

本科化学实践教学体系的改革与探索

阮文红, 姜久兴, 章明秋, 李厚金, 朱芳*

中山大学化学学院, 广州 510006

摘要: 以创新型、应用型、复合型优秀人才培养为目标, 提出并构建了“一体化、多层次、开放式、研究型”的实践教学体系。结合本学科优势和化学类专业特色, 通过优化实践课程体系, 改革实践教学内容与方法, 加强师资与条件保障, 推动学生参与创新及实践等举措, 有力地支持了高水平本科化学人才的培养, 提升了学生的创新精神和实践能力。

关键词: 本科化学; 实践教学; 课程; 平台; 创新

中图分类号: G64; O6

Reform and Exploration of Practical Teaching System of Undergraduate Chemistry Major

Wenhong Ruan, Jiuxing Jiang, Mingqiu Zhang, Houjin Li, Fang Zhu *

School of Chemistry, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China.

Abstract: We proposed and built the “integrated, multi-layer, open-type and research-based” practical teaching system with the goal of developing inventive, practical, and cross-disciplinary talents. Incorporating the benefits of the chemistry discipline and the traits of the specialty, we improved the practice curriculum, changed the practice teaching materials and teaching strategies, continuously strengthened the capacity-building of teacher staffs and the assurance of resources and conditions, and encouraged students to take part in the innovation plan. The development of innovative abilities is successfully encouraged via methodical reform, and students’ inventive spirit and practical skill are raised.

Key Words: Undergraduate chemistry; Practice teaching; Curriculum; Platform; Innovation

2015年10月, 国务院印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》, 明确指出大学要“坚持立德树人, 突出人才培养的核心地位, 着力培养具有历史使命感和社会责任心, 富有创新精神和实践能力的各类创新型、应用型、复合型优秀人才”^[1]。构建全过程全方位深融合的协同育人新机制, 加强校内实验教学资源建设, 大力推动与行业企业共同建设实践教育基地, 健全合作共赢、开放共享的实践育人机制, 是提高本科教育教学水平, 培养高水平创新人才的重要举措^[2]。化学是一门理论与实践并重的富于创造性的中心学科, 化学理论来源于化学实验及生产实践过程, 同时又要接受实践的检验。实践教学不仅有助于学生对化学知识的领会, 还能够提升学生严谨的逻辑思维与协作交流能力, 最终实现学生在知识、能力、素养等方面的全面提升^[3]。

为了发挥实践育人对创新性人才培养的重要作用, 中山大学化学类专业以培养具有家国情怀和全球视野的高水平科研创新人才、培养德才兼备兼具领袖气质的行业精英、培养服务国家和地方发展

收稿: 2023-03-02; 录用: 2023-04-26; 网络发表: 2023-06-26

*通讯作者, Email: ceszhuf@mail.sysu.edu.cn

基金资助: 广东省本科高校教学质量与教改工程建设项目(粤高教函[2023]4号, 粤教高函[2021]29号)

的创业人才为目标,提出并发展了“一体化、多层次、开放式、研究型”的实践教学理念(图1)^[4-6]。“一体化”,即统筹考虑包括理论教学、实验实训、科研训练、工程实践、毕业论文、第二课堂等在内的多个实践教学环节,推动实现“学科和专业融合、德育与智育融合、第二课堂和第一课堂融合、科研与教学融合、本科教育与研究生教育融合”;“多层次”,即按照由浅入深、循序渐进的认知规律,以“基础-提高-综合-创新”四个层次对实践教学体系进行顶层设计,在重视夯实基础的同时,注重提升前沿性和挑战性,在纵向和横向上拔高人才培养的广度和深度;“开放式”,“开”即将关闭的东西打开,将原来不对本科生充分开放的优质课程、平台、项目等全部资源无障碍地向本科生通达,“放”即解除约束、给予自由,培育自由宽松的学习环境,让学生按照自己的兴趣、爱好、特长自主开展实践活动,以兴趣为导向培养个性化人才;“研究型”,即充分发挥研究型高校在科研领域的优势,“以科促教、化育人才”,实现科研深度渗入本科教学,全面培养学生的创新意识、创新精神和创新能力。在新理念的指导下,我们开展了涵盖课程体系、实践平台、师资队伍、创新训练等在内的系统性改革,取得了良好的成效,在此做一介绍,希望能为相关院校、专业开展实践教学改革提供参考。

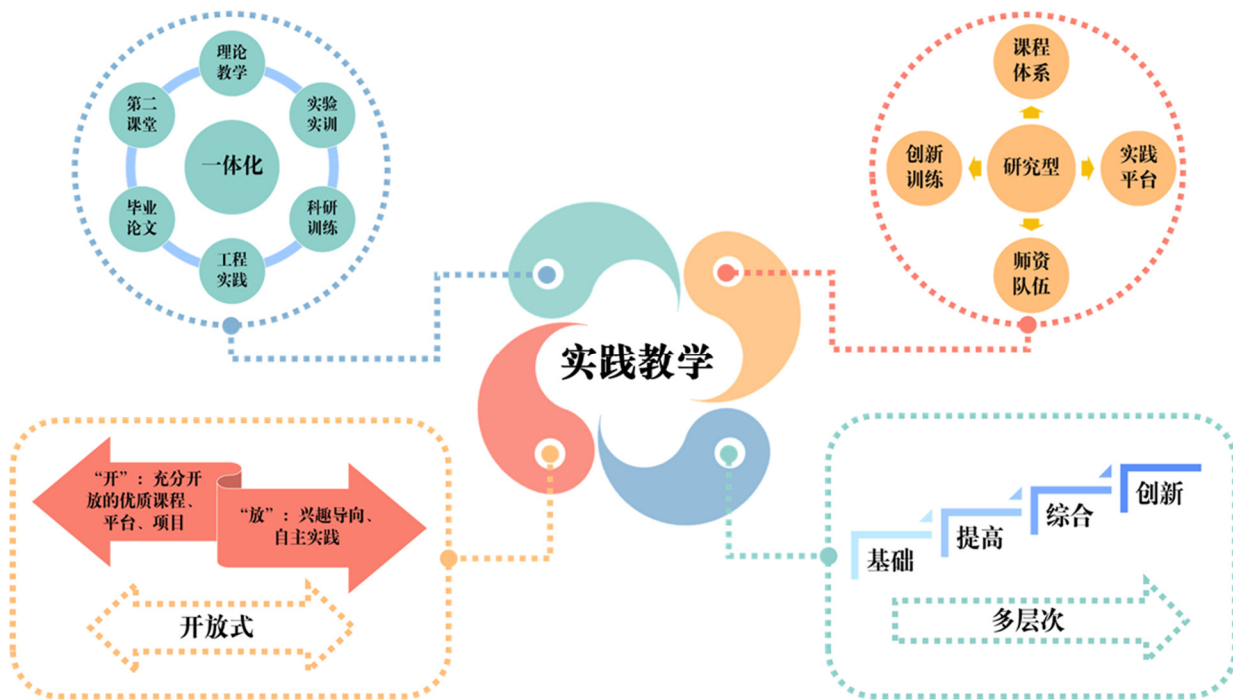


图1 “一体化、多层次、开放式、研究型”实践教学体系示意图

1 优化实践课程体系 提升课堂教学质量

1.1 创新人才培养方案的构建

中山大学化学类专业在大一、大二年级实行大类培养,大三开展专业分流进入化学(理)与高分子材料与工程(工)专业。为了顺应创新型人才培养需求,我们不断完善人才培养方案,围绕“厚基础、宽口径、多元化”专门修订化学类专业培养方案,推进理工交融的分流前课程体系,进一步统筹分专业培养方案,增加实践教学学分比重,在强化专业脸谱课程建设的同时,注重发挥双专业资源共享的优势,使理科学生能够弥补工程实践训练的不足,工科学生得以强化原始创新能力的培养。学生课内实践以实验教学为中心,从2000年开始,我们打破二级学科壁垒,在一级学科框架下按照基础化学实验(大一、大二)、现代化学实验与技术(大三)、综合化学实验(大四)三个层次开展教学工作,在重点培养学生掌握基础理论、基础知识、基本技能的同时,注重突出对创新思维和创

新能力的培养,减少验证性实验,增加设计性、综合性、研究性实验在实验项目中的比重,注重将在新方法^[7,8]、新仪器^[9]、新材料^[10,11]等方面最新科研成果向创新性实验项目转化,促进教学与科研的深度融合;课外实践环节则包括开放性实验项目、创新实验基金项目、大学生学科竞赛等,并将科研训练以创新学分的形式纳入课程培养方案;面向高年级本科生开设生产实习(大四)、毕业论文(大四)等集中性实践课程,注重学生综合能力的提升。2011年中山大学化学学科获批了基础学科拔尖计划培养试点,2020年化学学科又获批首批“强基计划”招生资格,为了加强基础学科人才培养成效,制订了“拔尖人才培养计划”以及强基计划人才培养方案,统筹拔尖班和强基班第一课堂和第二课堂资源。学校为拔尖班学生提供专属课程平台,学生可以在全校范围内选择优质实践课程,化学学院则主导专业专属课程的设置,基于学生科研的培养与能力的评估,在整个过程中,量身定制个性化培养方案,开设模块化实践课程供拔尖班学生自由选修,为学生创造依照自身兴趣和能力进行自由选择的空间^[12]。

1.2 理论与实践教学的有机融合

在过去很长一段时期的教学过程中,普遍存在“重理论、轻实践”的现象,理论与实践课程存在一定程度脱节,影响了课程教学效果。我们以理论与实践课程互相渗透、互相促进为目标,开展了理论与实验课程一体化教学改革。在课内教学中,推动相关理论和实践课程教师共同开展教学大纲的制订。鼓励理论课程主讲教师参与实践课程讲授,定期开展交流研讨,优化课程内容设置、进度安排、讲授方法,夯实学生对知识和技能的掌握,提升教学效果。推进理论与实验课程教师在教材编写过程中深度合作,以高分子加工理论与实验课程为例,出版的《高分子加工原理与技术》教材(化学工业出版社,2014)由阮文红、王小妹编写,对应的《高分子加工实验》教材(化学工业出版社,2022)则由阮文红、李谷主编,王小妹、符若文副主编。共同开展教材编写,不仅有助于实现教材内容有机融合,而且以教材建设为纽带,进一步促进了理论教学与实践教学的互动。在课外实践上,注重通过理论课程充分激发学生对于参与实践活动的好奇心。我们鼓励任课教师将学院、团队、课题组的最新科研成果融入课堂,面向大一新生开设“化学学习与研究”必修课程,使学生初步掌握文献检索、信息获取、论文撰写的技能以及开展研究的方法。聘请包括诺贝尔奖化学奖得主、中国科学院院士等在内的校内外优秀专家学者面向本科生开设“今日化学”等课程,讲授前沿科学进展及开展研究的心得体会,促进学生根据个人兴趣,参与课外创新实践活动。

1.3 本硕博课程的有效衔接

长期以来,我国建立了“本-硕-博”三个层次的高等教育人才培养体系,其中“硕-博”研究生阶段人才培养和课程体系改革常常被纳入学科建设中,而对本科人才培养模式和课程体系的改革则被列为专业建设的内容,本科生和研究生教育在高校中往往隶属于不同的部门管理,如何统筹安排教育资源,实现本科生创新能力培养与硕士生教育有效衔接、深度融合,是目前面临的重要挑战之一。我们积极探索“本-研”贯通融合培养模式,对人才培养方案进行优化设计,推动研究生专业课程“现代化学实验与技术”与本科课程统一编码,面向高年级本科生开放选修,并同步开展“本研一体化”教材的编写,强化本科生阶段与研究生阶段实验教学内容的衔接性、层次性和创新性,满足学有余力的本科生在参与学术研究和科技创新中对现代测试方法的需求。特别地,面向强基计划学生需求,专门开设了“现代化学研究方法实验(I、II)”必修课程,服务拔尖人才创新实践技能的培养。

1.4 实践课程教学方法改革

课堂教学质量和效果直接影响创新人才培养方案的实现,传统的教学方法已经不能适应现实教学的需求,亟待对课堂教学方式方法实行改革。以“立德树人”为根本任务,我们积极挖掘课程思政元素,推进实践课程与思政课程同向同行:加强化学安全和学术道德教育,培养学生社会责任感和诚信意识;开设绿色化学实验,树立学生可持续发展意识和生态文明观念^[13];开展化学史教育,通过对化学家追求真理、勇攀高峰、为国奉献的事迹的讲述,厚植学生家国情怀^[14]。不断创新发展

完善集体备课制度,促进教师自身素质和教学能力提高,加快了一流实验教学团队建设^[15],同时贯彻“教学有法,教无定法,贵在得法”的理念,鼓励教师根据自身优势因材施教,灵活运用PBL (problem-based learning)教学法、TBL (team-based learning)教学法、情境教学法、比较教学法等在内的多种教学手段,形成自身的教学特色,提升教学水平^[16,17]。不断深化现代信息技术与实验教学的融合,通过建立微信公众平台,实现安全教育持续进行、教学信息随时查阅,课堂内外实时互动、教学辅助资源共享^[18],推进微课、慕课等在线开放课程建设,实现以教师为主向以学生为主,以课堂教学为主向线上线下相结合,以结果评价为主向全过程评价为主的转变。

2 加强实践平台建设 拓展人才培养空间

近年来,我们不断加大对于实践教学平台的投入,积极拓展校内实验教学场所及校外实习基地,以“科教一体、产学研融合、虚实结合”为标准,打造化学实验教学中心、校内认识实习基地、校外实践基地以及虚拟仿真实验平台,为学生实践教学及创新能力的培养创造良好的氛围和条件:

(1) 化学实验教学中心:中山大学化学实验教学中心于2000年5月成立,是“国家理科基础科学研究和教学人才培养基地——中山大学化学基地”的重要组成部分,2006年获批为国家级实验教学示范中心。经过多年来的探索,中心在软硬件建设、实验教学成果、人才培养、辐射与示范作用等方面均取得了显著成绩。为了助力科研实验室全面向本科生开放,我们协调全院相关学科的科研、教学仪器资源,统筹实验教学中心、各学科实验室及各级科研平台,建设了公共实践教学平台,并将其纳入实验教学中心进行统一管理,形成了一套高效、科学、共享的管理机制,同时注重加强实验室信息化建设,积极探索“互联网+”辅助仪器的使用和日常管理,利用移动终端远程监控实验室,随时了解仪器状态并进行远程操作,实现室内电源及照明的智能控制,提高了工作效率,初步实现无人值守,为进一步实现实验室全天候开放,服务课内实验教学及课外实践活动开展提供了条件保障^[19]。

(2) 校内认识实习基地:校内实习实训是培养学生实践能力的重要环节,通过亲自上手操作,能够加深学生对生产加工原理的认识,为进一步参与生产实践打下基础,避免在校外实习过程中走马观花。我们发挥学科专业优势,统筹省部级工程实验室及工程技术研究中心等资源,建设了包括金工车间、塑料挤出车间、注射车间、模压车间、混料车间等在内的大型中试基地,建成了多条典型加工生产线。学生在实习期间,从原材料的选择、配方设计以及成型工艺条件的选择,制品加工等方面,全部可以自己动手完成;学生还可以设计有中山大学标识的制品作为纪念品收藏,这不仅激发了学生的学习热情,提高了学生的工程素养,而且实现了教学、科研、生产一体化训练。

(3) 校外实践教学基地:为了推进产教融合、协同育人,基于校企双向选择,我们以“与学科专业贴近、前期合作基础扎实、能够为学生未来发展提供良好机会”的理念为考量,对接国家及地方区域经济及产业发展,与金发科技有限公司^[20]、广东联塑科技集团、佛山南方包装有限公司、肇庆福田化学工业有限公司、广州市鹿山新材料股份有限公司等企业共建实习教学基地,推进实践教学内容的拓展和深化,不断规范实践基地的管理和制度建设,拓宽学生参与实习的方式和途径,建立多元化的评价机制,实现校企共赢,共同服务创新人才培养。

(4) 虚拟仿真实验平台:针对学生在校内外基地都不具备条件开设的大规模、高成本或者安全风险大的综合型、生产型、创新型实验项目,虚拟仿真实验项目能够打破时空局限,使学生能够身临其境,通过模拟参观和操作掌握知识与技能。中山大学大力支持校内虚拟仿真教学资源建设,新建了大型计算机机房,化学类专业本科生可以方便获得跨学院及跨学科实验资源的支持。同时,我们以“三个相结合”为理念积极开展院内虚拟仿真平台建设:一是与实验教学相结合,将虚拟仿真教学引入仪器分析实验等课程,强化学生对实验仪器工作原理、结构、操作等方面的深入了解,提升学生课堂学习效果;二是与科技前沿相结合,以深地高温高压合成技术的虚拟仿真实验项目建设为例,通过磁电材料钼酸铁锰($\text{Mn}_2\text{FeMoO}_6$)极端条件合成和测试,让学生在虚拟环境下完成样品腔

制作、压力标定、高压合成、结构表征等全过程,使学生动态了解深地极端超高压技术的原理、设备的操作和运行要点以及同步辐射、中子衍射大科学装置在相关测试表征中的运用。三是与生产实践相结合,开设碳纤维制备以及超大尺寸复合构件加工与评价等实验,强化学生利用化学、化工、材料等多学科知识解决工程实际问题的能力。虚拟仿真平台的建设拓展了实践教学的范围和深度,为学生提供了更为广阔的实践空间。

3 重视师资队伍培育 激发教师教学热情

我们高度重视实践教学组织及师资队伍建设,专门设立化学实验教研室,教研室成员由课程主讲教师、教学辅助队伍、教学管理人员共同组成。我们围绕课程及课程群积极构建课程主讲教师团队,不断完善教学质量保障机制和质量标准。强化师德师风建设,出台一系列措施,如要求教师与学生同步参加“化学安全教育”及线上安全考试,推进教师以身作则,为学生树立榜样。鼓励科研一线教师参编教材、参与本科生实践课程讲授。依托学校教师发展中心以及教研室,常态化开展教师教育培训,支持教师开展研究性教学及课程改革,用心指导本科生开展研究性学习和科研实践。坚持“引育并举”,引入和培养优秀年轻教师,引导他们投入本科教学,为课堂教学的可持续发展提供师资保证。

我们同样重视教学辅助人员业务水平的提升,积极组织实验教师和技术人员参加现代教育技术培训,参加全国性的教学研讨会等活动,资助他们前往高校、科研院所学习实验室管理、实验教学改革等方面的先进经验。推进出台鼓励教学辅助人员积极探索、勇于创新的职称晋升政策及绩效分配方案,激发教辅人员参与实验教学及教学改革的热情。

我们以“四有”为标准打造高素质教学管理队伍。一是做事有依据,加强制度建设和质量保障,明确管理人员岗位职责,使教师和学生有法可依、有章可循;二是做事有流程,协调人员内部分工,优化办事程序、确保公平高效;三是做事有记录,保证记录真实完整,有利于后续督察及总结提升;四是做事有效率,明确时间及任务节点,加强组织能力,确保任务高效开展。通过人员培训、考察交流等方式努力提高管理水平,更好地服务全院师生,真正做到管理育人。三位一体、互相配合的高水平高素质师资队伍已经成为提升实践教学质量和水平、支撑本科创新人才的重要保证。

4 开展课外科研训练 培育创新实践人才

4.1 充分激发学生兴趣 引导学生参与创新实践

兴趣是学生全身心投入创新实践活动的动力来源。为了培养学生对创新实践的兴趣,推动学生“早进课题、早进实验室、早进团队”,充分发挥科研育人的作用,我们推行了一系列举措营造良好的创新氛围。积极开展全程导师制的探索,优化学院生师比结构,确保每一位本科生从低年级开始就能够获得导师全程全方位全身心的指导。为了服务学生找到感兴趣的研究方向和课题,基于教师和学生双向选择,我们开展了多种多样的活动以增进师生之间的了解。学院定期组织“系所交流会”,由各系所负责人以讲座形式为本科生介绍系所的研究方向、研究成果以及学术资源,随后分组进行交流,针对本科生学习、生活、参与研究以及未来发展给出指导。学院支持举办“课题组交流会”,按照学术会议组织方式,由教师交流和宣讲课题组最新成果,并以摆台形式与本科生进行个别交流,吸引学生加入相关的课题方向。此外,在每年开展的“实验室开放日”活动中,组织低年级学生进入课题组实验室参观,安排研究生讲解所在课题组的研究方向及研究资源,亲自演示实验操作,耐心解答学生心中的疑惑。这一系列活动为学生进一步参与科研训练搭建了桥梁。

4.2 资助本科生科研项目 推动学生开展学术交流

为了支持学生开展创新创业实践,我们自2000年开始设立“创新化学实验与研究基金”,已组织实施了22届院级创新实验项目,同时鼓励学生积极申请“中山大学开放实验室基金”“中山大学大学生科研计划项目”“广东省大学生创新实验项目”以及“国家大学生创新性实验计划”等项目

的支持,近三年获得国家级、省级大学生创新实验项目43项,校级大学生创新实验项目125项。学生以现代化学理论和实验技能为基础,通过申请立项、开题报告撰写、研究方案设计、开展实验、实验结果总结分析、论文撰写等一系列过程,掌握科学研究的途径和方法。在项目完成后,学院每年定期开展“本科生科研交流会”,通过项目答辩的形式推进学生分享参与创新实验项目、实验室课题组项目以及基础学科拔尖班项目等课题的研究成果,培养学生主动参与、协同合作、自主发展的能力,同时对优秀成果进行奖励,对学生进行激励。“创新化学实验与研究基金”资助完成的工作在*Nat. Commun.*、*J. Am. Chem. Soc.*、*Angew. Chem. Int. Ed.*等高水平期刊正式发表,有力地培养了学生的创新意识和创新能力。

4.3 扶持学术性社团发展 鼓励学生参与各级竞赛

学术性社团对学生创新实践能力的培育有着无可替代的积极作用^[21]。促进学社是由化学类专业学生自发成立的学术性团体,学院大力支持社团活动的开展,协助学社搭建了围绕本科课程学习的互助平台、引导学生参加实践活动的创新平台、面向社会传播化学知识的科普平台、对接各级各类赛事的竞赛平台。自2011年开始,由化学学院、学工部、促进学社主办的院级赛事“文献阅读大赛”开赛,学生通过参加科技论文信息检索和写作培训,开展文献阅读,撰写综述并参加答辩,现已扩展成为与华南理工大学相关学院合作举办的跨校赛事。化学学院、学工部、促进学社三方发起的另一赛事“实验室安全知识竞赛”于2015年面向化学类专业新生推出,至2022年已经发展为涵盖29个二级单位的大型校级赛事,有力地提升了师生的安全责任意识、安全隐患辨识和风险防范能力,对保障学生实践活动的顺利开展具有重要意义。除了学院自主办赛以外,我们鼓励和支持学生参加各级各类竞赛,为学生配备优秀的指导教师,提供实验条件和资源保障。从2019到2022年,学院本科生在第一届至第三届全国大学生化学实验创新设计竞赛中连续夺得全国总决赛特等奖,获得包括全国大学生化学实验邀请赛、全国大学生数学竞赛、美国大学生数学建模大赛、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛等在内的国家级、省级学科竞赛奖项40余项。

5 结语

实践教学体系改革是一项需要长期投入的系统性工程,我们经过二十余年探索,推动了“一体化、多层次、开放式、研究型”的实践教学体系改革,在提高学生创新精神、创新意识和创新能力,培育应用型、实践型复合人才方面取得了丰硕的成果。我们将继续贯彻这一理念,与时俱进、开拓创新,不断为实践教学注入新的内涵,为高水平创新人才培养提供可持续的推动力。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知. [2023-06-18]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-11/05/content_10269.htm
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见. [2023-06-18]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html
- [3] 张越, 郝俊生. 实验技术与管理, **2020**, 37 (3), 17.
- [4] 童叶翔, 施开良. 大学化学, **2001**, 16 (6), 17.
- [5] 童叶翔, 施开良, 黄乐览. 大学化学, **2006**, 21 (1), 8.
- [6] 许家瑞, 周勤, 陈步云, 程蕾, 温光浩. 实验技术与管理, **2009**, 26 (5), 1.
- [7] 李厚金, 许阳, 钟云竹, 章笑研, 朱芳, 陈六平. 大学化学, **2020**, 35 (4), 178.
- [8] 陈国胜, 王少涵, 陈月媚, 谢浩志, 肖华, 陈滔, 于禄丹, 李厚金, 朱芳, 欧阳钢锋. 大学化学, **2022**, 37 (5), 2111066.
- [9] 谢天尧, 易佳, 张蔓书. 大学化学, **2018**, 33 (3), 55.
- [10] 乔正平, 尹明大, 许先芳, 黄华珍, 闫素君, 彭慧娟, 毛宗万. 大学化学, **2018**, 33 (9), 75.

-
- [11] 潘梅, 李超捷, 侯雅君, 苏成勇. 大学化学, **2021**, 36 (6), 87.
- [12] 彭敏, 石建新, 王周, 李连云. 大学化学, **2019**, 34 (9), 91.
- [13] 姜久兴, 巢晖, 郭燕, 李淑君, 林莉莉, 朱芳. 大学化学, **2019**, 34 (10), 52.
- [14] 李厚金, 邱立勤, 曾锋, 曹日晖, 刘高峰, 赖琰, 朱可佳, 郑赛利, 陈六平. 大学化学, **2019**, 34 (9), 37.
- [15] 赖琰, 李厚金, 林志强, 庞冀燕, 邵光, 赵晓丹, 朱可佳, 陈六平. 大学化学, **2020**, 35 (7), 8.
- [16] 张卓旻, 黄路, 李攻科. 大学化学, **2020**, 35 (3), 32.
- [17] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2018**, 33 (1), 7.
- [18] 赖琰, 郑赛利, 王周, 彭敏, 朱可佳, 李连云, 李晓洁, 于志广, 许先芳, 陈六平. 大学化学, **2017**, 32 (3), 43.
- [19] 张伟庆, 张建辉, 余小岚. 大学化学, **2019**, 34 (1), 98.
- [20] 贾建华, 乔正平, 王大为, 李淑君, 巢晖, 朱芳. 大学化学, **2020**, 35 (6), 71.
- [21] 黄璐, 魏宏皓. 中国大学教学, **2018**, No. 4, 38.