以学生为中心的“五法联动”分析化学实验教学创新实践

宿艳, 张永策, 潘玉珍, 杨成, 王雪, 黎原, 姜文凤*

大连理工大学化工学院, 辽宁 大连 116024

摘要: 针对化学实验教学过程中存在的学生预研不足和无暇思考探究, 教师疲于知识传授和无暇顾及学生个性化需求的问题, 分析化学实验课程以创新人才培养为目标, 以课程思政为引擎, 以实验项目为驱动, 以在线课程为支撑, 以教学平台为载体, 通过实施“预研先导、问题思辨、实操探究、前沿引领、赛教结合”的“五法联动”教学设计, 激活学生创新实践能力、自主学习意识、团队合作意识及创新精神, 树立国家认同感、社会责任感与历史使命感, 保障目标达成度实现。

关键词: 分析化学实验; 学生为中心; 创新实践

中图分类号: G64; O6

Innovative Teaching Practice of Analytical Chemistry Experiment Based on Student-Centered and “Five Methods Linkage”

Yan Su, Yongce Zhang, Yuzhen Pan, Cheng Yang, Xue Wang, Yuan Li, Wenfeng Jiang *

School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

Abstract: There are many problems in the process of chemistry laboratory teaching. For example, students have no research experience and time to think and explore, teachers are busy with imparting knowledge and have no time to consider students' personal needs. Analytical chemistry experiment course aims at cultivating innovative talents, by taking ideological and political education as the engine, experimental projects as the driving force, online courses as the support, and teaching platform as the vehicle. The “five methods linkage” teaching design has been implemented and completed, that is, before class preparation, problem speculation, practical exploration, frontier leading, competition-teaching combination. The design effectively activated the students' innovative practice ability, self-learning consciousness, team cooperation consciousness and innovative spirit; it also effectively helped establish the sense of national identity, social responsibility and historical mission, and ensured realization of the goal.

Key Words: Analytical chemistry experiment; Student-centered; Innovative practice

分析化学实验教学所面对的学习对象是大学一年级学生, 通过对学习数据分析和调查问卷分析, 发现学生的化学知识基础参差不齐, 但是他们思维活跃、求知欲旺盛, 对于传统的以课堂教师讲授为主的教学方式普遍不感兴趣, 更喜欢具有挑战性的学习任务^[1,2]; 而且, 作为移动互联网时代的“数字原住民”, 他们见证了信息化的蓬勃发展, 更喜欢主动学习场景丰富的学习资源^[3]。因此, 教师应该充分挖掘学生现有潜能, 采取适合学生特点的课程教学模式和有效的教学方法组织教学, 扬其长避其短, 充分调动学生的主观能动性, 充分发挥学生学习的主体作用, 实现课程教学目标。

收稿: 2021-02-18; 录用: 2021-03-30; 网络发表: 2021-04-23

*通讯作者, Email: jiangwf@dlut.edu.cn

基金资助: 国家级本科教学质量工程项目(ZL2020092)

本文通过建设“思政引领、项目牵引、虚实结合、平台支撑”的“四轮驱动”教学资源，有效解决实验教学形式单一、学习资源有限、学习时空受限大而导致的价值引领薄弱、学生创新实践能力培养不足的问题。通过应用“预研先导→问题思辨→实操探究→前沿引领→赛学结合”的“五步法”教学设计，将预习上升为预研，为打造高效课堂奠定基础，培养学生初步具备应用研究能力。通过建立全过程、多维度的考核评价体系，对实验教学全过程的信息进行综合分析评价，从多环节、多维度考查学生的学习投入、学习成果和差异化能力，促进学生自主学习，提升学习内驱力。

1 教学资源建设

本课程建设了“思政引领、项目牵引、虚实结合、平台支撑”的“四轮驱动”教学资源。思政案例，培养学生坚韧的科学品质，形成本课程的动力引擎^[4]；实验项目，扩展课程的广度和深度，提高解决复杂化学问题的能力^[5]；在线课程，提供预研、安全规范操作的资源支撑^[6]；教学管理平台，高效管理实验教学全过程^[7]。

1.1 思政案例建设

为了使获得热爱化学、崇尚科学的情感和价值观，建成了课程思政案例库。在实验授课过程中引入思政元素，使“引导有抓手、融入有依据”，润物无声地实现课程的价值引领功能，实现课程育人目标，形成本课程的动力引擎。

1.2 实验项目建设

为扩展课程的广度和深度，驱动学生创新实践，建设了创新性、环境友好和方法改进实验项目。为此，改进方法滞后实验项目2个，更新环境不友好实验项目1个，增加综合性和创新性实验项目9个。将新开发实验项目编入实验教材，在高等教育出版社出版新形态教材《基础化学实验》1部、数字课程教材《分析化学实验》1部。

1.3 在线开放课程建设

为解决学生个性化能力差异，缩短学生从低阶到高阶的认知过程，建设了在线开放课程，为学生掌握实验原理和基本操作搭建自主学习平台。建成1门课程“分析化学实验”上线爱课程中国大学慕课中文平台、1门英文课程“Analytical Chemistry Experiment”上线爱课程中国大学慕课国际平台，包括知识点视频32个、虚拟实验8个、测试题200道，为学生提供预研和安全规范操作的资源支撑。

1.4 教学平台建设

为高效管理实验教学全过程，自主研发三个实验教学管理平台^[7](图1)，有利于实验教学效果的循环优化。移动实验教学平台，可以实时跟踪学生的实验行为，课前的预习测试帮助教师掌握学生预习情况，课中的电子报告记录学生实验操作情况，课后的教学反馈全过程管理实验教学；虚拟实验教学平台，可以“以虚补实、以虚促实”，弥补实验教学资源不足，学生可以完成因涉及有毒有害药品、或因涉及众多大型贵重仪器而无法实操的实验项目；安全准入平台，可以强化学生安全意识，通过在课前完成安全资源学习、安全准入测试，保障学生在实验过程中的安全规范操作。

图1 实验教学平台

(a) 移动实验教学平台；(b) 虚拟实验平台；(c) 安全准入平台

2 课程教学设计

下面以“邻二氮菲分光光度法测铁”实验为例，讲述本课程的教学设计。

为深入贯彻因“材”施教、鼓励“个”性、兼顾“多”数的思想，本实验实行分层次教学。基础班注重基础实验能力，学生只完成教学大纲既定的实验“邻二氮菲分光光度法测铁”。高阶班注重拓展课程深度，学生完成结合实际、具有一定挑战度的课题项目“抗氧化物质含量测定试剂盒”，本课题是由2019年第六届卓越杯大学生化学新实验设计竞赛获奖作品转化而来。教学中，通过“预研先导、问题思辨、实操探究、拓展应用、赛学结合”的“五法联动”进行教学设计并组织实施。同时，借助本课程已在爱课程平台上线的教学资源“分析化学实验”，实施线上线下混合式教学(图2)，学生线上预研、报告提交、考评测试，线下实操探究、数据分析、交流互动和教学评价等。

图2 线上线下混合式教学设计样例

2.1 预研先导

实验课前，通过系列线上学习完成从预习到预研的延伸。教师通过QQ群分别在线布置实验课题“邻二氮菲分光光度法测铁”和“抗氧化物质含量测定试剂盒”，引导学生通过爱课程平台在线学习本课程的教学资源，包括实验视频、虚拟实验、实验动画、思政案例等，使学生掌握实验的基本原理和基本操作，进而提高课堂利用率和实操效果，完成对基本实验内容的预习；学生通过阅读指定实验文献，在线检索相关文献，了解物性，设计实验方案，并通过QQ群提交，完成对拓展实验内容的预研。预研先导的实施培养了学生自主探究能力，使学生在学习过程中能够真正“动起来”。此外，在进入实验室前，学生还应该完成在线安全准入测试，要求学生安全考核的准确率必须为100%，提高学生的安全环保意识，保障课堂的实操效果，并为目标达成度的实现奠定基础。

2.2 问题思辨

实操前，教师根据学生提交的实验方案，研判预研效果，并围绕实验设计方案，开展师生间、生生间的互动讨论，帮助学生理论联系实际，注重提升学生的思考和思辨能力，使课堂“活起来”。例如，在预研方案中，涉及到金属离子标准溶液浓度的有效数字保留问题，经过与学生深入探讨，使学生明白在化学分析实验中浓度应保留四位有效数字，而在分光光度法等仪器分析实验中一般保留三位有效数字。

同时,注重教书和育人相统一,将育人元素贯穿于课程教学全过程。例如,在“抗氧化物质含量测定试剂盒”实验中,由于实验的分析检测对象是茶饮品,因此由诗人黄庭坚的著名诗句“茶甘酒美汲双井,鱼肥稻香派百泉”引出古人对茶的喜爱和我国茶文化的博大精深(图3),并引出茶叶的保健功能主要与茶多酚等还原性物质的抗氧化能力有关,以及评价茶抗氧化能力的方法,使课程“引导有抓手、融入有依据”,润物无声地实现课程价值引领功能。

图3 思政育人

(a) 教师讲解思政案例; (b) 具体思政案例内容

2.3 实操探究

实操中,教师指导学生规范操作,强化安全环保意识,探究实验现象;学生根据所学理论知识或设计方案,进行实际操作探究。例如,本实验中分别以邻二氮菲(Phen)和三吡啶基三嗪(TPTZ)为显色剂时(图4),由数据分析可知,TPTZ- Fe^{3+} 的最大吸收波长不与游离 Fe^{3+} 的吸收峰相重合,因此选择TPTZ为显色剂时的准确度更高。由实操探究培养学生团队协作、融会贯通和解决实际问题能力。

实验过程中,针对全班同学共享数据进行统计分析,展开互动讨论,教师进行思维引导,注重对学生个性化创新能力培养和对目标达成度评价。例如,16位同学对绿茶、白茶和红茶的抗氧化物质含量测定实验中,其中一位同学的绿茶实验数据与其他组同学数据有显著性差异,围绕此问题,根据全班同学的共享数据展开问题讨论(图5、图6)。部分同学能够理论联系实际,运用分析化学理论课上学过的可疑值统计检验方法,利用格鲁布斯(Grubbs)检验法检验差异性大的实验数据,借助统计检验决定可疑数据的取舍问题。通过在实操探究中讨论问题,帮助学生理论联系实际,并能运用理论知识指导实际操作。

图4 铁配合物的紫外-可见吸收光谱图

电子版为彩图

图5 抗氧化物质含量测定数据(绿茶、白茶、红茶)

电子版为彩图

图6 师生互动讨论

2.4 前沿引领

实操后, 学生以小组讨论的形式开展实际课题研究, 给出问题的实验设计方案, 注重对学生团队协作能力的培养。例如: 在“抗氧化物质含量测定试剂盒”实验项目中, 由茶叶中茶多酚能清除人体自由基, 引出检测自由基的最新研究进展(图7), 即用于检测自由基过氧化亚硝基的比率型荧光探针, 该探针能够靶向活细胞的线粒体, 可以对过氧化亚硝基进行比率信号响应, 并生物成像。通过案例引导, 鼓励有兴趣的同学查阅相关文献, 了解学科前沿。

图7 前沿引领

(a) 教师讲解学科前沿; (b) 具体前沿案例内容

2.5 赛学结合

课后, 实验室全面开放, 教师结合科研和竞赛提出一些创新实验项目, 也鼓励学生结合生活、实际应用等自主提出项目, 指导学有余力的同学完成创新拓展实践, 并通过参加科技竞赛等提升学生综合能力。

3 课程考核评价

基于成果导向教育(Outcome-based education, OBE)的理念, 本课程建立全过程、多层次考核评价体系, 激发学生学习动力, 提升课程挑战度。从考核内容方面来看, 注重对学生能力考核, 为此增加方案设计、应用分析、团队协作等观测点, 突出对创新能力和科学素养的考核, 激励学生思辨、创新和呈现等能力, 提升挑战度。从考核评价方式来看, 注重多元化的考核, 为此采用过程性与终结性结合、线上线下结合、定性定量结合、师生评结合等多元化的全过程评价方式, 全面评定学生综合运用知识和解决实际问题的能力。具体考核标准为如下。

课程总成绩由平时成绩(70%)和期末成绩(30%)组成。平时成绩根据过程考核评定, 主要观测点

为查阅文献、方案设计、操作规范、应用分析及创新思维等能力,其中预研占15%、实操探究占60%、数据分析讨论占25%。期末成绩根据综合应用知识能力评定,主要观测点为对实验理论、实验方法及安全操作规范等的掌握情况。

对应课程目标和毕业能力要求,对本实验项目的目标达成度进行考查(图8)。分层次实验教学结果表明,相比于传统教学的基础班,高阶班学生在方案设计、数据分析、问题思辨等方面成绩都明显高于传统教学的基础班,学生对朗伯比尔定律、参比溶液选择等知识点的理解加深,学习主动性有所提升。学生反馈和调查问卷显示本实验项目的目标度能较好达成,学生表现出想学爱学,能力得到整体提升。

图8 学生知识-能力-素养考核及达成情况

4 结语

通过建设“思政引领、项目牵引、虚实结合、平台支撑”的“四轮驱动”教学资源,并在实验教学过程中实施“五步法”教学设计,学生在方案设计、数据分析、问题思辨、自主探究等方面的能力整体得到提升,安全环保理念和科学素养也显著改善。近几年,学生在国家级等各类化学创新设计赛中获奖12项。师生互进实现了教学相长。团队教师在教学创新大赛等比赛中获奖16项,其中线上线下“五法联动”混合式教学设计荣获第二届全国高校混合式教学设计创新大赛三等奖;相关成果发表实验教学论文21篇,获得教学软件著作权15个。新的教学体系和实验项目固化为1部新形态实验教材、1部数字课程教材,均在高等教育出版社出版。分析化学实验课程分别在爱课程中国大学慕课中文平台和国际平台上线,18所高校利用本课程开展SPOC教学,一学年的选课人数达2.1万,位列化学类实验课程前列。形成的课程体系和教学设计受到广泛关注,团队教师应邀在全国性的教学会议作大会报告9次,起到广泛的示范引领作用。

参 考 文 献

- [1] 张玉荣, 林森, 袁耀锋. 大学化学, 2020, 35 (8), 13.
- [2] 赵燕, 程苑莉, 熊庆. 实验室科学, 2018, 21 (5), 172.
- [3] 宿艳, 姜文凤, 杜欣, 张永策, 田福平, 潘玉珍. 实验室研究与探索, 2020, 39 (10), 137.
- [4] 韩国志, 刘睿, 关建宁. 大学化学, 2019, 34 (11), 56.
- [5] 王忠辉, 范浩军. 实验技术与管理, 2018, 35 (4), 189.
- [6] 李玲, 张弛, 王娟, 朱文华, 李悦, 吴志勇. 大学化学, 2020, 35 (8), 6.
- [7] 姜文凤, 张永策, 宿艳. 实验技术与管理, 2019, 36 (6), 16.