

## STEM 教育和科学课程的融合与创新

### The Integration and Innovation of STEM Education and Science Curriculum

张韵

北京师范大学教育技术学院

zyun@mail.bnu.edu.cn

**【摘要】** STEM（科学、技术、工程和数学）教育为科学教育的课程设计和实践带来了革命性的创新思路，然而目前对 STEM 融合于科学教育的课程设计和实践研究仍十分缺乏。本文通过文献调研梳理国内外 STEM 科学课程的教学模式和项目实践案例，分析 STEM 教育与科学课程融合的发展现状和实施路径，为国内基于 STEM 的科学课程教学设计与实践提供理论指导和创新思路。

**【关键词】** STEM 教育；科学课程；课程设计

*Abstract: The STEM education has provided innovative ways for instructional design and practice in science. However, there are few studies on science curriculum design and practice. This research mainly analyzes the design models and project cases of science curriculum, considers the development and implementation ways of the Integration of STEM and science curriculum, and gives some theoretical guidance and innovative ideas for us to develop science curriculum based on STEM education.*

**Keywords:** STEM education, science curriculum, curriculum design

## 1. 引言

科学教育作为素质教育的重要组成部分，对科学素养提升和创新人才培养具有重大意义，但国内当前的科学教育在教学设计与实践中仍存在一定的局限。纵观国际科学教育发展的新趋势，STEM 教育（Science 科学、Technology 技术、Engineering 工程和 Mathematics 数学教育的学科集成和教育融合）受到了科教领域研究者的极大关注。《2015 年地平线报告：K12 版》指出 STEM 学习是未来 1-3 年驱动 K12 教育技术的趋势之一，STEM 强调跨学科的学习环境，将逐渐打破传统的科学教育界限（Horizon Report: 2015 K-12 Edition, 2015）。目前国内融入 STEM 教育理念的科学课程设计与实践案例相对缺乏。从教学设计与实践的角度出发，如何基于 STEM 的教育理念推动科学课堂变革，国内外已有哪些相关课程设计理论与实践案例，STEM 融合科学课程如何有效实施，本文将进行探讨、阐述与反思。

## 2. STEM 科学课程的创新实践

### 2.1. 从 5E 教学模式到 6E 教学模式

5E 教学模式（参与 Engagement，探究 Exploration，解释 Explanation，加工 Elaboration 和评价 Evaluation，简称 5E）由美国生物科学课程研究所 BSCS（Biological Science Curriculum Study）于 1987 年开发，已被广泛应用在科学课程组织和资源开发上。随着 STEM 教育在科学课程中的融合，ITEEA(2014)提出了 6E 基于设计的学习模式(Learning byDeSIGN™ Model)，从学习者为中心的视角，把“加工 Elaboration”改成了“引申 Enrich”，同时增加“建造 Engineer”的概念。6E 教学模式体现着 STEM 科学课程中基于科学本质、技术素养和工程设计思想的教学规律和教学行为。

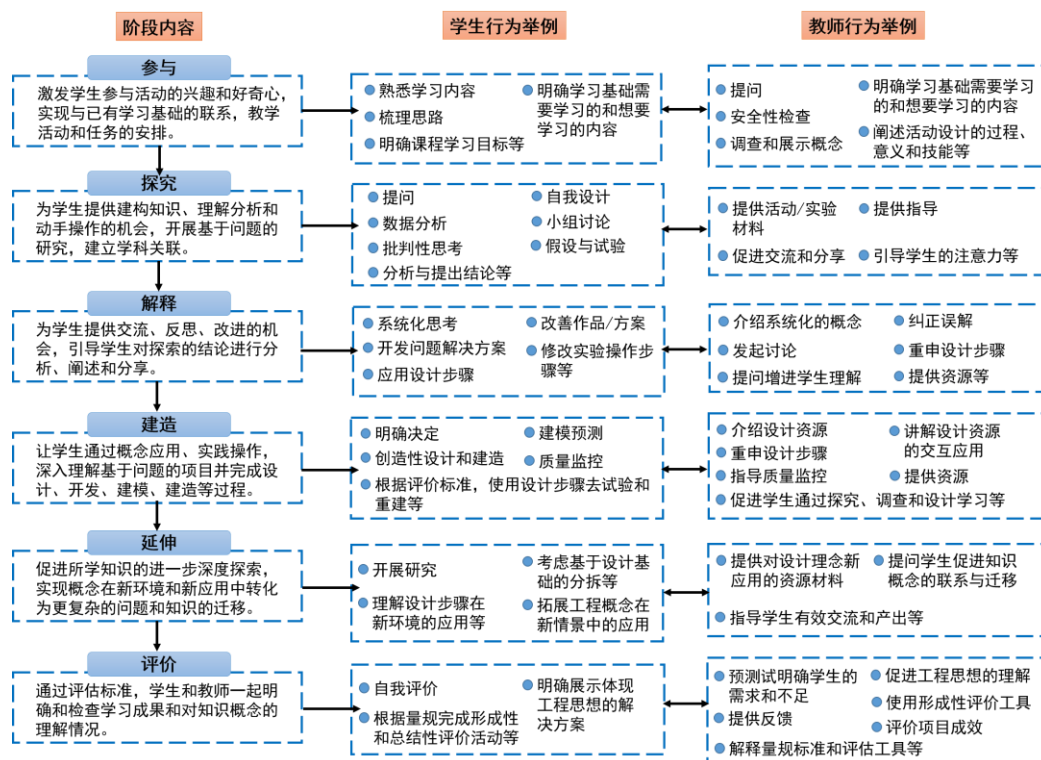


图 1 6E 整合的 STEM 科学教学模式

## 2.2. 国外 STEM 科学课程的实践案例

美国 STEM 教育融入科学课程的实践起步早, 具有成熟的 STEM 科学教育政策、课程体系和课程资源, 以及一批着重实行 STEM 教育的 STEM 学校和教育机构。美国圣地亚哥的 High Tech High 高中是一所融入 STEM 教育的学校 (Inclusive STEM-focused high school, 简称 ISHS), 提供 K-12 阶段的 STEM 课程。以 High Tech High 学校的科学项目课程“去放风筝吧 (Go Fly A Kite)”为例介绍一个融入 STEM 教育理念的科学课程设计与实践案例。

表 1 “去放风筝吧 (Go Fly A Kite)”项目设计案例

项目名称	去放风筝吧 (Go Fly A Kite)	
项目介绍	通过设计、制作、玩耍和分析风筝, 学生理解几何学、动力学和运动规律。	
需要解决的问题	1. 什么是运动? 一切东西都在运动中吗? 2. 风筝是怎么飞起来的? 3. 如何设计和制作一只成功的风筝?	
学习目标	认识层面	能认识风筝起飞的动力基础; 区别不同的多边形; 识别面积、周长和体积的概念等
	理解层面	理解不同的推力如何影响风筝飞行; 理解运动的相对性和矢量; 通过分块组合去分析和计算形状的总面积等
	能力层面	设计图形并计算它的面积、周长和角度; 使用几何画板; 能描述风筝成功飞上天的必要条件等
涉及的 STEM 内容	科学	动力学和运动规律
	技术	使用几何画板等计算机软件
	工程	应用工程理念去设计、评价和改进一个设备 (风筝制作)
	数学	不同形状的面积计算; 勾股定理的应用; 距离公式的应用; 使用比例图解决问题等

<b>资源准备</b>	塑料布、几何画板（免费在线数学软件）、木销钉、彩色笔、铅笔等			
<b>项目进度与预期成果</b>	第一周	风筝设计初稿和反思记录	第二周	几何画板的风筝设计
	第三周	风筝风帆部位设计稿	第四周	风筝滚轮设计稿和体积计算
	第五周	绳索定位和调整记录	第六周	风筝受力图
	第七周	最终的风筝制品	第八周	学习汇报、展示和反思

上述课程案例能很好地体现美国 STEM 教育的课程设计特点，即强调项目思维、问题导向和跨学科应用，用一个生活化的主题串联起 STEM 各学科的知识，整合为具体项目实施。项目（Project）意味着学生的参与不仅是上课，而是一个学生要动手设计、制作、试验、评价和展示的项目过程。问题导向（Problem based）的教学思路是通过与科学知识紧密相关的生活问题引导学生思考和创造，在解决问题的过程中学习并实现教学目标。

### 2.3. 国内 STEM 科学课程的实践案例

目前，国内 STEM 教育整合于科学课程的实践案例并不多，主要在研究中心、教育机构逐渐起步，在中小学科学教学研究领域多为思辨性的阐述和讨论，鲜有实践性研究。以上海市史坦默国际科学教育研究中心（STEM+ Research Institute）的课程《制作雨量器》为例，介绍国内目前融入 STEM 的科学课程创新实践案例。

表 2 《制作雨量器》课程设计案例

<b>课程名称</b>	制作雨量器		
<b>教学对象</b>	小学中、低年级（目前实验年级为小学 2 年级）		
<b>学科领域</b>	环境和地球科学	<b>课时</b>	12 课时+4 课时（灵活）
<b>项目介绍</b>	让学生在设计和制作雨量器的过程中，充分掌握雨的形成、风向、节气、雨的利弊等和气象科学相关的知识，辅以物理科学、计算机应用等多元层面技能。		
<b>需要解决的问题</b>	1.雨的利弊有哪些？ 2.怎样区分无风、软风、轻风……暴风、飓风呢？ 3.NASA（美国航空航天局）、JAXA（日本宇宙航空研究开发机构）为什么要发起全球降雨量核心观测项目？4.未来气象工程师如何应对全球水资源危机？		
<b>涉及的 STEM 内容</b>	<b>科学</b>	模拟水循环；雨的预测；节气/气象学；酸雨；人工降雨	
	<b>技术</b>	气象卫星；全球雨量观测项目	
<b>涉及的 STEM 内容</b>	<b>工程</b>	风向标；雨量器制作	
	<b>数学</b>	测量；单位换算；容积、体积、高度、圆的面积计算；读数	
	+	雨量器的历史；雨量器的使用事项	

国内 STEM 教育与科学课程融合的实践已逐步向国际 STEM 课程靠拢，尝试以项目制作、问题导向和学科融合的理念设计科学课程，具有很大的发展前景。但由于缺乏具体、统一的 STEM 科学教育框架体系、评估标准和有效的教学指导，未广泛在中小学基础教育课堂中实施和推广，对 STEM 和科学教育如何有效融合依然存在理论的迷茫和实践的制约。

## 3. STEM 融合科学课程的路径浅析

### 3.1. 以生活化的项目推动课程开展

围绕一个具体的、真实的生活问题/现象进行深入探究，如放风筝、学校周边社区调研、家庭数学问题、延时摄影、城市系统模型等。同时，学生以项目负责人的身份成为学习的主体，明确项目要解决的科学问题，根据项目进度安排，在设计、制作、修改等过程中理解并

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

应用所融入的科学概念和跨学科知识，得到科学、技术、工程和数学素养的提升。

### 3.2. 完善课程体系，重视“科工”整合

完善的课程体系意味着对科学、技术、工程和数学知识内容的重组、交融和延伸，而不仅仅是学科知识的简单叠加，如何实现学科的有效整合，对我国科学教育传统课程体系而言是一个较大的挑战。有学者提出“科-工”整合最符合我国基础科学教育发展需要的STEM整合类型(唐小为和王唯真,2014),即强调工程设计与科学的整合,在现有科学课程基础上,设计、开发和整合跨学科内容的工程项目,从而实现科学课程的STEM教育转型。

### 3.3. 提供专业化师资培训和教学资源

对教师而言,可以通过教师培训、课堂观摩、教研组交流等教研活动提升教师的STEM科学教学素质,对学科整合课程的设计和实 践给予有效的指导。学校科教组可以建立由相关学科的教师、专家,课程设计师等相关人员的教研团队。此外,科学教育的改革发展需要政府和学校增加财政投入,从STEM课程教学资源包、工程素材、技术装备的设计、购买和开发,逐步到STEM实验室、科学实验室等空间的规划,需要一定的资金支持和人员维护。

### 3.4. 调动社会资源

学校在规划STEM科学课程时可以借助社会上的教学资源寻求广泛支持。如联合科教馆、博物馆、少年宫、创客空间等科普机构,以社会公共教育服务的形式提供科学教育场所和设计空间;与各种科学教育机构、STEM教育培训中心合作举办STEM科教培训、课例共享、教学实践活动等;借助高校相关教研成果,邀请高校专家学者和研究人员走进校园指导;组织学生参与社会上STEM相关的科学教育项目和比赛活动...有助于减轻学校在科学教育课程改革中所承受的人力和物资重担,使有限的资源创造最大的应用价值。

## 参考文献

- 唐小为和王唯真(2014)。整合STEM发展我国基础科学教育的有效路径分析。《教育研究》，9，61-68。
- 傅骞和王辞晓(2014)。当创客遇上STEAM教育。《现代教育技术》，10，37-42。
- STEM+项目课程：一睹为快《制作雨量器》 [EB/OL]. Retrieved July 15, 2015, from [http://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MzAxMTM0ODA0NQ==&mid=204255567&idx=1&sn=bae201bb3939e1f0b3f4ca618cbcd59d&scene=4#wechat\\_redirect](http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzAxMTM0ODA0NQ==&mid=204255567&idx=1&sn=bae201bb3939e1f0b3f4ca618cbcd59d&scene=4#wechat_redirect).
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning by DeSIGN™ Model, maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*. 73 (6), 14-19.
- ITEEA STEM Education Product Guide (2015-2016) [EB/OL]. Retrieved July 15, 2015, from <http://www.iteea.org/Publications/productguide.htm>.
- Our Program [EB/OL]. Retrieved July 15, 2015, from <https://www.pltw.org/our-programs>.
- Projects at High Tech High [EB/OL]. Retrieved July 15, 2015, from <http://www.hightechhigh.org/projects/?name=Go%20Fly%20A%20Kite!&uid=8900a64d2e8797e94fe256c5883d03ff>.