基于专业课程培养本科生创新精神和科研能力 ——以无机合成化学为例

郭丽, 周志强*, 曹晶晶, 陈大树, 韩福芹

东北林业大学化学化工与资源利用学院, 哈尔滨 150040

摘要: 以无机合成化学为例进行了基于专业课程培养本科生创新精神和科研能力的教学方法改革, 探索以专业课程为载体加强本科生创新精神和科研能力的培养, 提高学生在学习中的主体地位, 培养勤于思考、敢于怀疑、勇于创新的素质和精神, 提升科研能力, 形成终身学习的能力和习惯。教学改革取得了一定的成效。

关键词: 创新精神; 科研能力; 无机合成化学; 教学改革

中图分类号: G64; O6

Teaching Reform of Inorganic Synthesis Chemistry Aiming at Innovative Spirit Cultivation and Scientific Research Ability Training

Li Guo, Zhiqiang Zhou *, Jingjing Cao, Dashu Chen, Fuqin Han

College of Chemistry, Chemical Engineering and Resource Utilization, Northeast Forestry University, Harbin 150040, P. R. China.

Abstract: This paper reports the teaching reform of inorganic synthesis chemistry aiming at innovative spirit cultivation and scientific ability training. In this reform, the specialized course was taken as the carrier to cultivate undergraduates' innovative spirit and scientific research ability, to enhance their dominant role in learning, to cultivate their quality of "diligent in thinking, dare to doubt and innovate", and to promote the cultivation of ability and habit of continuous self-learning. The reform has obtained some results, and the classroom teaching has got effective extension.

Key Words: Innovative spirit; Scientific research ability; Inorganic synthesis chemistry; Teaching reform

培养本科生创新精神、提高本科生科研能力, 是我国《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020 年)》提出的明确要求^[1], 对保证高等教育质量具有重要意义, 已成为研究型大学的共同目标^[2]。现阶段, 我国本科生的创新精神和科研能力相对较弱, 传统教学模式注重基础知识和专业知识的课堂教学, 缺少对本科生创新精神和科研能力的培养。如何提高大学生的创新精神和科研能力是当前大学教育面临的一个重要问题^[3–6]。实行课程教学方法改革, 以专业课程为载体, 在教学中融入创新精神和科研能力培养元素, 探索集知识传授、精神塑造、能力培养于一体的教学方法改革, 具有重要的实践意义。

1 我国本科生创新精神和科研能力培养现状

我国高校在培养本科生创新精神和科研能力方面起步较晚, 直到 20 世纪 90 年代末才逐渐出现。

收稿: 2019-07-12; 录用: 2019-08-15; 网络发表: 2019-08-22

*通讯作者, Email: zhouzq_nefu@163.com

基金资助: 黑龙江省高等教育教学改革项目(SJGY20180021, SJGY20170129)

1996年,清华大学借鉴美国麻省理工学院的本科生研究机会计划,实施“大学生研究训练计划”,这是我国高校最早开展的本科生创新与科研训练计划。此后,国内一批研究型大学也相继开展了类似活动^[7]。2005年,北京大学出台规定,首次将“研究课程”纳入课程体系,迈出了本科生创新与科研能力培养体系建设的关键一步,将本科生研究课程管理提高到了新的水平^[8]。2007年,教育部开始实施“国家大学生创新性实验计划”,标志着促进本科生创新精神与科研能力培养已上升到国家层面,提升本科生创新精神与科研能力成为高校教育教学改革的一个重要趋势。但是,上述各种大学生创新与科研训练活动和计划,只能够吸收少部分学生参与到其中,缺乏广泛性,不足以全面培养本科生的创新精神和科研能力。例如,作者所在单位有6个本科专业,每届大约有360名学生,但每年各级别创新训练项目加起来也只有十几项,每项3-5人,远不能覆盖所有本科生。

课程是高等教育中最根本的组织形式,是学生掌握知识、培养能力和提高素质的重要环节,通过教学方法改革使课程成为培养学生创新精神和科研能力的载体,覆盖面更大,更具广泛性^[9,10]。目前来看,基于创新精神和科研能力培养的课程教学方法改革还未见报道,具有研究空间。

2 无机合成化学课程现状

无机合成化学学时一般较少(32学时左右),没有实验学时。授课方式主要是教师就无机物质(包括单质、化合物及复合物)及其不同物态如单晶态、多晶态、非晶态、超微粒子、纤维、薄膜等的合成原理、合成技术、合成方法及对合成产物进行分离提纯及鉴定和表征的知识点进行罗列式讲解^[11,12],学生被动式听讲。有的教师会在授课中融入科学前沿介绍,比如特殊条件甚至极端条件下的合成,特种组成、结构和聚集态的合成,定向设计和组合合成等等,以激发学生的学习兴趣,但在培养本科生创新精神和科研能力上这还远远不够。传统教学偏重“我讲你听”的“满堂灌”,由于只是被动式地听讲,学生难以深入理解其中的原理与技术,学习的主动性不强、兴趣不高,导致教学效果不够理想。

无机合成化学知识面广、教学内容多、涉及多学科间交叉与融合。在教学方法上进行改革,课堂上精简内容、突出重点,融入创新精神和科研能力培养元素,上课下课相结合,教师讲授与学生主动学习相结合,课堂与实验室相结合,理论与实践相结合,在提高教学效果、培养本科生创新精神和科研能力上具有一定的可行性,值得大胆尝试。在此背景下,本文作者进行了无机合成化学课程教学方法改革,探索基于专业课程培养本科生创新精神和科研能力。

3 无机合成化学课程教学方法改革实践

3.1 改革内容与组织实施

改革内容如下:精选教学内容,将课堂教学分为基本知识讲授、科学前沿导读、科学实验设计、专题讨论等模块,如表1所示;合理安排每个教学模块,在有限的学时内将无机合成化学的基本知识点以“简而精”的形式讲授给学生,形成课程知识基础,同时开启学生研究思考的切入口。

做好科学前沿导读,激发学生学习兴趣,做好知识拓展规划指导,引导学生积极主动去拓展知识,去学习课堂上没有覆盖到的知识,培养持续学习的能力。表2给出了科学前沿的两个例子。中国的“人造太阳”创下多项世界纪录,这里结合超导材料和等离子加热原理讲解。新型钙钛矿太阳能电池稳定、高效、经济、便于制造,这里基于钙钛矿结构材料讲解。

针对当前科学前沿热点问题,指导学生分组确立无机合成目标、提出合成方案、设计具体合成步骤、明确分析测试手段及评价标准等;开启科研实践,指导学生进入实验室进行科学实验实践,实验条件除了本课题组教师成员的实验室资源外,还积极与本专业其他教师、实验室合作,共享成果;课程考核,将原来“期末笔试成绩(80%)+平时成绩(20%)”的考核模式改为“期末笔试成绩(60%)+平时成绩(40%)”,期末笔试中增加科学实验设计试题比重,平时成绩主要基于学生知识的拓展、合成目标的确定、合成方案的提出、合成步骤的设计、分析测试手段及评价标准的确定等内容。表3给出了2016级部分学生的实验设计题目。

表 1 无机合成化学课堂教学内容安排

	教学章节	研究方法	学时
1	绪论	提供各学科知识交叉和拓展的接口	2
2	经典合成化学	以材料合成为主线介绍合成化学	2
3	极端条件下的合成化学		2
4	特殊合成化学	以材料合成为主线、以问题为中心介绍新方法和新技术	2
5	软化学和绿色合成化学		4
6	科学前沿导读	打开了解学科发展动态的窗口, 开启学生研究思考的切入口	2
7	单晶生长	以单晶生长热力学和动力学条件为基础, 巩固并加深学生对化学基础知识理解和掌握	2
8	典型无机功能材料的合成	以某些无机功能材料或无机物为载体, 追踪前沿动态, 讲解科研文献的	4
9	典型无机物的合成	基本知识及检索的基本方法, 使学生掌握追踪国际前沿和把握科研动态的基本能力。	
10	材料测试手段	引导学生掌握测试对材料最终性能的支持作用	4
11	科学实验设计汇报	启发学生将所学知识强化, 培养创新素质, 提高学生规范的实验设计等科研能力	4
12	无机膜制备化学	展示不同制备方法及其优缺点	2
13	专题讨论	将教法的改革转变为促进学法, 培养综合素质	2

表 2 科学前沿导读内容示例

科学前沿热点引入	教师活动
2018 年 11 月 12 日, 中科院等离子体所发布消息, 有“中国人造太阳”之称的先进超导托卡马克实验装置(EAST)实现 1 亿摄氏度等离子体运行等多项重大突破 ^[13]	1. 阐述“人造太阳”的概念, 我国“人造太阳”项目获得的重大突破; 2. 启发提问: (1) 什么物质的器皿能够盛装上亿度的高温燃料? 答案: 托卡马克, 一种利用磁约束来实现受控核聚变的环形容器; (2) 常规托卡马克无法实现稳态运行? 如何解决? 答案: 将超导技术引入到线圈上。2017 年 7 月 3 日, 实现了稳定的 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行, 创造了世界纪录 ^[14] ; 3. 等离子体化学方法介绍; 4. 简述超导材料发展历史、应用、分类和制备
2018 年 8 月, 制备出了效率突破至 23.2% 的高效稳定钙钛矿太阳能电池 ^[15]	1. 第三代太阳能电池的分类; 2. 钙钛矿的结构及基本性质; 3. 钙钛矿太阳能电池的研究进展与现状; 4. 钙钛矿材料的制备

组织实施可概括为: 精选教学内容 → 课堂讲授基本知识点 → 指导学生拓展对应知识 → 科学前沿导读 → 科学实验设计(分组) → 科学实验实施(选择性) → 实验结果汇报。精选教学内容, 体现基础经典和科学前沿的结合, 课堂上以“简而精”的形式将基本知识点讲授给学生, 使其有持续学习的基础; 围绕基本知识点, 布置学生自主学习内容, 指导其课下通过查阅文献等方式拓展对应知识, 培养持续学习能力; 结合所讲授基本知识点, 解读当前该领域的科学前沿, 激发学生学习兴趣, 开拓其视野; 将学生分为若干小组, 基于基本知识点并结合科学前沿, 各小组设计一个科学实验, 要求有立题背景、确立合成目标、提出合成方案、设计合成步骤、列出分析测试手段及评价标准等; 实验设计周期为 1-2 周, 设计过程中教师给予指导, 设计完成后各小组之间相互传阅评价

表3 2016级学生的实验设计题目

序号	题目	序号	题目
1	稀土配合物杂化材料的合成及发光性质研究	12	石墨相氮化碳材料的制备及其在光催化领域的应用
2	介孔纳米羟基磷灰石材料的制备及药物载体性研究	13	贻贝仿生化学材料的制备及其新型功能化
3	黑磷及黑磷烯二维材料的制备	14	药用功能材料的制备
4	水凝胶功能材料的制备与应用	15	金属有机骨架材料的总结及制备方法
5	TiO ₂ 的合成及pH对光催化性质影响研究	16	膨胀石墨制备与应用简介
6	二维二硫化钼的制备与应用	17	碳量子点及其合成方法
7	稀土发光材料——光转换材料的制备	18	拓扑化学反应及其在合成中的应用
8	缓释型药物——药物插层水滑石复合材料的制备与应用	19	生物质转化的硅基锂离子电池负极材料的制备及电化学性能研究
9	无机仿生材料的制备	20	二维InTe的可控制备及光电性能研究
10	功能陶瓷的制备方法与性能研究	21	多级孔道ZSM-5分子筛的制备及性质研究
11	生物可降解无机纳米介孔材料合成	22	XRD在无机合成中物相分析的应用

(设有具体评分标准及表格), 由教师和学生共同评价后, 推举部分小组就自己设计的实验以PPT的形式当堂进行报告, 并由指导教师和学生集体打分, 作为平时成绩的一部分; 根据实验室资源, 选择一部分实验方案进行实施, 培养学生科研动手能力, 鼓励学生就实验成果撰写学术论文。

3.2 改革预期目标

变被动为主动, 提高学生在主体地位, 培养学生积极主动去拓展知识、学习课堂没有覆盖到的知识的习惯, 培养持续学习的能力; 激发学生学习兴趣, 培养科学思维能力、科学分析能力, 培养科学研究能力和科学创新精神; 通过“科学前沿导读”“科学实验设计”“专题讨论”等教学模式使学生具有较强的文献搜索整理能力和快速学习学科前沿的能力; 训练综合运用基本知识和基本技能解决问题的能力, 提高学生规范的实验设计等科研能力; 提高无机合成化学教学效果, 实现以专业课程为载体加强本科生创新精神和科研能力的培养的目的。

3.3 改革中的关键问题

改革中的关键问题也就是改革难点, 需要科学规划、坚定实施。精选教学内容, 将课堂教学分为基本知识讲授、科学前沿导读、科学实验设计、专题讨论等模块; 教师在课堂上以“简而精”的形式将基本知识点有效地讲授给学生且埋有伏笔, 通过不同教学模块切实提高学生在学习中的主体地位, 激发学生学习兴趣, 培养科学思维能力、科学分析能力, 培养科学研究能力和科学创新精神, 培养终身学习能力, 指导学生进入实验室进行科学实验实践, 鼓励学生独立设计实验方案并实施。

4 改革成效

通过改革, 课程教学效果有了较大幅度的提高, 学生创新精神与科研能力得到了较好的培养, 具体体现在以下两个方面。

4.1 教学效果

任课教师访谈、师生座谈及问卷调查结果表明, 学生学习兴趣提高, 积极主动性增强, 拓展知识自学能力增强; 学生对科学前沿的关注度、对科学实验设计与实施的热情及能力、对课程的满意度和对任课教师的评价均明显提高; 大多数学生表示, 会持续关注无机合成化学领域的发展, 继续养成终身学习的能力, 愿意将在本课程教学改革中受到的益处带到其他专业课程的学习中去。

4.2 创新精神与科研能力培养

通过教学改革, 学生普遍有了创新意识并愿意就专业问题展开创新实践; 通过科学实验设计与

实施,学生对科学实验有了更真实的认识,锻炼了实验动手能力,增强了科研信心,参与本课程改革的这一届学生在课程结束后入围校级和国家级大学生创新性实验计划的人数比例明显高于改革前。

5 结语

基于创新精神和科研能力培养的无机合成化学课程教学方法改革取得了一定成效,教学效果得到改善,学生科学创新意识得到加强,创新精神和科研能力得到培养,证明以专业课程为载体加强本科生创新精神和科研能力的培养具有一定可行性。教学改革不可能一蹴而就,需要教育工作者不断探索、不断创新。

参 考 文 献

- [1] 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020 年). 中华人民共和国教育部. (2010-07-29)[2019-08-11].
http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/info_list/201407/xxgk_171904.html?authkey=gwbux.
- [2] 陈子辰. 研究型大学与研究生教育研究. 杭州: 浙江大学出版社, 2006: 12.
- [3] 林树坤, 王绪绪, 林旭聪. 创新教育研究, **2015**, 3 (3), 82.
- [4] 王春玲. 研究型大学本科教学质量保证体系研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [5] 张冰融, 宋雪. 现代教育管理, **2014**, No. 6, 71.
- [6] 安宁. 实验技术与管理, **2016**, 33 (12), 196.
- [7] 邴浩. 教育学术月刊, **2014**, No. 5, 106.
- [8] 《北京大学年检》编委会. 北京大学年鉴 2005. 北京: 北京大学出版社, 2008: 143.
- [9] 博耶本科教育委员会, 朱雪文. 全球教育展望, **2001**, No. 3, 67.
- [10] 赵洪. 高等教育研究, **2006**, 27 (2), 71.
- [11] 徐如人, 庞文琴, 霍启生. 无机合成与制备化学. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [12] 张克立, 孙聚堂, 袁良杰. 无机合成化学. 第 2 版. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [13] 我国“人造太阳”EAST 装置 实现 1 亿摄氏度等离子体运行. 中国政府网. (2018-11-12)[2019-08-11].
http://www.gov.cn/xinwen/2018-11/12/content_5339518.htm.
- [14] EAST 全超导托卡马克装置实现 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行. 中华人民共和国发改委网. (2018-04-27) [2019-08-11].
http://gjss.ndrc.gov.cn/zftp/gjzdkjcss/201804/t20180427_883760.html.
- [15] Jeon, N. J.; Na, H.; Jung, E. H.; Yang, T. Y.; Lee, Y. G.; Kim, G.; Shin, H. W.; Seok, S.; Lee, J.; Seo, J. *Nat. Energy* **2018**, 3 (8), 682.