

# 基于 STEM 理念的校本课程——以制作“天气瓶”为例\*

周礼<sup>1</sup>, 章亚楠<sup>1</sup>, 朱悦卫<sup>1</sup>, 肖多闻<sup>2</sup>, 周青<sup>1\*</sup>, 李高峰<sup>3</sup>

(1. 陕西师范大学化学化工学院, 陕西西安 710119; 2. 深圳市宝安区沙井中学, 广东深圳 518104;

3. 陕西师范大学生命科学学院, 陕西西安, 710119)

**摘要:** 提出 STEM 教育的三大核心理念: 跨学科整合、问题驱动、情景与合作。并且以校本课程的形式, 通过制作“天气瓶”为课程案例, 呈现了 STEM 课程的实施过程和设计原则。此外, 研究也表明基于 STEM 理念的校本课程能够在一定程度上提高学生化学学习的兴趣。

**关键词:** STEM 教育; 天气瓶; 校本课程; 学习兴趣

**文章编号:** 1005-6629(2016)10-0012-04

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

STEM 教育是科学、技术、工程、数学教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 的简称。它起源于 1980 年代的美国, 旨在打破学科领域边界, 培养学生的科技理工素养, 进而提升国家竞争力和创新能力<sup>[1]</sup>。美国的 STEM 教育在提升国民科学素养、增强国家经济实力、驱动创新等方面均具有显著作用<sup>[2]</sup>。为此, 美国建立了 STEM 学校专注于培养高素质人才, 这些学校的相关案例值得国内借鉴<sup>[3]</sup>。截止 2014 年, 美国大约有 358 所公立 STEM 中学, 而美国总统奥巴马呼吁在未来 10 年要新建 1000 所 STEM 中学<sup>[4]</sup>。

我国的 STEM 教育起步较晚, 在基础教育阶段还没有建立起完整的 STEM 教育体系, 也没有专门的 STEM 中学。鉴于美国发展 STEM 教育所取得的巨大成就, 重视并发展我国的 STEM 教育具有深远意义。基于我国基础教育的实际情况, 本研究侧重于化学教学并结合校本课程进行相应的探索, 为我国的 STEM 教育发展提供相应的参考。

## 1 STEM 教育的框架与特征

科学本身不能生产东西, 孤立的技术也不能, 单独数学更不能, 只有把科学、技术和数学结合在一起的时候, 才能够生产出有价值的东西或者其

\* 国家社会科学基金“十二五”规划 2012 年度教育学重点课题“中小理科教材国际比较研究(高中化学)”(AHA120008)。

\*\* 通讯作者, E-mail: zhouq@snnu.edu.cn。

2006: 49.

[8] 丁邦平. 国际科学教育导论 [M]. 太原: 山西教育出版社, 2002: 104.

[9] 丁邦平. 反思科学教育 [J]. 中国教育学刊, 2001, (2): 20~24.

[10][15] 孔狄亚克著. 洪洁求, 洪丕柱译. 人类知识起源论 [M]. 北京: 商务印书馆, 2010: 13, 34.

[11][20] 安德烈·焦尔当著. 杭零译. 学习的本质 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2016: 119, 136.

[12] 吴晗清, 郑冬梅. 化学教育价值及其实现 [J]. 教育理论与实践, 2014, (20): 18.

[13] 吴国盛. 科学作为希腊的人文 [J]. 哲学分析, 2015, (2): 130~140.

[16] 邵晓枫. 十年来我国师生关系观述评 [J]. 教育学报,

2007, 3(5): 13~19.

[17] 吴康宁. 学生仅仅是“受教育者”吗? ——兼谈师生关系观的转换 [J]. 教育研究, 2003, 24(4): 43~47.

[18] 龙宝新. 高效课堂的理念缺陷与实践超越 [J]. 教育发展研究, 2014, (12): 41~48.

[19] 杨叔子. 绿色教育: 科学教育与人文教育的交融 [J]. 教育研究, 2002, 23(11): 12~16.

[21][24] 马凤岐. 自由与教育 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2006: 54, 41.

[22] 沃尔夫冈·布列钦卡著. 杨明全, 宋时春译. 教育知识的哲学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2006: 100.

[23] 石鸥, 赵长林. 科学教科书的意识形态 [J]. 教育研究, 2004, 25(6): 72~76.

他高科技产品。这也是提出 STEM 这一框架的直接原因<sup>[5]</sup>。美国国际技术教育协会 (International Technology Education Association) 提出了 STEM 课程的基本架构 (见图 1), 其核心观点是以解决工程问题为课程主轴, 再辅以技术设计、数学与科学相关知识, 发展专题导向的教学模组, 以培养学生各学科知识的整合能力并激发学生学习工程的兴趣<sup>[6]</sup>。因此, 我国基础科学教育的发展需要依托整合的 STEM 课程, 以已有的科学课程为载体, 开发整合与不同学科内容相关的工程设计任务, 注重教学实施中科学探究与工程设计的有机结合<sup>[7]</sup>。

科学、技术、工程和数学这四门学科都包含了知识和实践的部分, 它们几乎囊括了理工科课程的全部范畴, 四者之间有着紧密的联系。总的来说, STEM 教育应具有三大核心理念: 跨学科整合、问题驱动、情景与合作。

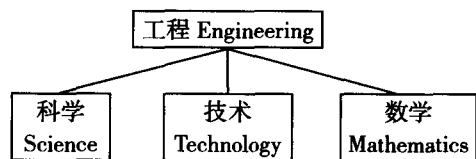


图 1 STEM 取向的课程架构

### 1.1 跨学科整合

科学是数学的思想和平台, 数学是科学的工具和语言; 数学和科学是工程的基础, 工程又是科学和数学的关键; 工程设计能产出高新技术, 高新技术又为工程实施提供有利的硬件支持。但是, 这四者又各有侧重点: 科学重在发现探索, 技术侧重发明革新, 工程强调集成建造, 数学强调逻辑推理。总的来说, STEM 教育的理念就是促使四门学科既立足于每一门学科的特殊性, 又彼此间渗透, 培养学生各学科间的综合素养<sup>[8,9]</sup>。

### 1.2 问题驱动

工程问题的解决往往是 STEM 课程的主轴, 学生的学习活动必须与任务或问题相结合, 以探索问题来引导和维持学生的学习兴趣 and 动机, 创建真实的教学情境, 让学生带着真实的任务学习, 以使拥有学习的主动权<sup>[10]</sup>。与此同时, 问题驱动还能够提高学生在课堂教学中的参与程度, 容易激起学生的求知欲, 活跃其思维。

### 1.3 情景与合作

建构主义认为, 学习不是由教师向学生传递

知识, 而是学生自我建构知识的过程, 教师只是作为该课程的引导者。STEM 课程活动不仅仅教授学生孤立、抽象的学科知识, 更强调把知识还原于丰富的生活情境中。学生再通过情景互动, 以小组合作的形式协同互助、相互启发, 参与、体验获得知识的过程, 不仅能够获得结果性知识, 还习得蕴含在问题解决过程中的过程性知识<sup>[11]</sup>。与此同时, 合作学习还能培养其主动参与的意识, 激发学生的求知欲, 最终共同达成教学目标。

## 2 课程设计

本研究选择了某中学初三年级的学生作为研究对象, 旨在探索基于 STEM 理念的校本课程对学生学习兴趣的影响, 并讨论 STEM 课程在中学教学过程中的实施方案和设计原则。

### 2.1 研究选题

“天气瓶”是一种简单的手工艺品, 人们在日常生活中用它作为预报天气的参考。对于 STEM 课程的建设, “天气瓶”既贴近学生的生活实际, 又蕴含丰富的化学知识和其他学科的相关知识, 并且制作过程又能考验学生的动手能力。因此, 本研究以制作“天气瓶”为主题。该课程在学习完人教版初中化学第九单元“溶液”之后进行, 此时学生已经掌握了溶液、晶体相关的基础知识, 对天气瓶的制作有一定的感性认识与理性认识。此外, 天气瓶的制作在网上有许多样本, 诸如上海 STEM 云中心 (<http://www.stemcloud.cn>) 也有相关的介绍, 但是都没有从课程的角度出发进行探索。

### 2.2 设计思路

在科学知识层面上, 试图重点突出化学知识又兼顾其他学科知识的跨学科整合。其中, 化学知识涉及到结晶、饱和溶液等重要概念, 其制作原理是天气瓶内的饱和溶液析出了樟脑晶体, 硝酸钾、氯化铵和水作为次要成分, 对控制樟脑晶体形成有很大的作用; 物理知识涉及到气压、湿度、电场、磁场对晶体形成均没有影响, 只有温度对其有影响, 一般对于这种体系, 温度越低, 就越容易出现结晶; 生物知识涉及到樟脑为樟科植物的枝、干、叶及根部, 经提煉制得的颗粒状结晶, 天气瓶使用天然樟脑的效果要比人造樟脑的效果好。

在技术层面上, 本课程主要是化学实验的操作技术。在活动中, 每个小组都扮演了独立的天气

表1 制作“天气瓶”的教学流程

教学环节	教师活动	学生活动	设计意图
新课引入	[导课] 播放视频 StormGlass, 该视频展示了天气瓶实物及瓶内的变化情况(如图 2), 接着展示了天气瓶的商品介绍。	学生观看视频及天气瓶的简介。(如果溶液很澄清, 说明天气将会是晴好的; 如果溶液是朦胧的, 有时伴有沉淀, 天气也会像溶液一样多云……也就是说, 随着天气的变化, 瓶子里溶液的结晶也会发生不同的变化, 观察结晶就能预报天气)	以天气瓶预报天气来搭建生活与学科之间的桥梁, 以视频为呈现手段, 学生能自然地进入本课主题, 更能激发学生的学习兴趣。体现了 STEM 教育的情景性。
提出问题	[提问] 这种天气瓶看起来很漂亮, 不过它真的能预测天气吗? 说出自己的判断, 并说明原因。	学生分析思考后发言。有的学生认为天气瓶能够预测天气, 有的学生认为天气瓶只能感知周围环境的温度, 不能预测天气。	通过提问让学生对天气瓶是否能预测天气进行分析、思考, 联系已有的化学知识和生活经验, 做出合理的猜想。符合问题驱动的 STEM 教育理念。
验证猜想	[实验验证] 让学生用购买的天气瓶进行实验, 以 3~5 人为一组, 验证视频里的情况及自己的猜想。其中, 猜想天气瓶能够预测天气的小组记为红队, 猜想天气瓶只能反映周围温度的小组记为蓝队。	红队: 将天气瓶置于室外, 观察瓶内结晶的情况, 然后在天气瓶周围放置冰块, 再观察瓶内结晶的变化情况。 蓝队: 将天气瓶放入温度约为 40℃ 左右的温水中进行水浴加热, 观察升温过程中瓶内结晶的变化; 然后, 在水中加入冰块, 观察在降温过程中瓶内结晶的变化。	让学生参与活动, 增强学生的动手能力, 在实践中学习知识。符合 STEM 教育中体验情境、团结协作的理念。
	[结果分析] 教师引导两队学生分析出现上述现象的原因, 并对其现象进行了解释。(天气瓶内析出的晶体是樟脑晶体, 硝酸钾、氯化铵和水作为次要成分, 对控制樟脑晶体形成有很大的作用。气压、湿度、电场、磁场对晶体形成均没有影响, 只有温度对其有影响。一般对于这种体系, 温度越低, 就越容易出现结晶)	红队: 置于室外的天气瓶能如实反映当时的天气状况, 但是放置冰块后, 瓶内的结晶发生了改变, 说明天气瓶不能预测天气, 推翻了自己的猜想。 蓝队: 随着水温的不断改变, 天气瓶内的结晶也在不断改变, 说明天气瓶能够反映周围环境的温度, 证实了前面的猜想。	通过分析实验结果, 学生自己验证了天气瓶是否能预测天气, 训练了学生进行辩证思考的能力。
工程设计	[工程问题] 了解天气瓶的原理之后, 教师提出让学生运用实验室提供的器材, 自己动手制作天气瓶。	学生根据天气瓶的原理和实物, 提出了实验所需的器材: 硝酸钾、氯化铵、蒸馏水、无水乙醇、樟脑、烧杯、玻璃棒、托盘天平、量筒、温度计、水槽、玻璃瓶(带盖子)、手套。	提出工程问题, 训练学生解决问题的能力。符合 STEM 教育中问题驱动的理念。
	[手工制作] 教师提供了天然樟脑、市售樟脑丸两种药品, 其中红队使用的是市售樟脑丸粉末进行实验, 蓝队使用的是天然樟脑粉末进行实验。实验中硝酸钾、氯化铵、樟脑粉末的配比是学生通过查阅资料和反复实验确定的。	学生制作天气瓶的步骤为: (1) 用托盘天平分别称取 2.5g 硝酸钾、2.5g 氯化铵和 10g 樟脑粉末待用; (2) 将硝酸钾和氯化铵溶解于 33mL 蒸馏水中, 用玻璃棒搅拌至澄清; (3) 将樟脑粉末倒入玻璃瓶内, 再加入 40mL 无水乙醇; (4) 将步骤二的溶液缓慢倒入步骤三的溶液中, 水浴加热至澄清, 温度在 40℃ 左右; (5) 将玻璃瓶放置在通风、无阳光直射的地方静置 24~48 小时即可得到成品。	培养学生基本的实验技能, 增强实验操作的熟练程度。
课堂总结	[结果分析] 教师对两队的实验产品进行验收, 对比产品的优劣并作出评价。同时指出, 在天气瓶的制作过程中, 使用天然樟脑的效果要比人造樟脑的效果好。	红队: 制作的天气瓶内溶液浑浊, 不能形成结晶。 蓝队: 制作的天气瓶和市售的天气瓶较为接近, 而且能够反映周围环境温度的变化情况(如图 3)。	学生通过实证研究的方法, 认识到市售樟脑丸与天然樟脑之间存在差异。
	[总结] 教师总结本课程的相关内容并提出了实验中的一些注意事项: (1) 使用热水浴加热时避免烫伤; (2) 实验操作全程戴手套; (3) 操作过程中尽量避免灰尘的影响; (4) 瓶子一定要封紧, 避免酒精挥发。	学生认真聆听教师讲解, 反思自己出现的问题。	通过回顾天气瓶的原理及制作流程, 既能巩固溶液的相关知识, 又拓展了学生的知识领域, 体现了跨学科整合的 STEM 教育理念。

瓶制作工厂的角色,体现了STEM理念中的情景与合作。从工厂生产的角度,每个步骤都是技术的体现。

在工程问题层面上,利用预报天气的生活情境激发学生的学习兴趣,让学生解决的第一个问题是“天气瓶真的能预测天气吗?”,从而让学生用实验验证自己的猜想;随后的第二个问题是工程设计问题,要求学生自己动手制作天气瓶,并利用天然樟脑和人造樟脑两种配方进行实验。这种进阶式的问题体现了工程学中从明确问题到制订方案,最后测试和优化改进的系统性步骤。此外,学生还可能面临这些问题:实验药品的用量各为多少?要用到哪些实验器材?先做哪一步?以上问题均能体现问题驱动的STEM理念。

在数学层面上,本课程将数学作为一种辅助工具,主要涉及药品称量时的读数、计数以及制订药品配比,不仅培养了学生的数学素养,还加深了学生对科学探究和科学概念的理解,促进了工程问题的解决。

### 2.3 教学流程

依据教学设计思路,设计“天气瓶”的教学流程,具体如表1所示。

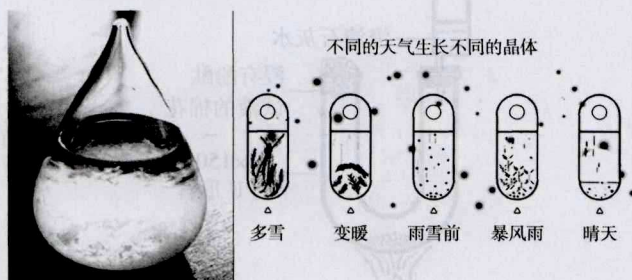


图2 “天气瓶”及其变化情况



图3 学生制作的“天气瓶”成品

## 3 结论与启示

通过本研究的试点,我们发现基于STEM理念的校本课程,能够在一定程度上提高学生化学的兴趣。因此,化学教师在实际教学过程中,

可以适当地开设相关的校本课程,给学生创造更多的动手机会,提高学生学习化学的兴趣,进而提升学习效果。在制作“天气瓶”的课程中,我们也发现STEM课程的实施和设计应当注意以下几点:首先,实施课程的主体应该是学生而不是教师,该课程大多数时间是学生自主学习,自己动手实验,这符合新课程的理念;其次,教师对课程内容的选择应该是既贴近学生的生活实际,又与教材内容相关,从而使课程充满趣味性、知识性;最后,课程应当充分体现STEM教育理念,蕴含科学的教育设计和基础性学科知识,促使教学内容既立足于每一门学科的特殊性,又相互渗透,从而培养学生的创新精神与实践能力。

### 参考文献:

- [1] 王旭卿. 面向STEM教育的创客教育模式研究[J]. 中国电化教育, 2015, (8): 36~41.
- [2] 龙玫, 赵中建. 美国国家竞争力:STEM教育的贡献[J]. 现代大学教育, 2015, (2): 41~49.
- [3] Eisenhart, M., Weis, L., Allen, C. D., Cipollone, K., Stich, A., & Dominguez, R. (2015). High School Opportunities for STEM: Comparing Inclusive STEM-focused and Comprehensive High Schools in Two US Cities. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 763~789.
- [4] Ofpresident, E. O. (2010). Report to the President. Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) for America's Future. Executive Office of the President, 15 (6), 30~31.
- [5] 李雁冰. “科学、技术、工程与数学”教育运动的本质反思与实践问题——对话加拿大英属哥伦比亚大学Nashon教授[J]. 全球教育展望, 2014, (11): 3~8.
- [6][8][10] 李扬. STEM教育视野下的科学课程构建[D]. 金华: 浙江师范大学硕士学位论文, 2014.
- [7][9] 唐小为, 王唯真. 整合STEM发展我国基础科学教育的有效路径分析[J]. 教育研究, 2014, (9): 61~68.
- [8] 余胜泉, 胡翔. STEM教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究, 2015, (4): 13~22.