

依托“第二课堂”多维度开放实验室，拓展实验教学的深度和广度

乔晋萍, 李运超*, 南彩云, 张媛, 魏朔, 赵云岑, 韩娟, 李玉峰, 全燕苹, 孙根班, 李会峰, 郭少师, 贺勇, 邓学彬, 张家新, 司书峰, 欧阳津*

北京师范大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(北京师范大学), 化学国家级虚拟仿真实验教学示范中心(北京师范大学), 北京 100875

摘要: 实验教学是培养学生实践能力和创新能力的重要环节, 如何突破课堂教学的时空限制有效实现实验资源的开放利用, 是高校实验教学中心改革和建设的重要内容。本文以化学国家级实验教学示范中心(北京师范大学)为例, 介绍本中心将有组织的“第二课堂活动”纳入实验教学体系, 探索并创建了多层次、多维度的实验室开放模式; 通过举办丰富的实验竞赛/实践活动, 支持大学生开展创新创业、学科竞赛、科学研究和科普宣传等活动, 为学生提供了多样化的、以自驱为主、崇尚创新的实践训练机会, 从而切实发挥了实验教学中心在创新人才培养中的支撑作用和基础教育领域的辐射和示范作用。上述举措得力、育人效果显著, 值得推广借鉴。

关键词: 第二课堂; 实验竞赛; 实验室开放模式; 实验教学模式改革

中图分类号: G64; O6

Utilizing the “Second Classroom” for Multidimensional Laboratory Access to Expand the Depth and Breadth of Experimental Teaching

Jinping Qiao, Yunchao Li*, Caiyun Nan, Yuan Zhang, Shuo Wei, Yunling Zhao, Juan Han, Yufeng Li, Yanping Quan, Genban Sun, Huifeng Li, Shaoshi Guo, Yong He, Xuebin Deng, Jiaxin Zhang, Shufeng Si, Jin Ouyang*

National Experimental Teaching Demonstration Center for Chemistry, National Virtual Simulation Experimental Teaching Center for Chemistry, College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875, China.

Abstract: As is well known, experimental teaching is crucial for cultivating students' practical and innovative abilities. How to overcome the spatial and temporal limitations of classroom teaching and ensure the open utilization of experimental resources is an important task for all the experimental teaching centers in Chinese universities. This article takes the National Experimental Teaching Demonstration Center for Chemistry (Beijing Normal University) as an example to introduce the multi-level and multidimensional laboratory access strategies. The center incorporates the well-organized “second classroom activities” into the experimental teaching system for supporting undergraduates to actively participate various innovation and entrepreneurship activities, academic competitions, scientific research, and science popularization. These initiatives provide students with diverse, self-driven, and innovative-focused practical training opportunities, effectively strengthening the role of experimental teaching centers in cultivating innovative talents and serving as the demonstration base for basic education. These efforts have proven to be effective and have significant educational outcomes, making them worthy of wider adoption.

Key Words: Second classroom; Experimental competition; Laboratory open-access mode; Reform of experimental teaching mode

收稿: 2024-05-07; 录用: 2024-05-23; 网络发表: 2024-06-27

*通讯作者, Emails: liyc@bnu.edu.cn (李运超); jinoyang@bnu.edu.cn (欧阳津)

基金资助: 教育部虚拟教研室建设试点项目(师范院校物理化学课程虚拟教研室); 北京师范大学“互联网+教育”改革创新项目(111123239501)

1 引言

北京师范大学化学实验教学中心(以下简称“中心”)成立于1998年,在成立伊始即在化学一级学科上独立开设实验课,经过多年建设,形成了“一体化、多层次、多模式”的实验教学体系。中心于2006年被评为“北京市实验教学示范中心”,2007年被评为“国家级实验教学示范中心(建设单位)”,2012年以优异成绩通过国家级示范中心建设单位验收^[1],2014年获批“国家级虚拟仿真实验教学中心”^[2],成为国内高校中为数不多同时拥有“虚、实”两个国家级实验教学中心的单位。中心秉承学校“面向未来卓越教师和拔尖创新人才”培养目标,在支撑创新人才培养和化学教育人才培养方面敢于创新,成效显著,在基础教育领域发挥了较好的引领作用,也为高水平科研人才的培养做出了重要贡献,于2023年被评为“北京高等学校优秀本科教学实验室”^[3]。

近年来,中心面向全校化学、生物、地理、资源、环境等7个学院的本科生开设了20余门实验课程,年均人时数超过12万。为了满足拔尖创新人才培养的实际需求,中心打破课时和教学计划的限制,充分发挥在实验空间、仪器设备、数字化实验资源等方面的优势,在保障课堂实验教学的同时,创建了多层次、多维度的实验室开放模式(图1),将有组织的“第二课堂活动”纳入实验教学体系。中心通过举办丰富的实验竞赛/实践活动,支持大学生参加学科竞赛、创新创业训练、科普宣传等活动,为学生提供了多样化的、以自驱为主、崇尚创新的实践训练机会,从而切实发挥了实验教学在创新人才培养中的支撑作用和在基础教育领域的辐射和示范作用;举措得力,育人效果显著。

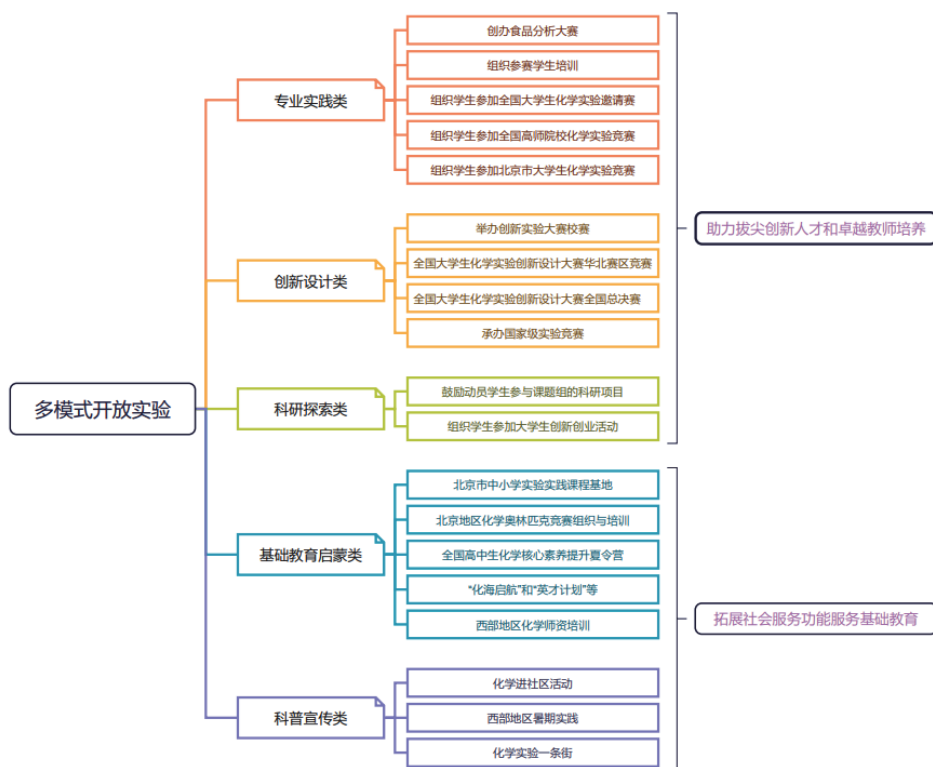


图1 化学国家级实验教学示范中心(北京师范大学)开放实验室的多种模式

2 举办丰富多彩的第二课堂活动, 推动多维度开放实验室

2.1 连续举办十届“食品分析大赛”

分析仪器是分析物质组成和含量的重要工具,在化学、生物、食品、环境等多个领域具有广泛的应用。仪器分析实验以培养学生的动手能力和科学素养为目的,是培养拔尖创新人才的有效途径^[4]。由于大型设备成本昂贵、台数有限,学生很难在课内有限的学时内掌握仪器的原理和操作。为此,

中心自2004年创办了食品分析大赛，拓展实验教学内容、变革实验教学模式，让学生从仪器应用入手，通过解决实际问题来熟悉并掌握大型仪器的操作，了解这些技术在科学研究、生产、生活中的实际应用，从而培养学生的科研兴趣，提升其实践能力和创新精神。食品分析大赛每2年举办一次，目前已成功举办了十届。通常，竞赛前，中心通过学工组发布通知，学生自愿组成实验小组，以团队形式报名参加，实验的选题由学生自主决定，但要求来源于实际生活中的食品/健康问题，如“探究白茶的冲泡方式对其抗氧化性的影响”“食堂豆类食品中黄酮类化合物的磁珠富集及液相色谱含量分析”“北师大校园咖啡饮品中咖啡因含量的测定”“利用高效液相色谱法检测牛奶中五种磺胺类药物的残留量”等。学生通过查阅文献和与专业老师讨论，制定初步的实验方案，撰写开题报告，经中心组织审核，认可实验方案后，学生联系中心老师预约实验室和仪器，领取试剂耗材，按照计划完成实验，撰写结题报告并参加答辩。中心组织专业教师作为评委，根据作品函评成绩和答辩表现，评选出获奖作品。食品分析大赛答辩现场及竞赛流程见图2。食品分析大赛由于选题贴近日常生活，既能解决大家关切的实际问题，又能提升同学们的仪器操作水平，富有趣味性，深受学生喜爱。整个实验的实施由学生自主安排，给予学生极大的自由度和自主性，由被动的灌输式学习转变为自驱式的主动学习，极大调动了学生开展化学实验的积极性和主动性，经过实验设计、实验操作、数据处理、分析探究、撰写论文、答辩等环节，锻炼了学生动手能力、观察能力、分析能力和总结表达能力，使学生得到全面科研和实践训练，仪器操作水平、实践能力和创新精神得以明显提升。



图2 食品分析大赛答辩现场及竞赛流程图

2.2 组织学生参加各类实验竞赛

化学实验竞赛是课内实验教学的补充和延伸，不仅能提升学生的实验技能和创新能力，还能检验实验教学效果。中心把引导学生参加学科竞赛作为开放实验室的有利契机和重要抓手，积极组织学生参加国家级、省级各类实验竞赛，包括全国大学生化学实验邀请赛、全国大学生化学实验创新设计大赛华北赛区竞赛和全国总决赛、全国高师院校化学实验竞赛以及北京市大学生化学实验竞赛等，“以赛促学”，填补了课堂实验教学的短板，提升实践育人的效果。具体来说，高师化学竞赛等是由现场笔试和实验操作两部分组成，既考察学生的“基本原理、基本知识、基本技能”，又考察学生对知识和技术的应用能力^[5-7]。而大学生化学实验创新设计大赛则要求学生设计并独立完成三类(任选其一)不同的实验，然后以线上提交作品结合现场答辩的形式来参加比赛，着重考察学生对化学实验创新设计能力和实施完成能力，对培养学生的综合实践能力和创新意识大有裨益。为了“以点带面”激励更多学生参与其中，中心安排专人负责动员、选拔、培训学生参加各类实验竞赛，引导学生梳理总结实验基础知识和基本原理，规范学生的基础操作(如滴定、称量、过滤、蒸馏、重结

晶等), 指导学生科学地分析实验数据(包括对测量方法、测量过程中可能产生的误差及其原因进行分析)和科学规范地撰写实验报告。通过这些培训和引导, 学生的“三基”能力、分析问题和解决问题能力都得到显著提升, 在竞赛中屡获优异成绩。参加创新设计大赛的队伍需要通过校赛选拔产生, 选送的参赛作品在教师的指导下, 需要历时几个月的反复打磨才能完成。图3为举办大学生化学实验创新设计大赛校内选拔赛的现场照片。每次实验竞赛结束后, 中心都会及时进行总结分析, 探讨学科竞赛与实验教学的深度融合, 以赛促教, 以赛促改, 发现实验教学中存在的不足, 为实验教学改革提出合理化建议, 有效提高了实验教学质量。



图3 举办大学生化学实验创新设计大赛校内选拔赛

2.3 承办第三届全国大学生化学实验创新设计大赛“微瑞杯”华北赛区竞赛

全国大学生化学实验创新设计大赛是由中国化学会和教育部高等学校国家级实验教学示范中心联席会主办的具有重要影响力的全国性大学生化学学科竞赛。竞赛分为分赛区初赛和全国决赛两个阶段, 分新创实验、改进实验和科普实验三个赛道^[8]。为了促进华北各高校化学实验交流和改革, 中心于2022年承办了“第三届全国大学生化学实验创新设计大赛华北赛区竞赛”, 共有726名学生和405名指导教师参加了本次竞赛, 创造了该赛事成立以来分赛区参赛学校和参赛作品数最高记录, 提升了华北高校开展化学实验改革的广度和深度。为了承办此次竞赛, 成立了以学院领导和中心主任牵头的30余人的筹备小组, 小组成员多次召开线上线下会议, 研究竞赛章程, 熟悉赛制要求和比赛流程, 并邀请多位国内知名竞赛专家进行培训。从发布竞赛通知, 宣传动员, 收集作品, 作品下载脱密、编号、送审, 初赛, 直到复赛, 历时半年有余(见图4); 筹备小组精心规划、周密部署、细化竞赛程序、分工合作并多次模拟演练, 确保了竞赛承办工作的顺利进行。初赛时共收到华北五省94所高校的242件参赛作品, 其中改进实验46项, 科普实验59项, 新创实验137项。经过专家匿名评审, 选拔出来自93所高校的178支队伍参加复赛, 其中改进实验32项, 科普实验43项, 新创实验103项。复赛时最终遴选出一等奖36支队伍, 二等奖65支队伍, 三等奖77支队伍, 按照竞赛规则遴选出21支参赛队伍晋级全国总决赛, 其中改进实验5项, 科普实验2项, 新创实验14项, 选送的作品在全国总决赛中获得了3项特等奖和8项一等奖的好成绩。本次竞赛还邀请了David G. Evans教授做“化学无处不在”科普报告, 吸引1万多名师生在线观看, 反响热烈(见图4)。整个竞赛过程始终坚持公正公平公开的原则, 为华北赛区各高校在校大学生搭建了一个化学实验创新能力展示与交流的平台, 参赛学

生充分展示了自己的风采，激发了创新精神、开拓了创新思维。本次竞赛的成功举办，使学院师生参加学科竞赛的热情高涨，同时也为学院举办实验竞赛积累了经验。中心荣获中国化学会颁发的“微瑞杯”第三届全国大学生化学实验创新设计大赛优秀组织奖。

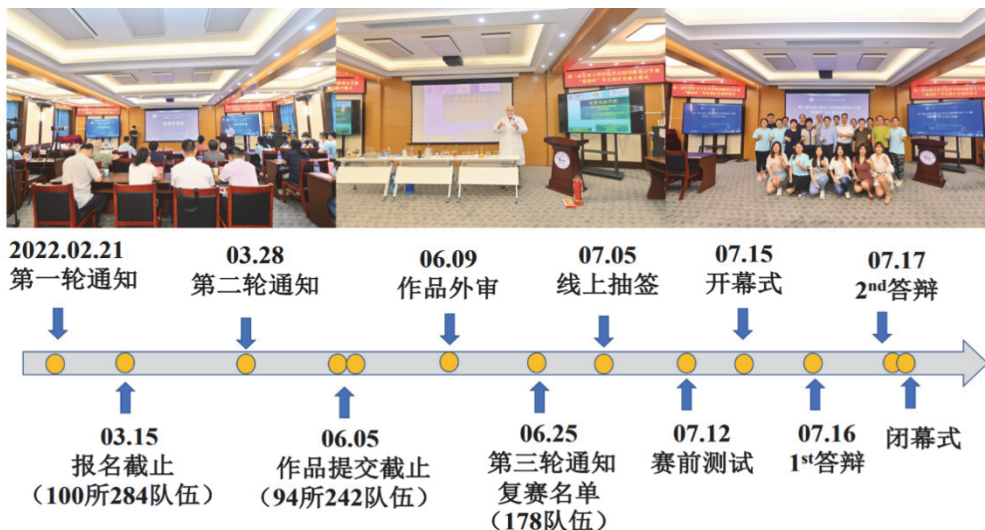


图4 举办“微瑞杯”第三届全国大学生化学实验创新设计大赛华北赛区竞赛

2.4 大力支持学生参与科研项目 and 开展创新创业活动

参加科研项目特别是前沿课题，对学生来说是个很好的学习和成长机会，可以近距离观察并参与科研的全过程，了解最新研究动态，还能提升实验技能、创新能力和团队协作能力。中心引导教师把科研与实验教学结合起来，构建了科教融合的创新型人才培养模式，鼓励优秀学生提前进入实验室参与教师的课题，利用中心实验空间及仪器平台开展探索性研究。很多本科生利用中心平台申报国家级、北京市级和校级大学生创新创业项目，参与专业任课教师指导的创新型实验项目，在此过程中，学生的实践能力、创新思维、创新能力及科研素质得到锻炼和提高。学生参与的科研课题研究成果经过整理，有的在学术杂志上公开发表，有的申请了专利。例如，本科生李一林主持的“新型 ^{99m}Tc 标记的葡萄糖类肿瘤显像剂的研制及推广”项目于2021年获国家级创业实践项目及北京高等学校高水平人才交叉培养“实培计划”成果认定，并以第一作者身份在 *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 和 *Scientia Sinica Chimica* 上发表论文^[9,10]。参加教师的科研项目为开放实验提供了高质量的项目来源和创新活力，既厚植了人才培养的创新氛围，又促进了实验教学质量的不断提高，从而切实地发挥了科教融合的育人实效。

2.5 开展有组织的科普活动

中心坚持发挥在基础教育中的辐射和引领作用，积极服务北京、西部等地区基础教育。中心是北京市中小学实验实践课程基地，参与北京地区化学奥林匹克竞赛组织与培训工作，还主动承担北京市“化海启航”和“英才计划”等优秀中学生培育项目，协助学院举办“全国高中生化学核心素养提升夏令营”，平均每年接待近千名中小学师生来校开展化学实验/实践训练。中心还主动“走出去”，参加通州区学生科技节，开展化学进社区活动，带领学生队伍奔赴宁夏、云南、甘肃等九个省份开展暑期实践，在多地举行了“大手拉小手，化学实验一条街”、“云端科学嘉年华”等特色活动，普及科学知识，展现化学魅力，宣传化学文化(图5)。通过“西部之光”项目，接收贫困地区教师进修，为西部地区培养师资。依托“强师工程百千万计划”等项目，大力支持新疆、青海等西部地区化学师资培训和中小学化学实验教学开展，共享优质数字实验教学资源，助力边远地区化学学科基础教育水平提升，近五年使近十万师生从中受益。



图5 中心对中小學生开放实验室，开展科普活动服务基础教育

3 开放实验室取得的成效

中心通过多模式开放实验室，充分利用现有资源，组织学生开展多种形式的第二课堂实践活动，形成了教学、科研、育人一体化的开放实验室模式，丰富了化学实验教学的内涵和模式，促进了优秀青年人才的成长，践行了全方位、全过程、全员育人。在各项活动中表现积极的同学，毕业后大多在国内外知名大学和研究机构继续读研深造；例如2020届毕业生杨然在校期间主持国家级大创项目并荣获北京市实验大赛特等奖，毕业后赴耶鲁大学攻读博士学位；2021届毕业生李一林在校期间多次在实验竞赛中获奖，创新创业活动成绩突出，毕业后成功进入北京协和医学院临床医学专业培养模式改革试点班(4+4)。2018–2022年期间，中心累计支持215项创新创业项目的开展，本科生参与发表论文246篇，授权专利39项，多人次在“全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛”(2个特等奖)、“全国大学生化学实验邀请赛”(1个一等奖)、“全国高等师范院校大学生化学实验邀请赛”(4个一等奖)等全国顶级实验赛事上荣获优异成绩；在第七届中国“互联网+”大学生创新创业大赛(北京赛区)比赛中获三等奖2项，获2018年全国科学实验汇演展演大赛二等奖1项；获国家级创业实践项目及北京高等学校高水平人才交叉培养“实培计划”项目各1项。近几年中心参与培训的中学生在中国化学奥林匹克(决赛)中斩获20余枚金牌；“英才计划”培育的高中生高杰磊获2022年丘成桐中学科学奖(化学学科)银奖。

4 结语

中心通过课内课外相结合，多层次、多模式地开放实验室，组织学生开展创新实践和第二课堂活动，为学生提供了多样化的实验开展形式、更多的选择和更大的自由度，引导学生通过这些实践活动夯实基本实验技能，开阔学科视野，提升科研素养和创新实践能力。经过多年的实践，取得了良好的育人效果，积累了大量实验室开放共享经验。展望未来，我们将与时俱进，积极探索“人工智能+”时代下实验室开放共享的新模式，把第二课堂实践活动提升到更高的水平，以更好发挥实践教学在创新人才培养中的重要作用。

致谢：感谢北京师范大学化学学院、化学国家级实验教学示范中心(北京师范大学)参与实验教学的全体老师和学院学工团队的支持和帮助。

参 考 文 献

- [1] 教育部高等教育司关于批准北京大学化学基础实验教学中心等500个实验教学中心为“国家级实验教学示范中心”的通知. [2024-04-20].
http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/201606/t20160612_255955.html
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于批准清华大学数字化制造系统虚拟仿真实验教学中心等100个国家级虚拟仿真实验教学中心的通知. [2024-04-20]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201501/t20150109_189310.html
- [3] 北京市教育委员会. 关于公布2023年北京高等学校优秀本科教学实验室评选结果的通知. [2024-04-20].
https://jw.beijing.gov.cn/gjc/tzgg_15688/202308/P020230828291150059861.pdf
- [4] 黄军, 周颖琳, 吕占霞, 高珍, 李美仙. *大学化学*, **2022**, *37* (4), 2110023.
- [5] 张瑶. *大学化学*, **2020**, *35* (3), 57.
- [6] 郑琤, 魏巧华, 汤澈, 游毅. *化学教育(中英文)*, **2021**, *42* (6), 61.
- [7] 李春梅, 贾密英, 张艳峰, 马靖媛. *当代化工研究*, **2020**, No. 23, 113.
- [8] 中国化学会, 高等学校国家级实验教学示范中心联席会. 关于举办“第三届全国大学生化学实验创新设计大赛”的通知. [2024-04-20].
<https://cid.nju.edu.cn/redirectActionxwgl/detail/114>
- [9] Li, Y. L.; Zhang, J. B. *Mini-Rev. Med. Chem.* **2022**, *22* (12), 1586.
- [10] Li, Y. L.; Zhang, X. R.; Zhang, J. B. *Sci. China Chem.* **2022**, *52* (6), 963.