

2019年12月第一期

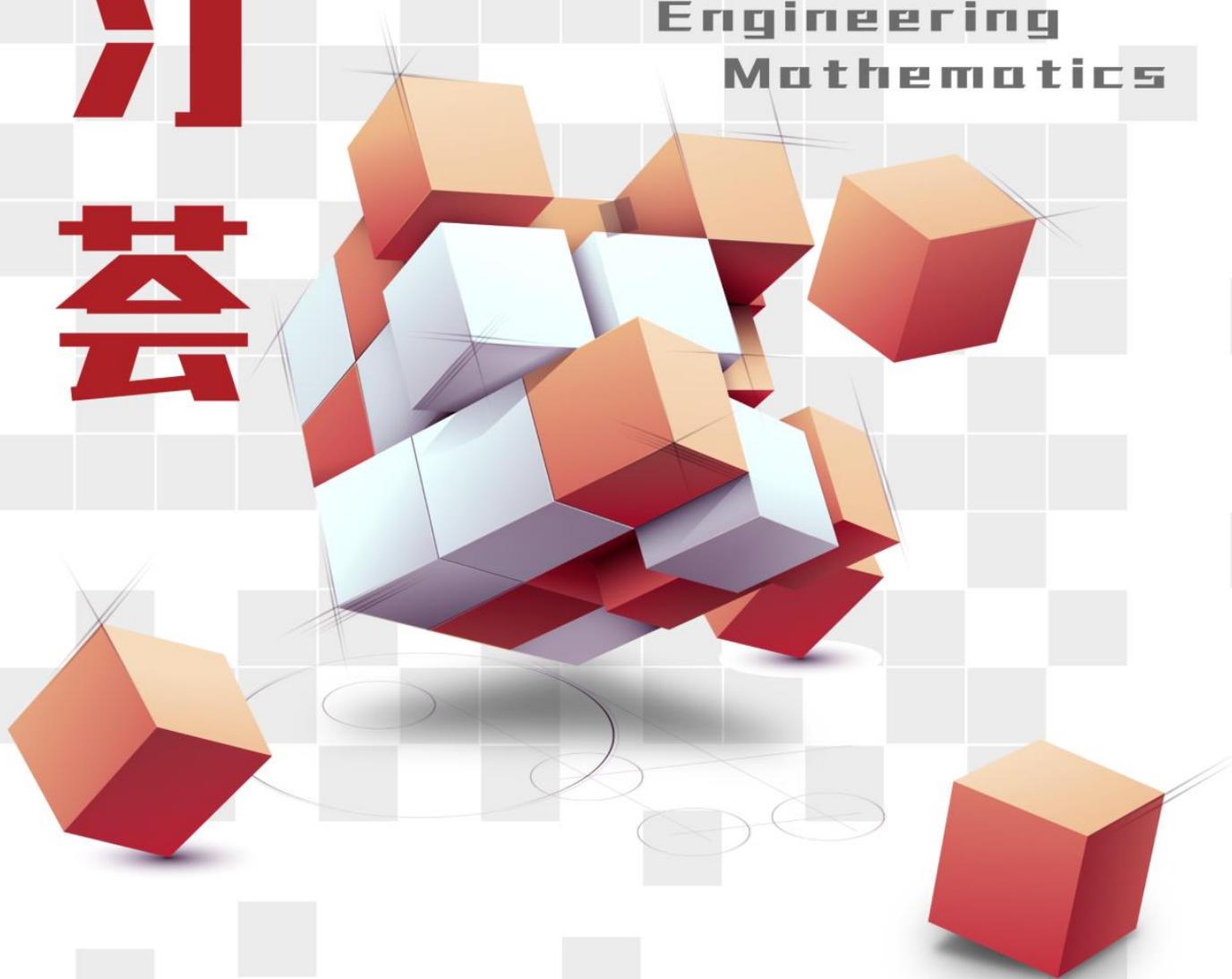
学

STEM

习

Science
Technology
Engineering
Mathematics

荟



重庆师范大学初等教育学院

School of primary education, Chongqing Normal University

STEM 学习荟

第 1 期

2019 年 12 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：韩葵葵 王俊民 首 新

李秀明 王 剑 陈 放

主 编：马预龙

编 委：封 娜 车 露 陈钊杰 刘江玲

刘 亿 周 辉 黄浩轩

编辑部主任：蒋宛亚

美 术 编 辑：刘江玲

文 字 编 辑：封 娜

STEM 学习荟

第 1 期

目录

2019 年 12 月

卷首语 林长春/1

社团心语 STEM+社团/3

STEM+学习社团

社团成员 STEM+社团/4

好书推荐 STEM+社团/10

最新动态

我国中小学 STEM 教育现状的调研与分析

—基于 STEM 教育大型调研的主要发现与核心结论

“中国 STEM 教育 2029 行动计划”课题组/11

国际 STEM 教育研究的动态、热点与趋势

—基于 CiteSpace 的可视化分析

孙刚成 左晶晶/17

科技资讯

“魔法”！将废塑料转化为高质量润滑油 STEM+社团/30

核酸农药——极具潜力的新型植物保护产品 STEM+社团/33

电池已经有了“身份证”回收产业链仍需规范 STEM+社团/33

理论前沿

小学科学课程中开展 STEM 教育的问题与对策

林静，石晓玉，韦文婷/34

STEM 学习荟

第 1 期

目录

2019 年 12 月

课程设计

学生优秀作品：怪怪飞行器 夏娟/41

凸显 STEM 教育的初中物理教学设计初探

—以“浮力”教学为例 王玥月 陆建隆/49

课程实践

非正式教育中 STEM 教育的实践与思考

—以美国科学竞赛为例 宋怡 纪慧/55

统整艺术与 STEM 实践的创新力培养

—来自美国八大 STEAM 教育案例的启示 李王伟 徐晓东/59

重庆师范大学初等教育学“科技运动会” STEM+社团/63

创客园地

全息投影 STEM+社团/66

化学红绿灯 STEM+社团/67

卷首语

重庆师范大学初等教育学院院长 林长春教授

STEM，即科学（Science），技术（Technology），工程（Engineering），数学（Mathematics）四门学科英文首字母的缩写。自上个世纪80年代STEM教育在美国兴起以来，英国、澳大利亚、加拿大等发达国家紧跟而上。这些国家都把培养学生STEM素养作为国家综合竞争力的重要基础。近几年来，STEM教育已经成为国际科学教育理论与实践关注的热点。

2014年我国首家STEM教育平台——上海STEM云中心正式上线。2016年教育部在2016年出台的《教育信息化“十三五”规划》中也明确指出有效利用信息技术，推进“众创空间”建设、探索STEM教育、创客教育等新教育模式。2017年我国《义务教育小学科学课程标准》中强调基于STEM的跨学科学习方式。2017年中国教育科学研究院成立STEM教育研究中心。同年，在成都召开了中国首届STEM教育发展大会，此次大会发布了《2017中国STEM教育白皮书》，启动了“中国STEM教育2029创新行动计划”。这些都标志STEM教育已经成为我国基础科技教育改革发展的新亮点、新方向。

STEM教育并不是简单的将四个学科拼凑在一起，而是将其进行有机的整合。其目的在于倡导学生应用跨学科的知识、方法去解决真实的问题。从而培养学生解决问题的综合能力、和创新能力，发展STEM素养。但是，STEM教育需要科学教师具备跨学科的思维、知识和方法，尤其是设计开发STEM课程的能力、实施STEM课程的教学能力与评价能力。这些都对科学教师素质提出了全新的挑战！同时，随着STEM发展到STEAM、STREAM，其他学科教学也开始逐渐探索基于STEM的跨学科学习方式，也给其他学科教师带来了机遇与挑战。

重庆师范大学初等教育学院作为一个有着113年悠久历史、光荣革命传统和优良教育传统的高水平小学教师教育基地，目前拥有小学教育（全科教师）专业、科学教育专业、书法学专业、美术学（小学教师）、音乐学（小学教师）等本科专业，以及科学教育学、科学与技术教育专业硕士点，都是以培养高素质小学教师为目标。拥有全国青少年科技辅导员培训基地、重庆市儿童发展与教师教育研究中心、重庆市科普基地、重庆师范大学科技教育与传播研究中心等科研平台和培训基

地。显然基于科学教育专业，开展 STEM+教育，具有十分明显的跨学科和专业优势。

基于此，我院在 2018 年成立了 STEM+学习社团，希望通过在相关专业教师的指导下，该社团组织丰富的 STEM 教育活动，带动广大本科生、研究生同学增进对 STEM 教育的认识，组织 STEM 课程与教学设计、开展相关的科技创新竞赛，为提高同学们的 STEM 素养，创新能力、科学实践能力提供广阔的平台。为将来在小学教育工作中开展 STEM+教育研究与教学奠定基础。

经过 1 个多月的筹办，由 STEM+学习社团编辑的《STEM 学习荟》杂志第一期即将问世，算是我院开展 STEM+教育的一个学习、交流、研究园地。我相信在同学们的积极参与下，在教师们的精心指导下，在编辑部全体同学的共同努力下，本杂志一定能够成为同学们大学学习生活中的良师益友，一定会给同学们的大学学习带来不一样的全新感受与领悟“万事开头难”。最后，衷心地祝愿《STEM 学习荟》杂志能克服初期创刊的艰难，越办越好，成为同学们大学期间喜爱的读物。

2019 年 12 月 25 日于重庆北碚缙云山

社团心语

这是我们与你的第一次见面。祝愿你生活愉快！

曾几何时，你步入美丽的大学校园。面对着浩如烟海的书籍，或许你也曾思索过，要在大学校园里攻克下每一座学习高峰。但在资讯传递发达的当下，你可能会被碎片化的传媒信息所牵绊，会漫无目的地忙碌生活，以至于产生无所适从的焦躁感。好像大学，则完全可以成为一个新广名词——新产生的广泛含义词。总是矛盾的路，被形式、被定义、被功利化。多数人循规蹈矩地做事。很奇怪，一种碌碌的匆忙突然产生了，去简就繁成为新的行事流。好像约定俗成，大学就当如此。

于是，在时间的缝隙中，你迷惘了。但让我们轻轻地告诉你，不是这样的。在成长的过程中，新的教育者必然会在前行的路上摔跤，有时候甚至会被刺得头破血流。迷惘的你是否也曾在深夜时分探寻过大学的意义？又或者是，疲于面对大学生活的忙碌？但这样的生活，已有前人经历过；后来的你，不妨避开歧途，沿着正确的道路行军。

那么，该如何找到正确的道路呢？STEM+学习社团创办的杂志就是一个很好的媒介，在这里，你可以感悟前人留下的精髓篇章，你也可以观察到与你同行之人的成功之处。本社沥尽心血研究，精心为您献上最新教育政策、教学理念与实践以及教学书籍推荐等方面的文字。所有的技巧都跃然纸上，让整本杂志都为您永恒闪烁。

秋风起，稻花香。这是一个收获的季节，但对于教育者来说，秋天的到来远远不能停止他们对真理和知识追求的步伐。求知若渴，虚心若愚，才是这个季节最大的收获。把万千的教育精华淬炼于心，这才是对秋天的不辜负。

时间在门外，一切都还不晚，我们有一整年的岁月用来修读。乘着书籍的风帆，我们与你在学习中同行！

[责任编辑：封娜、张晶]

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

个人介绍：我为人善良踏实，认真负责。我有较强的语言表达能力和组织管理能力，热爱学习的同时也热衷于学生会工作。大学以来获院级到国家级大小不等多种奖项，我面对生活乐观向上，永远相信美好的事情即将发生。

陈钊杰—2017 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团副会长，主管外联部和办公室的一部分事务

个人介绍：繁星点点，也许我不是最璀璨的那颗星，但我一定会是最拼命闪烁的那抹星。🌟🌟我用努力去追逐梦想，我用认真去博取荣誉，我用真诚去获得信任。我就是我，一个不一样的烟火。

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，主管宣传部和活动部

个人介绍：在沧海中，我是一粒沙。我，隐藏在茫茫人海中。我既没有柔美的身段，也没有亮丽的双眸。但我有进取的心，有似水的梦怀，有崇高的理想，我坚信腹有诗书气自华。这就是我，风华正茂的我，意气风发的我。这就是我，幽默宽容的我，不甘落后的我。☆☆

封春艳—2017 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团学习部部长

个人介绍：弘扬学术启文明，栽桃种李最多情。我希望把 STEM 的学术文章推荐给更多的人，让更多的人了解 STEM、学习 STEM。人生格言：渴望达到生活的终极状态——真心享受生活，从而摆脱忙碌的活着状态。



陈方结—2017 级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团学术部副部长

个人介绍：只承诺自己做得到的，尽力超越自己所承诺的。在最好的年纪做最好的事情，STEM+ 带给我们的启示，是一群人的奔走，是一个社团的兴起，是一个社会的探索，是一个国家的教育未来！

封娜—2018 级小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团的办公室主任，主要负责社团内部的材料整理、物资的购买和管理等等。

个人介绍：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。我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，冲呀！



刘亿—2018 级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团活动部的部长，主要负责管理活动策划方面的内容。

个人介绍：我性格比较开朗，喜欢打篮球、跑步。我爱好看新闻和时事评论，比如看知乎和早间新闻，也喜欢关注最新的科技进展。虽然我们社团是一个新兴的社团，可能会面对一些没有出现过的问题，但是我依旧会不遗余力地去做。

周辉—2018级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团的活动部副部长，主要负责管理活动策划方面的内容，其次是活动的筹备与组织。

个人介绍：幼年时曾做过许多色彩斑斓的梦，成为一名人民教师是我为数不多的一个梦想。我是一个性格有点内向的人，平时很喜欢读书，各种书都喜欢。我最大的优点是乐于助人，以后如果你们有困难，只要我能帮到你们的，尽管说，我一定在所不辞。我这个人很好相处，你们会慢慢了解我的。



刘江玲—2018级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团宣传部的部长，主要负责制做PPT、海报，编辑消息、文案。

个人介绍：我认为在快乐中学习是大学生涯中十分重要的，因此我会在闲暇之余用篮球和排球充实自己。同时在社团的工作过程中我逐渐养成了依据事实理性考虑问题。这就是我，独一无二的我，谢谢。✌

黄浩轩—2018级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团外联部的部长，主要负责拉赞助等外联工作，也要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。

个人介绍：我为人阳光，爱好运动，乐于学习。我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 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团外联部的干事，主要负责联系老师与拉赞助等等。

运动 boy：我平时喜欢的运动项目有篮球、乒乓球、足球、跑步等等。

座右铭：现在的奋斗很痛苦，等过阵子回头看，其实发现那都不算事！

蒲函言—2019 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团宣传部的干事，主要负责制作PPT和宣传海报，还有空间文案的撰写、会议记录和活动拍照。

个人介绍：我平时的爱好不多，喜欢看小说、追剧、网上冲浪和吃零食，最近有学习 PS 技术和尤克里里的计划。



张晶—2019 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团的干事，主要负责写策划。

个人介绍：我投笔鼓字，为翰墨作赋铺设藻饰；经年校书，我对每一步都沉思谋虑。删删改改又反复琢磨的书稿，在酣畅淋漓中更新。我只会义无反顾地奔赴每一次征程。

袁晓艳—2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团的干事，参加了社团开幕式的合唱活动，还参与了这次杂志的编辑。

个人介绍：我喜欢读书、看风景和小姐姐。我加入 STEM+ 社团是因为我想要更深层次地学习有关科学教育方面先进的思想、技能和动手能力，为自己以后成为一名小学教师而努力！





张可柔—2019级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团活动部的干事，主要负责活动策划、筹备和组织。

个人介绍：我喜欢大自然，在江边走走或者看看大海，都能让我心情舒畅。在未来的日子里，希望我一直保持着初心，坚持学习，在未来走得更高更远！

杨译雯—2019级小学教育（语文）本科专业

工作：STEM+学习社团外联部的干事，主要负责拉赞助与联系老师等。

个人介绍：我的兴趣爱好是阅读、弹钢琴和练书法，特长是绘画，我加入STEM+学习社团的目的是丰富生活、获得进步。我参与了社联的开幕式合唱团，还参与了这期杂志的书籍推荐的工作。我逻辑方面暂时很苦恼，我手工制作也待改进。我很感谢STEM+学习社团大家庭！



郑秀洁—2019小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团办公室的干事，主要负责办公室的工作，其中以社团月总结，数据资料整理为主。

个人介绍：喜欢听音乐，特别是一个人那种，没有运动天赋，但是很喜欢羽毛球，有幸进入了STEM+这个大集体，希望在以后的日子里能与大家配合得更加默契，未来更好。

朱泓瑞—2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团学术部的干事，主要负责 STEM 相关资料的推送。

个人介绍：我敢于尝试，为人友善，有时候有点幼稚，有时候很依赖自己熟悉的人，不喜欢跑步。我喜欢打篮球，做手工，吃好吃的，唱歌。我很开心加入了 STEM+学习社团这个大家庭，我认为我的工作十分有趣，它不仅能拓宽自己的视野，而且在自己学到一些东西的同时还能分享给大家一起学习了解。



廖又—2019 小学教育（全科教师）本科专业

工作：STEM+学习社团的宣传部干事。

个人介绍：我热爱文学，音乐与电影，喜欢艺术，想挑战自我，去探索和拓展自我与世界的边界。我期待在各位学姐，学长的帮助下逐渐熟悉社团的各项工作，提升自身能力。我希望可以在部门发挥自己的绘画和写作的特长来为社团服务。

符罗倩—2019 级科学教育本科专业

工作：STEM+学习社团办公室的干事，主要负责办公室的一些工作。

个人介绍：我喜欢跑步、看电影等等，我希望自己在大学学会吉他，把书法练好，获得一次奖学金。虽然我不是一个优秀的人，但我一定会努力成为我心中最好的自己。让我们一起努力吧！加油！座右铭：绳锯木断，水滴石穿。



[责任编辑：陈钊杰、符罗倩]

好书推荐



书名：《Ada Byron Lovelace and the Thinking Machine》

作者：Laurie Wallmark

简介：Ada 是一个奇特的女子，她把创造性思维模型化，把数学和科学应用到设计中，发布了一个具有开创意义的电脑程序。

推荐理由：这本书是 STEM 相关的书籍，它不仅让我们更加深入地了解 STEM，还让我们更好地运用 STEM。它讲述了一个聪明的女子如何将数学、科学、技术、工程应用在一起，她的故事非常有吸引力。



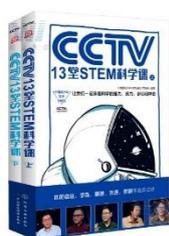
书名：《STEAM Lab for Kids》

作者：Liz Lee Heinecke

适合：6-12 岁

简介：本书探索与科学、技术、工程、艺术和数学有关的 52 个创意项目，揭示 5 个学科之间的联系，并鼓励孩子去探索它们，让孩子培养创造性思维并学会解决实际问题。

推荐理由：这本书主要面对 6-12 岁的儿童，里面富含着多种多样的实验，内容丰富有趣，不仅可以让我们学到 STEM 相关的知识，而且让我们从中体会到在实践中学习知识的快乐。



书名：《CCTV13 堂 STEM 科学课》

出版社：化学工业出版社

简介：这本书是我国出版关于 STEM 的书籍，它是面向广大青少年和社会公众的全新科普益智类图书。每章以一个异想天开的科学命题作为引领，内容涉及动物、植物、航空、航天、信息技术、人工智能、能源、材料、海洋等学科，分为三个板块，第一部分为知识问答，第二部分为动手实践，读者可以扫描二维码观看操作过程，第三部分为演讲。

推荐理由：它不仅可以让了解 STEM 课程设计，更加深入地了解 STEM，还可以开拓视野、增长见识。这本书涵盖了语文、数学、英语等等学科，可以让我们增长知识，促进全面发展。

[责任编辑：陈钊杰、符罗倩]

最新动态

我国中小学 STEM 教育现状的调研与分析——基于 STEM 教育大型调研的主要发现与核心结论

文|“中国 STEM 教育 2029 行动计划”课题组

当前，推进 STEM 教育已成为世界性教育发展趋势。STEM 教育在中国也取得了突破性进展，这不仅回应了国家经济社会转型对我国人才培养的崭新诉求，更将成为中国立足于世界强国之列、实现大国梦想的教育方案。此次“中国内地—港澳 STEM 教育调研”是“中国 STEM 教育 2029 行动计划”大型研究项目组织的重大调研，抽样范围覆盖中国八大区域（中国内地华北、东北、华东、华南、华中、西南、西北，以及香港和澳门特别行政区），是迄今为止对于中国 STEM 教育发展情况最为全面深入的调查研究，并将为中国 STEM 教育的未来发展奠定理论基础。

中国教育科学研究院 STEM 教育研究中心研制了三套《中国 STEM 教育调查问卷》，分别面向学校管理人员、教师、学生三大群体，从理念认知、实践现状与应然性需求三大维度全面收集相关信息。此次调研的抽样方案为省级行政区、区县、学校、个体四级分层抽样（港澳地区抽样方案单列），历时 5 个月最终回收有效问卷 44483 份。其中小学生问卷 21182 份、中学生 14433 份、教师 8354 份、学校管理者 514 份。STEM 教育研究中心在上述翔实数据的基础上展开量化分析，深度刻画了中国 STEM 教育的实践全景，以及 STEM 在未来教育中的关键性影响与发展潜力。课题组从全国八大区域、三大人群的全系列调研结果中，提炼选取了若干方面的主要发现与核心结论，在此做简要呈现。

一、STEM 教育理念已广获认可，但教师相关能力亟待提升

从本次调研的总体情况来看，STEM 教育的跨学科性、培养创新精神与实践能力和面向多数学生等基本理念得到了大部分教师和教育管理人员的认可。但同时，他们对自我 STEM 教育能力的认可度在多个方面都普遍不高。

（一）认可 STEM 教育的跨学科性

在关于 STEM 教育的描述中，本次调研共设置了 8 个选项。结果显示，对于教

师和教育管理人员来说，排在前三位的均为“涵盖科学、技术、工程、数学等跨学科的融合性课程”（比例分别为68.82%和61.28%），“STEM是一种跨学科的学习方式”（比例分别为67.29%和60.12%）和“STEM是一种以项目学习、问题解决为导向的课程组织方式”（比例分别为63.75%和58.95%）。可见，广大教育工作者对STEM教育的认识是较为清晰准确的。

（二）认可STEM教育培养创新精神的目的

关于STEM教育的目的，本次调研共设置了9个选项。结果显示，对于教师和教育管理人员来说，排在前三位的均为“培养学生的创新精神”（比例分别是81.79%和78.60%）、“培养学生的实践能力”（比例分别是75.42%和71.98%）和“学习科学研究的方法，发展综合运用知识的能力”（比例分别是69.52%和68.87%）。虽然目前关于STEM教育的概念，不同的学者有不同的界定，但对于培养学生的创新精神与实践能力，人们还是有较为广泛的共识。从上述结果来看，我国广大教育工作者对STEM教育的理解比较到位，这说明近年来我国STEM教育推进工作效果明显。



（三）对STEM教育能力的自我评价较低

与理念认识比较到位形成鲜明对比的是，本次调研显示，无论是教育管理人员还是教师，他们对STEM教育能力的自我评价都不太高。这也许是因为STEM教育近年来才成为热点，广大教育工作者对于其如何落地还处于摸索阶段。对于教师的调研显示，许多问题的平均得分都在4分以下（总分5分，下同）。例如，“我对STEM内容有足够的了解，能够有效地教STEM课”平均得分为3.51分，“我相信我能回答学生提出的STEM相关问题”平均得分为3.57分，“教STEM相关内容时，我有足够的信心欢迎学生提出问题”平均得分3.69分。对于教育管理者的调研显示，有近29.77%

的学校管理人员不明确本校关注或开展 STEM 教育的时间，关注或开展 STEM 教育 1~2 年的有 33.07%，3~5 年的有 22.76%，只有 14.40% 的管理人员表示，学校关注或开展 STEM 教育已有 5 年以上。学校之所以开展 STEM 教育的时间普遍不长，一个重要的原因是教育管理者并不清楚如何开展。

二、不同主体对 STEM 教育态度较为支持，但也存在一定差异

（一）STEM 兴趣与态度存在学段差异，小学生比中学生更感兴趣

问卷通过设置一系列通俗易懂的选项，来检测学生对 STEM 相关学科的兴趣与态度，如“数学一直是最差的科目”“我学科学的时候会对自己感到自信”“我擅长建造和修理东西”“我对机器的工作原理感兴趣”等。根据学生作答情况分别赋值（满分 5 分），小学生和中学生在数学方面的兴趣得分分别为 3.61 分和 3.33 分，科学方面的兴趣得分分别为 3.53 分和 3.37 分，工程和技术方面的兴趣得分分别为 3.57 分和 3.38 分。总体来看，不同学段学生对 STEM 兴趣与态度存在差异，小学生比中学生对 STEM 教育更感兴趣。而且在 STEM 学习方面，小学生家长支持率高于中学生家长支持率。此外，有更多中学生表示，他们不喜欢学校科学课、科技社团或竞赛的原因是怕影响考试成绩。这表明，随着学段提升，学生应试和升学的压力日渐增加，造成对 STEM 学习活动的兴趣逐步下降。

（二）父母学历越高、职业与 STEM 越相关，越会支持孩子学习 STEM 课程

卡方检验的统计结果发现，父母学历与他们对中小学生对参加科技社团或竞赛的支持率之间，呈现正相关关系。不管是小学生（ $\chi^2=182.992$ ， $p<0.001$ ）还是中学生（ $\chi^2=60.273$ ， $p<0.001$ ），不同学历的父母对学校科学课、科技社团或竞赛的态度存在显著差异，父母学历高的中小学生对表现出更强的兴趣。父母职业类别不同的小学生（ $\chi^2=67.765$ ， $p<0.001$ ）和中学生（ $\chi^2=39.012$ ， $p<0.001$ ），家长间支持其参加科技社团或竞赛的程度也存在显著差异。进一步数据分析还发现，当父母是科学家或工程师时，中小学生对学校的科学课、科技社团或竞赛表现出更强的兴趣。这表明，家庭文化背景对学生 STEM 学习兴趣与态度有着重要的影响。学校开展 STEM 教育活动，对家庭文化背景不占优势的学生应给予更多关注与支持。

（三）教师与管理者总体支持 STEM，年轻教师表现更突出

调研显示，七成以上教师支持 STEM 教育，20% 左右表示一般，只有不到 6% 表示不支持。八成以上学校管理人员支持 STEM 教育，15% 左右表示一般，仅有不到

2%表示不支持。有趣的是，不同教龄和职称的教师对 STEM 教育的态度之间存在显著差异。按教龄来看，不足一年教龄的教师对本校开展 STEM 教育的支持率最高，21~30 年教龄的教师支持率最低。按职称来看，职称较低的教师对本校开展 STEM 教育的支持率反而较高。原因可能在于，STEM 作为一种近年才在国内兴起与传播的教育理念和模式，对教学和学习的创新性要求较高，新教师接受和理解起来反而更容易。



三、STEM 课程教学多种形式并存，评价机制有待完善

（一）STEM 课程以项目式学习为主，多种课程形式并存

我国中小学阶段 STEM 课程组织有不同形式，但最主要的是项目式学习方式。中小学开展项目式学习的比例均在 70% 以上，其他参与形式依次有学校社团课程（如机器人、3D 打印、车模、航模、编程等）、学校活动类课程（如科技类竞赛、文化节、科技周、主题日等）、校外科技类课程（主要指兴趣班和特长班）和学校专设课程等。相比其他课程形式，中小学校专门设置以“STEM”命名的课程最少，平均每周开设一节及以上 STEM 课程的，小学只有 21.4%，中学为 32.3%。

（二）STEM 教学方式以活动为主，不同教师之间存在显著差异

调研发现，STEM 教学主要是通过活动或融入其他课程的方式开展，教学方式与教师的教龄、职称和受教育年限紧密相关。STEM 课程在教学方式上更加倡导采用分组合作、仔细观察或测量、做出可以检验的预测、使用工具收集数据、发现数据中的规律、合理解释实验或调查的结果和抽象推理等。相关性分析结果显示，在开展 STEM 教育教学活动时，教师教龄和职称与学生做上述相关任务的频率之间存

在显著的负相关，而教师受教育年限与学生做上述相关任务的频率之间存在显著的正相关。此外，调研还发现，小学生比初中生在 STEM 课堂上动手操作机会更多，可见有更多的小学教师愿意将课堂主导权交给学生。

（三）STEM 评价指向 21 世纪学习技能，评价机制有待完善

21 世纪学习技能是 STEM 课程的重要评估目标。对比教师、小学生和中学生对 21 世纪学习技能的认识后发现，教师对学生学习过程中这些技能重要性的认同程度普遍高于中小学生，而小学生的认同程度又普遍高于中学生。作为一门非必修课程，学校和任课教师在 STEM 教学评价中具有较强的自主性，由于缺乏科学的评价标准指引，评价的随意性较强，评价机制有待进一步规范和完善。从评价主体上看，中小学以教师评价为主，其次是学生评价，自评的比例最低。对于教师开展的 STEM 教学活动，学校主要通过学生作品的创意、学生的反馈和平时的课堂效果来评价，学生自评和互评没有受到足够重视。

四、基于调研结果的结论与建议

此次调研让我们看到，我国许多地区、学校和机构，已经开展了一些 STEM 教育的研究、实践和探索，初步形成了中国 STEM 教育发展的新气象。可以说，STEM 教育已成为我国进一步深化课程教学改革，创新人才培养模式和选拔模式、提升学生科学与创新素养的重要抓手。同时，我们必须清醒地认识到，中国 STEM 教育还刚刚起步，未来中国 STEM 教育的推进还有赖于系统的顶层设计，有赖于跨部门的协作和全社会的参与，有赖于科学有效的研究引领和广泛深入的实践探索。为此，我们结合此次大型调研的主要发现，提出以下倡议。

（一）促进 STEM 教育顶层设计，明确落地路径与方法论

数据表明，在理念与态度层面，STEM 教育的前瞻性、优越性及其作为未来教育发展趋势的必然性，已经在各地取得共识。理念与态度在趋同，但落地路径与方法论还存在大量模糊环节。在主动促进顶层政策设计，将 STEM 教育变成政府推动、学校主导、全社会共同努力的国家行为的同时，我们还应准确把握世界 STEM 教育的发展趋势，找准我国 STEM 教育发展现状和实践路径，使人才培养模式改革、STEM 课程建设、政策与标准制定更为清晰和可操作，为一线教学实施与活动组织提供指南与方向。

（二）关注独特影响变量，促进 STEM 教育均衡发展

数据显示，STEM 教育实践在中小学的高年级活跃性降低，同时，作为以融合理工类学科为主的 STEM 教育，受学生性别与家长文化背景的影响较大。有鉴于此，有必要采取措施，以维护男女学生对 STEM 教育的共同兴趣与发展潜力；促进家长群体对 STEM 教育的认可与支持，消弭家庭差异导致的过度影响；为长久保持学生对于 STEM 教育的兴趣，有效保障教育工作者的创造性教学实践，应努力探索机制、营造空间。

（三）丰富 STEM 课程形式，完善各环节评价体系

要持续关注和分享各地优秀实践案例，并从特色课程、学科渗透、主题活动等类别上丰富教育形式；面向 21 世纪学习技能、面向中国新高考等前沿教育理念与制度走向，打造切实可行的针对学生、教师、管理者等各类人群的评价体系，实现 STEM 教育在中国的可持续发展。

（四）建设资源整合平台，贯通 STEM 师资培养体系

要加强资源整合，推动 STEM 教育领域的技术创新、教学模式创新和体制机制创新，打造公共服务平台，共同探索 STEM 教育的发展前沿，共享创新成果，实现融合发展；要建立有效的 STEM 教师培养和培训体系，加强具有跨学科背景的师资培养，尤其是针对相对落后地区的师资培训。对于在 STEM 教育中表现突出的年轻教师与高学历教师群体，要贯通其培养与成长体系，保障其长足发展与潜力发掘；对于年长教师等群体，要打造可匹配的评价与激励机制，激发动员所有教师为 STEM 教育贡献智慧与力量。以全球视野综观时代大势，新一轮的国际竞争已然蓄势待发，而融合科学、技术、工程与数学的 STEM 领域，正在成为重塑世界格局与国家地位的关键变量。期待以此次中国内地—港澳 STEM 教育大型调研为契机，推动中国 STEM 教育研究和实践进入更系统化的、更具科学性的协同发展阶段，努力让 STEM 教育惠及最广泛的学生群体，让科学与创新精神注入每个学生的基因，共同参与到这场科技创新浪潮的千帆竞进中，参与到民族复兴的砥砺奋进中。

注：本文为中国教育科学研究院“中国 STEM 教育 2029 行动计划”子课题——“内地香港 STEM 教育调查研究”（2018STEM003）的研究成果，负责人：王素。本文执笔：康建朝、王晓宁、张永军、苏红、浦小松。

[责任编辑：刘亿、袁晓艳]

最新动态

国际 STEM 教育研究的动态、热点与趋势*——基于 CiteSpace 的可视化分析

孙刚成 左晶晶

摘要：为从整体审视国际 STEM 教育的发展，研究者采用文献计量法和可视化分析法，对国际 STEM 教育的动态、热点与趋势进行了系统分析。研究发现：国际 STEM 教育研究整体发展呈现上升趋势，且研究热度依旧；教育学、工程学以及计算机等领域对 STEM 教育的研究较为突出；研究国家以美国等发达国家为主，亚洲作为这一领域的后来者，国际影响较小，但在中国研究升温很快；研究热点主要集中在 K-12、专业发展、学习动机、未来教室、电子化学习以及工程设计六个方面；发展趋势主要集中在由 STEM 到 STEAM 和 STREAM 的发展趋势、注重核心素养培养的发展趋势、整合跨学科课程的发展趋势以及在实践中进行深度学习的发展趋势四个方面。基于上述内容，文章提出了加强顶层设计、层层落实和政府支持等发展启示。

关键词：STEM 教育；Citespace5.1；趋势

STEM 是科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering) 和数学 (Mathematics) 的简称，是这四个不同领域的互相联系与应用，是获取知识的方法、工具和创新的有机统一，更是跨学科或跨领域整合的综合能力与思维品质培养导向。美国总统奥巴马在 2014 年讲到：“从田纳西州到华盛顿特区，所有学校的教师及校长正在努力提升学生的技能——问题解决能力、批判性思维、科学、技术、工程和数学等，这些技能是为新经济和人的更好发展服务的。”今天，STEM 教育已经成为美国教育发展的重点，世界各国也纷纷学习借鉴，从 K-12 到大学，师生、学校、政府及社会都在以不同的形式参与其中并积极推进它的发展。当前，值得世界各国思考的是，生活在 21 世纪的学生需要具备哪些技能，才能在满足自身需求的基础上促进社会的进步？得出较为一致的结果是，面对 21 世纪日新月异的变化与挑战，学生必须在科学、技术、工程和数学上具备扎实的知识基础与技术能力，即具备

STEM 素养。因此，为了能够及时了解国际 STEM 教育发展的动态、热点与发展趋势，研究者以 CiteSpace 为研究工具，对 WebOfScience 核心合集上相关主题的文献进行可视化分析，以期能够为国内相关研究与实践提供一定的借鉴。

一、研究方法与数据来源

文章的研究方法为知识图谱分析法和文献计量法。以“Web of Science 核心合集”为数据库来源，选择的数据检索策略为:[主题=“Science Technolog Engineering Mathematics”AND 主题=“Education”]; 入库时间=“所有年份”; 数据库=“SCIE, CPCI-S, CCR-E, IC”; 文献检索的时间段为 1998-2017 年; 语言不限。经过研究者逐条筛选，去除通知等非学术性内容外，剩余文献 800 条，打开陈超美教授研发的知识图谱可视化软件 CiteSpace5.1，将下载好的文献题录按要求和格式输入，并把时间跨度设置 1998-2017，节点类型选择关键词，配置好相关阈值后，运行软件进行可视化分析，以此获得文章研究的动态、热点与趋势，并在此基础上，结合研究热点与趋势，对重点文献进行深度分析与归纳。

二、STEM 教育研究的时空分布

(一) 年度发文量分布

对某一领域学术论文的数量进行统计分析，能够很好地评价该领域的发展状况。同时，按阶段对文献发展的历史与数量进行科学统计，还利于预测该领域发展的热点与趋势。纵观国际 STEM 教育研究，大致可以分为两个阶段（见图 1）：

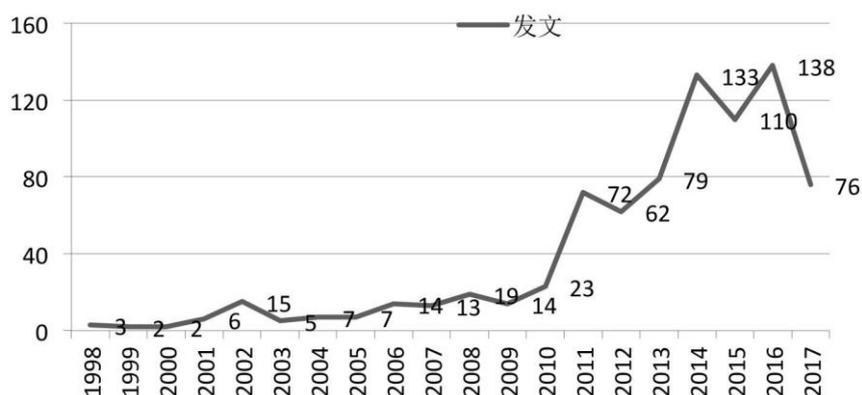


图 1 STEM 教育研究文献年度分布图

第一阶段为创生阶段（1998——2010年）该阶段整体发展较为平稳，发表相关论文共130篇，占样本总数的16.25%；第二阶段为快速发展阶段（2011-2017年），此阶段发展有波动趋势，但整体发展处于上升的态势，发表论文共670篇，占样本总数的83.75%，且依据国际发展态势，对于STEM教育的研究热度将会继续保持。纵观国内，作为新增STEM教育研究大国，中国在知网期刊数据库上发表的文献数量呈现激增态势，2017年（145篇）一年的文献数量就超过了2002（1篇）至2016（61篇）连续15年的文献数量总和（144篇）。通过上述研究数据可以发现STEM教育在中国的发展速度很快，且依据国际STEM教育发展的阶段划分，我国刚刚赶上国际对STEM教育研究的第二阶段热度。

表1 STEM教育研究论文分布学科领域表

发文量	中心度	最早发文年份	研究领域
518	0.09	1998	教育研究
495	0.48	1998	教育、科学学科
414	0.51	1998	工程（学）
214	0	1998	交叉工程学
153	0.53	2001	电气与电子工程
152	0.23	1998	计算机科学
71	0.18	1998	计算机科学,跨学科应用
43	0.08	2001	计算机科学的理论与方法
42	0.04	2002	计算机科学,信息系统
35	0.07	2011	科学技术及相关主题
28	0	2011	多学科科学
26	0.08	2002	计算机科学和人工智能

（二）主要研究领域分布

对研究领域的分布进行分析，有利于了解STEM教育研究的重点方向与学科分布。中心度的大小在一定程度上能够表明某一主题研究中各学科领域之间的联系程度。

由表 1 可知，中心度最大的依次为电气与电子工程、工程、教育科学学科等，说明这些领域在此项研究中属于和其他领域关联或交叉最频繁模块，容易和其他学科领域的研究内容形成交叉领域和新兴研究方向。表 1 列出了发文量最多的前 12 个领域，从表中可以看出，用教育理论进行研究的成果最多，教育研究和教育、科学学科领域研究成果合计 1013 篇；其次是工程（学）、交叉工程学以及电气与电子工程三个学科领域发文数合计为 781 篇，这些数据表明，工程学科对 STEM 教育研究的理论与实践探索较多，且影响较大，这与 STEM 中着重提出的“E”，即重点发展学生的工程素养有关；其余排在前列的学科主要是计算机及其相关学科的成果，可见它们是 STEM 教育中运用计算机技术进行跨学科或跨领域渗透进来的重要力量，在这方面发展前景较好。综上，STEM 教育已经在相关领域有所发展，其中以教育学、工程学以及计算机领域对它的研究与探索较多，且已经取得一定的成果。

（三）主要研究机构分布

作者机构分布是文献计量学研究的核心内容之一，对其进行统计分析，可以了解该领域研究团队的分布情况。通过对 800 篇论文作者的署名机构进行统计发现，共有 239 家不同的机构涉足过 STEM 教育的研究。如表 2 可知，发文数量大于等于 6 篇的机构共有 11 家。其中，普渡大学、亚利桑那州立大学和国家科学机构发表论文的数量排在前 3 位分别为 29 篇、14 篇、10 篇。根据统计结果可知，普渡大学对于 STEM 教育的研究始于 2011 年，其主要成果集中在论述同龄人在高中生物、化学和物理学科上的兴趣，对其在 STEM 上的学业成绩和未来职业选择上能够产生很大的积极影响，并为大量学生参与学科研究提供了一种有效的机制，丰富了他们的 STEM 课程经验；亚利桑那州立大学对于 STEM 教育的研究开始于 2012 年，其主要致力于为 K-12 阶段的学生过渡到大学开发 STEM 衔接课程，目的在于为学生进入大学学习有关 STEM 教育的课程做好准备；美国国家科学基金会对 STEM 教育的研究开始于 2002 年，发文相关论文合计为 10 篇。该机构的研究主要集中在关注同龄人对 STEM 教育的参与，并且为增加妇女、少数群体和残疾人等在科技和经济活动中代表性不足想法和互动情况方面；同时，其还扩大了人们对科学、技术、工程和数学教育的问题采取了相应的策略。除了上述发文数量大于等于 10 篇的机构外，美国的德克萨斯大学奥斯汀分校、加利福尼亚大学伯克利分校、内布拉斯加大学、宾夕法尼亚州立大学有关 STEM 教育的发文量分别为 9 篇、

8 篇、7 篇、7 篇。同时，通过表 2 中有关机构的中心度显示，我们可以发现亚利桑那州立大学的中心度为 0.1，是表 2 中中心度排名最高的大学，说明该大学与其它研究机构合作较多，其研究领域的交叉性较强。

表 2 STEM 教育研究发文量≥6 次的机构

发文量	中心度	最早发文年份	研究领域
518	0.09	1998	教育研究
495	0.48	1998	教育、科学学科
414	0.51	1998	工程（学）
214	0	1998	交叉工程学
153	0.53	2001	电气与电子工程
152	0.23	1998	计算机科学
71	0.18	1998	计算机科学,跨学科应用
43	0.08	2001	计算机科学的理论与方法
42	0.04	2002	计算机科学,信息系统
35	0.07	2011	科学技术及相关主题
28	0	2011	多学科科学
26	0.08	2002	计算机科学和人工智能

（四）国别（地区）分布

对某一领域的地域分布进行统计分析，有利于研究者了解相关国家或地区对该领域的关注度与研究进度，从而为人才引进、学习借鉴与培养培训等提供参考依据。通过对 800 篇主题文献的统计，结果显示共有 32 个国家（地区）在 STEM 教育上有所涉足。为了便于研究，文章从中选取了 21 个国家（地区）做重点分析（如表 3 所示）。其中，美国作为 STEM 教育的提出者与先行者，发文数量遥遥领先，共计 564 篇，占样本文献数量 70.5%，可见美国对这一领域的重视度与领先性。作为 STEM 教育倡导者与先行者的美国之所以对其如此重视，主要是因为具备 STEM 素养，即具备科学、技术、工程和数学素养对于美国经济和社会的发展有着举足轻重的作用，且这样的人才对于保持并提高美国在国际上的地位能够产生重要的影响。美国国家科学基金会估计接下来十年近 80% 的工作岗位都要求求职者具备某种形式的数学和科学技能。而 STEM 教育能够在

满足职业需求的同时培养出具有创新性、批判性特点的思考者与学习者，而创新作为推动国家和社会进步的关键因素，美国各界必将倾其力而发展之。

表 3 STEM 教育研究地域分布表

发文量	中心度	国家（地区）
564	0.34	美国
13	0.01	加拿大
18	0.06	澳大利亚
3	0	巴西
27	0.06	英国
15	0	西班牙
10	0.01	葡萄牙
8	0	德国
7	0.01	意大利
6	0.07	荷兰
5	0	法国
4	0	罗马尼亚
4	0	希腊
8	0	印度尼西亚
7	0	韩国
6	0	台湾地区
5	0	马来西亚
4	0	以色列
4	0	印度
3	0	泰国
2	0	中国

因而，美国在该领域研究成果之所以如此之多，除了政策支持，还与雄厚的经济、科技实力以及较高的资金投入密切相关；其次，以英国、西班牙、葡萄牙、德国等国为代表的欧洲国家和以澳大利亚为代表的大洋洲在美国的影响下，也意识到 STEM 教育发展的重要性，虽然在科研成果上与美国相比相差甚多，但在国际领域上仍有一定的影响力，后发力量不可小觑；最后，以印度尼

西亚、韩国、我国台湾地区、马来西亚、印度、泰国以及中国为主的亚洲国家（地区）作为这一领域的后来者，研究成果较少，国际影响甚微。但是就中国而言，以知网的研究数据为样本，可以发现国内对于 STEM 教育的研究虽然后知后觉，但是发展迅速，升温较快。

三、STEM 教育研究的热点

关键词作为文献内容的高度提炼，能够很好地反映出样本文献的文本属性特征，即体现出该领域的研究热点问题。依据 CiteSpace5.1 自动生成的聚类标签和关键词的重要性，文章将国际 STEM 教育研究的热点归纳为以下六点。

（一）实施 STEM 教育的关键阶段：K-12 阶段的实践探索

K-12 是 Kindergarten Through Twelfth Grade 的简写，是指从幼儿园到 12 年级的教育，它是美国基础教育的总称。琼斯（Jones AL）和斯特普尔顿（Stapleton MK）在他们的文章《120 万个孩子与计算——移动科学实验室能激发学生对 STEM 的兴趣》中表示，积极参与包括真实科学工具在内的动手学习是 K-12 阶段学生最有效的学习和保留科学知识的方式，而且获得实践科学活动和接触真实工具是提高学生科学成就的关键因素；米歇尔·威瑟斯（Michelle Withers）在他的文章《大学科学学习周期：一种改革的教学模式》中探究了学习周期能够有效地帮助 K-12 阶段的科学教师为学生提供更好的学习体验；道格·海霍（Doug Hayhoe）和简·麦金太尔（Jane MacIntyre）等作者在其文章《加拿大 K-12 阶段土壤科学教育》中以土壤科学为例，提出了用真实的土壤故事与实际动手等方式来为学生提供更广泛的土壤概念背景的教学方式；凯莉（Kelley）在他的文章《素描设计：教学生速写》一文中论述了素描的重要性，并呼吁国家对 K-12 阶段学生进行设计指导，因为这可以提高学生的设计和交流实践。综上，K-12 阶段作为 STEM 教育实践探索的关键阶段，需要通过参与动手实践、科学运用学习周期、合理融入实践背景以及适当进行设计指导等方式来培养学生对 STEM 教育的兴趣，从而为养成 STEM 素养奠定基础。这说明 STEM 教育需要融入到 K-12 教育的各个领域和阶段才能形成合力，协同提升学生的综合素养与多方面能力。

（二）STEM 教育的核心：实现学生的专业发展

在当今世界，各国都需要提高本国受教育者的专业能力，即提高人力资本的 STEM 素养，以便在以知识为基础的工作场所和社区中取胜。STEM 素养，一方面是

指学科素养，即科学素养、技术素养、工程素养以及数学素养；一方面是指综合素养，其中比较有代表性的观点是美国科学教育家大卫·通巴雷洛（TumbarelloD）提出来的，他认为：“STEM素养包括概念理解、过程性技能，以及解决与STEM相关的个人、社会乃至全球问题的能力”。除了在STEM素养的内涵上有所研究之外，研究者们还从多角度对促进学生的专业发展做了研究，如：埃尔南德斯（Hernandez）和布列塔尼·布拉德哈特（Brittany Bloodhart）从性别角度论述了女性在专业发展中拥有更大的发展指导关系网络，以及女科学家对女学生在学习STEM专业课程上能够产生更加积极的影响；小野·法卡约德（SayoO.Fakayode）和大卫·波拉德（DavidA.Pollard）等人在其文章中从实际的专业学科出发，通过问卷调查的方式论证了实践有利于学生对知识的消化与理解，从而促进学生的专业发展；还有研究者提出要想提高学生在STEM课堂上的体验，促进他们的专业发展，要求教师的教学发生根本性的转变，从以教师为中心的信息传递模式转变为以学习者为中心的协作模式。总之，STEM教育要求借助跨学科综合实践促进学生多方面、多元化综合能力的发展，形成学生自主发展的基本素养。

（三）STEM教育的动力：激发学生的学习动机

学习动机作为促进学生自主学习的内生力量，具有自发性、长久性及稳定性的特征。通过对相关文献进行深度研究后发现，学者们普遍认为学习动机作为促进学生学习与发展的动力，对学生的学习活动和行为发展起着激励和导向的作用。塔拉·丹尼亚（Tara C.Dennehya）和尼兰贾纳·达斯古普塔（Nilanjana Dasguptaa）用实验数据表明，归属感和自信心在提高学生的学习动机和自我效能感中产生了非常重要的影响，STEM教育基于跨学科团队的实践有利于提高参与者的归属感与自信心；杰利·奥利姆（JerreyT.Olimpo）在文章中通过实验验证了有STEM专业课程基础的学生在学习上的自主性和协作能力更强，且学习的兴趣与动机也高于没有专业课程基础的学生；谢易春和戴维·雷德（DavidReider）在其文章《整合创新技术是促进学生学习和职业发展的动力》一文中表示现代化的技术与工具能够在很大程度上促进学生学习的兴趣，增强学习的动机。除此之外，学生学习动机的强弱还与学生是否能够参与科研实践以及参与的多少具有极强的正相关。STEM教育作为借助现代技术与工具进行跨学科整合的综合实践探究活动，有利于激发学生的学习动机，形成可持续的发展能力。

（四）STEM 教育的场所：方便交互的未来教室

“苹果明日教室”作为在 1980 年代就提出的早期未来教室，其理念旨在教室中普及现代化技术设备（如：计算机、摄像机、无线网等），有望像翻书一样地使用这些设备。到了现代化的 21 世纪，世界各国政府和教育部门都在为未来教室更好地发展进行积极探索与实践，为了让教育与时代发展相契合，越来越多的高科技产品被应用到未来教室中（如交互式电子白板、触摸屏、传感器、平板电脑等），供师生学习与完成作业。在对相关文献的二次学习后，文章归纳总结了部分国家或地区具有代表性的未来教室以做重点介绍。如：美国未来教室的设施配备主要是电子化教学平台，旨在让学校、师生与家长能够进行充分沟通交流并实现远程教学；英国全触屏教室的设施配备主要是实现课桌和黑板的智能化，旨在通过即时互动和泛在学习提高学生的学习兴趣和操作能力；韩国未来教室设施配备主要有平板电脑和个人学习终端，旨在用电子书本代替纸质书本，打破时间地域的限制；非洲未来教室配备传感器和编程实践，旨在将理论与实践结合；北京的数字化实验平台，旨在将技术与教学相融合。综合来看，未来教室在功能上越来越强调多元交互的教学价值，在为 STEM 教育的开展创造良好条件的基础上，更加重视借助媒体技术实现人在对话、沟通和实时数字化互动中的发展。

（五）STEM 教育的工具：泛在的电子化学习

电子学习(e-Learning)，主要是指将现代化的科学技术应用于教育学习之中，也被认为是对各种网络化学习的总结与概括。其具有低投入、高回报、能够打破时间和地域限制的特点。在 21 世纪的今天，电子化学习作为将世界教育与课堂连接在一起的技术手段，是知识经济发展的必然要求，是教育信息化发展的必然方向，是世界各国基础教育信息化新战略的核心。美国前教育部长赖利说过：“这不是关于技术的争论，这是关于我们的孩子们是否拥有机会的争论，它不仅仅是给孩子们以计算机的问题，而是要连接整个世界，提供学习资源，促进心智发展，去迎接崭新而富于挑战性的未来的问题”。库马鲁丁（U.Komarudin）和鲁斯塔曼（N.Y.Rustaman）等在其文章中基于 STEM 的电子书在促进学生对人体杠杆系统的概念理解方面的效果的实验数据表明，参加实验组的学生回答概念理解问题的平均成绩高于对照组，得出电子学习对于学生的学习有积极的促进作用的结论。总之，当下时兴的远程学习、电子学习以及移动学习等都是在现代化信息技术的

基础上，将互联网和教育相结合，为学生提供高效、多元、便捷的学习方式。

（六）STEM 教育的目标：创新工程设计与工程人才培养

工程设计在 STEM 教育中是指把科学与数学原理系统地、创造性地用于实践的结果。它主要包括以下几个过程：

- 1.明确工程设计中存在的问题。
- 2.通过各种学习方法产生可能解决问题的措施，在这个过程中培养学生分析问题解决问题的能力。
- 3.判断已有方案的可行性，并对可实施的方案进行优化处理。
- 4.在工程设计过程中积极鼓励学生动手参与，给予充分的创造自由并适时给予一定的指导。

审视美国教育的发展历史与过程，可以发现 STEM 教育中的“E”即工程，在美国基础教育中几乎被湮没。鉴于这种现象，重视美国教育改革的标准以及为生活在 21 世纪的学生的生活和工作提前做好准备，去关注 K-12 阶段工程教育标准的需求和价值是合情合理的。虽然 K-12 工程教育很少受到包括教育工作者和决策者在内的大多数美国人的关注，但它已慢慢进入美国 K-12 教室。今天，美国全国学区提供了几十种不同的工程项目和课程，数千名教师参加了专业发展会议去教授与工程有关的课程。在过去的 15 年间，数百万 K-12 阶段的学生已经接受了正规的工程教育。

四、STEM 教育研究的发展趋势

（一）由 STEM 到 STEAM 和 STREAM 的发展趋势

自 1998 年以来 STEM 教育研究的范围在不断扩大，虽然 STEM 教育理念提出较早，但是，起初只注重数学的发展，随着时代的进步与社会对综合型人才的需要，STEM 教育的发展趋势也由单一化向多元化延伸，由刚开始只注重数学的教育到后期将科学、技术以及工程与数学发展并重。除此之外，在 STEM 已有学科的发展基础上，还增加了新的内容，由 STEM 向 STEAM 和 STREAM 发展，即在 STEM 教育的基础上加了 A (Arts) 和 R (Reading/Writing)。其中，STEAM 教育的理念可以概括为以数学为基础，通过工程和艺术解读科学和技术。在 STEM 和 STEAM 教育的热潮下，STREAM(科学、技术、读/写、工程、艺术和数学)教育应运而生。事实上，强调读写能力是科学、工程和技术教育的重要组成部分，目的是使高素质专业人士能够

胜任撰写报告、实验材料以及与人交流的需要，也是作为高端人才人文素养培育的必备内容。因此，STEAM教育和STREAM教育将是STEM教育研究发展的第一大趋势。

（二）注重核心素养培养的发展趋势

培养21世纪核心素养是当今世界各国及地区制定教育政策、开展教育理论与实践探索共同面临的核心议题。经合组织（OECD）对“素养”的界定是：“在特定情境中成功应对复杂需要的能力……它需要调动知识、认知和技能以及情感、态度、价值观和动机等社会心理资源”。国外的其他界定在这一内涵的基础上，普遍将素养看作是学生适应信息时代社会的需要、解决复杂问题和适应不可预测情境所需要的知识、技能和态度的综合体。具体而言，STEM教育重点培养的核心素养可以归纳为6C，即创造力与想象力（Creativity and imagination）、批判性思维与问题解决（Critical thinking and problem solving）、沟通（Communication）、合作（Collaboration）、品质教育（Character education）以及公民的权利与义务（Citizenship）。综上，培养21世纪需要的集批判、沟通、合作以及担当奉献于一身的，既具备在复杂情况下解决问题的能力，也拥有快速学习与适应现代化社会发展的能力的人才，是STEM教育研究未来发展的第二大趋势。

（三）整合跨学科课程的发展趋势

在学习过程中，如果学科过于割裂则不利于学生对各学科知识进行理解与联系。STEM教育要想运用知识和技能来真正解决问题，对课程进行跨学科整合必将是未来教育发展的一大趋势，即在实际的教学过程中，将四门乃至更多学科进行整合后授予学生，从而让学生从整体上对四门乃至更多学科知识与技能有一个系统的学习与认知。因此，对于整合后的课程怎么教、怎么学以及有什么特点等将是未来学者需要研究的重点内容。对此，我国学者余胜泉提出了学科知识整合取向、生活经验整合取向、学习者中心整合取向的三种跨学科整合取向，提出了STEM教育的跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性以及技术增强性九个核心理念。综上，在单一学科基础上超出单学科研究视角，具有明确的研究方法与思维模式，以创新和创造为方向的能够全面认识与解决问题的跨学科整合将是STEM教育发展的第三大趋势。

（四）在实践中进行深度学习的发展趋势

实践作为检验真理的唯一标准，在 STEM 教育中同样适用。世界各国注重发展 STEM 教育的主要目的就是培养学生在科学、技术、工程以及数学学科上的知识和技能，以此来解决实际问题。通过对课程的学习只能让学生理解系统化的理论知识，而要想培养与发展学生解决实际问题的能力，就必须立足实践，在实践中进行深度学习。所谓深度学习，主要是指把整合而来的知识，通过共同体的形式和数字化的运用来实现。对此，可以借助布鲁姆的知识体系：从记忆、理解、应用、分析、评价以及创造六个方面逐步深入，将理论与实际相结合，培训具有 STEM 素养的 21 世纪所需要的综合型人才。综上，基于理论，立足实践，进行深度学习将是 STEM 教育发展的第四大趋势。

五、启示

通过以上分析可以发现，对于我国 STEM 教育研究者而言，在开展相关研究过程中，要积极关注和借鉴国际上有关 STEM 教育发展的热点与趋势。从上述国际 STEM 教育研究的现状、热点与趋势来看，研究者从中得出以下启示：

（一）顶层设计，层层落实

从国际 STEM 教育的分析来看，以美国为首的发达国家，皆从国家层面提出相关理念与政策，形成政府和社会共同参与的机制，从而在此基础上落实到学校与具体的课程中。因此，对于正赶上 STEM 教育发展第二个热度的中国而言，需要宏观设计，微观实施，积极宣传，为 STEM 教育在全国开展实施奠定基础。

（二）政府支持，大学先行

通过机构分析可以看出，以美国为主的发达国家在 STEM 教育发展过程中政府给予了极大的政策支持与资金保障，且大学在 STEM 教育的研究中亦发挥了积极的作用。因此，在 STEM 教育发展中要加大资金投入，制定政策保障，同时积极发挥大学的作用，借鉴国外经验将理论与实际相结合，探索出具有实践价值的运营模式，而不仅仅限于纸上谈兵。

（三）创造环境，积极宣传

国外 STEM 教育发展之所以顺利无阻，除了政府的保驾护航外，更多的是形成了 STEM 教育的环境与文化，使得社会、家长和师生意识到科学、技术、工程以及数学在未来发展中的重要性，从而认同 STEM 教育。与美国 STEM 教育基本普及的现状相比，国内对于 STEM 教育的接触还停留在理念认识阶段，除个别经济发展较

好的大城市外，中小城市的师生很少有接触 STEM 教育的机会，其中除了资金设备等硬件不到位外，更多的是对 STEM 教育认识不足，理解不深，更意识不到它对生活在 21 世纪学生的重要性。因此，要想把 STEM 教育真正引入国内，还需要创造 STEM 教育的环境并进行宣传。

（四）立足本土，借鉴国际经验

发展 STEM 教育必须要站在巨人的肩膀上，学习与借鉴 STEM 教育发展已经成熟的国家经验，但是不能一味地照搬，需要立足本国国情与实际的社会环境，发展出一套具有中国特色的 STEM 教育模式。

参考文献：

- [1] Darrow A A.The Every Student Succeeds Act(ESSA):What It Means for Students With Disabilities and Music Educators.[J].General Music Today,2016(30):41-44.
- [2]马红芹.美国 K-12 阶段“科学、技术、工程和数学”(STEM)教育研究[Z].南京师范大学,2015.1-82.
- [3] 赵来娟.国内移动图书馆研究热点可视化分析[J].农业图书情报学刊,2015,27(8):46-51.

[责任编辑：刘亿、袁晓艳]

科技资讯

《“魔法”将废塑料转化为高质量润滑油》

【塑料的问题】 全球每年生产 3.8 亿吨塑料。随着塑料市场的持续增长，许多分析



人士预测，到 2050 年，塑料产量可能会翻两番。超过 75% 的塑料材料在一次使用后被丢弃。它们中的许多最终进入我们的海洋和水道，伤害野生动物并传播毒素。虽然塑料可以熔化和再加工，但这种回收产生的价值较低的材料在结构强度上不如原始材料。例如，将塑料瓶向下循环放入一个模压的公园长凳。

当塑料被丢弃在野外或垃圾填埋场时，它们不会降解，因为它们有很强的碳-碳键。相反，它们会分解成更小的塑料，即微塑料。尽管有些人认为这种紧密的联系是一个问题，但西北大学、阿贡国家实验室和艾姆斯实验室团队却把这看作是一个机会。

【成果简介】 近日，来自西北大学、阿贡国家实验室和艾姆斯实验室的研究团队，已经开发出一种新方法，可以将大量看似低价值的塑料升级为高质量的液体产品，比如机油、润滑油、洗涤剂甚至化妆品。这一发现还改进了现有的回收方法，从而生产出廉价、低质量的塑料产品。该研究成果以题为“Upcycling Single-Use Polyethylene into High-Quality Liquid Products”的论文发表在国际顶级期刊 *ACS Central Science* 上。

在本研究中，高能量聚乙烯(PE)大分子通过原子层沉积在 SrTiO₃ 钙钛矿纳米晶上的分散良好的 Pt 纳米颗粒(NPs)催化氢化反应转化为增值产品。该催化剂由两纳米大小的铂纳米颗粒组成，沉积在大约 50-60 纳米大小的钙钛矿纳米晶上。该团队选择钙钛矿是因为它在高温高压下很稳定，是一种非常好的能量转换材料。为了将纳米颗粒沉积在纳米管上，研究小组使用了原子层沉积技术，这种技术是在 Argonne 开发的，可以精确控制纳米颗粒。

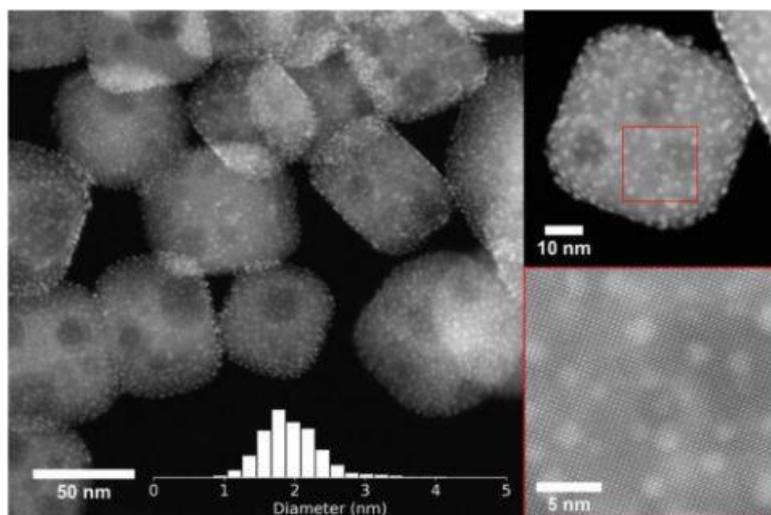


图 1 铂纳米粒子分布在钙钛矿纳米管上的电子显微照片

在适当的压力和温度下，催化剂裂解塑料的碳碳键，产生高质量的液态碳氢化合物。在 170psiH₂ 和 300°C 在无溶剂条件下反应时间 96h，Pt/SrTiO₃ 完全转换 PE(Mn=8000-158000Da) 或一次性塑料袋(Mn=31000Da) 到高质量的液体产品，如润滑剂和蜡，以窄分布低聚物的链。

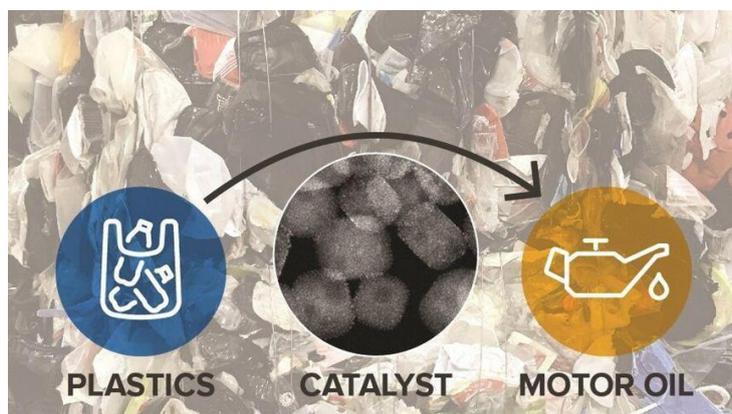


图 2 铂纳米颗粒/钙钛矿纳米长石的催化剂将废弃塑料转化为更高价值的产品

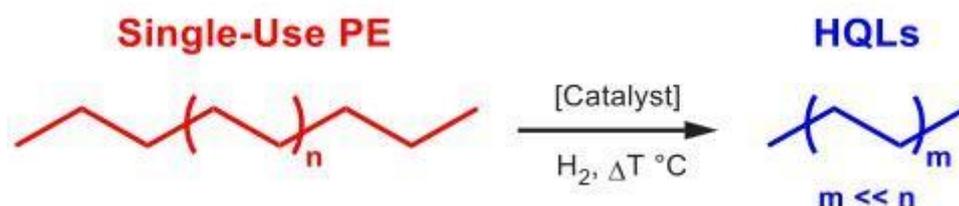


图 3 聚乙烯氢解制备优质液体产品

固体核磁共振 ^{13}C 富集 PE 吸附研究和密度泛函理论计算表明，PE 在 Pt 上的吸附比在 SrTiO_3 载体上的吸附更为有利。较小的 PtNPs 与较高浓度的未配位 Pt 位点，将 PE 过氢水解成不需要的轻烃。

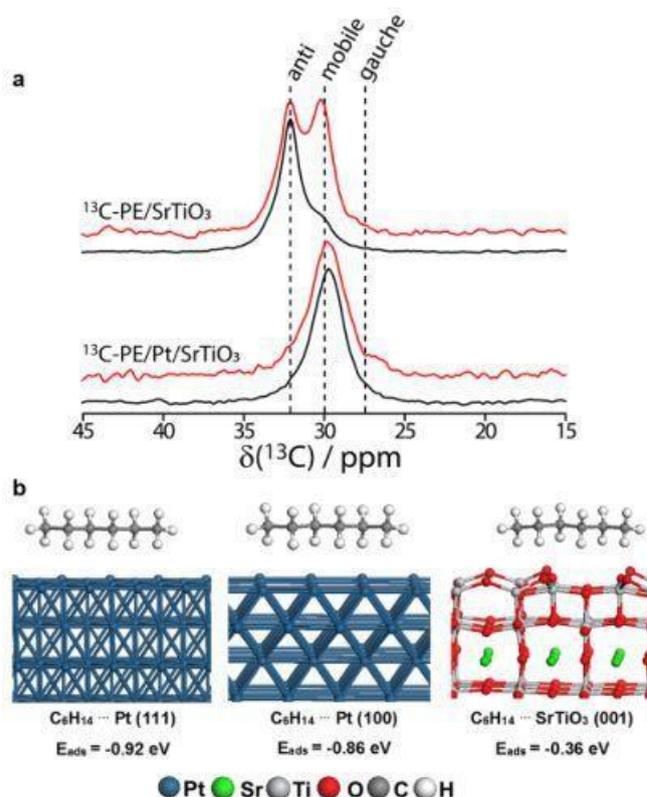


图 4 固体核磁共振 ^{13}C 富集 PE 吸附研究和密度泛函理论计算

【亮点小结】 本文开发的催化法这项新技术，在生产过程中产生的废物少得多，并且液体产物可用于机油、润滑油或蜡，或进一步加工制成洗涤剂和化妆品的成分。这与市面上可买到的催化剂形成了对比，后者生成的产品质量较低，而许多是短烃，这限制了产品的用途。本文的方法既可通过消除环境中的塑料污染又可促进循环经济，起到了一举两得的作用。西北大学的 Kenneth R. Poepelmeier 参与了这项研究，他说：“我们的团队很高兴发现这项新技术，它将帮助我们解决塑料垃圾堆积的问题。”“我们的发现对未来的发展有广泛的影响，我们可以继续受益于塑料材料，但要以一种可持续的、对环境对人类健康危害更小的方式。”

理论前沿

小学科学课程中开展 STEM 教育的问题与对策

林静, 石晓玉, 韦文婷

(北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心, 北京 100875)

摘要: STEM 教育被视为培养学生 21 世纪技能与核心素养的“疗效药”, 《义务教育小学科学课程标准》建议小学科学教师在教学实践中开展 STEM 教育。基于调查研究, 对当前小学科学课程中开展 STEM 教育存在的主要问题进行了分析包括课程价值定位各异, 对跨学科内容理解与应用不足, 缺乏评估体系的引领与支持, 环境支持体系不完善。为推进小学科学整合 STEM 教育, 提升学生科学素养, 提出以下实施建议: 建立 STEM 课程标准与评估机制, 开展 STEM 教育相关的教师培训, 开发 STEM 示范课程, 加强学校管理方面的保障和支持。

关键词: 小学科学; STEM 教育; 问题与对策

STEM 教育是一种以项目学习、问题解决为导向的课程组织方式, 它关注不同学科知识间的相互影响和整合, 将生活情境和社会问题置于学习中心, 被视为培养学生 21 世纪技能与核心素养的“疗效药”。小学科学课程本身具有整合性, 对学生科学素养乃至 STEM 素养的形成具有重要的启蒙作用。2017 年教育部印发《义务教育小学科学课程标准》, 倡导跨学科学习方式, 建议小学科学教师在教学实践中开展 STEM 教育。作为一种新的课程组织方式, STEM 教育对学校的资源配置, 教师的知识领域、教学设计能力等都提出了更高的要求。然而 STEM 教育缺乏明确定义与话语共识, 在我国起步也较晚。我国小学科学作为核心学科的地位至今还没有得到真正的确认, 小学科学教师群体存在比较严重的非专职化、非专业化现象。本文基于文献研究与典型样本调查研究 (N = 680, $\alpha=0.847$), 对小学科学课程中开展 STEM 教育存在的主要问题进行分析, 并在此基础上提出实施建议, 希望能为我国推进小学科学整合 STEM 教育提供参考意见。

一、STEM 教育开展中存在的问题

（一）课程价值定位各异

教师作为实施 STEM 教育的关键角色，对 STEM 教育价值的判断会直接影响 STEM 教育实践。调查显示，当询问教师“STEM 教育的培养目标是什么”时，大部分教师认为是科学实践能力和科学态度，小部分教师认为是科技知识。可以看出，小学科学教师已经意识到 STEM 教育在培养学生科学实践能力、科学态度方面的独特价值，对 STEM 教育理念基本持认可态度。

然而，当深入课程定位或 STEM 教育与原有各学科课程的关系时，教师观点不尽相同。国外有研究人员调查了教师和行政人员对 STEM 教育的定义，结果发现即使在那些认为 STEM 教育很重要的人之间，也不存在统一认识。有人认为“STEM 教育就是使用整合的方式教授 STEM 学科，帮助所有学生理解 STEM 相关领域”，有人将 STEM 教育视作“帮助优势学生提高应用能力的实践项目”，还有人将 STEM 教育定义为“培养问题解决技能的教学方式”。在我国，部分小学科学教师认为应当将 STEM 教育整合于小学课堂教学之中，部分教师认为应当将 STEM 教育作为学校的选修课或社团活动，还有一小部分教师认为 STEM 教育可以取代原有的科学、信息技术等课程（表 1）。这说明小学科学教师倾向于将 STEM 教育视为一门新课程或一种新活动，而非可应用于各学科课程的教育理念或方式。

（二）对跨学科内容理解与应用不足

目前大家强调和重视 STEM 教育时最为看重的是其“跨学科整合”的特性，尤其是将技术、工程融合到基础科学教育中。余胜泉和胡翔认为 STEM 教育要将科学、技术、工程和数学四门学科的内容组合形成有机整体。曾任 PISA 测试科学专家组主席的 Bybee 在论述 STEM 教育的意义时指出，开展 STEM 教育的主要价值包括提高基础教育对技术和工程的重视程度，因为技术已经深刻地改变了每个人的生活，人们却对它知之甚少；工程则直接和“问题解决”、“创新”这两大主题相关。此外，国外有研究者证明了工程设计的加入对各年龄段学生，尤其是小学生的科学学习成就和兴趣具有显著提升作用。然而小学科学教师通常对跨学科内容理解不足，部分教师难以运用跨学科的概念来组织教学内容，甚至讲不出工程

设计和科学探究的异同（表1）。一方面，是由于我国小学科学教师的专业化、专职化程度不够，大部分地区小学科学教师是兼职教师，不少教师对科学究竟是什么还没有真正理解，缺乏系统的学科知识体系，更缺乏对跨学科内容的理解与应用能力，教师科学素养亟待提升；另一方面，工程与技术的内容长期以来没有正式进入基础教育领域，不仅是小学科学教师，其他学科教师以及学校教育体系均对此缺乏了解与准备。如此一来，教师无法在不同学科知识间建立有意义的联系，难以利用跨学科概念开展科学和工程实践活动。

表1 小学科学教师对 STEM 教育相关问题的回答

题目	选项（百分比）			
	STEM 教育的培养目标是什么？	科学态度（27.1%）	科技知识（18.0%）	
您认为在小学以哪种方式实施 STEM 教育是最有效的？	融入原有的各学科课程（37.6%）	作为学校的选修课或社团活动（54.2%）		取代原有的科学、信息技术等课程（8.1%）
目前实施 STEM 教育的主要困难有哪些？*	缺乏管理和资金上的支持（31.5%）	没有足够的课程资源（36.8%）	课时不够，实践活动占用时间长（27.5%）	缺乏相应的教学材料（25.3%）
让您来实施 STEM 教育的话，您倾向于采用哪种评价方式？	观察学生表现	评价学生作品	学生自评互评	纸笔测试或访谈
	（34.7%）	（30.4%）	（30.0%）	（4.9%）
我能够说出工程设计和科学探究的异同	非常不符合（2.9%）	比较不符合（31.3%）	比较符合（50.7%）	非常符合（15.0%）
我能够运用跨学科的概念来组织教学内容	非常不符合（1.2%）	比较不符合（20.6%）	比较符合（60.0%）	非常符合（18.2%）

（三）缺乏评估体系的引领与支持

一套合适的评估工具是观察和判断 STEM 教育理念是否落实到教学实践的关键。如何评估 STEM 教育中学生素养的提升，是当前 STEM 教育研究领域最受关注的议题之一，也是小学科学课程中开展 STEM 教育的难点。STEM 教育评估必须与教学方式相符合，能够起到指导和扩大高阶学习的作用：在评估内容上，不仅要关注学生对学科知识的深度理解、迁移运用，还要关注技术运用、合作能力、

社会责任感、审美情趣等素养；在评估方式上，要贴近学生真实生活，尽可能采用真实性、表现性评估，关注学生的思维发展和过程表现。目前，小学科学教师大多认同基于学生表现的评估理念，知道可以通过作品来评价学生的学习效果。然而，由于缺乏教育评估的理论与技术，当涉及评估目标的确立、分类和界定时，教师很难将 STEM 教学目标具体化、操作化，也不知道如何将学生的能力水平划分成不同的等级。此外，如何组织包括学生、家长等在内的多元主体参与教育评估，促进不同利益相关者对 STEM 教育的认识，也是 STEM 教育评估面临的难题。

（四）环境支持体系不完善

STEM 教育在小学科学课程中的开展需要一定的环境支持。Bybee 在制订美国的 STEM 教育行动计划时指出，STEM 教育的开展需要教育研究者、教育政策制定者、课程开发人员、学校管理人员、教师和公众等诸多群体的参与，建立起“目的—政策—项目—实践”层层递进的行动体系。其中，“目的”包括 STEM 教育的理念和培养目标，“政策”将目的具体化为课程设计、评估框架、教师教育计划等，“项目”包括落实目的和政策所需的教学材料、设备、软件等，“实践”则是教师在教学中使用的具体策略和方法。富有挑战性的目标、资源配备方面的支持和校长的领导力，综合起来构建起一种支持性的氛围，这种氛围能够提高教师的效能感，进而对学生成绩产生积极影响。此外，国外已经有研究证明了学校管理在 STEM 教育实施中的重要作用，领导支持可以为 STEM 教育实践营造良好的环境。然而，目前 STEM 教育在小学科学课程中的开展并没有得到学校管理人员的重视，也没能形成社会联动机制。调查显示，小学科学教师认为目前实施 STEM 教育的主要困难包括“缺乏管理和资金上支持”：一方面，课时上的限制导致占用时间较长的科学实践活动难以开展；另一方面，教学资源配备不足导致一些好的想法、教学设计难以实现（表 1）。

二、基于问题的实施建议

（一）建立 STEM 课程标准与评估机制

在个体层面，针对教师和学生分别建立相应的评估体系：针对教师开展 STEM 教学能力评估，并以此为依据记录教师专业发展的轨迹，同时评估教师培

训的有效性；针对学生开展 STEM 素养评估，具体包括学生在课程中取得的学业成就，以高阶认知能力为核心特征的科学探究能力、创造力思维等能力品质，对 STEM 课程的学习兴趣、STEM 职业认同感与职业选择倾向等情感态度。在课程层面，围绕 STEM 课程开展的有效性对教学环境、教学资源、教学策略等进行评估，同时对各类 STEM 课程进行比较分析，从而建立 STEM 课程标准。在学校层面，建立校级 STEM 教育评价系统，量化评价指标，按权重赋分，以评估为导向帮助学校聚焦 STEM 教育质量提升重点、明确改进方向。

由于 STEM 教育情境、内容、关系的复杂性，在使用国外已有的 STEM 评估工具时应进行本土化改造，通过三角互证等方式保证所用量表在评估结果上的一致性。调查显示，绝大多数教师在 STEM 教育评估中倾向于采用“观察学生表现”“评价学生作品”或“学生自评互评”等方式（表1）。在对学生进行过程性评估、表现性评估时需要考虑到其与教学内容高度相关的特点，因此，过程性评估方式与表现性评估量表的制定应考虑不同教学场景的通用性、适配性，以帮助教师收集到真实有效的学生信息。STEM 课程的评估需要一线教育者的专业实践，也离不开研究者的专业研究。有效的 STEM 课程评估须从理论出发，扎根实践，打破理论与实践的壁垒，协同地方评估机构、高校学者力量建立 STEM 课程评估团队。教育具有一定的滞后性，STEM 课程需要时间进行迭代，因此课程评估也不能一蹴而就，需要多轮次开展。从发展的角度看，长期稳定的 STEM 课程评估机制的建立能为课程的迭代提供有效依据。

（二）开展 STEM 教育相关的教师培训

小学科学教师非专职化、非专业化的现象不只是我国面临的问题，美国作为 STEM 教育改革的引领者也深受此问题困扰。在针对我国小学科学教师开展 STEM 教育相关培训时，可借鉴美国在该问题上做出的战略部署计划。

1. 把好小学科学教师队伍入口

在入口环节实行 STEM 教师人才储备计划，有助于提升 STEM 教师专业化水平。调查结果显示，理工类专业背景的小学科学教师对 STEM 教育的理解更加到位。因此，在高等教育阶段应加强 STEM 相关专业的设立，吸引更多学生报考并做出相应的职业规划。同时，加大理工科学院与教育学院之间的合作，在保障预

备教师学科专业知识储备的前提下，有针对性地了解 STEM 教学理念、教学策略。

2. 为在职教师提供发展性培训

在职教师缺乏跨学科知识，对于开展跨学科教学没有信心，是当前小学科学教师在实施 STEM 课程中面临的困难之一。针对这一现象，应该增加 STEM 在职教师深造学习的机会，为其搭建工作交流的平台：校内 STEM 学科教师协同备课；校间组织教师研讨会、形成在线社区等。除此之外，从教师需求的角度出发，提供与课程相配套的教师指导手册，推广教师培训网络课程（重点关注工程与设计相关内容），这些都可以作为低成本、高覆盖实行教师专业发展培训计划的组成部分。

3. 提高小学科学教师的专职化比例

小学科学教师岗位流动频繁，在教师培训的出又阶段进行质量把关，要求提升教师的教学效能感。从解决教师实际问题的角度出发，让教师有参与感，并减轻教学任务以外的事务性工作压力，让教师感到被重视、被关怀、被支持。此外，教师非专职化的问题还需学校管理与政府政策上的支持才能得到根本改善。

（三）开发 STEM 示范课程

STEM 课程在实施过程中缺乏示范指导，使教师对于“何为一堂设计良好的 STEM 课程”缺乏理解与共识。工程和技术作为 STEM 课程的重要内容，却因教师开展跨学科教学的信心不足而导致相关内容的教学难以开展。因此，在建立 STEM 课程标准与系统化评估体系的基础上，也应以此为标准征集、筛选优秀课例或开发示范课程，使教师从实践的角色先对 STEM 课程有基本的认知，再以此为基础进行自主化课程开发、个性化课程实施，杜绝良莠不齐的现象。针对工程和技术难以融入的问题，可以使用“基于情境的教学”，围绕生活情境和全球性问题进行教学设计。同时还应注意 STEM 示范课程的推广需配套设计良好的教学资源，例如，美国加利福尼亚大学伯克利分校 Marcia C.Linn 教授主持开发的 WISE 平台，通过给教师提供设计良好的资源包支持学生在线自主科学探究活动，大大减少了教师开发资源的压力，并提供了示范课堂的设计模板与一般思路。

（四）加强学校管理方面的保障和支持

学校管理部门应结合学校特色办学理念与现有资源对 STEM 课程的设置、资源的引进、教师的配备进行统筹规划。首先，在课程设置上，由于 STEM 教育以

项目学习、问题解决为导向，需要学校在课时安排上进行适当调整，保证学生拥有充足的时间完成课程任务。同时以 STEM 教育理念在学科内进行教学整合，或在学科间进行跨学科整合，抑或作为学校校本课程、综合实践活动课程。其次，在资源引进上，STEM 课程的实施对于教学环境的部署有一定要求，需要软硬件设施的保障。调查结果显示，与科技产品相比，教师认为专用教室或实验室等基础设施在 STEM 教育实施过程中更为重要。学校应结合课程需求配齐教学材料，以支持 STEM 课程的顺利开展。最后，在师资配备上，学校应致力于 STEM 教师普遍化，为各学科整合 STEM 课程提供师资保障，同时加大各学科间教师的沟通协作，将教师培训从内部做起。对开展 STEM 课程和学校，政府应加大资金投入，从政策上积极引导课堂教学改革；对 STEM 课程效果的评估，应由专业的评估团队开发标准进行统一测试、系统量化评分，加强校级 STEM 教育的监管和督导。

参考文献:

- [1] Bybee RW. Advancing STEM education: a 2020 vision [J]. *Technology & Engineering Teacher*.2010(1):30-35.
- [2] 林静.STEAM 教育如何对接核心素养[N].中国教育报, 2017-01-04(9).
- [3] 钟媚, 高凌飏. 小学科学课程改革中的问题与分析[J]. *课程·教材·教法*, 2007(6):77-81.
- [4] 刘美娟, 刘美凤, 吕娇, 我国小学科学教师专业素质现状调查[J].*教学研究*, 2010(3):72-74.
- [5] Brown R, Brown J, Reardon K, et al. Understanding STEM: current perceptions[J] *Technology & EngineeringTeacher*.2011(70):5-9.

[责任编辑: 封春艳、廖又、朱泓瑞]

课程设计——学生优秀作品：

设计课题名称：怪怪飞行器

夏娟

重庆师范大学初等教育学院 2016 级科学教育专业

一、设计理念

在平时我们知道的飞行器中，纸飞机的升力原理是三角翼的升力原理，由于掷出飞机时飞机具有动力，并且有一定的攻角。于是机翼上会产生环量，在环量的作用使得机翼下表面的流体的速度低于上表面的流体的速度，机翼下表面的压力高于上表面的压力。同时下表面的高压的气流会溢出到上表面，在下表面的流体运动到上表面时形成涡流对机翼上表面的流体有一个加速作用，提高上表面流体的速度，流体速度越快静压越低。这种涡升力与普通的升力共同构成了纸飞机的升力。

所有的重于空气的物体飞行原理：都是源于机翼通过迫使空气向下流动，使得飞机升起来。以下几个飞行器，运用简易的材料，设计制作飞行姿态和平时看到的飞行器不太一样，这些小制作在平飞的过程中，还有旋转的过程。因为制作的材料的重量都比空气要重，所以这些课堂STEM小制作也主要也运用了空气和气压（气压，是指作用在单位面积上的大气压力，在数值上等于单位面积上向上延伸到大气上界的垂直空气柱所受到的重力。著名的马德堡半球实验证明了它的存在）的这个原理。

1.吸管飞机：环状飞行机翼提供了下降的阻力，增加下降所需时间；因此只要吸管飞机能保持姿态的平衡，就可以一边前进一边下降，看起来就像是在飞行。

2.空中陀螺能飞的原因是因为它在空中前进时还伴随着旋转的原因；当杯子旋转时，杯子下方的空气流速要比上方的空气流速来的慢，造成杯子上方和下方的压力差，提供了飞行所需向上的力。

3.翻滚飞行器：一般会选择很轻薄的纸来制作。关键的结构是长条形纸片长边上一上一下的两个折边，它们能让纸片在下落中旋转起来。

二、课程目标

科学（S）：

- 1.了解吸管飞机能够飞行的原理、以及支持空中陀螺能够飞行的力。
- 2.探究影响飞行器飞行的因素有哪些，试着改进飞行装置。

技术 (T) :

- 1.运用准备的材料,根据设计方案制造出飞行状态良好的三款飞行器。
- 2.通过试飞收集数据改进飞行器以达到更好的飞行效果。

工程 (E) :

- 1.选择合适的材料制作飞行器。
- 2.理解设计方案的重要性
- 3.着手设计制作方案。有效的设计可以提高制作的效率,提高作品的质量。

数学 (M):

- 1.运用控制变量法测量飞行数据,并分析实验数据,得出规律。
- 2.计算飞行器飞行距离和时间。从而得出飞行器的不足,改进飞行器。

三、适用年级 (小学三年级)**四、建议课时 (6 学时)****五、器材用品清单**

吸管飞机:棉线、吸管、剪刀、胶带、卡纸、尺子

空中陀螺:纸杯二个、尺子、棉线、胶带

翻滚飞行器:硫酸纸(或称量纸)、一枚一元硬币、铅笔、尺子、白乳胶、剪刀

六、安全事项

1. 剪刀的使用要注意不要伤到自己和同学的小手。
2. 棉线长短要适中。
3. 线不要太细,容易伤到手。
4. 棉线缠绕的方向要正确,甩出时顺势即可。

七、教学过程**【教材分析】**

三年级上册最后一单元,学的水和空气,利用水和空气性质对比,得出空气会流动、有重量并占据空间,这也是我们这个 STEM 课程的理论基础。利用空气的这些特点,拓展了这节飞行器制作课程。

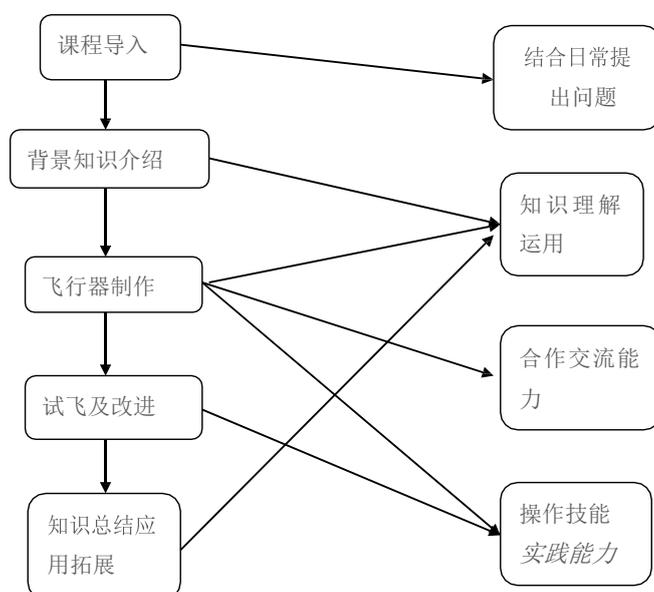
【学情分析】

三年级是科学教学的起始年级，所以学生学习积极性很高。但学科认识尚没有形成，更无从谈起科学兴趣和科学的思维方式、方法，故此对学生的知识教育应居其次，更重要的是对学生科学兴趣的培养和简单实用的科学思维方式的培养。要培养学生课堂上的科学的思考习惯，逐步养成预见、测量、分析、探究、记录数据等一系列的科学学习习惯，以及小组探究的活动方式。

三年级学生的思维正处于由形象思维过渡的时期，能进行一定的抽象思维，但仍以形象思维为主，模仿性强，是非观念淡薄；想象能力也由模仿性和再现性向创造性的想象过渡；集体主义感情有所发展，良好的道德品质正在形成，但极不稳固。感情容易激起和爆发，不善于控制，不考虑行为后果，虽已能从事需要一定意志支配的工作，但意志还很薄弱，自觉性、主动性、持久性都较差，遇到困难和挫折，往往产生动摇。三年级学生自我意识逐渐发展，逐渐学会道德原则的评价标准，评价能力开始发展起来，往往是提出自己的见解，但不善于全面地评价一个人的行为表现。道德感、正义感开始萌芽，但道德认识水平仍较低，辨别是非的能力也不强，很容易受到外界的影响。

【设计思路】

在进行设计制作之前要先了解飞行原理以及进行设计制作的原则，安全注意事项，还有最后的评价标准。便于同学在设计的时候考虑周全，学习全面的科学方法。



【活动设计】

课题名称	我们周围的空气	授课人	夏娟	
课时	6 课时	适用年级	小学三年级	
课程阶段设计				
学习活动阶段	教师活动	学生活动	教学活动评价标准	设计意图
课程导入	一、结合日常、提出问题你们都折过纸飞机吗？折好的纸飞机只需要轻轻一抛，就能飞出很远，同学们知道纸飞机飞行的姿态吗？也许有同学记得，有同学不记得，现在老师手里折好了一架纸飞机，注意看老师。展示折好的纸飞机，然后提醒同学们注意看。我向外抛出纸飞机，飞机飞出去，完成弧线然后下落到地面。纸飞机是一个简易的飞行制作，我们可以借助纸和简单的材料还可以制造出哪些简单的飞行器呢？今天就来学习制作简易飞行器 STEM 课程。	听老师讲解活动导入，了解到可以自己动手制作飞行器。了解活动的主题和项目，在动手的基础上提高创新能力和实践操作能力。逐步了解 STEM 课程的含义和特点。	能够理解 STEM 课程制作的主题和内容。能够认识 STEM 教育的含义（即科学（S），技术（T），工程（E），数学（M）），认识到科学教育中 STEM 课程的重要性以及必要性。	让学生根据生活中的实际情况聚焦纸飞机飞行原理的解释，了解纸飞机的结构，有了初步的探索兴趣。明确设计的主题。
背景知识介绍	讲解 STEM 含义以及 STEM 教育的内容和目的。讲解制作飞行器的原理和原则。依次介绍每种飞行器的制作流程以及安全注意事项。	学生说出制作飞行器活动的意义，听老师讲解后，理解知识点，了解原理。	理解 STEM，掌握制作飞行器的原理和原则。了解制作飞行器过程中的流程和注意事项。	了解原理，确定制作的项目和学习内容。解决问题。

飞行器的制作	详细介绍每种材料以及使用方法，逐次分发制作材料。指导处于困顿中的学生正确制作方法。	动手制作飞行器，能够处理制作过程中遇到的困难。也可以与同学交流讨论甚至合作制作飞行器。	能够 1-3 人用正确的材料和方法制作出三种不同的飞行器。制作过程有和同学或者老师交流讨论	介绍制作步骤，和使用的材料。给学生以创作的空间。
试飞及改进	带领班级同学到空旷的地方，例如操场，进行飞行器试飞。讲解飞行投掷方法以及安全注意事项。带着胶带、胶水制作材料等物品，以免飞行器损坏对飞行器进行修补。	小组或者个人带着制作好的飞行器进行试飞，观察飞行器飞行姿态和飞行距离。	飞行姿态良好。能够正常的飞行。	发现问题 - 改进制作 - 反思学习过程。
知识总结以及飞行原理的应用拓展	机翼下表面的压力高于上表面的压力。同时下表面的高压的气流会溢出到上表面，在下表面的流体运动到上表面时形成涡流对机翼上表面的流体有一个加速作用，提高上表面流体的速度，流体速度越快静压越低。 1、抽水机利用大气压把水从低处抽到高处 2、用塑料管从瓶中吸饮料。 3、按自来水笔胆吸墨水。	进一步加深原理理解。并将这个原理拓展到生活中。	能够认真倾听。能够理解贯通老师举出例子的具体原理解释。能够举出生活中利用相似原理的例子。	巩固知识原理，知识拓展。

【具体制作方法步骤】

项目 1（30 分钟）：吸管飞机

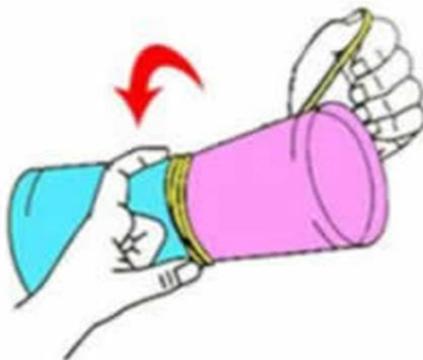
- 1.裁剪两条纸带，分别为长 24 厘米宽 2 厘米和长 18 厘米宽 1.5 厘米。
- 2.将纸带分别折成环状。
- 3.将纸环分别固定在吸管的两端便完成了。



- 4.将吸管纸飞机以丢纸飞机的方式让飞机试飞。

项目 2（30 分钟）：空中陀螺

- 1.将两个纸杯杯底以胶带黏在一起便完成制作。
- 2.剪一段约 95 公分长的棉线(约可绕飞行器 4 圈)
- 3.在飞行器中间处以左手大拇指压住棉线一端，再将棉线往自己的方向缠绕约 4 圈。(如下图)

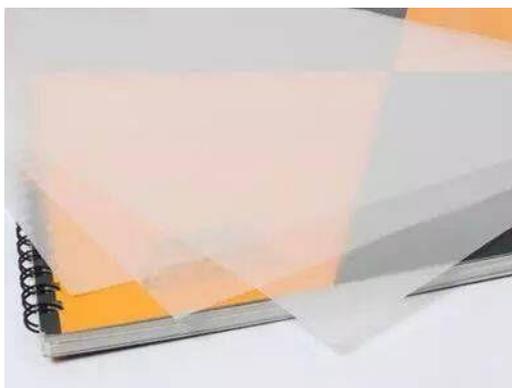


- 4.以拇指与食指拉住缠绕端，再将陀螺高举用力甩出便可飞行。(缠绕的方向要正确，甩出时顺势即可!)(如下图)

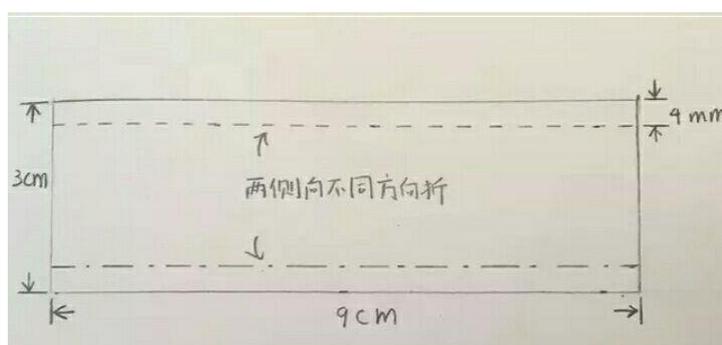


项目 3（30 分钟）：翻滚飞行器

1.首先找到一张硫酸纸。就是下面这种很薄、半透明的纸，化学实验室里的称量纸就是这种材质，也有用来拓图的。也建议大家用黄页电话簿的内页纸来制作。



2.接下来，在硫酸纸上裁下 3 厘米×9 厘米的一张长方形纸条。如下图进行折叠（折 90°左右）。



3.然后，找一个一元硬币，以它为模板在硫酸纸上画出两个圆。把这两个圆剪下来。



4.挤出一些白乳胶，把折好的纸条两个短边在胶水中蘸一下，粘上圆纸片（圆纸片与长纸条垂直）。

5.接下来就可以进行放飞了，效果比较好的一种方法如下：从中间捏

住翻滚翼后侧朝上的折边，给它一个向下的速度并松手（不需要往前扔，只要举高并往下带一下就行了）。接下来，翻滚翼会一边旋转一边向前下方滑翔。

八、课程评价表

过程性评价表	
我是否设计了制作方案？	
我有与小组成员合作交流？	
我理解了制作原理？	
我培养了我的探究技能？	
我能动手制作出项目作品？	

终结性评价表						
学生姓名：			班级：		得分：	
项目名称	飞行距离（水平）			飞行时间（秒）		
吸管飞机						
空中陀螺						
翻滚飞行器						

- 1.能够制作完成以及试飞成功及合格。
- 2.飞行距离超过5米或者飞行时间超过8秒为优秀。
- 3.两者都达到标准为优秀。
- 4.在试飞失败后，可以改进飞行器，调试飞行器的连接和粘贴。直到达到最佳飞行效果。

终结性评价：学生学习收获自评表

我的学习收获（主题问题）	
我最初发现的问题有哪些？	
经过讨论我又发现了哪些问题？	
我找到了哪些解决方法？	
我可以怎么做来解决这个问题？	
通过学习我也能用此方法解决什么问题？	

[责任编辑：马预龙]

课程设计

凸显 STEM 教育的初中物理教学设计初探 ——以“浮力”教学为例

王玥月 陆建隆

(南京师范大学教师教育学院, 江苏南京 210097)

摘要: 以学科整合为背景的 STEM 教育在中学科学教育中发挥着越来越重要的作用。本文从初中物理课程实施的效果以及初中生思维特征的分析出发, 结合 STEM 教育的理念对初中物理教学进行重新设计, 并将其运用于初中浮力的教学设计之中。

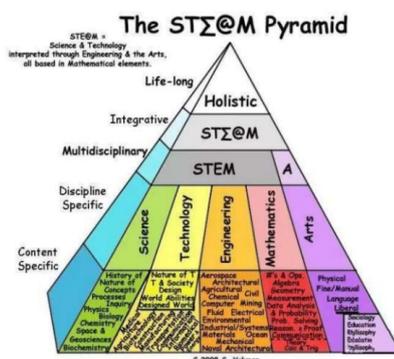
关键词: STEM 教育; 学科整合; 浮力教学设计

一、问题的提出

随着科学技术的进步, 局限于单一学科体系内的研究难以取得突破性的进展, 而多学科的融合以及先进技术的应用不仅为研究者开辟了新的研究视角, 也对人类的生产生活做出了重要的贡献。在科学教育界, “学科整合”也成为研究者越来越关心的话题, 通过学科整合的方式培养更多的复合型科技人才成为美国以及欧洲国家的重要教育举措。为了实现“学科整合”的教育理念, 教育工作者提出不同的方针和策略, 美国在上世纪八十年代提出的 STEM 教育就是其中之一。

STEM 是科学 (science)、技术 (technology)、工程 (engineer) 和数学 (mathematics) 的缩写, STEM 教育提倡将这 4 门学科有逻辑、有组织地结合起来, 以科学知识为中心, 以数学积极参与到工程、技术的实际问题的能力。最初, 教学活动中开展较多, 近年 STEM 教育和课程整合的重渗透到中学科学教育中。作课程, 物理成为教育者实施

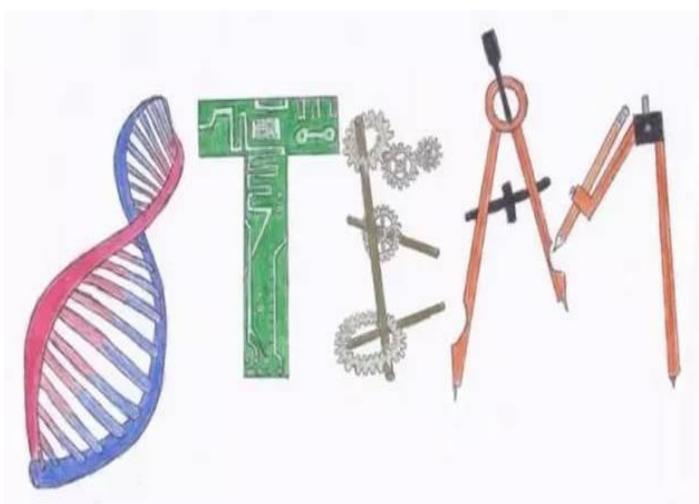
为辅助工具, 让学生践中, 培养学生解决 STEM 教育在本科生的来, 随着国际社会对视, STEM 教育逐渐为初中科学中的基础 STEM 教育的重点



研究对象。那么，STEM 教育能给初中物理教学带来怎样的改变？作为教师，又将如何在教学中开展 STEM 教育呢？

二、初中物理教学开展 STEM 教育的重要性认识

从课程实施的角度来看，STEM 教育更能体现物理教学的实践性和物理规律的关联性。多年来，我国初中物理教学一直致力于开发探究式教学模式。探究式教学最初的构想是以学生主动探索、认知物理现象和规律为目标。然而，在实际教学过程中，学生的思维过



规 划 为 一 径”，而基于目标的探究过些形式化。探究式教学学生的主体学生在知识性。但不同

之处在于，STEM 教育更关注物理规律在实际问题解决中的整合与应用。学生通过对问题的分析研究，运用不同的科学知识找不问题解决方法，并从中学会灵活地运用这些规律来解决其他相关的实际问题。这一过程有利于帮助学生将所学知识运用于实践中，同时也能很巧妙地整合所学的自然规律。

从认知发展的角度来看，STEM 教育能够促进初中学生思维的开放性和系统性。它鼓励学生从学科内部框架、跨学科概念间的联系、探索性思维的运用这 3 种基本角度思考问题，这对学生的思维层次提出了较高的要求。认知发展阶段理论认为，初中生的思维处于形式运算阶段，能够进行更为抽象的思考，例如科学实验中最为需要的假设和演绎推理能力、数学中的逻辑思维能力到中学阶段才能发展起来。因而，初中生已具备了开展 STEM 教育所要达到的思维能力要求。不仅如此，通过在中学物理中实施 STEM 教育又能相应地促进学生思维能力以及学习能力的发展。在 STEM 课堂中，问题的解决或者学习项目的实施需要学生运用多领域的知识才能完成，并且往往得到答案的途径并不唯一，这也就促使学生积极地探索

问题，主动地通过查询资料、动手实验、计算推理等各种途径来得到问题解决的方案。在这一过程中，学生的思维会变得更加灵活主动，他们的探究能力、沟通能力、自控能力等也能得到有效的锻炼和提升。

三、初中物理教学凸显 STEM 教育的教学设计探讨

STEM 教育在课程设置上，系统地整合了科学、技术、工程、数学等多学科领域；在教学方法上，构建学生能够自主探究问题和实施项目的学习过程；在培养目标上，鼓励学生积极参与科研实践，拓宽学生的认知领域。有学者认为 STEM 教育体现了学生知识发展的开放性和动态性^[3]。课程的设计借鉴了实际科学研究中以问题为中心、不断质疑和提出新问题的研究思想，突出设计问题与解决问题的循环过程。还有学者认为 STEM 思维路径是一条系统的思维路径，它包括了组成思维的各个重要部分，如已知概念、目标问题、实践等等。当学习者参与到学习过程中时，他的思维会经历系统的变化过程。结合 STEM 教育的相关理念以及 STEM 教育的研究成果，笔者设计了以下体现 STEM 教育的物理环形教学模型（图 1）。

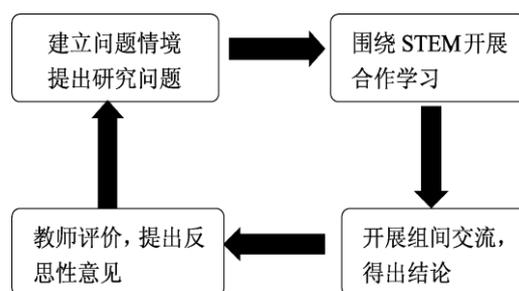


图 1 环形教学模型

在以上模型中，第 1 步，建立问题情境。情境的创设要使学生易于发现问题并能应用 STEM 4 门学科知识。一般来说，创建以生活中的物理现象为背景的问题情境作为切入点更易于被初中生理解和接受。第 2 步，开展合作学习。根据学生的特长进行分组，鼓励学生运用 STEM 4 个学科来进行理论和实践的研究。研究工具不再只局限于教师提供的实验仪器，学生可以利用低成本的、易于获得的物品来搭

建实验仪器。实践过程中，学生利用查找资料、分析数据等不同的方式来进行研究，充分发挥他们学习的主动性。第3步，组间交流讨论环节。这一过程可以由学生自行组织，讨论的方式有多种形式如报告、辩论等等。学生通过对不同方案的比较得出问题解决的最理想结果。第4步，评价总结。教师针对学生研究和讨论过程作出评价，鼓励学生提出更新颖的解决方案，纠正不合理的方法和错误的观念。教师还可以引导学生对问题本身进行反思或者作出新的假设，让学生进行更深入的研究。

四、凸显 STEM 教育的设计与实践

初中浮力教学设计中通过操作会发现啤酒罐无论以怎样的形态放在水中都不会下沉，而饮料罐只有在底部的凹槽中有部分空气未排出时才可能浮起来。这时，学生自然就会想到一个问题：物体在水中的沉浮与哪些因素有关？

（一）合作探究：以问题为中心，开展实践研究

浮力是初中物理中非常重要的教学内容，人们对浮力这一节内容进行过大量的教学设计。下面我们结合 STEM 环形教学模型，以初中物理教材“浮力”这节课的教学内容为例，建立以问题为中心的 STEM 教学设计。

（二）课堂导入：创设问题情境，引导学生发现问题

问题情境的引入是要学生自己发现问题、提出猜想。这里我们使用最常见的物品设计问题情境（如图2所示）：左边是一罐啤酒，右边沉入水底的和



图2 问题情境



图3 实验探究

教师要求学生联系所学的知识，通过分组实验来说明物体所受浮力与可能的影

响因素之间的关系。此时，不同的学生会提出不同的方案，教师应鼓励他们完善实验设计，将实验付诸实践，检验假设的合理性。其中一组采用易拉罐本身进行实验来验证浮力与体积之间的关系（图3）：测量其高度 h 和截面直径 d ，并将高度均分为4份。实验过程中，缓慢地将易拉罐浸到水中，每到一个刻度线，读出弹簧秤的读数。根据力的平衡条件，浮力 F 的大小等于饮料罐的实际重力与弹簧秤的示数之差。在两罐是相同的饮料。首先要求学生观察现象并从中发现问题。学生数之差。在得出浮力与排水体积的4组数据后画出其在坐标图中相应的点，计算得出浮力与排水体积之间的函数关系式。有学生提出直接使用相关软件对数据进行拟合（如图4），最终得出浮力与排水体积间存在线性关系： $F = 9.6875V + 0.175$ 。忽略实验误差，最终得出 $F = 9.69V$ 。

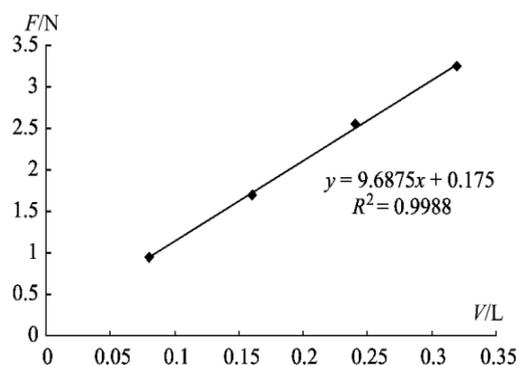


图4 拟合数据

STEM 教育提倡以小组合作的形式解决问题或者完成项目，教师根据每个学生的不同特点进行分组，每个组有善于规划的学生、数学成绩突出的学生或是设计实验能力较好的学生。这样分组有利于学生学会如何在团队中展现自己的特长，培养学生的团队协作能力。此外，教师要鼓励学生运用 STEM 方面的知识来解决问题，如上述小组的学生运用了数学公式和计算机辅助工具表达出浮力和排水量之间的关系。

（三）组间交流：讨论不同观点，拓展研究领域

STEM 教育体现了“整合”的理念，这里的整合不仅包括学科知识间的整合，广义上来讲，也包括不同观点的整合。在实验探究过程中，每个小组的实验设计和结果存在差异。教师需要针对存在的问题组织学生进行讨论，让学生相互交流实验过程，通过分析反思等一系列过程得出一致的结论。此外，讨论的范围不局限于本节课研究的浮力问题，也可以延拓到其他知识点甚至其他领域，例如针对为什

么体积相同的啤酒比饮料重的问题，有学生通过对比发现饮料的配料中含有大量的糖，而啤酒中含有酒精，一般情况下糖的密度要比酒精大，因而饮料罐会下沉，啤酒不会。再如，有学生根据易拉罐的沉浮构想出制作简易潜水艇的想法。总之，交流环节应尽量做到在不偏离教学目标的前提下，让学生自由发表观点，而对别人的观点也能做到合理公正的评判，这样才能体现 STEM 教育的开放性。

（四）评价反思：纠正错误观念，深化研究内容

在评价环节，教师要对整节课进行评价总结。除了对新颖的探究方案、创新观点提出鼓励之外，还要对此过程中出现的错误观念进行分析。学生的思维中有很多先验的观念，这些观念大多来自学生日常的经验，有些带有明显的科学性错误。通过以学生为主导的探究和交流讨论过程，可以初步判断出学生在哪些概念上仍然存在错误的认识，例如有一部分学生始终认为重的物体如铁和铜等金属在水中不受浮力的作用。因此，在学生进行研究和讨论的过程中要善于发现他们在知识上和方法上存在的不足、如果在讨论环节结束之后，学生在某一问题上仍然存在异议，教师可以采用做实验或举例子等不同的方式来纠正学生认知中的错误。此外，本节课的研究重点是在水中探究影响浮力的因素，为了更深入地研究，可以对初始的问题情境提出反思：如果将水槽中的清水换成油或者其他物质，易拉罐状态是否会变化？

与传统教学相比，STEM 教育的优势在于充分认识到真实的研究过程的多元性和灵活性，认识到跨学科知识的重要性。在全球科技不断进步的今天，选择正确的教育发展道路对于学生的未来乃至国家的发展都是至关重要的。STEM 教育结合当代最先进的教育理论将学生的学习过程方法化、系统化、多元化，通过学生之间的合作，以探究实验的方式充分调动学生学习的自主性，培养学生的科学思维品质，提高学生的 STEM 素养。

参考文献：

- [1] 朱丽娜，叶兆宁.促进课内外融合的 STEM 教育实践与反思——STEM 教育如何从理念走向实践 [J].湖北教育：科学课，2016（1）：94-96.
- [2] Reeve E M. STEM Thinking [J]. Technology &Engineering Teacher,2015,75:8-16.

[责任编辑：张可柔]

课程实践

非正式教育中 STEM 教育的实践与思考 ——以美国科学竞赛为例

宋怡 纪慧

摘要：以美国军事教育拓展项目 AEOP 举办的 Ecyber Mission 科学竞赛为例，介绍其在非正式 STEM 教育方面的有益尝试。相较于正式 STEM 教育，Ecyber Mission 科学竞赛更具开放性、综合性与实践性。通过对其参与人员、主题领域设置、组织实施形式和获奖案例进行分析，以期对我国 STEM 教育在非正式教育中的拓展有所启发。

关键词：STEM 教育；非正式教育；科学竞赛

以美国为例，为了确保科学工程领域的先进性，美国政府设立专门的 STEM 计划，鼓励学生研修关于科学、技术、工程、数学领域的课程，并且不断增加对 STEM 教育的投入，尤其重视 K-12 基础教育阶段的 STEM 教育。然而学生在校学习时间有限，STEM 教育所涵盖的情境也绝非仅限于课堂，因此在课外延伸 STEM 教育作为有效的解决办法之一越来越受到关注。非正式教育中的 STEM 教育突破了正式教育在时间、空间上的局限，更多社会资源的加入让 STEM 教育的形式更加多样化，例如 STEM 夏令营、发明与创新工作坊和科学竞赛等，能够更好地提高学生的动手与思考能力，激发学生的创造性思维。由美国军事教育拓展项目（Army Educational Outreach Program，以下简称 AEOP）举办的 EcyberMission 科学竞赛作为拓展 STEM 教育形式与范围的有益尝试，对我国在非正式教育中开展 STEM 教育具有启发与借鉴作用

一、Ecyber Mission 科学竞赛的组织与实施

（一）竞赛简介

AEOP 项目，是美国陆军军备研究、开发与工程中心(ARDEC)与学术界、工业、非营利组织和其他政府机构合作的项目，它有效地吸引了下一代 STEM 人才，提供他们在国防部从事 STEM 工作的机会。AEOP 以培养 STEM 素养的公民为主要目标，即为了解决国家的复杂问题，培养公民理解和应用科学、技术、工程和数学方面知识的能力，当今对 STEM 素养的能力要求已经远远超过了传统的科学家、工程师和数学家。在过去的 50 多

年里，AEOP 在 STEM 领域为青年与教师提供教育机会并创造合作机遇，被认为是国家繁荣兴旺的保障。

由 AEOP 举办的 Ecyber Mission 科学竞赛，是面向 6—9 年级学生的基于网络的 STEM 竞赛。在一年一度的 Ecyber Mission 科学竞赛中，学生运用 STEM 学科的知识与技能来解决不同领域的社会问题，在完成任务的过程中体会并探究 STEM 对生活的影响与作用，从而达到 STEM 教育的目的。

（二）竞赛主要参与者

1. 学生是竞赛的主体，主要任务是确立主题并完成任务文件夹
2. 教师担任团队顾问的角色，主要作用是协助团队。
3. 志愿者主要担任推广大使、网络指导和虚拟裁判的角色。

推广大使通过鼓励在校学生参与竞赛、在 STEM 或相关组织中推广竞赛、招募同事和朋友做志愿者等途径来推广 Ecyber Mission 科学竞赛；网络指导通过使用论坛区、在线小组聊天或讨论等方式支持学生团队；虚拟裁判负责评价学生的任务文件夹，鼓励由在校大学生担任，以增进他们在科学和工程领域方面的批判性思维和提出建设性意见的能力。

表 1 Ecyber Mission 科学竞赛领域主题介绍

领域	主题
可替代能源	绿色、能量守恒、混合动力汽车、温室气体、可再生能源、地质、自然资源、风能、地热能、太阳能
环境	保护、使用农药、回收、绿色、天气、酸雨、乱丢垃圾、污染、森林火灾、漏油、垃圾填埋场、洪水
食品、健康与健身	营养、疾病预防、食品科学、学校的健康与营养、味觉的分子、消化、饱和与不饱和脂肪、人工甜味剂、胆固醇、运动、身心医学、体育和娱乐
力与运动	物理、牛顿定律、能量的形式、物理科学、空气动力学、美国国家航空航天局（美国航空航天局）、速度、力和功率、运动学、机械
国家安全与安全	密码学、毒理、人类学、考古、DNA 分析、法医学、技术、心理学、生物识别技术
机器人学	执行器、控制论、人工智能、遥控机器人、机器、运动、医学机器人、军事机器人
技术	数码产品、电脑、工具、机器、医学、工艺、工程类

（三）竞赛流程

Ecyber Mission 科学竞赛的参赛步骤分为创建团队、选择任务挑战、提出解决方案、提交任务文件夹 4 步。首先，成立一个 3~4 人的团队，每个团队需要有 1 个团队顾问和 1 个共享的电子邮箱。确立团队后，参赛

者可以选择感兴趣的领域和主题，见表1。其次，确定一个团队能够解决的问题，使用科学实践或工程设计过程探究解决方案。接着，在探究过程中，学生可以从学校的教师与学生、专业领域的组织及专家、与领域相关的职业人以及互联网等途径获得资源与帮助，此外，科学竞赛网站也提供了一些网站供学生参考。最后，在团队顾问与网络指导的协助下，学生将选择的挑战任务、确定的具体问题、解决方案以及整个过程的收获以文件的形式提交，并上传数据、图表等相关材料辅助说明。

二、EcyberMission 科学竞赛获奖项目及案例

（一）获奖项目概况

Ecyber Mission 科学竞赛自2013年起，6-9年级的一等奖团队项目，见表2。

表2 EcyberMission 科学竞赛一等奖项目摘要

年级	2015-2016年	2014-2015年	2013-2014年
6 年 级	为受撒哈拉沙尘影响而患有哮喘的人创建有效的预警系统	研发一种有效清洁水力压裂废水且可循环利用的蒸馏装置	创建竹子制作的双曲抛物面形住房，解决住房问题
8 年 级	为有听力障碍的人研发危险预警设备	研发在无电时也能阻止地下室漏水的设备	研发一种安全庇护系统，通过转换学校的更衣室为安全区保护师生
9 年 级	调查抗生素对线粒体功能和健康的影响	使用旋转门产生的动能做替代能源	研发去除饮用水中的抗生素药物，阻止耐药性细菌生长的生物过滤系统

（二）获奖项目案例

案例：水战士获奖情况：2014-2015年6年级一等奖项目

【团队组成】德克萨斯地区4名6年级学生

【主题及任务】

挑战任务从属领域及主题：环境污染与保护环境

任务背景：水力压裂是利用水压从地下提取天然气的技术。完成一次水力压裂需要消耗1000000~8000000加仑（1加仑（美）=3.75L）

的清水，40000加仑、高达600种已知的化学物质将会注入清水之中。该技术虽然能解决美国能源问题，却耗费了大量的地下水并且使水质受到了严重的污染，摄入该水会造成人的呼吸系统与神经系统损伤。

【探究过程】

2014年4月到2015年5月期间，首先查阅资料了解水力压裂，并通过采访德克萨斯理工大学教授、环保和石油领域的专业人士及官员、德克萨斯当地农民、环保主义者以及环境质量委员会委员等，形成基本研究假设。设计实验测试受污染的水对种子萌发、植物生长、生物体的影响以及受污染水的性质，实验比较不同蒸馏装置的设计，最终得出最佳净化方案，并向有关部门提出建议。

【任务文件夹】

团队介绍：解释每个团队成员的角色、分工，以及合作与探究方式。

系列实验报告：包括相关照片、数据、图表、科学过程、结果及结论。

实验1：确定返排水对种子萌发的影响

实验2：确定返排水对植物生长的影响

实验3：确定返排水对生物体的影响

实验4：确定水力压裂回流水的质量和数量

实验5：确定回流水的脱盐方法或蒸馏法

研究综述：包括团队试图解决的问题及其社会意义；研究中所使用的资源；陈述假设；确定假设中的自变量和因变量；实验中使用的材料与技术；实验过程描述；实验中收集到和观察到的数据；数据分析及假设验证；研究结论与收获。

课程实践

统整艺术与 STEM 实践的创新力培养* ——来自美国八大 STEAM 教育案例的启示

李王伟 徐晓东

摘要：源于 STEM 的 STEAM 教育已历近十年发展，但对于 STEAM 教育是什么，该如何实践，国内外研究者和教师仍未形成规范创新的标准化论鉴。本文分析了美国八大优秀 STEAM 教育案例，从 STEAM 教育目的、特征、实践和评价角度，洞察了 STEAM 教育是统整艺术与 STEM 实践的创新力培养的特有方式。并从艺术、综合和创新维度分析了优秀 STEAM 教育实践的共同原则，阐明了 STEAM 教育的“中国基因”，提出了指向创新力培养的中国 STEAM 教育实践方式，为 STEAM 教育本土化发展寻求基点和路径借鉴。

关键词：STEAM 教育；创新力；艺术融合；综合学习

一、艺术统整的力量——从 STEM 到 STEAM 教育

艺术统整的 STEAM 教育是利用艺术元素，整合 STEM 学科素养，创建艺术融合的 STEAM 主题，激发学生主动合作探究，让学生在真实情境中进行知识建构与创新力塑造的新学习方式。艺术统整不仅表现于 STEAM 主题组织和学生学习过程的渗透，还是 STEAM 学习结果与学生高阶思维发展的有力支撑。实践证明，艺术教育对中小学生创造力和创新思维发展具有重要作用。研究发现，专注于跨学科探究的 STEM 教育因缺乏良好的兴趣激发工具而使得学生主动探索创新过程可能性降低，学生创新能力培养和学习成绩提高不如预期。

来自神经科学和脑科学的研究证明，艺术设计和融合教育能有效激发学生 STEM 综合课程学习和探索的兴趣，依托特定的艺术综合活动，激发学生学习的主动性和活动探究的欲望；通过艺术融合情境和氛围，鼓励学生创新想法和勇敢尝试，提升其创新思维；基于艺术活动设计，促进学生动手协作实践，提高 STEM 知识概念、技能的理解度，延展 STEM 学习过程的持续性，使学生学习不易半途而废。

艺术设计与融合是在 STEM 学习过程中培养学生批判性思维和创造力的有效途径之一，将艺术元素与设计融入 STEM 学习情境、协作活动和实验过程、作品制作和社区展演，促进学生想象力和创造力的组织与综合，使其成为适应能力强的问题解决者和批判性思考者。此外，因能促进学生人文学科和审美价值的提升，艺术教育融合还是 21 世纪全纳教育实践的有力体现。融入多样的阅读、写作和戏剧课程的艺术设计活动不仅能提升学生对科学和工程的理解，而且为学生审美情趣和价值的提高助力。面对全球竞争力提升的需求和未来社会的复杂挑战，正是艺术教育激发创新和创造力，使得 STEM 教育与艺术融合成为各国“创新孵化和创造”的重要途径。统整艺术与创新的 STEAM 教育实践风靡各地中小学、社区和公共空间。

二、艺术融合的创新力培养——美国八大 STEAM 教育实践探析

（一）美国八大 STEAM 教育实践概况

如图 1 可知，艺术融合、学生学习、学校课程、学习兴趣和学业标准以及毕业生需求是美国八大 STEAM 教育实践的重点热词，即学生为中心、以艺术设计与融合的 STEAM 综合课程成为美国 STEAM 教育理念和实践特色。调查研究表明，艺术统整的美国 STEAM 教育实践表现出以下几个特征：

1. 以学生为中心，面向全体学生

以学生为中心，即由以传统教师的教为中心向以学生的学为中心的范式转变。面对经济全球化的挑战和 21 世纪复合创新人才培养的要求，学生自主学习能力的提升和终身学习理念的普及具有重要意义。美国 STEAM 教育坚持以面向全体学生为前提，以学生为中心开展艺术融合的 STEM 课程，培养所有公民的创造力和竞争力，缩小不同地区间公民的 STEAM 素养差距。

2. 艺术设计与融合成为 STEAM 新亮点

STEAM 教育相异于 STEM 教育的重要因素在于“A”的融合。艺术设计及融合的 STEM 学习实践常被视为 STEM 教育活动的开展方式。另一方面，艺术设计与融合可以为 STEAM 教育人才创新力培养、批判性思维发展和学业成绩提升助力，其已成为 STEAM 教育的新亮点。

表1 美国八大 STEAM 教育优秀案例

案例	目标	概念	特征	实践	评价	特色
波士顿艺术学院 (BAA)	致力于学生学业, 或社交/情感能力的成功。	专注于所有学生成功的艺术综合的跨学科 STEAM 学习。	项目为基础; 艺术融合; 做中学。	STEAM 课程; STEAM 实验室活动。	国家和州数学和科学标准; 数字媒体作品制作。	优质的艺术教育为所有学生学习 STEAM 创造机会
戴顿区 STEM 学校	培养学生批判性思维和问题解决技能。	跨学科、真实项目合作的艺术与 STEM 教育融合实践。	基于课程项目, 跨学科团队合作, 面向所有学生的艺术设计。	基于项目的课程; 艺术综合课程; STEAM 学习空间。	展示数字媒体作品; 自我反思。	强调批判和反思, 加强教师培训。
高科技特许高中媒体艺术中心	弥合学科差距, 致力于学生未来学习和创新能力。	统合艺术、数学和科学的跨学科课以提升学生成绩和创新素养。	与真实世界相联系; 跨学科团队合作; 教师扮演设计师角色。	基于社区的项目学习; 模拟工作场所的实习; STEAM 课程。	展示创新项目; 项目学习证书; 反思与专业人士的反馈。	教师 STEAM 设计与学生的个性化真实学习结合。
高地公园中学	发展全纳教育, 培养学生的竞争力。	整合跨学科文化、课程, 并和真实世界相联系的综合学习。	艺术融合核心课程; 与社区合作。	选修与核心课程融合的综合教学单元; 与社区合作的实验学习。	共同的课程标准; 批判和反思。	提供学生核心课程与选修课程的协作与整合的学习机会。
肯尼迪小学	致力于学生学业成功, 培养批判性和创造性思想家。	以艺术为整合工具融入社区 STEM 课程的学习方式。	跨学科情境; 艺术整合工具支持; 与社区合作。	全面的 STEAM 项目; 艺术整合的跨学科课程。	书面反思; 真实情境展示和应用; 学业成绩测试。	艺术融入真实世界的综合课程来培养学生批判性思维和创造力。
国家发明者 STEM 学习中心	致力于培养富有创新力的创造性问题解决者。	基于 STEM 企业与师生合作的艺术融合课程实践。	模拟真实生活; 渗透工程设计; 融入数字素养课程。	基于问题的学习; 创建 STEM 教育网络平台; 数字素养融合课程。	项目的形成性评估; 学生作品展示; 学生自我反思。	融合数字素养的综合课程设计。
昆塔姆小学	发展艺术教育, 促进学生成就的提升以及学习方式变革。	提供真实世界跨学科创新学习的艺术融合课程体验式学习方式。	综合学习方法; 与社区合作; 艺术融合核心课程。	STEAM 综合课程; 真实项目探究。	社区应用评价; 核心课程标准评测; 学生反思和迁移。	利用艺术设计作为学生最近发展区挑战的引导和脚手架支撑。

课程实践

重庆师范大学初等教育学“科技运动会”

摘要：为了贯彻落实习近平总书记在两院院士大会上的“勇做新时代科技创新排头兵”的号召和国务院“全民科学素质行动计划纲要”精神，结合学校“内涵式发展与高水平师范大学建设”要求，促进学院内涵发展，探索完善人才培养模式，加强培养大学生科学实践能力和创新精神，按照重庆师范大学第十五届学生学术科技活动月的总体规划和安排，经研究决定，学校决定于2019年5月举办第二届科技运动会。科技运动会比赛项目分为：水火箭、抛石机、纸桥承重、气弓箭、铁丝陀螺和弹射飞机等。

关键词：科技创新；实践；比赛



图为第二届科技运动会开幕式

1. 铁丝陀螺

陀螺指的是一个支点高速转动的刚体。陀螺的外形对陀螺的进动有影响，这和人们骑自行车的道理差不多，其中不同的是，一个是作直线运动，一个是作圆锥形的曲线运动。



图为铁丝陀螺制作现场

2. 水火箭

水火箭是利用质量比和气压作用而设计的，同时又是物理教学中著名的案例之

一，其中蕴含的物理原理是了解物理中力学的重要的基础。一般是利用废弃的饮料瓶制作成动力舱、舰体、尾翼等。



图为水火箭制作现场



图为水火箭比赛现场

3.纸桥承重

纸桥，顾名思义就是用纸做的桥，但是其中的技术含量、知识密度以及对材料的性能认识特别高。造型上多采用三角形、矩形、拱形等。往往小小的纸桥经过巧妙的设计能够承受上百公斤的重量，体现了结构和力学的完美结合。



图为参赛人员正在进行纸桥承重测试

4.弹射飞机

弹射飞机是利用橡皮筋的弹性势能作为飞机的初始动能，当飞机达到最高点时动能绝大部分转化为弹性势能。然后在重力的作用下下滑，模型在下滑的过程中由于机翼翼型的作用，可以产生一定的升力，因此，会慢慢地滑翔飞行，在滑翔过程

中若遇到上升气流，则可获得较长的留空时间。



图为弹射飞机比赛现场

5. 气弓箭

气弓箭和其他弓箭的不同就是以气为动力，其他的弓箭是以手的拉力作为原始的动力，制作成功的气弓箭往往可以飞 5 米远，甚至更远。上有与轴垂直的杠杆，可绕轴自由转动。

6. 抛石机

抛石机的种类很多，通常简称的抛石机指的是配重式抛石机。与弹射器不同，抛石机是利用配重物的重力发射。抛石机的机架之间有固定横轴，杠杆短臂上固定一个重物，长臂末端有弹袋用于装弹。当短臂重锤完全落下时，投射物从弹袋中沿约 45° 飞出。



图为气弓箭比赛现场



图为投石机比赛现场

[责任编辑：刘江玲]

创客园地

全息投影

实验背景：在很多科幻电影中，我们经常会看到：主人公对着一个个悬浮在空中的半透明影像忙碌地操控着，这被称为全息影像。早在上世纪40年代，就出现这项技术了，今天，我们不妨采用一种简单的方法，制作一个超酷的“全息影像”，并探寻其背后的科学原理吧！

实验材料：

透明塑料膜1张、白纸1张、透明胶1卷、裁纸刀1把、铅笔1支、三角板1块、量角器1个。

实验步骤：

1.画一个等腰梯形，上底1cm、下底6cm、高3.5cm。

2.用裁纸刀沿等腰梯形外边缘切割。使用裁纸刀时务必注意安全。

3.以等腰梯形为蓝本，从透明塑料瓶中裁剪4个相同形状大小的等腰梯形。

4.将4块塑料片用透明胶粘成一个金字塔状。

5.将金字塔倒转立在手机上方，然后开启对应的视频，确保金字塔位于视频中心。



实验原理：塑料片和手机屏幕成45度夹角，光线投射到塑料片后发生反射，此时影像“翻转”了90度，水平的影像变成了竖直的影像。真正的全息投影，是利用干涉和衍射原理制作而成，因此今天的实验不能算作真正的全息投影。

（选自“魔力科学小实验”公众号）

创客园地

化学红绿灯

实验背景：看完物理实验，还有化学实验，接下来就来给大家做一个有趣的化学红绿灯。只需要将这瓶化学药水摇一摇，就能像红绿灯一样的自动变换颜色，而且这种变化还能不断重复，效果简直太惊艳了！

实验材料：玻璃瓶、水、量杯、搅拌棒、葡萄糖、氢氧化钠、靛蓝胭脂红。

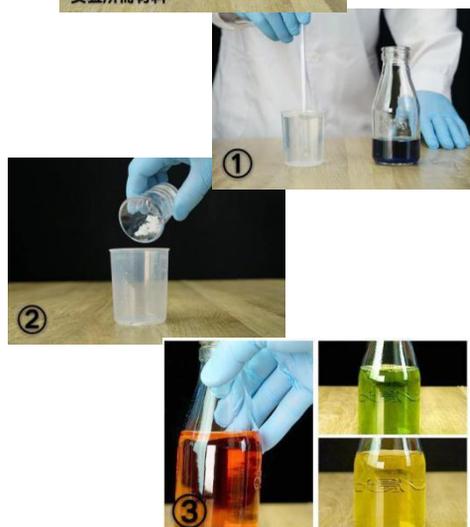
实验步骤：

1.往玻璃瓶中加入靛蓝胭脂红，加入50ml的水制成水溶液。

2.依次在量杯中加入葡萄糖与氢氧化钠，再加入约100ml的水。搅拌棒搅拌均匀。

3.将搅拌好的溶液倒入玻璃瓶中。此时玻璃瓶内的溶液立刻变绿色。静置一段时间溶液又慢慢变成了红色。接着又从红色变成了黄色。

4.等到溶液变黄后，拿起玻璃瓶摇晃；会发现瓶中的黄色液体短暂的变绿后又变成了红色。静置一段时间，又变成黄色，看起来就像交通红绿灯一样，只不过绿灯的时间最短。



实验原理：这是一个发生在碱性环境下的氧化还原反应。靛蓝胭脂红是一种氧化还原指示剂，当它溶于水的时候是蓝色，滴进碱性氢氧化钠环境中会显示绿色。当它被溶液中的葡萄糖还原时，会变成红色，接着变黄。当猛烈摇晃瓶子时，它会被空气中的氧气氧化，再变成短暂的绿色，再变成红色，接着变黄，由此形成了不断循环的变色效果。（选自“魔力科学小实验”公众号）

[责任编辑：车露、蒲函言]