

面向德才兼备拔尖创新人才培养的分析化学(2)教学思考与实践

赵子龙*, 黄晋*, 刘艳岚*, 宦双燕, 王玉枝

湖南大学化学化工学院, 长沙 410082

摘要: 在科学和技术日益精进的年代, 探索如何培养德才兼备的拔尖创新人才是分析化学(2)教学实践的一项重要任务。基于对现有分析化学(2)经典教学内容中中国元素显示度不明显、理论知识与实践结合不够紧密、教学内容缺乏时代性和前沿性的思考等问题, 我们不断完善教学内容和教学方法, 在教学内容中融入思政案例、社会热点案例、科学前沿进展, 推进分析化学(2)科学育人和思政育人双重育人功能的有机融合, 对培养德才兼备拔尖创新人才进行了教学探究和实践。

关键词: 分析化学; 教学改革; 课程思政; 科学创新

中图分类号: G64; O6

Cultivation of Top-Notch Innovative Talents with both Professional Competence and Moral Integrity: Reflections and Practices on Teaching of Analytical Chemistry 2

Zilong Zhao *, Jin Huang *, Yanlan Liu *, Shuangyan Huan, Yuzhi Wang

Department of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

Abstract: In the era of increasing advanced science and technology, it is one of the important tasks for the teaching practice of Analytical Chemistry 2 to explore how to cultivate top-notch innovative talents with both professional competence and moral integrity. Currently, the classic teaching content of Analytical Chemistry 2 is considered to lack Chinese elements, have loose connections between theoretical knowledge and practice, and to operate outside the forefront of the discipline's development. To address these issues, we have been enriching teaching contents and polishing our teaching ability by integrating ideological and political cases, social hotspot cases, and scientific cutting-edge progress into the classic teaching contents, promoting the dual education functions of natural science and ideological and political education in Analytical Chemistry 2, and exploring the way to cultivate top-notch innovative talents with both professional competence and moral integrity.

Key Words: Analytical chemistry; Teaching reform; Course ideology and politics; Scientific innovation

分析化学是探索与认识分子世界与化学现象的主要工具之一, 是研究获取物质的组成(定性与定量)、结构等信息的方法与技术及其相关理论的科学^[1]。随着科学技术的迅速发展以及学科深度交叉融合, 各种新理论、新原理、新方法和新仪器不断涌现, 使分析化学进入了一个新阶段^[2], 不但为各领域和各行业提供研究方法和工具, 也为技术标准和行业规则建立提供依据^[3], 在促进科学进步、国家安全、经济繁荣和社会稳定方面发挥着重要作用。探索如何培养德才兼备的拔尖创新人才是当前分析化学(2)教学实践的一项重要任务。

收稿: 2022-12-29; 录用: 2023-03-17; 网络发表: 2023-03-27

*通讯作者, Emails: zlzhao@hnu.edu.cn (赵子龙); jinhuang@hnu.edu.cn (黄晋); ylliu@hnu.edu.cn (刘艳岚)

1 存在问题

湖南大学分析化学是一门为化学及相关专业开设的专业基础课,由分析化学(1)、分析化学(2)、波谱分析和相应实验课组成^[4,5]。其中,分析化学(2)主要讲授光分析法、电分析法、色谱分离分析法的基本原理、方法及应用,是分析化学的重要组成部分。为培养德才兼备的拔尖创新人才,湖南大学分析化学(2)不断探索,已取得一定成效,仍有短板需要完善。存在的主要问题体现在以下三个方面:

(1) 课程基本理论、分析方法和仪器多为西方国家提出和发展,中国元素显示度不足。仅依托教材内容开展教学,不容易体现我国科学家的贡献和当代中国分析化学的发展现状,难以在知识传授的同时实现价值引领。

(2) 教材中仪器装置和部件仅依靠图片展示和文字描述,过于简单和抽象。此外,实验实践与理论教学在时间安排上难以同步,导致知识内容抽象枯燥,易挫伤学生学习的积极性与主动性,不利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

(3) 教学内容强调基本理论,更新较慢,无法展示学科发展趋势和最新进展。仅依托教材内容授课,不利于学生学科视野和创新思维的培养。

2 采取的措施和方法

为了强化分析化学(2)的育人功能,我们深度挖掘和梳理课程所蕴含的思政元素、实际应用案例和学科前沿进展,并通过显性与隐性渗透的方式,将其与知识点融合,引导学生透过现象发现本质、认清本质后找到解决问题的方法,以期在知识传授的同时实现对学生的价值引领和能力培养。

2.1 知识传授融入思政案例,提升课程立德树人功能

在导论中引入社会焦点——核酸检测,加强学生对新冠病毒和防疫政策的理解;引入“蛟龙号”载人潜水器、青蒿素的发现史和中国探月工程等中国重大科学和技术进展,讲解其中的分析化学元素,增强学生对分析化学的理解。我们根据各章节教学内容,积极融入思政案例,实现价值引领(表1),以激发学生的学习兴趣、家国情怀和使命担当,引导学生树立正确的世界观和价值观。

2.2 知识传授融入实际案例,提升理论联系实际能力

针对分析化学(2)理论教学和实验实践难以同步而造成理论知识与实践结合不够紧密的难题,我们不断改进教学方式和丰富教学内容,根据教学知识点引入社会热点案例,增强学生对仪器的掌握和理解,培养学生根据检测对象灵活运用知识设计实验的能力,提升学生理论联系实际的能力。

2.2.1 授课方式多样化,增强学生对分析仪器和分析方法的掌握

通过多方式、多层次、多场所的教学方式,不断丰富教学内容,激发学生兴趣。充分利用线上学习资源,将课本中简单、抽象的仪器生动地展示给学生(图1a)^[6,7]。同时,将实验室的紫外分光光度计、原子吸收光谱仪、荧光光谱仪、HPLC等仪器向本科生开放(图1b),为学生提供课后实践场所,进一步加深学生对仪器的认知和理解,增强学生对分析仪器和分析方法的掌握。

2.2.2 授课内容紧密联系实际,培养学生运用理论知识解决实际问题的能力

在教学过程中注重理论和实践的联系,结合社会热点、科技进展和环境安全类事件等,引导学生思考,培养学生运用理论知识解决实际问题的能力。例如,2020年12月17日,嫦娥5号返回器成功降落,带回了1731 g珍贵的月球土壤。月球土壤分析不但为探讨月球起源与演化历史提供了重要参考,还为未来月球矿产资源开发利用提供了依据。在分析化学(2)最后一章分析过程的教学实践中,我们引入月球土壤分析实例,让学生设计分析月球土壤的方案。学生通过查阅文献资料,归纳出无损→少损→有损的分析过程,使有限的样品尽可能给出最大的科学产出;并发挥集体智慧总结了月球土壤分析的检测内容和分析方法(表2)。我们还结合其他教学内容,引入不同实际案例,以问题为导向,培养学生运用理论知识,解决实际问题的能力(表3)。

表1 分析化学(2)思政案例

教学内容	思政案例	思政教育成效
分析化学(2)导论	中国重大科学技术进展中的分析化学：“蛟龙号”载人潜水艇；青蒿素的发现史；中国探月工程	激发学生的民族自豪感、历史使命，增强了学生的专业认同感和学习兴趣
分子荧光光谱法	唐本忠的聚集诱导发光理论(AIE): 传统理论认为分子聚集会猝灭荧光，AIE则是分子聚集导致荧光信号增强	激发了学生的学习热情，增强了民族荣誉感，有助于学生树立辩证唯物主义思想
原子吸收光谱法	黄本立院士1957年创立了一种可测定包括卤素在内的微量易挥发元素的新型双电弧光源；1960年建立了我国第一套原子吸收光谱装置	融入老一辈科学家的科学成果，不但体现了分析化学(2)中的中国元素，而且彰显了老一辈科学家的理想与使命，有利于培养学生的爱国情怀及自强不息、努力奋斗的精神，激励学生为建设现代化强国贡献力量
电位分析法：晶体膜电极	俞汝勤院士20世纪70年代成功实现氟离子电极国产化；电极性能超当时国际的领先水平	
极谱分析法和伏安分析法	汪尔康院士20世纪70年代成功研制我国第一台大型脉冲极谱仪，其分析灵敏度和稳定性达到当时国际领先水平	
气相色谱	卢佩章院士，中国从事色谱科学研究的开拓者之一，在发展我国色谱理论、色谱技术、色谱方法、色谱仪器及智能色谱专家系统方面均取得了成就，并利用色谱为国防、科研、教育和国民经济建设做出了重要贡献	



图1 (a) 线上学习资源的利用；(b) 实验室仪器向本科生开放

表2 月球土壤分析案例

月球土壤检测内容	分析方法	月球土壤检测内容	分析方法
外观、形貌	目测	化合物含量分析	气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)
显微结构	扫描电子显微镜(SEM), X射线能谱仪(EDS), 透射电子显微镜(TEM)	分子结构和化学组成	傅立叶红外吸收光谱(FTIR)
元素分析	X射线荧光光谱(XRF)	月球土壤热力学性能	差示扫描量热仪(DSC)
痕量元素定量分析	电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)	月球土壤稳定性分析	热重分析仪(TGA)
晶体结构分析	X射线衍射(XRD)		

表3 实际案例与分析化学(2)相关知识点

教学内容	案例名称	案例具体内容
分析化学(2)导论	新冠病毒检测	将分析化学与新型冠状病毒检测与防疫相联系,介绍新冠病毒基因组检测过程、检测方法,不但加强了学生对学科的认知,增强了专业使命感,也让学生看到中国政府的责任担当、中国社会主义制度的优越性和中国医务工作者无私奉献的职业美德,深切感受到了构建人类命运共同体的重要性
原子光谱分析	“蛟龙号”载人潜水器采集的海底矿物中金属成分及含量分析	以当代中国的伟大成就之一为案例,通过分析“蛟龙号”载人潜水器采集的海底矿物中金属成分及含量这一问题,实现理论联系实际,加强学生对各种分析技术的认知,激发学生对分析化学(2)课程的学习兴趣和民族自豪感
阳极溶出法	极谱仪-阳极溶出法分析测定大米中的镉元素	以“镉大米”和工业废水等公共安全问题为例,通过具体研究任务和解决方案的互动讨论,不但增强了学生运用知识解决实际问题的能力,同时也有助于学生了解分析化学的专业使命和社会担当
气相顶空色谱法	工业污水中甲苯含量分析	以诺贝尔奖获奖成果为案例,通过如何实现青蒿素的分离与分析这一问题引导学生讨论,设计教学内容,加强学生对各种分析技术的认知,激发学生对分析化学(2)课程的学习兴趣
液相色谱	如何实现青蒿中青蒿素的分离、分析	以诺贝尔奖获奖成果为案例,通过如何实现青蒿素的分离与分析这一问题引导学生讨论,设计教学内容,加强学生对各种分析技术的认知,激发学生对分析化学(2)课程的学习兴趣
分析过程	月球土壤分析	以当代中国的伟大成就之一作为案例,将知识点和国家重大科学成就紧密联系,通过对月球土壤进行分析这一问题,实现了理论与实际的关联,不仅有助于激发学生探索未知、勇攀科学高峰的责任感和使命感,还有助于培养学生的爱国情怀

2.3 经典教学内容与学科前沿相结合,提升学生创新能力

分析化学(2)是分析化学长期科学研究和高水平应用成果的结晶,蕴含着丰富的科学思维和创新思维,与此同时,分析化学(2)的发展具有鲜明的时代特征,各种先进的分析原理、方法和仪器不断涌现。在分析化学(2)教学中,我们在注重挖掘经典内容中的创新思维的同时,积极融入最新科学进展,培养学生科学创新能力。

2.3.1 深挖经典内容,培养学生科学创新能力

在荧光分光光度法教学中,首先向学生介绍斯托克斯爵士发现斯托克斯位移的实验装置,然后向学生介绍荧光光谱仪的基本部件和光路,通过分析两者的相似之处,引导学生积极思考经典教学内容中蕴含的科学创新思维,了解经典教学内容对科学技术发展的推动作用。同时,成立了研究兴趣小组,指导学生利用荧光光谱仪和共聚焦激光扫描荧光显微镜进行课外科学研究。例如,胶体金作为一种广谱的荧光猝灭剂广泛用于球形核酸荧光探针的构建,并成功用于细胞中各种生物分子的分析。基于此,我们向研究兴趣小组提出问题:能否发展不含胶体金的球形核酸荧光探针,用于细胞内生物物质的检测,组织学生展开广泛讨论。小组成员通过深入了解经典教学内容中激发态分子的去激发过程,通过查阅文献和与课题组研究生交流,利用核酸组装策略和荧光共振能量转移原理,发展了一种简单、智能、无胶体金的球形核酸探针用于细胞内三磷酸腺苷(ATP)的检测^[8]。同时,我们积极引导研究兴趣小组根据经典教学内容进行文献调研和实验设计,通过新冠病毒检测与中和等课题的研究实践,培养了本科生的科学创新能力^[9-12]。

2.3.2 紧密联系学科前沿,培养学生科学创新思维

在荧光光谱分析法中融入2008年诺贝尔化学奖——绿色荧光蛋白质的发现、表达和发展,和2022年诺贝尔化学奖——点击化学与生物正交化学知识点,向学生介绍了绿色荧光蛋白技术和生物正交化学两种方法的基本原理及其在生命科学研究中的应用。前者是基于基因重组技术将荧光蛋白与目标蛋白相连,为目标蛋白的定位、迁移、构象变化以及分子间的相互作用提供可观察的标签;后者是通过在生物环境中发生的一组对生物分子影响微小或对生化过程干扰微小的化学反应,从而在目

标蛋白上精准修饰小分子标签。在讲解的基础上,通过分析案例与学生讨论荧光蛋白技术和生物正交化学技术在细胞分析中有哪些不同点,通过学习,学生归纳出两者主要的不同点包括:(1)基本原理不同。前者是基因重组技术,后者是化学方法。(2)标签大小不一样。荧光蛋白分子量大,影响目标蛋白结构和功能,从而影响分析结果。生物正交化学工具分子量小,对分析对象干扰小。(3)应用范围不一样。与荧光蛋白技术相比,生物正交化学反应种类多,应用范围广泛,如疾病精准治疗等。我们进一步留出课后作业:荧光蛋白技术在2008年获得诺贝尔化学奖后,为什么生物正交化学反应在2022年还能获得诺贝尔化学奖?它解决了哪些荧光蛋白标记技术不能解决的问题?引导学生思考,培养学生创新思维。其他知识点与科学前沿进展结合的案例见表4。为了阐明案例与经典教学内容的结合,我们以图谱的形式展示了案例和经典内容之间的关联(图2)。

表4 科学前沿进展案例与分析化学(2)相关知识点

知识点	新进展	教学目标
荧光光谱分析	2008年诺贝尔化学奖:绿色荧光蛋白质的发现,表达和发展 2022年诺贝尔化学奖:点击化学与生物正交化学	了解荧光分析技术在生命分析化学中的最新发展动态,激发学生学习兴趣,培养学生科学创新能力
溶出伏安法	量子点是具有宽吸收峰、窄发射峰、荧光量子效率高、发射波长可调的纳米材料。在案例中,我们介绍了量子点作为电信号标签的溶出伏安法及其在基因分析中应用	增强学生灵活运用知识的能力,培养学生科学创新能力
亲和色谱	核酸适体又称化学抗体,是经指数富集配体系统进化技术(SELEX)产生的能特异结合靶分子的单链寡聚核苷酸。在案例中,我们介绍了核酸适体作为捕获分离探针在亲和色谱中的应用	通过学生身边的科学前沿进展启发学生的科学创新思维

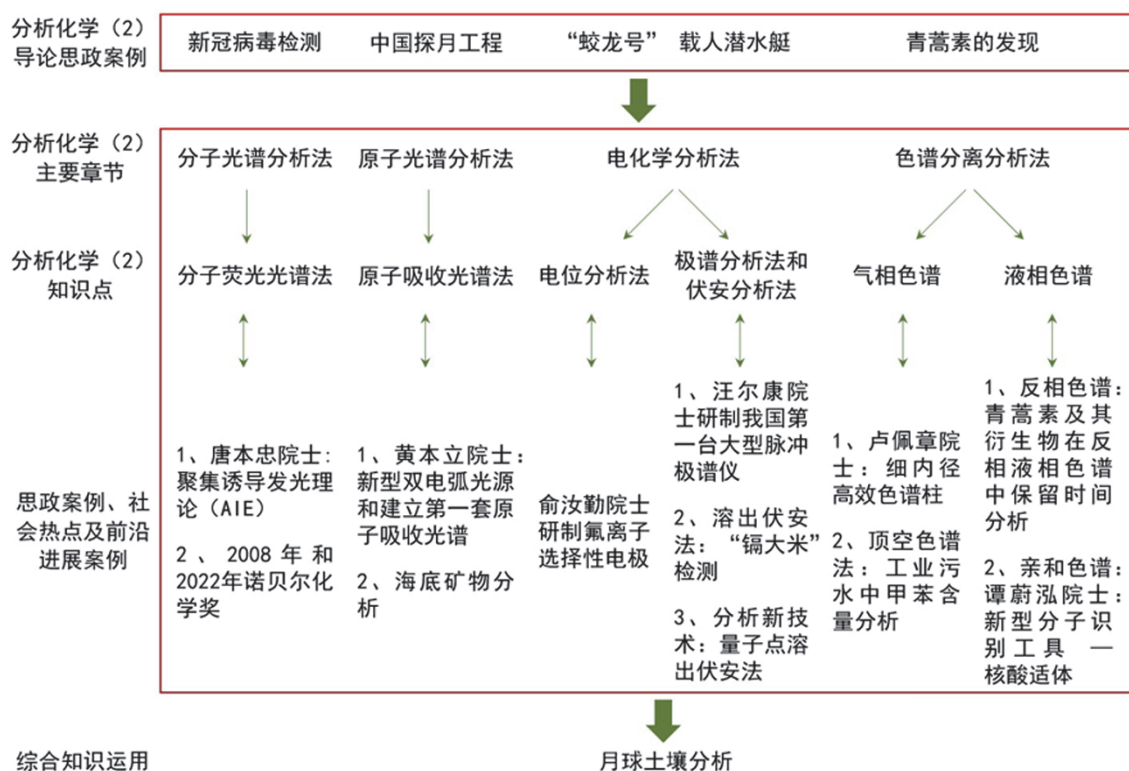


图2 教学实践案例与知识点关联图谱

3 综合教学案例与思考

青蒿素是抗疟疾的特效药,具有速效、低毒等优点。但因溶解度小而难以制成注射剂液,口服生物利用度低和复发率高等不足限制了青蒿素的应用。为了解决上述问题,中国科学家们相继发展了双氢青蒿素及其醚类、羧酸酯类和碳酸酯类衍生物。双氢青蒿素是蒿甲醚在体内主要活性代谢产物。探讨青蒿素、双氢青蒿素和蒿甲醚的保留时间,有助于研究蒿甲醚在体内的代谢。因此,在反相高效液相色谱法教学实践中,我们以青蒿素、双氢青蒿素和蒿甲醚为例,引导学生分析三种物质在结构上的不同(图3),讨论官能团的变化对物质极性的影响,并得出结论:极性从大到小依次为双氢青蒿素、青蒿素和蒿甲醚。因此,在反相高效液相色谱中,保留时间从小到大依次为双氢青蒿素、青蒿素和蒿甲醚。当减少乙腈-水流动相中乙腈含量时,流动相非极性减少,导致组分在流动相中分配系数变小,从而增加了组分在反相高效液相色谱中的保留时间。通过上述案例,学生总结了影响反相高效液相色谱分离因素主要有以下两点:(1) 组分与固定相之间的相互作用越强,组分保留时间越长;(2) 流动相极性越强,组分在反相高效液相色谱中保留时间越长。另外,双氢青蒿素向蒿甲醚的转化涉及了化学衍生技术知识点。因此,在此教学案例中,我们将青蒿素这一思政元素与反相高效液相色谱分离影响因素、化学衍生技术等知识点有机融合,引导学生逐步得出结论,并与文献^[13]对比,加强了学生对相关知识点的掌握和灵活应用。

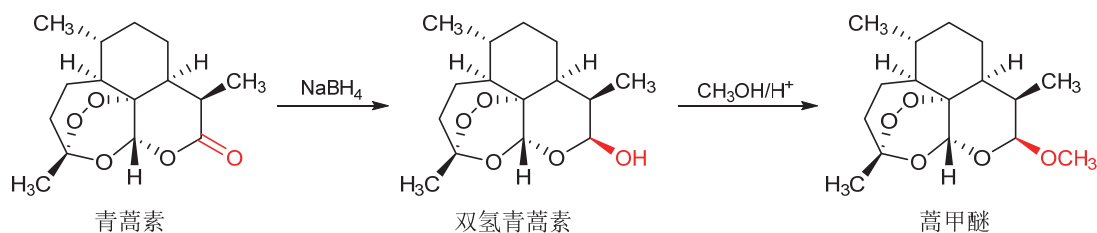


图3 青蒿素、双氢青蒿素和蒿甲醚的化学结构式

4 结语

通过不断丰富教学内容和改进教学方法,精选思政案例、社会热点案例和学科前沿进展案例,探索和设计案例与相关教学内容有机融合的方式,运用现代化信息技术手段,丰富教学内容和改善教学方法,注重知识传授和价值引领相统一、理论知识与实际问题的相统一,经典教学内容和科学研究新进展相统一,激发学生的学习兴趣 and 积极性,培养学生的科学创新思维和科学创新能力,推进分析化学(2)课程科学育人和思政育人的双重育人功能,在培养德才兼备拔尖创新人才方面取得了积极成效。

参 考 文 献

- [1] 李克安, 赵凤林, 焦书明, 刘锋, 张新祥. 大学化学, **2003**, 18 (1), 26.
- [2] 邹桂征, 孙树喆, 徐晓文, 黄锡荣, 杨国生, 吴波, 张斌. 大学化学, **2022**, 37 (4), 2108084.
- [3] 王佳敏, 李涵, 张文凯, 刘承上, 刘宝良, 孙华宇, 张其坤. 大学化学, **2019**, 34 (3), 36.
- [4] 宦双燕, 羊小海, 吴朝阳, 蒋健晖, 王玉枝, 高娜, 赵敬哲, 旷亚非. 大学化学, **2016**, 31 (8), 37.
- [5] 王玉枝, 杨屹, 魏琴, 李攻科, 张文清, 曹秋娥, 郑成斌, 薛冰纯, 羊小海, 吴朝阳, 等. 大学化学, **2023**, 38 (1), 8.
- [6] 火焰原子化器. [2023-03-12]. https://www.bilibili.com/video/BV1QU4y1R7p5/?spm_id_from=333.788.recommend_more_video.-1
- [7] UV-Vis原理紫外可见分光光度计原理. [2023-03-12]. https://www.bilibili.com/video/BV1QU4y1R7p5/?spm_id_from=333.788.recommend_more_video.-1
- [8] Cai, S.; Wang, J.; Li, J.; Zhou, B.; He, C.; Meng, X.; Huang, J.; Wang, K. *Chem. Commun.* **2021**, 57 (51), 6257.

- [9] Lin, Q.; Cai, S.; Zhou, B.; Wang, K.; Jian, L.; Huang, J. *Chem. Commun.* **2021**, 57 (32), 3873.
- [10] Li, J.; Cai, S.; Zhou, B.; Meng, X.; Guo, Q.; Yang, X.; Huang, J.; Wang, K. *Chem. Commun.* **2020**, 56 (45), 6126.
- [11] Xie, N.; Huang, J.; Yang, X.; He, X.; Liu, J.; Huang, J.; Fang, H.; Wang, K. *Anal. Chem.* **2017**, 89 (22), 12115.
- [12] Wang, D.; Zhang, J.; Huang, Z.; Yang, Y.; Fu, T.; Yang, Y.; Lyu, Y.; Jiang, J.; Qiu, L.; Cao, Z.; *et al.* *ACS Central Sci.* **2023**, 9 (1), 72.
- [13] 李雪芳, 次多. 西藏大学学报(自然科学版), **2009**, 24 (1), 91.

欢迎订阅《大学化学》

《大学化学》是由教育部主管, 北京大学和中国化学会共同主办的教育研究性学术刊物。以促进深化大学化学教育改革为宗旨, 为提高我国化学教学水平服务。读者对象为高等学校化学教师、研究生、本科生, 中学化学教师, 对化学有浓厚兴趣的中学生, 以及化学教育领域的各级管理人员和其他岗位上的化学工作者。主要栏目有: 今日化学、教学研究与改革、知识介绍、化学实验、师生笔谈、自学之友、大学化学先修课程、竞赛园地、未来化学家、科普、国外化学教育、化学史以及专题讨论等。

《大学化学》现为月刊, 大 16 开本, 亚光铜版纸印刷。2024 年每本定价 50.00 元, 全年出版 12 期, 共 600.00 元。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号: 82-314。为方便读者订阅, 本刊编辑部全年办理邮购业务。

地址: 北京大学化学学院《大学化学》编辑部

邮编: 100871

电话: 010-62751721

邮箱: dxhx@pku.edu.cn

网址: <https://www.dxhx.pku.edu.cn>

《大学化学》编辑部