

## “课程思政”与“模块化”仪器分析实验的融合 ——以教学微等离子体原子发射光谱仪的自搭建及应用为例

邓羽蓉<sup>1,\*</sup>, 杨嘉慧<sup>2</sup>, 张金懿<sup>1</sup>, 郑成斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 四川大学化学学院, 成都 610064

<sup>2</sup> 四川大学分析测试中心, 成都 610064

**摘要:** 在当前教育改革的大背景下, 以自搭建模块化仪器分析实验为平台的教学模式的革新, 已经成为培养拔尖创新人才的重要途径。学生通过直观理解并参与仪器的设计和搭建, 显著提升了实践操作能力和科研兴趣。结合课程思政, 这种教学模式在增强学生的科学素养与专业技能基础上, 更激发了他们的社会责任感和爱国情怀, 为培养具有社会主义核心价值观的创新创造复合型科技人才提供坚实的基础, 为我国科技发展贡献持续的创新动力和智力支持。

**关键词:** 仪器分析实验; 自搭建; 模块化; 课程思政教育

**中图分类号:** G64; O6

## Integration of “Course Ideological and Political” Education and “Modular” Instrumental Analysis Experiments: A Case Study of Self-Building and Application of Teaching Microplasma Atomic Emission Spectrometer

Yurong Deng<sup>1,\*</sup>, Jiahui Yang<sup>2</sup>, Jinyi Zhang<sup>1</sup>, Chengbin Zheng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064, China.

<sup>2</sup> Analytical and Testing Center of Sichuan University, Chengdu 610064, China.

**Abstract:** In the context of current educational reform, the innovation of teaching models based on the self-building of modular instrumental analysis experiments has become a crucial pathway for cultivating top-tier innovative talents. By enabling students to intuitively understand and actively participate in the design and assembly of instruments, their practical skills and research interests are significantly enhanced. The integration of ideological and political education into the curriculum further reinforces students' scientific literacy and professional skills while fostering their sense of social responsibility and patriotism. This approach lays a solid foundation for developing innovative and versatile scientific talents imbued with socialist core values, providing sustained innovative impetus and intellectual support for the advancement of science and technology in China.

**Key Words:** Instrumental analysis experiment; Self-construction; Modular; Course ideological and political education

收稿: 2024-08-30; 录用: 2024-10-22; 网络发表: 2024-12-11

\*通讯作者, Email: ydeng@scu.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金(22076128)

仪器分析代表了分析化学的发展方向，具有多学科交叉性、发展性和前沿性的特点。仪器分析实验课程是高等化学及相关专业的基础课程之一，它在培养学生掌握现代仪器操作和分析手段、辅助学生有效开展科学研究方面发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。

## 1 仪器分析实验教学改革背景

长期以来，传统的仪器分析实验课程设置与实际需求脱节，一些高校教材内容滞后，课程内容过于理论化，与实际工作需求和当前科技发展不够贴合，导致学生在毕业后需要较长时间适应工作环境。同时，实践教学资源相对不足，如实验室、实训基地等硬件设施和实践教学机会有限，学生无法获得充分的实验操作机会，影响了学生的实践能力培养以及解决实际问题能力的提升。在大规模教育体系中，学生个性化发展的需求得不到充分满足，学生的特长和兴趣可能未能得到有效的引导和培养，因而课程未能充分激发学生的创新思维和创造能力。此外，在快速发展的科技领域，跨学科知识的重要性日益凸显，但传统的教育体系往往侧重于单一学科的深入，跨学科教育和研究相对较少，且高校科研和教学之间存在一定程度的分离，导致科研成果不能及时转化为教学内容，影响学生的学术视野和创新能力培养<sup>[2,3]</sup>。

在仪器分析实验中，科学仪器是最重要的一环。然而，由于我国工业基础薄弱，高端科研仪器领域依赖进口的局面尚未根本改观，这迫切需要加强原始创新，发展出我们自己的系列高端科学仪器。此外，我国在科研仪器研制方面的人才储备不足，特别是工程技术人才的缺乏，科研人员研发仪器的积极性不高，也影响了科研仪器的研发和产业化，制约了我国科研仪器的自主可控，进而影响了科学研究和技术创新<sup>[4]</sup>。

四川大学化学学院针对传统的仪器分析实验课程中存在的共性问题，首先面向高年级“拔尖”和“强基”计划学生实施仪器分析实验课程教学改革和创新。实验教学以教学微等离子体原子发射光谱仪的自搭建及应用为平台，不仅将最新科研成果融入教学内容<sup>[5]</sup>，丰富了实践教学资源，而且通过这一过程，强化了学生对科研仪器研制的理解和实践，激发了他们对原始创新的追求，培养了他们在工程技术领域的创新能力和解决实际问题的能力。同时，在教学过程中强调学生对多学科综合知识的运用，注重提升他们的个性化发展，旨在实现教学目标的多元化，让学生更好地适应社会发展的需求，培养出勇于创新、敢于挑战、引领价值的理工科拔尖人才，为实施创新驱动发展战略、建设创新型国家、实现高水平科技自立自强提供人才支撑。通过实践教学过程的思政融入，立德树人，提高拔尖创新人才自主培养的政治站位和历史主动，教育引导学生心怀“国之大者”，成为担当民族复兴大任的时代新人。

## 2 自搭建模块化仪器分析实验的教学改革实践

### 2.1 自搭建模块化仪器分析实验的创新性

自搭建仪器模块化教学实践是根据不同的实验，接入不同的模块组件以实现不同的实验目的，完成相应的实验内容。这些接入的模块可通过3D打印自行加工零件(图1)，再自行组装和调试仪器，搭建具有完整功能性的整机(图2)，最终应用于实际样品的检测。学生可以根据实验的需求自行选择和组装相应的模块硬件，因而实现不同实验目的的自由度更高。根据不同的实验目的和实验内容，有针对性地进行功能和操作模块的定制，完成原理实验，物质定性、定量实验，应用拓展实验等，也可以根据教学目标搭配不同创新实验套餐以丰富教学功能。自搭建微等离子体原子发射光谱仪使操作者能够直观、快速地了解原子发射光谱法的原理和简单的光谱仪结构，熟悉光谱仪的基本操作。因学生的全程参与度较高，在开展相关实验课程中，更能激发学生的科研兴趣。这种模块化的自搭建仪器的实物演示，其教学效果远远高于单纯从教材文字去理解和想象实验，化“无形”于“有形”，既巩固了基础理论知识，同时也激发了学生的学习兴趣和好奇心，加强了科学探索和创造精神的培养。

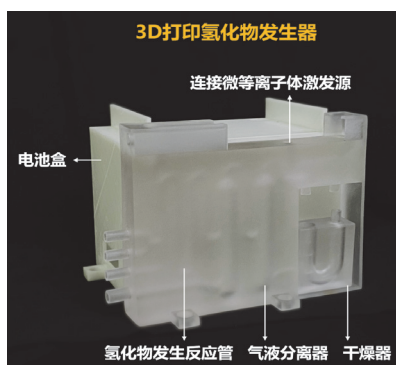


图1 3D打印氢化物发生器模块



图2 模块化教学微等离子体原子发射光谱仪

## 2.2 自搭建模块化仪器分析实验的实施

利用自搭建微等离子体原子发射光谱仪，以水中有毒重金属的定性、定量分析为例。

(1) 授课形式：讲授+实践共32学时(图3)。实行小班教学，4组学生，每组学生4-6人。



图3 教学光谱仪测定水中有毒重金属

(2) 基本原理：微等离子体原子发射光谱法是一种以尺寸在毫米级的微等离子体作为激发光源进行发射的光谱分析方法。依据各元素的原子或离子在等离子体激发源的作用下跃迁到激发态，利用激发态的原子或离子返回基态时所发射的特征光谱及强度来分别定性、定量地测定物质中元素种

类及其含量。为进一步提高分析性能,蒸气样品引入是微等离子体激发源的首选方式。通过氢化物发生(HG),利用还原剂 $\text{KBH}_4/\text{NaBH}_4$ 将目标元素还原为其相应的挥发性分析物,可消除样品水分与基体的影响,扩展分析元素范围,提高方法灵敏度。利用立体光固化技术,3D打印氢化物发生尖端放电微等离子体原子发射模块,有利于装置的进一步集成和成本控制,方便个性化设计和定制,还可保证不同实验人员搭建装置的一致性。

(3) 主要内容:有毒重金属的危害(讲授);测量水中有毒重金属的方法(讲授各种测量方法的优缺点);小型化装置组装与测试(实践-自制模块化微等离子体光谱仪的搭建和实验室测试);水中有毒重金属(如汞、砷、铬)的定量分析(实践-利用自制光谱仪进行实际水样中重金属的定量分析)。

(4) 学习目标与要求

- ① 了解有毒重金属的危害:学习重金属如汞、砷、铬对人体健康和环境的潜在危险。
- ② 熟悉有毒重金属的检测方法与仪器:掌握如何使用不同的技术和设备来检测这些金属。
- ③ 了解小型原子发射光谱装置功能与构造:学习这种装置如何工作以及它的组成部分。
- ④ 掌握有毒重金属(如汞、砷、铬)小型装置的组装与测试:学会如何搭建和测试用于检测重金属的小型设备。
- ⑤ 学习3D打印微等离子体原子发射光谱仪的原理和结构:理解这种新型光谱仪的工作原理和设计。
- ⑥ 掌握尖端放电微等离子体原子发射光谱法测定水中重金属的原理、方法和操作:学习此种特定的检测技术,包括其理论基础、操作步骤。
- ⑦ 掌握小型装置测试水中有毒重金属(如汞、砷、铬)含量:能够使用小型设备来测量实际水样中的重金属含量。

(5) 教学目标

- ① 认知目标:理解水质分析中检测有毒重金属的重要性和所使用的方法。
- ② 技能目标:学会组装和操作小型化装置,以检测水中的有毒重金属。
- ③ 情感目标:通过实践操作激发学生的创新精神,培养团队合作意识和价值塑造。

(6) 考核方式:多形式考核

课堂讨论(竞答):水中有毒重金属的危害及分析方法。

课堂测试:小型化装置功能与结构。

课后作业:小型化装置检测水中有毒重金属(如汞、砷、铬)实验报告。完成相应实验操作后收集所得数据,撰写实验报告,最后分组进行实验结果汇报(图4)。老师评判时主要结合学生对水质检测的熟悉程度,对实验报告内容的逻辑性、语言组织能力、问题解决能力、组内协作能力、分组汇报等情况给分。



图4 实践结果汇报答辩

(7) 学习成果: 掌握水质中有毒重金属的分析意义与方法; 了解小型化测量装置的原理和结构; 领悟交叉学科的融会贯通, 领会创新和创造在环境分析领域的意义。

### 2.3 教学模式促进实验课程思政教育实施

在推进实验课程思政教育的实施中, 教学模式的创新起着重要的作用。模块化仪器设计在高等拔尖人才培养中扮演着至关重要的角色, 它通过提供可反复拆卸和组装的实践平台, 激发学生的创新思维和实践能力。这种设计使学生能够直观地了解仪器的内部结构和工作原理, 进而参与到实验装置的设计、搭建和模块组装中, 提高实验技能和提升科学素养。开放式操作模式不仅增强了学生的自主学习能力, 还培养了他们的团队协作精神。部件配置的多样性和功能模块的灵活性, 支撑了多项教学任务, 也为学生的自主创新实验提供了广阔空间, 培养了他们的科学研究能动性。在这一实践过程中, 将思想政治教育融入专业技能培养中, 坚持把创新作为引领发展的第一动力, 同时学习老一辈科学家在研制国产仪器过程中艰苦奋斗、打破封锁、无私奉献的精神。教学中将价值导向与知识导向相融合, 培养学生的科学精神和工匠精神; 将专业课程思政教学目标融入教学设计, 引导学生在科学探索中树立正确的价值观, 在实践中体会科技创新与社会责任的统一。

结合课程思政, 我们利用自搭建仪器进行了“水质调查”特色实践活动, 将理论与实践相结合。通过这一活动, 学生不仅能够深入理解水质分析的重要性, 而且能够结合当地水文特点和治水设施, 实地体验和学习。在这一过程中, 我们引导学生学习先哲智慧、民族自豪感, 如都江堰的治水哲学; 探索红色文化, 如大渡河的革命历史; 体验艰苦奋斗的精神, 如黑龙滩的建设历程; 理解“绿水青山就是金山银山”的生态理念, 如眉山湿地的保护与利用。通过这种思想引领加持、理论加实践的教学模式, 学生不仅在专业技能上得到提升, 更在思想政治素质上得到加强, 厚植爱国主义情怀, 把爱国情、强国志、报国行自觉融入建设社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴的奋斗之中, 成为能够担当民族复兴大任的时代新人。

为了进一步促进思政教育的实施, 教学中采用了多种形式的考核方式, 多方位地考察和锻炼了学生的各项能力和素质。课堂讨论的互动性可以增强学生的批判性思维和表达能力, 在深入理解有毒重金属对环境和人体健康影响基础上, 培养他们的环境意识和社会责任感。这种教学模式体现了将思政内容融入专业教学的策略, 如盐入水、润物无声, 让学生在学习专业知识的同时, 也能够吸收和内化科学精神和社会责任。课堂测试, 旨在检验学生对理论知识的掌握和对技术细节的理解。通过这种形式的测试, 学生可以更好地将理论与实践相结合, 为今后的科研工作打下坚实的基础。而课后的报告及其答辩则是对学生综合素质的一次全面检验。在答辩中, 学生可能会面临挑战和质疑, 这可以激发他们的创新意识, 鼓励他们不断探索和改进。通过答辩, 学生可以更深入地了解自己的专业领域, 增强对专业的认同感和归属感。报告答辩不仅是知识的传递, 也是文化和学术精神的传承, 学生在这个过程中可以学习到前辈老师们的经验和智慧。

通过实践教学模式, 学生分析问题、解决问题和实验操作的能力得到了锻炼, 同时, 他们的领导力、协作能力、沟通能力和创造创新精神也得到了全面培养。这种模式不仅提升了学生的专业知识和技能, 而且培养了他们的社会责任感、创新意识和科学精神, 为培养具有创新能力和领导潜质的高等拔尖人才打下了坚实基础; 为当前国家战略人才的培养, 特别是在推动科技创新、实现高水平科技自立自强方面, 提供了强有力的支撑。此外, 随着新兴技术如人工智能、量子计算、生物技术等领域的快速发展, 这种教学模式也在不断融入前沿技术内容, 确保学生能够掌握最新科技动态, 为国家的创新发展贡献青春力量。

## 3 教学反馈与建议

此教学仪器在厦门大学化学国家级实验教学示范中心对化学测量学与技术新专业的学生开展了实践, 同时在四川大学化学学院“水质调查”特色创新实践活动中面向高段本科生已连续实践多年(图5)。



图5 四川大学水质调查实践活动

(a) 都江堰——先哲智慧民族自豪感；(b) 黑龙滩——艰苦奋斗；(c) 眉山湿地公园——绿水青山就是金山银山

通过实践活动，学生反馈可以更直观具体地了解原子发射光谱的内部具体结构。通过与实验中心的大型仪器进行比较，深入理解这种小型的3D打印微等离子体发射光谱的检测原理，并且通过仪器结构的可视化，可以了解到仪器搭建和使用的一些相关方法。同时，学生在仪器的使用过程中，提出该仪器在结构和外观构造上也有一些值得改进的空间，如在辉光放电的部分是否可以考虑换另外一种材料，以及仪器在采集回信号的时候，软件部分可以自动扣掉噪音背景等。通过此类实践，使学生更深入体会到自搭建仪器的小型化和便携化发展，为未来的仪器自搭建提供帮助和指导，充分体现了学生在实践活动中的主动探索和创新精神，以及他们对科学探究的深刻理解和对技术改进的敏锐洞察。

在实验教学中，教师可适时引导学生思考如何将所学知识应用于解决实际的环境问题，如何通过科技创新和利用前沿科研成果来改善水质检测技术，以及如何通过科学研究来促进社会可持续发展，从而在教学过程中注重培养学生的创新意识、社会服务和责任担当意识。

#### 4 结语

通过自搭建模块化仪器分析实验的实施，结合课程思政，为学生提供一个全面、深入、实践性强的学习平台，推动了科教融合。这种融合不仅将科研教学仪器作为创新人才培养利器，而且将最前沿的科学理念和科研成果贯穿于教学体系中，增强了学生实际实验技能和科学认知能力。课程思政和科教融合的教学模式，在提高学生专业知识的同时，塑造了他们的价值观和世界观，培养了具有专业素养和社会责任感的全面发展人才。这样的教育成果，将为国家发展和社会进步提供持续的创新动力和智力支持。

#### 参 考 文 献

- [1] 曾映旭, 秦玉春, 刘瑞娜, 齐丹. 高教学刊, **2021**, No. S1, 126.
- [2] 王萍, 吴曦华. 国际教育论坛, **2024**, 6 (5), 12.
- [3] 邹桂征, 孙树晶, 徐晓文. 大学化学, **2022**, 37 (4), 51.
- [4] 张盖伦, 刘莉. 决策探索(上), **2021**, 695 (8), 76.
- [5] Yang, J. H.; Luo, Y. J.; Su, Y. B.; Li, Y. Y.; Lin, Y.; Zheng, C. B. *Microchem. J.* **2022**, 179, 107569.