

化学实验与科研方法课程教学模式探讨

庄媛^{1,*} 刘杰民² 姚喆²

(¹北京科技大学自然科学基础实验中心, 北京 100083; ²北京科技大学化学与生物工程学院, 北京 100083)

摘要: 将研究型教学模式引入化学实验与科研方法课程, 通过构建“课堂学习–自主实验–科学指导”三位一体的教学体系, 开展科研方法论理论教学, 设计以文献调研、实验设计、实验实施、结果分析为主线的研究型教学实验, 建立多元化考核体系, 激发学生科研热情和创新意识。

关键词: 研究型教学; 化学实验; 教学体系; 考核体系; 科研方法

中图分类号: G64; O6-3

The Teaching Mode of the Chemistry Experiment and Scientific Research Method Course

ZHUANG Yuan^{1,*} LIU Jie-Min² YAO Zhe²

(¹Basic Experimental Center for Natural Science, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, P. R. China;

²School of Chemistry and Biological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, P. R. China)

Abstract: The research-oriented teaching mode was introduced to the course of chemistry experiment and scientific research method and the “classroom learning-independent experiment-scientific guidance” teaching system was constructed and applied. The research-oriented experiments were designed including literature investigation, experiment design, experiment implementation, and results analysis process. A diversified assessment system was also established to stimulate students’ enthusiasm for scientific research and consciousness for innovation.

Key Words: Research-oriented teaching; Chemistry experiment; Teaching system; Assessment system; Scientific research method

在高校本科教学中, 引导学生学习并掌握基本的科研方法, 参加一定的科研训练对大学生科研素养的养成及科研能力的提高具有重要的现实意义。国内高校近年来纷纷开设科研方法相关课程, 为学生讲解科研方法和科学思维等知识, 但这些课程多为理论知识与应用实例讲解^[1,2], 缺少与理论知识结合的研究型实验实践训练。

结合我校理工科学生为主的特点, 开设了化学实验与科研方法公共选修课程。课程以研究型设计实验为载体, 开展科研方法的学习活动。通过将研究型教学方法引入课程教学, 把科研方法基础知识与研究型实验相结合, 使学生获得科研方法和科研技能的提升, 培养学生动手能力、思辨能力、创新能力^[3], 激发学生的科研热情和创新意识。

*通讯作者, Email: zhuangyuan@ustb.edu.cn

基金资助: 北京科技大学通识教育核心课程建设项目(KC2016TS10); 北京科技大学2016年度校级“十三五”规划教材(讲义)项目; 北京科技大学2016年度本科教育教学改革与研究面上项目(JG2016M68); 北京科技大学2016年度实验室工作研究项目(RFROT16007SY)

1 课程概况与课程建设

1.1 课程概况

课程共16学时，分为理论知识学习和研究型实验两部分。理论知识部分占4学时，内容包括文献的检索、阅读与管理，采样基本原则，实验室安全，简单实验设计，单因素实验设计，两因素实验设计，数据处理基本方法等。研究型实验部分占12学时，为学生提供多个科研选题，学生根据兴趣及专业特点选择其中一个研究课题。12学时的实验内容主要包括针对研究课题的文献调研及实验设计与讨论(2学时)，依据实验设计实施实验(8学时)，数据总结及论文撰写(2学时)等。研究型实验部分注重学生在实践中学习，并将实验设计基本方法应用于具体课题。

课程主要面向全校理工科专业的本科高年级学生开设。我校理工科专业本科生在大学一、二年级必修无机化学实验课程，因此选课学生具有一定的化学实验基础，具备一定的实验室基础知识和实验室安全知识，有效保证了课程的学习效果。

1.2 教学体系建设

建立了“课堂学习-自主实验-科学指导”三位一体的教学体系。“课堂学习”要求学生了解科学研究的一般步骤、实验设计方法、文献检索方法等知识，确定研究型实验选题，明确实验目的、实验原理和基本要求，为学生开展研究型实验奠定理论基础。“自主实验”过程是将学生分成5-8人的小组，并设组长和副组长，以小组为单位查阅资料、设计实验、实施实验、总结数据并完成研究论文。在确定实验方案后，组长负责对实验的各个步骤进行详细的分工，并保证小组成员对实验的整个过程具有清晰的认识，在自主实验过程中，教师引导学生自主学习、分工合作，充分发挥学生主观能动性。“科学指导”要求教师在小组讨论的过程中进行科学有效的指导，在学生进行小组讨论时不断强调讨论目的、突出讨论问题，提高小组讨论效率，特别是对学生给出的实验设计中不合理的部分进行针对性的指导，给出实验设计合理化的科学依据，引导学生根据研究目的进行实验设计、认识对比实验的重要性，养成正确的科研思路和良好的科研习惯。

1.3 教学内容创新

教学内容的创新是课程与时俱进的关键。课程创新教学内容，突出研究型实验部分在课程中的重要地位。在研究型实验设计过程中，要求教师科学选题，设计集文献调研、实验设计、实验实施、结果分析为一体的研究型教学实验。研究型教学实验一般是在本科生科技创新成果、学术热点成果整合的基础上，对实验内容、实验设计、实验方法等过程进行合理设计完成的。如“大学校园PM_{2.5}分布”“纳米骨制备条件探索”“人造玉石制备条件探索”等实验均已纳入研究型实验选题集。这类实验基于科学研究中的常见课题类型设置，使科研训练兼具针对性、实用性等特点。教师在教学过程中需要不断完善并拓展研究型实验的教学内容和实验领域，建立适应范围广、特点突出、训练性强的教学实验体系。如“纳米骨制备条件探索”和“人造玉石制备条件探索”这类如何选择最佳实验条件的研究型实验，对本科高年级学生，特别是理工科学生，投身工作或继续深造具有重要现实意义。

1.4 多元化考核体系改革

依据课程教学要求，建立了以课堂作业、实验方案讨论、实验参与程度、研究报告等要素作为考核要点，以素质教育、思维训练和技能培养为目的，教师、组长、学生共同参与成绩评定与考核的多元化考核体系。根据学生在每个考核要点(表1)中的表现进行科学评分，并通过多元化考核过程帮助

表1 化学实验与科研方法课程考核表

姓名	班级	第一次 课堂作业(10分)	实验设计 参与情况(10分)	实验过程 参与情况(10分)	学生 参与情况(10分)	研究报告 (50分)	课程感想与 收获(10分)	成绩
...								...

学生了解实验设计、实验实施、结果总结在实验中的主体地位,发挥学生主观能动性。

表1中,实验设计参与情况和实验过程参与情况由科研小组组长和副组长赋分;学生参与情况由教师赋分;课程感想与收获部分由教师和学生本人共同赋分。

1.5 辅导材料建设

教材建设是课程系统化建设的基石。作为科研方法类课程教材,既要涵盖课程相关基础知识,又要不断更新科研方法训练类研究型实验内容,使教材体系具有系统性、科学性、实用性、创新性和启发性^[4]。

依据教学目的,化学实验与科研方法课程教材以科研方法类经典著作^[5,6]为主要参考书进行编写,内容包括科学研究概述、实验方法概述、化学实验基础知识和研究型实验等四个部分。科学研究概述部分主要介绍科学研究的一般流程、文献检索方法、数据统计与分析方法、学术成果、学术规范等内容;实验方法概述部分介绍实验设计及实例、抽样、样品的采集与保存、样品分析等内容;化学实验基础知识部分介绍实验室安全知识、化学试剂、常用仪器、实验记录及结果处理等内容;研究型实验部分以最新科研进展为依据编写,内容包括校园PM_{2.5}分布规律研究、羟基磷灰石纳米晶须的制备条件探索与表征、人造玉石制备条件探索等多个研究型实验选题,每个实验均对文献调研、实验设计等内容进行针对性训练,具有适用性广、针对性强等特点。

2 课程效果评价及改进

2.1 解决的实际问题

以往的科研方法类课程是把学生分配到某课题组学习或者进行单一的课堂讲解^[1,2],使得学生很难兼顾系统的理论知识学习与专业、有效的科研训练,同时难以保证教学质量。本课程对研究型教学在实验教学中的教学模式与辅导模式进行改进,突出学生在课堂学习、实验设计、实验实施等教学活动中的主体地位,通过合理设计实验和教师科学有效的指导,使学生得到系统有效的学习和有针对性的科研训练。

2.2 应用效果

课程开设两年来,选课学生数量呈逐学期增加趋势,已从课容量的90%(27/30)增加至150%(45/30)。选课学生普遍反映在课程中收获很多:“从开始做实验的几乎毫无头绪,到渐渐地掌握了方法和经验”“认识到遇到问题该去想尽办法解决,学会去尝试”“增强了团队意识,学会了在时间协调上互相体谅,没有埋怨”“知道了一篇论文应该怎么写以及怎样投稿”等。

对参加课程学习的学生进行问卷调查(表2)显示,研究型教学应用于化学实验教学取得了良好的效果。针对学生研究能力培养的调研显示,91.7%的学生认为在实验方案讨论和实验过程中收获最大。在本课程中开展研究型教学模式探索的实践证明,学生经过研究型教学模式的培养,综合素质得到显著提高。

表2 课程情况调研

调研项目	比例	调研项目	比例
愿意参加此类研究型学习	100%	理论学习和实践教学比例(1:3)合理	75.0%
课程开设很有必要	100%	增加理论教学时间	16.7%
课程中充分参与并有所收获	91.7%	增加实践教学时间	8.3%

3 结 语

为本科生开设科研方法和研究型实验类课程，是培养创新型人才的重要途径。本课程通过具体实例与课题，采用研究型教学模式将科研方法知识应用于实践，对鼓励学生探索科学研究中的未知事物、激发学生科研热情具有重要的现实意义。此外，通过将研究型实验建设、研究型教学体系建设与课程建设相结合，形成了三者的良性互动机制，取得了良好的效果。

随着课程的开设与发展，基于教学经验和学生需求反馈，需对课程设置和课程内容不断进行完善。如：增加课程学时数，丰富课程内容；及时更新实验选题，提高学生学习兴趣；设立实验室准入机制，保证进入实验室的学生具备充分的实验室安全知识和化学实验必备技能；开展小组间交流活动，提高学生学习热情等。使课程适应时代发展和学生需求。

参 考 文 献

- [1] 张伟刚. 高等理科教育, **2009**, No. 2, 65.
- [2] 贺 江, 王伯华, 雷 颂. 中国轻工教育, **2012**, No. 3, 33.
- [3] 章文伟, 李育佳, 张剑荣, 朱成建. 中国大学教学, **2012**, No. 10, 77.
- [4] 谢松云, 薛建安, 李会方, 杨金孝. 西北工业大学学报(社会科学版), **2007**, 27 (4), 81.
- [5] Wu, C. F. J.; Hamada, M. S. *Experiment: Planning, Analysis, and Optimization*, 2nd ed.; Wiley: Hoboken, 2009.
- [6] Box, G. E. P.; Hunter, J. S.; Hunter, W. G. *Statistics for Experimenters: Design, Innovation and Discovery*, 2nd ed.; Wiley: Hoboken, 2005.