

U-G-S 模式在化学实验教育协同创新中的应用

李丽萍^{1,*}, 唐俊颖², 赵亮², 马松新¹, 陈颖¹, 王颖¹, 杨雨鹤¹, 左霞¹

¹首都师范大学化学系, 北京 100048

²北京市第十一中学, 北京 100050

摘要: 重视实验教育是培养化学创新人才的必由之路。在分析当今化学实验教育诸多瓶颈问题的基础上, 本文提出引入 U-G-S 模式集合高等师范院校、中学和政府力量共同促进化学实验教育的协同创新, 并通过分享代表案例总结了 U-G-S 模式下化学实验教育创新与化学实验教育人才培养的经验, 为科学实验教育在更大范围内的协同创新提供了有价值的参考。

关键词: U-G-S 模式; 化学实验教育; 教师培训; 师范教育

中图分类号: G64; O6

Application of U-G-S Model in Collaborative Innovation for Chemistry Laboratory Education

LI Liping^{1,*}, TANG Junying², ZHAO Liang², MA Songxin¹, CHEN Ying¹, WANG Ying¹, YANG Yuhe¹, ZUO Xia¹

¹ Department of Chemistry, Capital Normal University, Beijing 100048, P. R. China.

² No.11 High School, Beijing 100050, P. R. China.

Abstract: Chemistry laboratory education is vital in cultivating innovative students. Based on the analysis of current situation of chemistry laboratory education, we applied the U-G-S model to integrate normal universities, schools and the government to facilitate innovation in laboratory education. In addition, we shared an example with valuable experiences to inspire new ideas for the collaborative innovation in the area of science laboratory education.

Key Words: U-G-S model; Chemistry laboratory teaching; Teacher education; Normal education

化学是以实验为基础的自然科学, 良好的实验教育是实现全面化学教育的最有效途径^[1]。但是, 受历史原因和发展阶段所限, 现阶段我国中学实验教育发展不充分^[2-4], 各师范院校的化学实验教育也逐渐暴露出与社会和时代要求脱节的诸多问题^[5-7]。另一方面, 对照2016年颁布的《中国学生发展核心素养》中对学生学会学习、实践创新、科学精神和责任担当等方面的最新要求, 化学实验教育事实上需要一场跨越式发展^[8,9]。在这样的大背景下, 具有优秀实验素养和实验教育能力的一线化学教师也成为当下的迫切需求。

跨越式发展的迫切需求同样意味着巨大的挑战。现阶段高等师范院校化学实验教育的问题与中学阶段化学实验教育的困境环环相扣, 面向时代、面向社会、面向学生发展核心素养的化学实验教育改革与创新正经历一个瓶颈阶段。对于这一系统性难题, 引入最近几年广受关注的大学-政府-学

收稿: 2017-09-18; 录用: 2017-12-01; 网络发表: 2017-12-27

*通讯作者, Email: LipingLi@cnu.edu.cn

基金资助: 首都师范大学教学改革项目(2016); 北京市优秀人才培养“青年骨干个人项目”

校(University-Government-School, U-G-S)教师职业发展模式^[10-12]有望在一定程度上打破中学和高等师范院校化学实验教育双重困境相互缠绕的僵局, 开创化学实验教育改革与创新的新局面。

本文以“诊断-方案-实践-反思”(Diagnosis-Solution-Practice-Reflection, DSPR)的逻辑顺序^[13], 首先以诊断问题为目的剖析了现阶段中学和高等师范院校化学实验教育的瓶颈, 随后提出引入 U-G-S 模式促进化学实验教育协同创新的解决方案, 并在实践层面从代表性案例出发对实践成果和实践经验进行总结和反思, 旨在为基于 U-G-S 模式的化学实验教育改革提供创新提供参考, 为未来自然科学领域的实验教育跨越式发展开拓思路。

1 诊断: 高等师范院校和中学化学实验教育的症结

虽然目前中学阶段的化学实验教育的受重视程度逐渐增加, 但受制于目前中学教师的实验素养和实验教育能力, “有理念少行动”或“有开发少实施”的问题依然非常普遍^[2], 想要面向中国学生发展核心素养实现跨越式发展, 涉及的核心问题包括:

- (1) 理念框架层面, 实验教育理念的更新和实验课程体系的完善^[14];
- (2) 教师队伍层面, 教师实验教学能力的培养和人才梯队的建设^[15];
- (3) 实践实施层面, 对实验教学从创新思想到创新实践的层层推进^[16]。

另一方面, 绝大部分高等师范院校的化学实验教育目前存在的突出问题包括:

- (1) 课程体系层面, 个性化不足: 目前化学专业师范学生与面向化学研究、应用化学等方向的学生采用相似甚至雷同的实验课程, 与师范类学生匹配的个性化实验教育亟待发展^[5,17];
- (2) 课程形式层面, 时代性不足: 目前实验课程形式存在僵化单一的问题, 在信息化条件下成长起来的新一代师范学生的自主性学习能力(Self-Regulated Learning, SRL)^[18,19]难以调动, 创新性受到抑制;
- (3) 课程内容层面, 社会性不足: 目前实验课程内容存在陈旧老化的问题, 与新科技革命正深刻改变世界的社会发展形势严重脱节, 鲜见国际科学教育界广受重视的人类重大社会-科学问题(Socio-Scientific Issues, SSI)^[20-22]的深刻融入。

2 方案: 基于 U-G-S 模式的化学实验教育的协同创新

通过以上分析我们认为, 高等师范院校化学实验教育和中学化学实验教育的复杂困境, 宜由高等师范院校化学实验教育改革为先导, 通过与基础教育合作进行协同创新的形式循序渐进地寻求系统性突破。考虑到实际情况和具体条件, 我们认为 U-G-S 模式是实现突破的有力途径。U-G-S 模式是指师范大学、地方政府、中小学校三方合作的教师教育模式, 近年来被广泛应用和发展^[10-12]。

U-G-S 模式的突出特点是以教师教育为核心任务, 在政府支持下, 各参与单位遵循目标一致、责任共同、利益分享和资源优化的原则^[10-12]。这与本文中高等师范院校和中学在化学实验教育领域进行协同创新的需求高度匹配。具体表现为: (1) 高等师范院校和中学共同承担面向时代和社会需求的实验教育改革与创新的任务, 共同承担培养具有优秀实验素养和实验教育能力的教师的任务, 此为目标一致; (2) 高等师范院校和中学在协同创新过程中, 在政府的支持下必须对合作内容的顶层设计、中层规划和底层执行一起落实, 此为责任共同; (3) 高等师范院校和中学在协同创新过程中, 都将获得实验教育创新和人才培养方面的收益, 此为利益分享; (4) 在实验教育协同创新过程中, 高等师范院校发挥学科专家资源和实验室资源方面的优势, 在合作项目设计中发挥重要作用, 中学发挥教育实践方面的优势在项目落地和教师实训中发挥重要作用, 此为资源优化。因此, 本文在原有 U-G-S 模式的经验基础上, 将实验教育协同创新作为具体内容和任务, 旨在实现化学实验项目创新的同时实现实验教育人才的训练和培养。

3 实践与反思：基于 U-G-S 模式的化学实验教育协同创新实例

3.1 实例分享

近几年来，北京市第十一中学生态实验室，在北京市教委的支持下，与首都师范大学合作，以 U-G-S 模式进行化学实验教育的协同创新，在积累初步成果的基础上，正着力于合作项目的拓展和实践经验的推广，为实验教育协同创新在自然科学领域的发展提供参考价值。本文将合作成果举一例展开说明。

在本范例中，在政府层次，北京市教委为中学建设特色实验室提供了资金和政策上的支持与引导；在师范院校层次，以化学专业师范生为主体组成课程研发与教育实践团队，在院系组织和专家导师指导下与中学对接进行协同创新；在中学层次，以综合实践活动中的研究性学习为内容，由中学实验室管理人员和化学教研组成员组成团队，与师范院校团队对接合作。从实践中看，在实验教育创新和实验教育人才培养方面可以为科学教育领域提供如下有价值的结论和经验：

首先，在实验项目选题阶段注重社会性，参考国际科学教育界的研究和实践成果^[20-22]，以社会科学问题(SSI)的融入为侧重点。再结合当前社会热点和现有实验室平台的发展定位，合作团队选择了生态环境领域的环境分析为课程设计主题。该议题涉及化学、生物、环境、地理、社会学等多个学科。在学科交叉成为大势所趋的形势下^[23]，采用 SSI 作为课程主题是采用了以化学为中心学科进行综合课程项目设计的思路，同时兼顾了与中学化学知识体系的内在联系。合作团队在这一主题下开发了水环境分析、重金属分析、植物成分分析等一系列适宜用作中学综合实践活动的课程，每个系列都注重与中学化学知识结构的深度结合以及由浅入深、循序渐进的内容设计。

以水环境分析为例剖析(图 1)，从项目选择的水域背景调研出发，再到水环境现状分析和未来水环境保护，在空间维度上涉及到实验室与户外现场，在时间维度上涉及项目的过去、现在到未来的脉络作为线索，在内容上涉及 pH、元素、金属、无机物和有机物等中学化学多个概念和知识点，又可以根据实际条件由浅入深选择常规实验室仪器、便携式小型仪器与现代大型仪器，具有主体鲜明、内容可调、结构弹性的特点，充分满足综合实践活动自主性、开放性、生成性等特征^[24]。



图 1 水环境分析课程的设计结构与内容

侧重选择具有学科交叉性的社会-科学问题,除了有效地促进学科知识、通识知识的融合,还能够在学生发展核心素养层面促进多个维度的提升,特别是传统课堂中比重较为薄弱的科学精神、责任担当等方面。例如,基于生态环境项目的综合实践活动结束后,对学生提交的总结报告进行提取分析(如图2所示,参与学生总数 $N = 160$, 随机抽样 $n = 38$),在学生层面的数据可以提取出科学知识、动手实践能力、团队合作、科学方法与科学精神、自然情怀与环保担当五个方面的收获,其中提及科学方法和科学精神收获的比例达到 57.9%,提到环境保护责任担当的比例达到 68.4%。

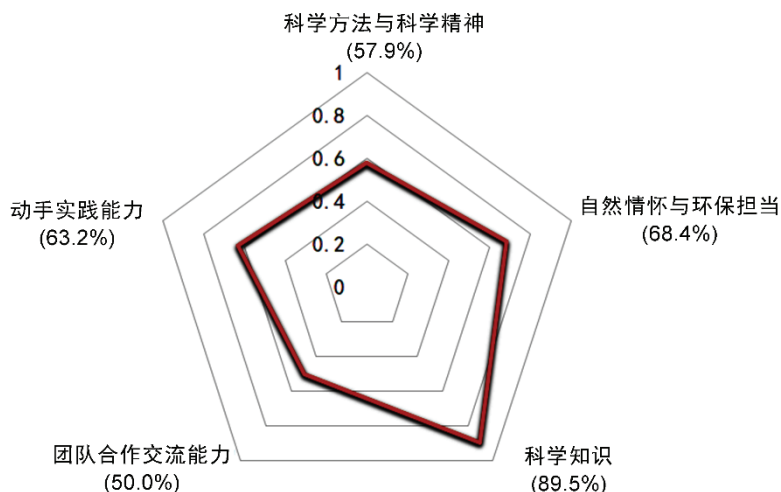


图2 学生报告数据分析结果

其次,在实验项目开发过程中,注重自主性,以充分调动信息化背景下成长起来的新一代师范学生的创造力。新一代师范学生受益于信息爆炸的互联网时代环境,采用基于信息能力(Information Literacy, IL)的学习方式一方面有助于提高他们的参与性、创新性和自主性^[19],改变高等师范院校传统实验教育方式的僵化单一局面,另一方面在项目实践中不断强化获取、鉴别、分析、交流、生成等多个层次的信息能力,而这一新时代的核心技能是成为未来社会终身学习者的基础,实现当今科学教育从培养科学素养(science literacy)到培养可持续发展素养(sustainability literacy)的拓展,构建良性循环的教育生态^[25]。

最后,在具体实施环节中,注重协同性,在 U-G-S 三方通力合作下,实现化学和化学教育领域专家、化学专业师范学生和中学一线化学教师的优势互补和全面培训。在已经开发的综合实践活动课程中,实施场所涵盖了大学实验室、中学实验室到社会实践场所,实施过程中以协同研发课程为中心任务,实现“自上而下”(top-down)和“自下而上”(bottom-up)两个层次的教师培训^[26]。

“自上而下”是指通过团队协作,实验课程研发和创新过程中一线教师和师范学生接受化学专家和化学教育专家指导,实现实验教育理念的更新和实验教育技能的提升;“自下而上”是指来自师范学生的自主创新和来自一线教师的实践经验相结合,促进化学实验教育理念的不断充实、更新与完善。通过“自上而下”和“自下而上”两个层面的互动合作,能够促进教育理论与教育实践的深度融合,促进职前培养与职后教育的协同发展,并集合化学专家和化学教育专家、化学专业师范学生和中学一线化学教师三方之力,将化学实验教育理念在创新和实践中不断更新完善。

3.2 问题分析

虽然本实例中的实验课程创新立意鲜明且实施效果较好,但是从个例到推广的实际应用过程中,我们不得不探讨如下问题:

第一,学生层次,实验教育创新必须充分考虑中学学生和大学学生在化学知识背景和实验功底方面的差异,以文献资料阅读、分组研讨、分组指导、集体讨论、结题报告等模块式设计来分解学

生的认知负荷,在弥补中学生知识背景和实验功底的同时强化化学实验中的科学思维。另一方面,以小组为单位组织实验课程的学习和探索,具有个体差异的学生根据自身特点担任团队中的不同角色,既有利于增进核心素养中的团队合作能力^[8],又有利于因材施教的实现。

第二,实验室建设和课程建设层次,一方面在政府主导下建设的中学实验室通常有较好的资金支持,但实验室建设经验严重匮乏,容易出现实验布局、设备购置不合理等问题;另一方面,受过去长期分科教学的影响,中学教师普遍跨学科综合能力薄弱,在课程建设方面需要集合化学研究、化学教育甚至跨学科教育等多方面专家的力量,这些问题都对 U-G-S 合作的质量提出了很高的要求。

第三,课程效果层次,为了能够持续改进和完善,一方面需要对课程效果进行客观评价,另一方面需要进行科学客观的学生满意度调研。因此,课程评估建模、观察法、访谈法、问卷法等社会科学研究方法在这方面的应用显得尤为重要,这意味着教育学者特别是化学教育专家发挥的作用不可忽视。

综上所述,我们认为,这些问题的本质是实验教育协同创新本身带来的大挑战对 U-G-S 三方合作模式提出的高要求,因此解决这些问题的出路也根植于如何充分调动 U-G-S 三方资源的充分整合、科学分工、密切合作。其中需要引起高度重视的是,化学实验教育创新不仅需要化学研究人员和化学教学人员的投入,也需要充分借助教育专家和跨学科领域专家的力量。

4 总结与展望

本文旨在化学实验教育领域引入 U-G-S 模式同步实现实验课程创新与实验教学人才培养,并通过具体实践实例总结成效、经验与问题,为化学实验教育的发展提供有意义的参考。引入 U-G-S 模式进行化学实验教育的创新尝试彰显了多重价值:(1) 服务于化学专业师范学生的创新能力培养与教育能力培养,构建适合高等师范院校的实验教学新内容和实验训练新模式,改善高等师范院校实验教育的个性化、时代性和社会性三大问题;(2) 建立和加强师范类高校与中小学的合作与联系,通过高端课程建设、化学实验教育人才培养等方面的努力,在中学化学实验教育更新理念框架、完善课程体系、推进实践实施三大问题上谋求突破;(3) 指出选择社会-科学问题和交叉学科视角作为项目式化学实验教育的发展方向,为科学教育同行提供面向未来发展趋势的前瞻性视野。

结合多次项目实践经验和世界范围内逐步蔓延的 STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) 教育热潮,在新时期实现化学实验教育的跨越式发展和化学实验教育人才队伍的高质量建设,需要化学学科知识、交叉学科知识、教育理论与方法、教育实践经验四个维度的整合。这意味着多方合作成为不可避免的选择,而统筹各方资源、组建多元团队进行协同创新也成为今后科学实验教育的发展方向。

参 考 文 献

- [1] 戴安邦. 大学化学, **1989**, 4 (1), 1.
- [2] 熊言林. 化学教育, **2011**, 32 (2), 5.
- [3] 马健生, 蔡雪. 教育学报, **2003**, No. 5, 17.
- [4] 周青, 刘建青, 杨辉祥. 化学教育, **2005**, 26 (1), 14.
- [5] 李远蓉, 李凤艳, 卢一卉. 化学教育, **2006**, 27 (1), 45.
- [6] 杜春芳, 方光荣. 化学教育, **2007**, 28 (3), 54.
- [7] 周璐珊, 张文雄. 化学通报, **2012**, 75 (3), 279.
- [8] 核心素养研究课题组. 中国教育旬刊, **2016**, No. 10, 1.
- [9] 沈玉红. 教学与管理, **2017**, No. 16, 52.
- [10] 刘益春, 李广, 高奇. 教育研究, **2014**, No. 8, 107.

-
- [11] 李中国, 辛丽春, 赵家春. 教育研究, **2013**, No. 12, 144.
- [12] 刘益春, 高夯, 董玉琦, 饶从满, 李广. 中国大学教学, **2015**, No. 3, 17.
- [13] 杨德伦. 中小学管理, **2016**, No. 12, 58.
- [14] 冷燕平. 课程·教材·教法, **2007**, No. 7, 45.
- [15] 张伯玉. 化学教育, **1995**, 16 (11), 29.
- [16] 吴晗清. 中国教育学刊, **2013**, No. 2, 68.
- [17] 文瑞明, 罗新湘. 中国高教研究, **2000**, No. 6, 81.
- [18] Sahdan, S.; Abidin, N. *Adv. Sci. Lett.* **2017**, 23, 912.
- [19] Houtman, E. *Commun. Info. Lit.* **2015**, 9 (1), 6.
- [20] Robottom, I. *Res. Sci. Edu.* **2012**, 42 (1), 95.
- [21] Stolz, M.; Witteck, T.; Marks, R. *Eur. J. Mat. Sci. Tech. Educ.* **2013**, 9 (9), 361.
- [22] Robottom, I. *Res. Sci. Educ.* **2012**, 42 (1), 1.
- [23] MacKinnon, P.; Hine, D.; Barnard, R. *High. Educ. Res. Dev.* **2013**, 32 (3), 407.
- [24] 褚荣华. 全球教育展望, **2006**, 35 (2), 74.
- [25] Colucci, L.; Camino, E.; Barbiero, G. *Sci. Educ.* **2010**, 90 (2), 227.
- [26] Kumar, T.; Rao, M.; Ravindranadh, K. *Ind. J. Appl. Res.* **2011**, 3 (6), 453.