学生 1: 会浮在水面上 学生 2: 会沉在水底……</p>	<p>在前面教师已经演示了装有空气的气球在水中的沉浮, 那现在拿出装有水的气球, 先让学生根据已有的知识和经验来猜测它在水中的沉浮, 然后进行演示实验, 观察现象得出结论后, 就提出“那是不是所有的物体在浮力的作用下都是浮在水面上的?” 的问题, 从而导入新课的主题, 开展探究实验。</p>
	<p>[演示实验] 教师将装有水的气球放入水中, 让学生观察实验现象。</p>	<p>[回答] 最终是浮在水面上的。</p>	
	<p>[提问] 那是不是所有的物体在浮力的作用下都是浮在水面上的?</p>	<p>[回答] 学生 1: …… 学生 2: …… ……</p>	
	<p>[导入] 哦, 有的同学说: 有的物体是浮在水面上的, 比如气球; 有的物体是沉在水底的, 比如石头。那物体的沉浮究竟与什么因素有关呢? 我们这一节课一起来探究吧!</p> <p>[板书课题] 《沉浮与什么因素有关》</p>		

<p>实验探究 验证假设</p>	<p>[引导] 在开始实验之前, 同学们先猜测一下物体的沉浮与什么因素有关, 并且说说这个因素又是怎样影响物体的沉浮的?</p> <p>[实验探究一] [陈述] 老师给大家准备了七种材料, 按照步骤进行实验: 1、按体积大小顺序排列这七种物体, 写在实验记录单 1 上 2、按轻重顺序排列这七种物体, 写在实验记录单 1 上 3、依次将这七种物体放入水中 (教师示范, 学生实验) 4、将观察到的现象记录在实验记录单 1 上 5、小组讨论实验结果</p> <p>[总结提问] 当我们对这些物体进行比较的时候, 与我们的猜想是不一致的, 这是为什么?</p> <p>[陈述] 物体的轻重和体积大小可能同时影响物体的沉浮。那遇到这种情况, 我们该怎么做才能进一步探究影响沉浮的因素呢?</p> <p>[实验探究二] 引入控制变量法 [引导] 当遇到这种情况时, 科学家往往采用控制其他因素不变的方法, 来研究某一个因素是否对物体产生作用——也就是控制变量法。今天老师就为大家准备了两套特殊的材料。</p>	<p>[回答] 学生 1: 重量可能影响物体的沉浮: 轻的物体容易浮, 重的物体容易沉。 学生 2: 体积可能影响物体的沉浮: 体积大的容易浮, 体积小的容易沉</p> <p>[学生实验]</p> <p>[交流] 学生汇报实验的结果</p> <p>[思考]</p> <p>[思考]</p> <p>[学生实验] 小组合作探究, 交流谈论。</p>	<p>实验探究环节共分为 3 个部分: 一、猜测物体的沉浮与什么因素有关, 以及该因素是如何影响沉浮的; 二、探究不同物体在水中的沉浮的沉浮规律, 但在这个部分学生是不能够得出结论的, 那该怎么办呢? 教师在这里就可以引入控制变量法; 三、引入控制变量法, 继续探究实验。通过层层递进的方法, 让学生积极思考, 寻找突破, 解决难题。</p>
----------------------	--	--	---

	<p>[出示材料] 一套体积相同质量不同的小球，一套质量相同体积不同的立方体。小组领取材料，开始实验，验证假设。</p> <p>[实验讲解] 实验 1：观察体积相同质量不同的小球在水中的沉浮（从轻到重的顺序排列），实验现象记录在实验记录单 2 上。 实验 2：观察质量相同体积不同的立方体在水中的沉浮（从小到大的顺序排列），实验现象记录在实验记录单 2 上。 小组交流谈论，分析实验现象，得出结论，验证假设。</p> <p>[组织交流] 现在请每个小组的代表发言，说说你们小组从这两组材料的实验中观察到的实验现象，以及得出什么结论？</p> <p>[总结] 1、物体的沉浮与自身的轻重和体积都有关系； 2、若体积相同，重的物体容易沉；若轻重相同，体积小的容易下沉。</p>	<p>[回答] 小组分享实验结果</p> <p>[完善结论]</p>	<p>通过让学生开展实验探究、小组交流，汇报结果，从而解决了问题。也让学生感受到解决一个问题是需要漫长的过程的，需要有耐心。 在这里也凸显出 STEM 教育因素中的科学这一因素：知道物体的沉浮与什么因素有关。</p>
<p>思考延伸 拓展活动</p>	<p>[板书] 拓展课题—自制“潜水艇”</p> <p>[展示图片] 教师播放潜水艇的图片，提问：“同学们，你们知道这是什么吗？” “你们对潜水艇都有哪些了解？”</p> <p>[展示] 教师提前做好一个简易的“潜水艇”，让学生观察和感受。</p> <p>[提问] 潜水艇既能在水面上航行，又能在水下航行。它是应用了什么原理呢？结合前面上节课的知识想想。</p> <p>[原理讲解] 教师结合自己制作的“潜水艇”讲解原理。</p> <p>[导入] 看了老师做的“潜水艇”，也知道了潜水艇的工作原理，你们想不想也做一个属于自己的潜水艇呀？</p>	<p>[回答] 潜水艇</p> <p>[回答]</p> <p>[观察]</p> <p>[思考]</p> <p>[回答] 想</p>	<p>拓展活动既能够将本节课所学的科学知识运用于实际的问题中做到学以致用，也能够培养学生的动手实践的能力和创新意识。除此之外，还能让学生学会观察生活，从生活出发学习科学。</p> <p>通过导入潜水艇，并讲解它的工作原理，让学生能够知道沉浮在生活中的运用。</p> <p>教师展示自己的做得“潜水艇”，从而来激发学生动手的兴趣。</p>

<p>[陈述] 那接下来我们就来设计和制作出一个属于自己的“潜水艇”吧！最后来一个比赛，看谁的“潜水艇”做得又好又有创意。</p> <p>[实验讲解] 材料：塑料瓶、口服液小瓶 制作步骤： 1、先把塑料瓶装满水，放在一边； 2、口服液小瓶里装大约一半的水； 3、将口服液小瓶瓶口朝下（用手将瓶口堵住不让水流出来），小心放入塑料瓶内； 4、通过多次调节小瓶内气体的量（或者装水的水量），从而使小瓶的瓶底稍稍露出水面（能够浮起来即可）； 5、用瓶盖将塑料瓶密封，即完成制作。</p>	<p>[学生实践] 小组合作自制“潜水艇”</p>	<p>在学生开始制作之前，先让学生查找有关自制“潜水艇”的信息，了解自制“潜水艇”所需的材料、制作步骤以及注意事项，这一环节能够体现出 STEM 教育因素中的技术 (Technology) 这一因素，让学生学会利用互联网来查找自己所需的资料并进行筛选。</p> <p>学生通过收集的资料，开始思考讨论，设计出本组的“潜水艇”，并画出简图，这体现了 STEM 教育因素中技术 (Technology) 这一因素，让学生学会绘图、设计出自己的“潜水艇”。</p>
		<p>通过让学生自己动手制作“潜水艇”，提高学生之间的团队协作的能力，也凸显出 STEM 教育因素中工程这一因素。</p>

	<p>测试过程：</p> <p>1、制作完成后，用一只手用力挤压塑料瓶，会看到小瓶内的气体逐渐压缩，小瓶缓缓沉入水底；松开手后，小瓶会逐渐上升至瓶口；当用力适当时，小瓶就会悬浮在水中的任意位置。</p> <p>2、如果发现需要很大的力才有或者没有上述现象的时候，是因为小瓶内空气太多造成的，需要打开塑料瓶，重新调节小瓶内的空气量（或装入小瓶里的水量）。</p> <p>3、多次调节，使用力的大小刚刚好。</p> <p>[提醒]制作以及调试完成后，可以给自己的潜水艇进行加工改造。</p> <p>[展示评比]每个小组将自己制作的“潜水艇”进行展示，并阐述小组设计的意图。其他小组成员进行打分，评选出最受喜欢的“潜水艇”。</p>	<p>学生对自己的潜水艇进行不断地调试，直至找到最佳的状态。</p> <p>[作品讲解]</p>	<p>在这个过程中，需要学生利用 STEM 教育因素中数学这一因素，记录口服液小瓶里装水量的数据以及此时“潜水艇”操作状态，从而找到“潜水艇”的最佳状态。</p> <p>学生在原有设计的基础上进一步改造，使得作品更加完美。也让学生明白设计一个东西是需要不断改进和创新的。先让学生对作品进行讲解，再让其他小组的成员进行打分，能够促进学生之间的学习与交流。而且教师也能够掌握学生对科学知识的掌握程度。</p>
<p>课外作业</p>	<p>[[陈述]</p> <p>1、查找资料，寻找自制“潜水艇”的其他方法并尝试制作和改进。</p> <p>2、让学生将自己制作“潜水艇”的过程和感受通过作文的形式写下来。</p>	<p>[完成作业]</p>	<p>1、课后继续查找资料，开拓学生的思路；</p> <p>2、学生通过重新回忆自制“潜水艇”的过程，并且将自己在制作中遇到的问题以及是如何克服的通过文学表达出来，从而引发思考，还可以培养学生的语言组织能力。</p>

附 1:

沉浮与什么因素有关实验记录单 1							
第 () 组				日期:			
轻重排序							
结果 (沉 浮)							
体积大小 排序							
结果 (沉 浮)							

附 2:

沉浮与什么因素有关实验记录单 2							
第 () 组				日期:			
小球轻重 排序							
结果 (沉 浮)							
立方体大 小排序							

附 3：自制潜水艇评价表

序号	评价要点	优秀	良好	合格	不合格
1	知道自制潜水艇的工作原理				
2	了解自制潜水艇的制作步骤				
3	了解自制潜水艇的注意事项以及要点				
4	实验操作正确，成功制作出“潜水艇”				
5	通过反复调节小瓶内的空气量，使用力恰当就可以实现小瓶的上浮和下沉				
6	设计和制作出别具一格的“潜水艇”				
7	能够用语言清晰、流畅的阐述小组设计的意图				

五. 教学评价

评价内容与方法		评价水平					
		5分	4分	3分	2分	1分	
诊断性评价	1、回忆生活中哪些物体是浮在水面上的，哪些物体是沉在水底的？						
	2、根据上节课《物体在水中是沉还是浮》，你知道同一种材料构成的物体在水中的沉浮规律吗？						
	3、在实验开始前猜测一下不同材料构成的物体，在水中的沉浮规律？						
形成性评价	实验探究一	1、根据物体轻重和体积大小顺序排列，进行实验探究，验证猜测，并小组进行谈论，寻找办法，突破难题。（小组合作：理解和分析）					
		实验探究二	1、根据两套特殊的材料进行实验，小组交流得出结论（小组合作）				
		2、每小组派出一名代表阐述本组的实验结果（小组合作）					
		3、在小组交流谈论的过程中，你有什么体会？					
	拓展活动	1、对自制“潜水艇”操作步骤的掌握情况。（相对性评价）					
		2、能够成功制作出“潜水艇”					
		3、独自记录和分析小瓶里的空气量（装水量）对它沉浮的影响。					
		4、与小组成员分享自己对自制“潜水艇”的想法。（相对性评价）					
	课外作业	1、查找相关资料，看看其他制作“潜水艇”的方法并在原有基础上进行改进。					
		2、将自制“潜水艇”的制作过程和遇到的问题通过作文形式表现出来，并谈谈自己的收获。					
总结性评价	1、单元测试						
	2、期末测试						

六. 板书设计

沉浮与什么因素有关

猜测：轻重——物体越轻越容易浮，物体越重越容易沉
大小——物体越大越容易浮，物体越小越容易沉

实验一 ——小球的沉浮：重的容易沉，轻的容易浮

控制变量法

与猜测一致

实验二 ——立方体的沉浮：小的容易沉，大的容易浮

拓展活动：自制“潜水艇”

七. 教学资源

《义务教育小学科学课程标准》、教科版小学五年级下册、实验器材、多媒体、课件

【责任编辑：周辉】

课程实践

无线电测向

适用年段:7-9 年级建议课时:120 分钟

活动背景

无线电测向运动是竞技体育项目之一，起源于 20 世纪 20 年代，也叫无线电“捉迷藏”、“猎狐”。参加者手持无线电测向机，测出隐藏电台的所在方向，采用徒步或奔跑方式，迅速准确地逐个找出这些信号源，在规定时间内，找满指定台数、用时少者为优胜。该项运动不仅要进行体能训练，还需要运用无线电方面的知识，具有体育性、科技性和趣味性。是一项深受青少年喜爱的活动项目。

活动目标

初步掌握 80 米波段短距离测向机的使用方法，初步掌握收听电台信号的方法，并能区分不同电台的呼号；通过小组合作学习能根据收听到得声音大小变化判断电台的方位，初步学会正确的测向方法，学会不断调整，正确寻找信号源；在寻找电台过程中，学生的意志和毅力得到锻炼，体验成功的愉悦。

活动准备

1. 所需材料：80 米波段测向机 45 部、电台 1 号台、3 号台、5 号台、7 号台、9 号台，可调电台和音响等；悬挂点标旗、放置打卡器、记录表、活动评价表，其他活动所需材料。



图一 80 米波段测向机



图二 点标旗

2. 场地要求：教室及室外（旷野、山丘的丛林或近郊、公园等优美的自然环境中）。
3. 人员要求：每组 6-8 人

指导建议

1. 重点：掌握收测电台的信号和区分不同电台的呼号
2. 难点：初步学会收测电台方向线技术
3. 安全：注意活动过程中的安全教育，教师对室外活动场地的情况要了然于胸，规定活动的区域范围。
4. 指导策略：可由学生自己策划活动方案，约定活动规则等，学生研究过程中教师多予以启发、鼓励学生提出问题并解决问题，引导学生进行深入研究。

活动实施

1、破冰分组

- (1) 按就近组合或自愿组合的方式将学生分成 4 人小组，落座。
- (2) 玩捉迷藏的游戏热身。

指导建议：教师根据自身特长及学生特点设计破冰游戏，以融洽氛围、形成良好的师生及生生关系。在热身过程中老师要成为活动中的一员，引领学生并一起参与到热身活动中来。

2、情境导入

利用手中的测向机来学一下无线电“捉迷藏”的游戏，无线电“捉迷藏”的游戏不同之处在于它是寻找信号源，而不是找人，是现代无线电技术与传统捉迷藏游戏的结合。大致过程是：事先隐藏好几部信号源（即小型发射机），定时发出规定的电报信号。参加者手持无线电测向机测出隐蔽电台的所在方向，采用徒步方式，迅速、准确地寻找出这些信号源。

布置任务：借助测向机来找到电台

3、提出问题

学生围绕给出的任务提出自己的困惑，老师给予解答。

指导建议：针对无线电测向的工具和材料以及测向步骤让学生提出的问题，老师给予解答和演示。

4、制订方案

指导建议：由学生自主策划方案，约定规则，促进主动思考，激发参与热情。教师只是组织者，引导学生对自己制定的方案进行论证。

(1) 构思。学生以小组为单位，制定小组活动方案表，活动方案表包括小组名称、研究主题、小组展示方式、所需工具、人员分工、任务职责等。

(2) 计划。小组讨论后形成统一意见，确定小组的策划书，在表格中写下讨论结果。

任务	负责人
组别	
活动区域	
活动时长	
电台数量	
测向机旋钮和开关	
收听不同电台	
判断电台的方位	
比音量	
实践找台	
安全事项	
汇总发言	

5. 活动实施

(1) 测向机旋钮和开关的操作

80 米波段测向机与收音机一样都是接收无线电信号的设备，都有频率旋钮、音量旋钮和电源开关，测向机的搜台方法与使用收音机收听广播电台的操作相似，同学们可以独立或者合作掌握测向机的搜台以及音量的调节。

指导建议：学生把耳机插入测向机接通电源，手持测向机对频率和音量旋钮进行调节，学会收听电台使信号的音调比较清晰，音量的大小较合适。

(2) 收听不同电台的操作

每一部电台均有自己的编号和呼号，判断电台呼号时，需注意分辨长音、短音出现的先后顺序和长短音数目。在语言中通常用“达”表示长音，用“的”表示短音。以某电台为例，拍发“达达、达达达、的”。暂时可以用 1 表示长音，0 表示短音在记录表上进行记录。

教师示范：调整频率收听电台，把收听到的电台呼号通过音响播放出来给大家听，以便

熟悉电台的呼号。

学生活动：将音量旋到较大，调整频率旋钮，听到信号后，辨认台号是不是需要寻找的电台呼号，然后缓慢地左右细调，使音调悦耳。用同样的方法收听其它电台，并在记录表上记录电台的呼号。

(3) 判断电台的方位

我们收听到某电台后，如何判断该电台的位置，我们可以在原地慢慢转动测向机，体验电台呼号声音大小有没有变化，或者拉出直立天线且按下单向开关慢慢转动测向机，体验声音大小又是如何变化的。

指导建议：学生在原地慢慢转动测向机，体验到电台呼号声音大小发生变化。

体验总结：当测向机的磁棒朝某个方向线上时，声音最小，当拉出直立天线且按下单向开关时，手背朝某一面时，声音较大，手背朝相反的一面时即测向机转过 180° 后，声音较小。

教师总结：双向 - 单向法判断电台的方位，先不按单向开关。用磁性天线收到电台后，水平旋转测向机，找出小音点获得电台所在直线，这个过程叫测双向，也叫测线，如图三所示。



图三



图四

然后手背向前用右手大拇指按下单向开关（这时直立天线接入电路，拉出直立天线），并转动测向机 90° ，在此位置上，反复迅速地转动测向机 180° ，比较声音的大小，声音大时，手背的朝向即为电台的方向。这个过程叫测单向，又叫“定边”，即定出电台在哪边，如图四所示。

(4) 比音量

由于在校园中进行无线电测向运动，活动范围比较小，我们可以在测出电台的大致方位

后，采用比音量的技术进行电台的跟踪，即利用测向机音量随距离变化大的特性确定电台位置的方法，具体做法是将 80 米波段测向机直立天线抽出，按下单向开关，并将持机臂伸长向周围做弧形扫动，寻得音量最大的方向，并沿此方向边扫边前进，直至找到电台。

指导建议：学生分组跟踪模拟找台练习，体会不同距离音量变化，体验寻台的心情。

(5) 实践找台

在校园中事先架设好 5 部电台。收听到一个电台，然后努力找到这个电台，找到这个电台后要在自己的记录表上用针式打卡器打孔记录（一个电台附近一米左右会对应一面点标旗，点标旗下面挂着针式打卡器，不同电台对应不同的打孔记号，以便判断找台是否正确）。要求在规定的时间内寻找电台。

6. 评价

时间一到，教师发出集合信号，学生再次回到室内，开始交流评估。

(1) 小组交流及评估

指导建议：各方汇报各自成绩，从成功经验、发现的问题、如何解决问题、还没有解决的问题等方面进行讲述。当学生演讲时，老师要组织全体同学认真倾听和真诚鼓励，对于成功经验，要推介分享；对于发现的问题，要组织讨论；对于提出的没有解决的问题，老师记在黑板上，等交流结束后，请其他组同学解答，解决不了的问题，由小组回去继续讨论、实验。

评价表

学生姓名:	小组名称	填表日期:	
评价指标	评价等级		
	3	2	1
规划能力	通过讨论，能有效规划设计任务方案、步骤、分工。	规划方案中任务分配不够合理。	方案规划较为混乱，分工不明确，步骤不清晰。
合作能力	能与组内同学热切讨论、分工明确。	不愿与组内同学积极讨论，能完成分配的任务。	不能与组内同学积极讨论，不能完成分配的任务。
实践能力	根据所学知识，借助测向仪很快找到电台	借助测向机找到电台的过程中遇到一些困难，但最终找到了电台。	未能找到电台。

总得分:

活动总结：学生以小组为单位，分享活动过程中的一些感受，各小组根据其他同学的合理化建议修订方案。

指导建议：在老师的引导下，就活动中的一些问题及产生的感想进行交流和讨论。如你觉得你们团队哪些地方做得比较好，哪些地方做得不足呢？你觉得其他小组团队合作哪些地

方做得比较好？既肯定优点，也指出改进方向。如：

改进计划书
改进内容:
方法描述:
获得了什么帮助:
对改进效果对评价:

【责任编辑：廖又】

优秀 STEM 教育课程案例：《一张纸的奥秘》

来源：搜狐公众号 STEAM 在线

网址：<https://mr.baidu.com/r/527x68zZvy?f=cp&u=353d7ab5c794237e>

作者：缪袁宇

（毕业于华东师范大学应用化学专业、曾任 K12 上市公司教学副校长、原子科学体验馆创始人、STEAM 教育实践者）

一、项目名称

一张纸的奥秘

二、项目背景

纸是我们学生日常生活、学习中接触最多的物品之一，本项目旨在通过生活中最常见的一张 A4 纸引导学生探索几何、力学方面的知识。让学生通过亲自动手实验，感受到科学的神奇奥秘。

本项目设置参考《义务教育小学科学课程标准》，知识点涵盖物质科学领域中的力学知识和技术与工程领域的桥梁设计相关知识及剪刀、直尺的使用等。采用 PBL 教学法，让学生分组讨论，设计一张 A4 纸承重的最佳方案并执行，然后通过承载重物的质量来判断获胜的小组。并通过手握鸡蛋的实验及各类桥梁设计的优劣评价来反思学生们的设计方案。

三、项目硬件和环境要求

环境要求：创客教室（可容纳 10 人左右）

硬件要求：A4 纸、剪刀、铅笔、直尺、书、回形针

四、STEAM 知识能力结构

Science：知道线、面、体的关系；了解力的分解；了解燃烧条件等。

Technology：会使用直尺、剪刀，会纸张对齐折叠等。

Engineering：了解桥梁的分类及原理。

Mathematics：学会度量，中点计算，简单除法，砝码叠加增加质量等。

认知收获：知道线、面、体的关系；了解力的分解；了解伯努利原理；了解摩擦力；燃烧条件等；学会度量和简单的计算。

能力收获：学会类比分析，能够打破常规思维解决问题，培养小组学习分工合作意识等。

五、课程基本信息

年级：2 年级 -6 年级（已掌握直尺使用及长度度量）

规模：9 人、3 组、每组 3 人

设计学科：数学、物理、化学

学校目标：能够知道线面体的关系、知道力的分散作用、知道燃烧的条件

六、材料清单

A4 纸、剪刀、铅笔、直尺、书、回形针、吹风机、打火机、纸杯

七、课程引言

一张 A4 纸能套下一个人吗？如何让一张 A4 纸承受更大的质量？一张 A4 纸怎么才能让它不惧火烧？这些匪夷所思看似无法解决的问题我们是否可以借助物理、数学、化学的知识来解决呢？那么接下来我们 9 位小朋友分为三组，分组讨论看看你们有什么好的 idea 吧！

八、活动任务

学生分三组借助给定的材料，讨论并设计解决上述三个问题的方案并执行。问题一学生上台演示小组方案；问题二学生执行并记录能承重的物体的重量（用同等质量的奖章、书本叠加来增重，也可通过他们的数量来比较承重）；问题三学生上台演示小组方案。

九、项目实施过程设计

（一）课程设计

1、学生分 3 组，每组 3 人；

2、针对以上三个问题分别做一些知识背景讲解与类比：

（1）针对问题一“如何用一张 A4 纸套住一个人？”常规思路下将 A4 纸中间抠一个洞显然是无法实现的，这时候类比生活中的一个实例“小苹果”，苹果皮在刀的“裁剪”下有一个面变成了一条长长的线，这时候把收尾连接可以围得很大。（面和线的关系）

（2）针对问题二“如何让一张 A4 纸承受更大的质量？”让学生先上台在白板上绘制他们想象中的桥梁的样子，然后老师再通过图片讲解，桥梁设计的几种方案及他们的优劣，引发学

生思考，如何处理纸张让它承受的重力最大。

最后每组搭好自己的方案，并加重，加到垮塌为止并记录垮塌前重物的质量（同质量的书本可以用数量代替）用于最后评价。

(3) 针对问题三“一张 A4 纸怎么才能让它不惧火烧？”先讲解燃烧需要的三个条件，然后引导学生逆向思考如何让 A4 纸烧不起来。

(二) 前测设计

长度度量与刻度标记，计算并标记中点位置、燃烧所需要的条件、通过手握鸡蛋演示力的分散。

(三) 项目过程评价表

(四) 项目汇报展示方案

上台演示、简报

组别	问题一方案	问题一耗费材料	问题二方案	问题二承重重量	问题三方案	方案可行性
第一组						
第二组						
第三组						

原子科学课程简报 —— “一张纸的奥秘”

为什么要在黄线外等地铁

高铁站台上如有黄色安全线是因为列车高速行驶时，靠近列车车侧的空气被带动而快速地运动起来，压强减小，站台上的乘客若离列车过近，乘客身体后侧会出现明显的压强差，身体后侧较大的压力将乘客推向列车而受到伤害。

有人测定过，在列车以每小时 50 公里的速度前进时，相当于乘客左右两侧力从身后把人推向火车，学习了物理“压强原理”后，写地铁我也不敢跑过那条黄线了呢。

一张纸上为什么能站一个人

大家都知道过门坎时，所以聪明的孩子总能推断出，纸上站人的一个原理就是力的分散，有一个人将重力分担给 4 个小红瓶承担，每个小红瓶所受到的压力就会小很多。

实验中还有一个力学结构原理，形成封闭的支撑面的物体，承受重力比非封闭的支撑面的物体多很多，因为边缘处左右两侧角度改变使重量向前倾斜，进而使体系倾斜，当形成封闭的支撑面，体系承重大大提升。

纸火锅的原理

受到人们喜爱的纸火锅原理如上述一样，纸张的着火点 180°C，水在加热沸腾过程中持续吸热，有效降低纸锅的表面温度，让温度一直低于纸锅的着火点，所以“纸锅”不会燃烧，纸火锅用的纸通常是不透水的纸类，可以吸收很多热的杂质，会让火锅的味道更加鲜美。

课程设计

Science: 知识关联、体的关系、了解力的分散、了解压强原理、了解摩擦力、燃烧条件等。

Technology: 会使用直尺、剪刀、会做实验并会整理。

Engineering: 了解物理的分类原理、了解飞机等飞机翼设计原理等。

Mathematics: 学会变量、中点计算、简单除法、比例变化的关系等等。

涵盖数学、物理、化学学科知识

认知收获: 知识关联、体的关系、了解力的分散、了解压强和原理、了解摩擦力、燃烧条件等、学会变量和简单的计算。

能力收获: 学会类比分析、能够打破常规思维解决问题、培养小组学习分工合作意识等等。

精彩课堂与学员成果

STEM 原子科学体验馆

(五) 项目终结性评价表

维度	要点	满分	第一组	第二组	第三组
Science	知道线、面、体、的关系； 了解力的分解；了解燃烧条件	20 分			
Technology	会使用直尺、剪刀、会纸张对齐折叠等	20 分			
Engineering	了解桥梁的分类及原理	10 分			
Mathematics	学会度量，中点计算，简单除法，砝码叠加增加质量等	20 分			
能力范畴	1、交流资讯、想法、设计思路和办法； 2、类比思维； 3、合作能力； 4、创新创造力； 5、自我反思能力； 6、解难能力	30 分			

附：课堂实录



【责任编辑：廖又】

课程实践

STEM 教育案例分享之屋顶的雪花

南希梦

清华附中校长王殿军曾提到过，STEM 教育对于全面提高提高学生的心智，尤其是智力发展有着极大的价值。因为 STEM 将问题抛给学生研究，整合多学科知识，分析、解释问题，然后进行试验和迭代，找到解决问题的方案。

在这个过程中，教师的引导尤为重要，它既不是单科知识的讲解，也不是集中式的复习，STEM 强调老师指导、引导学生完成从对一个问题的观察、关注，到弄懂背后的学科知识、思维方法、研究过程。老师不能取代学生动手，更不能自顾自演示。现在的 STEM 一定不缺教学内容，但是对于教师引导方法培养的认识不足。

最近观摩到一个极具创意，简单易操作的经典 STEM 课堂，整理成教案和大家分享。之前的文章我提到过，STEM 实验知识引出思考和进行观察的途径，而不是 STEM 课堂的全部或者核心。在这篇教案中我们可以看到，实验过程非常简单，但是课前导入和学习评价问题占用了课堂绝大部分的时间，且课程设计符合国际教育技术协会的指导标准，有针对性地通过现象启发孩子思考，并培养工程思维能力。

【设计理论】

ISTE (国际教育技术协会) 指导标准：

使用工具和技术来达到和满足人们的需求；

运用工程设计思维识别问题、寻找和开发解决问题的方案，并学会与他们共享；

【STEM 学科理论】

学科构成：地球，空间和工程力学

推荐年龄段：K-1-2 (幼儿园，小学 1-2 年级)

推荐课时：45 分钟

所需材料：三个鞋盒，或者其他长方体盒子，三张卡纸，报纸若干，面粉筛一个，生面粉一袋

【导言】当你到各个不同的城市、乡村参观的时候，有没有发现各地的房屋的屋顶风格都不太一样？你有没有试想过，为什么这些屋顶的形状都不太一样？这些不同地区的不同气候对于屋顶的风格会产生什么样的影响呢？通过今天的活动，同学们可以观察到不同气候或情况下不同屋顶的优势和劣势。通过老师的演示，同学们将观察到雪花（面粉）落到不同形状的屋顶上后产生的负荷力，并回答问题。

【工程师的话】建筑师在设计房屋的时候不仅需要考虑屋顶的形状，也需要选择适合的材料来帮助建筑物保持它所需的温度，和提供稳定的结构。所以在建造房子以前，工程师们需要测试不同的材料和形状，来帮他们做出最后的决定。

【课前思考】

1. 你们家住的房子的屋顶是什么形状的？
2. 你所居住的城市的气候有什么特别的地方？下雪吗？
3. 你能想到气候影响屋顶形状的原因吗？

【课前引入】想象一下，现在你住在一个经常下雪的地方，雪花一片片飘落下来，堆积在屋顶上，如果屋顶不够坚固，雪的重量可能会把屋顶压塌陷。如果你是一个工程师，你想造一个什么样的屋顶，来防止积雪把屋顶压坏？为了防止雪花粘黏，你会用哪些材料来造屋顶？

【图片展示】给学生展示世界上不同地区，不同形状的屋顶

拱形屋顶图



A 字形屋顶



平屋顶图



【科学研究方法引导】什么是模型？

在我们的生活中，有的时候我们要学习的这个物体太大（比如高楼，大桥），或者太小（我们的头发，树叶里的细胞），或者我们自己看不到（我们自己的眼睛），这时我们就需要动手做一个模型来模仿这个学习对象。在建造房子以前，工程师就会搭建模型来测试和研究这个物体的结构，或者测试不同的设计方案。对于工程师来说，“负荷力”就是给这个物体添加的推动或者拉动的力。比如下雪后，雪花的重量压在屋顶上的力，就是我们所说的负荷力。

课堂小思考：你还可以想到哪些负荷力的例子？

【活动准备】

1. 给学生发放《气候和屋顶》学习卡；
2. 用硬卡纸根据上文中的展示图片制作三个不同形状的屋顶；
3. 把鞋盒的一个侧面切开，方便学生观察雪花负荷力对屋顶形状的改变和影响，把硬卡纸做成的屋顶粘贴在鞋盒的侧切面上；
4. 在鞋盒下方铺上报纸，保证面粉能滑落到报纸上，以便于回收面粉。

【活动步骤】

1. 展示不同的屋顶照片，引导学生思考每种屋顶可能会对应哪种气候？对于这种气候，屋顶会不会被压坏？
2. 向同学们展示屋顶模型
3. 向同学们解释这里的面粉就代表雪花，请同学们预测哪种屋顶最适合冬季常常下雪的气候
4. 用筛子慢慢将面粉筛到屋顶模型上，请同学们通过盒子的开口端观察屋顶的变化
5. 当“雪”量不断增加时，请同学们记录屋顶的形状
6. 在几种不同的屋顶上重复筛面的过程
7. 请同学们比较他们的记录结果

【形成性学习效果评估问题】

哪种屋顶最容易被雪花压垮？为什么？

当面粉掉落到屋顶时，模型屋顶的形状是怎么变化的？

“雪花”会堆积还是会滑落？每个屋顶一样吗？

哪个屋顶下垂最多？屋顶下垂意味着什么？

哪个屋顶塌了？它是慢慢地塌，还是突然塌下来？

如果你住在经常下雪的地方，哪种屋顶最好？

除了雪花的负荷力以外，还有哪些其他的负荷力？（刮风，下雨，地震，行人的重量）

【启发性思考】什么样的屋顶风格，形状和材料最适合哪些气候和天气条件？想一想，如果你住在沙漠 / 多风的地方 / 多雨的地方，你想要哪个屋顶？

这份教案出彩的点在于：

1. 坚实的理论指导。STEM 课程的设计要参考 ISTE 或其他 STEM 课程体系的指导。这份教案中既包含了对工具和技术的运用，工程设计思维的融入，也融入了识别、寻找解决方案

的过程，教给孩子多种 STEM 技能：

2. 导言源于生活，从生活现象出发，引导学生观察生活，引发思考；

3. 从工程师的角度提升学生对于观察这个问题的重要性，解释了为什么这个现象是值得关注的；

4. 建模思维的引入。实验的目的不只是实验，实验室对现实的微缩和再现，把“建立模型”这种思维方法和研究方法介绍给学生，以期在以后对其他的问题研究中也考虑建模的方法；

5. 学习性效果评估才是做实验的目的和意义。通过实验和观察回答实验问题，并推断出其他相关问题的答案，才真正做到了学以致用，融会贯通；

6. 启发性问题是把当前问题的答案作为解决方案，推广到其他现象和问题中的重要方法。能准确推演预示着学生对于当前问题的掌握是完整和准确的；

7. 最后一点，也是最重要的一点，在实验设计上，面粉和雪花对屋顶的物理作用相同，卡纸和屋顶的物理属性也有可比性，这个建模是真实场景的替换和再现，是物理知识的迁移，是真正的 STEM 实验和教育。

转自：搜狐公众号 STEAM 在线

网址：https://m.sohu.com/a/366550079_303712

【责任编辑：张晶】

STEM 课堂 | 学生体验与设计属于自己的投掷器

徐莉莎

整个项目学生的认知水平由低到高布置任务，在层层递进的实践中，不断提高学生学习水平，培养学生探究与优化思维，全面提升学生 STEM 综合素养。

一、STEM 项目《投掷器》

本项目通过情景导入、主题知识学习，再引导学生利用木棒、塑料棒、铁板等常见材料设计、制作一款投掷器，让学生体会和感受古人的智慧。

项目适用于小学四、五年级，共计 6 课时。

课时	模板	环节	时间	目标
第 1 课时	提出问题	问题的引入	20 分钟	创设情境，激发兴趣，明确任务
		认识与了解	40 分钟	用画画或写作的方式记录对投掷器的初步认识，学会描述投掷器的工作原理等
第 2—3 课时	准备阶段	体验结构稳定性	30 分钟	通过观察和实验，了解形状和结构的稳定性对制作投掷器的重要性
		体验杠杆原理	30 分钟	通过观察和比较，认识杠杆的三个点，通过探究实验，证实用力大小与用力点支点的远近有关；搭建简易杠杆，通过研究及数据的收集，找出投掷距离与投掷角度和力度的关系，并学会选择投掷的最佳方式
		体验弹力原理	40 分钟	通过实验和比较，认识橡皮筋弹力和投掷器杆臂对杠杆投掷的影响；通过三个探究活动，找到投掷距离与橡皮筋拉伸长度、橡皮筋缠绕圈数和橡皮筋数量的关系
		体验材料韧性	20 分钟	通过韧性比较，找到塑料棒、木棒、铁棒、纸棒四种材料中作为投掷杆臂的最佳材料
第 4 课时	阐述制作	设计与制作	5 分钟	再次明确任务
			15 分钟	明确分工，完成最初设计图
			25 分钟	阐述方案，进行头脑风暴
			15 分钟	思维碰撞后产生新的想法
第 5 课时	展示评价	小组作品展示	35 分钟	通过自制投掷器汇报会，培养学生语言表达、学会倾听和质疑解惑的能力
		比一比，谁更远	25 分钟	通过“比一比，谁更远”的活动，了解学生对弹力和杠杆等原理的掌握和运用程度
第 6 课时	拓展提升	评价与改进	35 分钟	测试投掷器的效果，优化改进投掷器
		比一比，谁更准	25 分钟	通过“比一比，谁更准”活动，培养学生优化和改进投掷器的能力

二、实施过程

实施过程采用 5E 教学法，分为提出问题、准备阶段、阐述制作、展示评价与拓展提升五个环节。

提出问题

教师播放国产影片《长城》中的片段，利用片中震撼的场面激发学生的想象力，进而激发学生探索如何模仿古人一步步地完成战争武器的模型制作。

接着，教师展示投掷器图片，让学生观察、比较，分组讨论并完成小组讨论记录单。

准备阶段

本环节的目标是为解决项目中的问题做好知识、技能和方法的准备。

首先，教师出示埃菲尔铁塔的图片，学生分析与思考其结构与稳定性，并完成下表。

接着，教师出示杠杆在生活中运用的各种实例，结合学生所掌握的知识，引导学生交流杠杆知识，体验杠杆原理，并通过探究活动总结出杠杆省力、费力或既不省力也不费力的原因。

学生体验杠杆原理

然后，教师出示弹力在生活中运用的各种实例，结合学生所掌握的知识，引导学生交流弹力知识，体验弹力原理，并通过探究实验分析投掷距离与橡皮筋拉伸长度、橡皮筋缠绕圈数和橡皮筋数量之间的关系。



学生体验弹力原理

最后，教师引导学生认识投掷器的关键部位——杆臂，并感受不同杆臂材料的韧性。



学生体验材料韧性

阐述制作

教师引导学生采用头脑风暴的方法，运用分析、综合、类比的方法识别风险和利益，在控制成本的情况下设计可行性方案，最终呈现成品。



学生绘制设计图

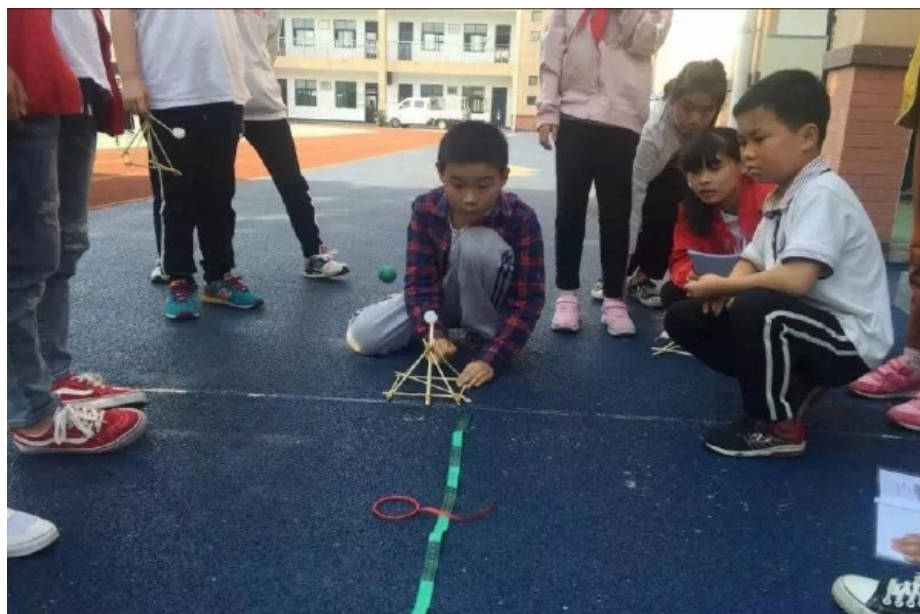
展示评价

每学生小组围绕理念、分工、困难及解决方法对自制投掷器进行介绍和展示，并根据现场投掷的实际距离对各小组进行评比，得出最终排名。





学生汇报作品



学生进行测试

拓展提升

教师组织学生在所有可能的条件下对模型成品进行闯关式测试,记录测试时的各种现象,引导学生进一步找出和分析不足的原因,尝试改进,形成最终的设计方案。



学生改进作品

三、案例分析

通过《投掷器》教学项目,教师引导学生通过亲手制作模型体验工程师的艰辛,通过组织现场汇报体验营销者的创新,通过小组比赛体验竞争者的成就感,通过分享活动成果体验成功者的喜悦。

转自: 网易公众号 STEM 未来计划

【责任编辑: 符罗倩】

创客园地

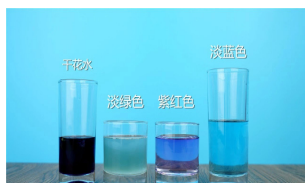
神奇的变色花

实验背景：如何用我们生活中的一些常用材料来实现一些神奇的变色反应呢？下面我们将带来一个实验，用与紫甘蓝相类似的天然酸碱指示剂，来检验我们日常生活中常用或常喝物质的酸碱性。

实验材料：干花 10g、柠檬汁饮料 1 瓶、洗衣粉 15g、玻璃杯 3 只、小勺子 1 个。

实验步骤：

- 1、将干花倒入玻璃杯，用开水冲泡 3 分钟。
- 2、配置一杯洗衣粉溶液，然后再往另一个玻璃杯倒入等量柠檬汁饮料。
- 3、将等量泡好的干花水分别滴入洗衣粉溶液和柠檬水饮料中。
- 4、滴入等量的干花水后，洗衣粉溶液变成淡绿色，而柠檬汁饮料变成蓝紫红色，用于对比的自来水中，颜色除了变淡没有其他变化。



实验原理：实验用的变色花含有花青素，它是天然的酸碱指示剂，遇到酸性物质变红，遇到碱性物质变绿或变蓝。由于洗衣粉溶液呈弱碱性，最终溶液呈现淡淡的蓝绿色；柠檬汁饮料中含有柠檬酸，整体呈弱酸性，因此溶液最终呈现出淡淡的紫红色。

转自：微信公众号魔力科学小实验

网址：https://m.sohu.com/a/289584888_99893391

【责任编辑：卢军洲】

药丸溶解实验

教学导入：

在我们平时的生活中，非常多的电视和杂志广告声称他们的药物可以最快地缓解疼痛。因此，我们现在自己尝试实验，观察四种不同形式的药丸在人体胃部的溶解情况，从而调查广告在快速缓解病情方面是否真实，并确定哪种类型的药物在体内分解最快。思考以下问题：

1. 药物如何进入血液？人的胃中充满了酸性溶液，这种酸性溶液会分解我们摄入的所有食物和液体，之后进入肠道上部吸收入血液中，随着血液循环进入身体各个器官。

2. 你认为药丸在胃中溶解需要多长时间？为了创建类似的消化环境，我们将使用醋酸溶液。

请大家在实验中仔细观察药丸的溶解情况，并记录溶解时间以及药丸的残留物，你会发现意想不到的事情 ~

实验材料：

四个小玻璃烧杯；

两杯醋酸；

不同种类药丸：粉末片剂、凝胶胶囊和凝胶药片；

一个计时器。



实验步骤：

1. 收集实验所需材料。
2. 使用大约四分之一杯的醋将烧杯装满（或直到烧杯装满一半为止）。
3. 在每个烧杯中放一粒药，注意计时。
4. 几分钟后，拿起烧杯，观察醋的颜色是否有变化，并记录药丸的变化。
5. 当醋澄清后，观察药丸是否完全溶解（不包括任何剩余的药物残留物）。
6. 实验结束，课堂讨论，课程评估。

相关知识补充：

抗生物：一种化学物质，用于通过破坏或抑制细菌和其他微生物的生长来治疗感染。

细菌：单细胞微生物，可以作为独立的生物或作为寄生虫存在。

转自：微信公众号 STEM 课程设计与案例分析

网址：<https://mp.weixin.qq.com/s/PcqCQLnIdk6ZpEzpgYyjgq>

【责任编辑：袁晓艳】

模拟火山喷发

火山喷发是地球内部温度和密度不均匀，在地幔内部形成地幔对流或地幔柱。当高温物质上升到地球浅部时，由于压力减小而发生部分熔融。在外力作用下，这些熔融物质汇聚在一起并在地球的浅部形成岩浆囊。当岩浆囊的压力大于地层的压力时，岩浆就会沿着断层或薄弱的地方冲破地壳，造成火山爆发。还有一种火山的成因是由于板块相互作用，比如在板块的俯冲带或碰撞带，由于摩擦形成了局部高温，一些含水矿物的脱水也降低了岩石的熔点，这时也会形成岩浆囊，从而引发火山活动。接下来我们一起做一个模拟火山喷发实验吧！

实验材料：

清水、搅拌棒、泡腾片、色素、漏斗、透明瓶子、食用油



实验步骤：

1. 首先在透明杯子中倒入清水，然后滴入 5-10 滴自己喜欢的色素，用搅拌棒搅拌均匀
2. 倒入适量食用油
3. 放入泡腾片进行观察



实验原理：

泡腾片遇到水时产生大量的二氧化碳，这些二氧化碳迅速向上翻滚，使带有颜色的水被带到油层上方，形成类似火山爆发的场景。

转自：微信公众号科学非盒

网址：<https://mp.weixin.qq.com/s/nZD8IPjgtSIFJBDbqDSdqg>

【责任编辑：郑秀洁】