

## 授人以鱼和渔：仪器分析实验自主设计实验及思政元素融入

李琰<sup>1,2</sup>, 丁飞<sup>1,2,\*</sup>, 王京<sup>1,2</sup>, 南晶<sup>1,2</sup>, 李一峻<sup>1,2</sup>, 邱晓航<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>南开大学化学学院, 天津 300071

<sup>2</sup>化学国家级实验教学示范中心(南开大学), 天津 300071

**摘要:** 为适应现代教育理念及国家对创新型人才的需求, 改革传统实验教学模式并激发学生的自主创新意识, 在传统仪器分析实验教学基础上探索和构建以学生为主体、以创新能力培养为中心的自主设计实验教学模式。课程在夯实基础和拔高创新方面取得了平衡, 同时拓展了课程思政的范畴, 如以学生为中心的自主设计实验模式提升了学生学习主动性, 课程高阶性、创新性显著提高, 授课教师在更多方面以身作则, 示范了严谨的科学态度, 并倡导了积极的科学探索态度。通过自主设计实验的开展, 学生的基础知识、学习兴趣、实验技能、创新能力等都得到了显著提升, 建立了有效的仪器分析学习模式。

**关键词:** 仪器分析实验; 自主设计实验; 教学改革; 课程思政

中图分类号: G64: O6

## Give a Man a Fish, and Teach a Man to Fish: Self-Designed Instrumental Analysis Experiments and Integration of Ideological and Political Elements

Yan Li<sup>1,2</sup>, Fei Ding<sup>1,2,\*</sup>, Jing Wang<sup>1,2</sup>, Jing Nan<sup>1,2</sup>, Yijun Li<sup>1,2</sup>, Xiaohang Qiu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China.

<sup>2</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nankai University), Tianjin 300071, China.

**Abstract:** To adapt to modern educational concepts and meet the national demand for innovative talents, it is necessary to reform the traditional experimental teaching model and stimulate students' autonomy and innovative consciousness. This can be achieved by exploring and constructing a student-centered, innovation-oriented autonomous design experimental teaching model based on the foundation of traditional instrumental analysis experiments. The course has achieved a balance between consolidating the foundation and promoting innovation, while also expanding the scope of ideological and political education in the curriculum. The student-centered autonomous design experimental mode enhances students' initiative in learning, significantly improves the advanced and innovative nature of the course, and demonstrates the rigorous scientific attitude by setting an example and advocating an active scientific exploration attitude. Through the implementation of autonomous design experiments, students' basic knowledge, learning interest, experimental skills, and innovative abilities have been significantly improved, establishing an effective learning model for instrumental analysis.

**Key Words:** Instrumental analysis experiment; Self-designed experiment; Teaching reform; Course ideology and politics

收稿: 2023-10-25; 录用: 2023-11-24; 网络发表: 2023-12-14

\*通讯作者, Email: dingfei@nankai.edu.cn

基金资助: 南开大学实验课程教学项目——交叉学科类项目(23NKSYJC02)

仪器分析实验课程是化学、环境科学、材料科学、生命科学、医学、药学等高等教育专业中一门重要的实践性课程，对于打造基本科研能力、助力创新研发具有重要的意义。仪器分析实验课程不仅要求学生掌握基本的仪器知识与操作方法，更重要的是培养创新意识和科研能力，通过教学相长充分发挥课程在人才培养过程中的作用。

## 1 实验教学改革背景

长期以来，各高校传统的实验课程内容和教学方式都存在一定的局限性，如实验内容固定、验证性实验多、学习形式化、基础知识掌握不牢等。实验教学往往过度依赖教材和教师指导，学生自主和创新思维缺位，这在一定程度上限制了学生的创新能力和实践能力的培养。近年来，很多院校都开展了不同类型的仪器分析自主设计实验来完善实验课程建设<sup>[1-9]</sup>。

针对共性问题，南开大学化学学院仪器分析实验课程不断深入教学改革，在保证原有仪器分析实验的基础上丰富了名为“仪器分析实验课程自主设计实验”的内容，旨在通过改革实验教学模式，提高学生的实践能力和创新能力。实验教学从传统的“教师演示，学生模仿”单一模式向“被动与主动学习相结合”的创新性综合模式转变，实现了教学目标的多元化发展。在传统的实验教学之外，通过自主设计实验建立有效的仪器分析学习模式，实现“鱼”和“渔”兼得的效果。课程高阶性和创新性通过自主设计实验环节得到大幅提升，激发学生的学习兴趣 and 积极性，使他们从被动接受知识转变为主动探索知识，学习效率更高。同时，更加丰富的思政元素融入有效强化了课程思政建设，保障了教学目标的实现。

南开大学化学学院仪器分析实验是面向中、高年级本科生开设的专业课程，涵盖了光谱、波谱、色谱、电化学、热分析等十余种分析测试仪器，旨在帮助学生了解化学类专业较为常用的各种分析手段，为其将来进行科学研究奠定基础。

根据仪器分析实验教学的特点，课程采用小组大循环形式开展教学，学生分为4-6人的小组，依次进行各个仪器的学习，整体形成大循环，在一个教学周期内完成所有仪器的学习和使用。由于仪器原理涉及较多物理学、数学方面的知识，总体上较为复杂、理解难度大，且大部分学生基础较弱，课程一般采用难度较低的基础性实验，选择最具代表性的实验内容体现仪器特点，介绍重要的知识点。学生通过线上预习、课上讲解和实际操作初步了解仪器基本知识，形成基本的认知框架，实验后通过实验报告对所学知识进行归纳整理，掌握数据处理的方法。

基于以上介绍的客观情况可知，传统的教学模式学生总体处于比较被动的学习状态，课程教学目标只能限定于学生学习基本的仪器原理和操作，高度有限、深度不足，缺乏创新能力的培养。学生学习热情往往也不够高，难以建立科学合理的仪器分析学习模式，形成自主、独立、举一反三的学习能力不足，获得了“鱼”却不会“渔”。

## 2 基于学生自主设计实验的实验教学改革

针对教学中存在的问题，课程对标全国大学生化学实验创新设计竞赛，教学环节中加入自主设计实验，鼓励学生在充分学习了解仪器的基础上自主选题、自行设计、小组合作探究，深度体验发现问题、分析问题、解决问题的全过程。

### 2.1 自主设计实验的原则

自主设计实验应遵循以下几点原则提高学生的实践能力和创新意识：

第一，实验设计应遵循科学性原则。实验的设计必须建立在充分的理论基础之上，实验的目的、内容和方法都应具有科学性，解决实际问题或验证某个理论。

第二，实验设计应遵循系统性原则。实验设计应系统、完整，能够全面反映实验的主题，实验结果对实验选题提供合理、完整、可靠的支撑。

第三，实验设计应兼顾创新性原则。新设计应尽量突破传统的实验模式，具备鲜明的创新点，

同时提高实验的效率和效果。

第四，实验设计应遵循可行性和经济性原则。实验方案应当充分考虑实验的条件和资源，确保实验能够顺利进行，实验结果能够有效获取。

## 2.2 自主设计实验的实施流程

将自主设计实验纳入教学计划，与常规实验项目同步进行，两个常规实验小组合并为一个10人左右自主设计实验小组并自主推选1名组长，根据成员意见竞争选择课程提供的十四种仪器中的一项，随后通过深入学习确定研究方向。

本课程为64学时，单个教学周期持续16周，原有仪器分析实验课程从学期第2周开始，每组学生每周1次课，共安排12周。自主设计实验第1周开始进行分组和推选组长，随后进行仪器选择、自主学习、确定课题、实验准备等工作，在关键时间节点如学期中期(如第9周)和期末(第16、17周)统一安排实验讨论、实验操作和报告总结等内容，在此之外主要利用课后或课余时间进行讨论和实验操作。自主设计实验教师全程密切关注学生学习和讨论的情况，适时进行指导，始终做到以学生为中心，充分发挥学生主观能动性。

## 2.3 自主设计实验改革成效

自主设计实验开展4个周期以来，显示出了非常积极的作用。从发现科学问题开始，到设计方案解决问题，学生不仅仅掌握了仪器的操作方法，还自行设计方案，真正达到融会贯通。这种教学模式能够确实达到授人以渔的目的。为解决问题，在实现目标的过程中需要查阅大量文献，进行合理有效的规划，必要时配合使用其他的仪器分析手段，其任务的难度广度大大超出传统教学模式，课程的高阶性、创新性大幅提升。同时，自主设计实验的实施显著提高了学生的实验兴趣和积极性。经过深入的学习交流对仪器有了更清晰的认识，通过解决自己感兴趣的问题，学习过程更有积极性，激发了学生的创新思维和实践能力。部分优秀的工作进一步转化为教学论文，丰富了课程建设的成果<sup>[10-16]</sup>，在论文撰写、投稿的整个过程中仍是以学生为主、教师指导把关，学生的写作能力、表达能力得到了锻炼，同时优秀的设计方案可以作为教学实验的资源库，用来更新实验内容。

“原位拉曼光谱探究光敏物质的光降解机制与动力学”是本学期自主设计实验的一个典型案例，创新性填补了现行本科教学中原位分析方法的空白。为体现“原位、无损、实时”，学生以光敏物质光降解为研究对象，利用拉曼光谱仪对反应进行原位分析。学生创造性地利用拉曼光谱仪的激光器作为光降解反应的光源，在反应进行的同时进行拉曼光谱检测，利用拉曼峰强度变化进行动力学分析，确定反应活性位点，确定了实验初步方案。尝试实验后，发现信号并没有呈现规律性变化，经过和指导教师的讨论，确定为检测器信号扰动，在教师指导下采用在实验体系中添加内标的方法来修正检测信号的误差，获得了良好的检测效果，一个具有实际应用价值的原位拉曼检测光降解物质的基本方法初步成形。之后学生又提出了利用此方法评估光催化剂效能的设想，经过大量的文献调研锁定了铜类催化剂作为研究对象，实验结果与文献结论一致，扩展了此检测方法的应用范围。本案例展示了学生扎实的理论知识、较强的文献调研能力与突出的创新性思维。该方案参加了2023年全国大学生化学实验创新设计大赛，受到评审专家的充分肯定，并获得全国总决赛特等奖。

荧光光谱是仪器分析实验中的一个基础实验，测定维生素B<sub>2</sub>是很多高校采用的实验内容，仪器原理和实验设计较为简单，内容略显单薄。学生在教师指导下进行了充分深入的讨论，从关乎日常生活健康的食材处理入手，发现其中的科学问题并展开深入的学习。从维生素B<sub>2</sub>的重要作用、摄取方式开始，到论证方法研究的可行性，设计实验流程并最终圆满完成整个实验，对原有实验进行了大幅改进，形成了“利用荧光光谱研究菠菜焯水过程中维生素B<sub>2</sub>的流失”这一新的教学实验。该改进实验丰富了实验内容，克服了原有实验内容偏少、学生锻炼不足的问题；实验内容新颖有趣，既有利于提升学生的学习兴趣，又有利于加深学生对课堂知识的理解；研究内容贴近生活，有利于帮助学生培养学以致用能力。同时实验时长适宜，对仪器要求低，使用实验室的常备仪器即可完成，适合推广为本科教学实验<sup>[12]</sup>。

表1中列出了近4个教学周期的自主设计实验项目。

表1 近4个教学周期的自主设计实验项目

仪器	第一周期项目	第二周期项目	第三周期项目	第四周期项目
红外光谱	用红外光谱(FTIR)检测奶粉主要成分	基于红外光谱对不同种类红景天的化学成分及相对含量的研究	红外光谱法在新冠防护口罩成分分析与对比鉴别中的应用	利用红外光谱测量不同保健品中维生素C的真实含量
X射线衍射	硝酸钠和氯化钠的混合物测定	钴亚氨基二乙酸配合物的合成分离及其X射线衍射(XRD)表征	XRD表征正极材料包覆预实验	关于NaCl经XRD测试后变色现象的机理研究
热重分析	几种玉米及淀粉的淀粉含量测定	热重分析在生物质热解中的应用——以角蛋白为例	基于热重与差热分析法判断不同种类塑料的使用温度	可降解材料的热重分析
核磁共振波谱	测定一个有机化合物了解氢谱、碳谱、碳编辑谱(DEPT)及几种二维谱	运用 <sup>1</sup> H NMR谱和主成分分析算法分析食用油在不同处理条件下的组分差异	核磁共振方法评估葵花籽油加热后的质量变化	多个溶剂峰压制方法测试可乐核磁共振氢谱
高效液相色谱	测定不同种类奶茶中咖啡因的相对含量	高效液相色谱法快速测定茶饮料茶多酚中儿茶素类含量	饲料样品中四环素类化合物的富集与检测	钙维生素片中维生素含量的测定
气相色谱	测定糕点中乙二醇、丙二醇和丙三醇的含量	气相色谱法测定酒中乙醇的含量	水质-乙腈的测定——直接进入气相色谱法	气相色谱标准加入法测定白酒中高级脂肪酸含量
电感耦合等离子体发射光谱	复合维生素片中金属元素Al、Ti、Mg、Ca、Fe、Zn、Cu、Mn含量测定	电感耦合等离子体发射光谱(ICP-OES)法测定茶叶中多种金属元素	电感耦合等离子体发射光谱(ICP-AES)法测定水中的多种元素含量及重金属污染情况	ICP-OES检测咖啡豆金属元素含量
圆二色光谱	表征纤维素纳米晶手性液晶水凝胶的手性	圆二色光谱法研究重金属离子对蛋白质变性的影响	圆二色光谱法研究常见污染物对蛋白质变性的影响	圆二色光谱测定尿素对于蛋白质变性的影响
拉曼光谱	检测恶二唑成环反应产物	Raman成像恢复涂抹掩盖字迹	原位拉曼光谱探究光敏物质的光降解机制与动力学	拉曼光谱分析碳素笔笔迹
循环伏安	测定饮料中的柠檬黄和日落黄	循环伏安法研究苯醌的电极反应过程	唾液中的葡萄糖检测	循环伏安法测定茶叶中表儿茶素的含量
原子吸收光谱	检测茶卡盐湖天然盐的成分	三种可用于新冠肺炎治疗的中成药中重金属元素铅含量的测定	用微波消解和热消解两种预处理方法使用原子吸收分光光度计测定牛奶中镁含量	火焰原子吸收光谱测定葡萄糖酸锌口服液中的锌含量
离子色谱	检测日常生活中饮用水中阴离子	氧弹燃烧结合离子色谱法测定色谱柱填料中氯含量	离子色谱法测定防晒霜中的阴阳离子	离子色谱对过氧化氢处理硫化染料废水中硫代硫酸钠的动力学过程检测
荧光光谱	测定食品中的铝含量	利用荧光光谱法探究焯水时间对菠菜叶中的维生素B <sub>2</sub> 含量的影响	荧光分光光度法测定乙酰水杨酸和水杨酸	水果及果汁中维生素C含量的测定和对比
紫外光谱	测定两款可乐的咖啡因含量	基于紫外-可见分析光谱法对不同口味可乐的研究	利用紫外-可见吸收光谱研究不同商品防晒霜化学防晒的能力	粉末活性炭吸附溶液中锌离子的性能研究

### 3 课程思政建设得到加强，思政元素进一步丰富

2020年教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》，要求把思想政治教育贯穿人才培养体系，全面推进高校课程思政建设，发挥好每门课程的育人作用，提高高校人才培养质量。仪器分析实验本身具有良好的课程思政建设基础，涉及国产仪器发展、解决卡脖子问题等经典思政元素，自主设计实验的建设大大拓宽了课程思政建设的范畴和深度。

首先，自主设计实验以学生为中心，使学生从思想上变被动为主动。固定的实验内容、实验操作和基本一致的实验结论容易导致学生浮于表面，应付了事。而自主设计实验驱动学生不得不考虑方方面面的问题：进行研究必然要求深入细致的了解仪器相关知识，选题要考虑创新性，实验需要哪些条件，可行性、安全性、经济性如何等等。同时该环节赋予组长自主设计实验50%成绩决定权，有利于组长协调组员工作，平衡责任与义务，锻炼学生的组织协调能力，培养团队协作解决问题的合作精神。

其次，课程高阶性、创新性得到大幅提升，育人质量更高。与传统的仪器分析课程学习方式不同，自主设计实验具有更明确的目的性，强调创新性，兼顾可行性、重现性等诸多因素。在创新思维引导下，需要对设计目标进行调研查证，过程中不可避免会遇到新的知识点，诸多新知识点的消化吸收有力保证了课题的创新性，整个流程完成后有成倍的收获，教学成果更具高阶性。如核磁共振仪器分析实验中，学生初步了解了超导核磁脉冲及脉冲序列、90°脉宽及测定、定量检测等基本知识点，但在自主设计实验时，学生需要学习更多的核磁相关知识，如弛豫时间及测定、水峰压制、自旋回波、极化转移、耦合和去耦、NOE等概念，初步了解各种经典一维、二维实验。在充分学习的基础上提出创新性的研究方向，如利用核磁共振技术确定食用油的变质临界点，传统的氢谱或碳谱方法存在谱峰多、归属复杂、微量成分分析难、用时长等问题，而通过对不同加热时间食用油横向弛豫时间 $T_2$ 的测定，可以灵敏地监测油品质量变化，整体工作量大大减少。

再次，指导教师以身作则，用严谨的科学态度感染学生。在学生完成某篇教学论文初稿的撰写后，指导教师发现表格中数据的参考文献标注可能有张冠李戴的问题，而学生已经无法回溯每个数据的文献来源。指导教师仔细对每一个数据重新进行了文献检索和核对，逐一修正了参考文献。更是对论文的遣词用句、格式排版等方面进行细致的指导，用过硬的科学素养真切展示了严谨的科学态度，给学生留下了深刻的印象。

科学研究永无止境，项目设计还鼓励学生勇敢面对科学难题，形成正确的科学探索态度。在“关于NaCl经XRD测试后变色现象的机理研究”项目中，学生对于X射线衍射仪分析测试时常见的NaCl变色现象产生了浓厚的兴趣，通过大量的文献查阅、组内讨论、教师指导，又对红外光谱、电子顺磁共振波谱进行了学习和使用，虽然各种原因导致最终并没有明确搞清变色机理，但是学生没有任何负面情绪，因为他们已经在有趣的探索过程中进行了积极的努力，各种知识的学习远远超出了基本实验所得，这些知识将助力他们今后进一步的科研或工作。

### 4 结语

综上，仪器分析实验课程融合了自主设计实验后整体更加完善。学生学习积极性大大提升，对仪器认识更加深入，能解决实际问题或接触科研热点，从被动学习基本知识到主动探究建立仪器分析学习模式，对于进一步学习掌握其他仪器有建设性意义。自主设计实验不仅可以提高学生的实践能力和创新思维，也可以帮助学生更好地理解 and 掌握仪器分析的原理和方法，自主设计实验在南开大学仪器分析实验教学改革中已经取得了积极的效果。相信随着教育改革的深入和各种措施的不断完善，自主设计实验将在仪器分析实验课程中发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] 耿士忠, 潘志明, 黄金林, 孙林. 教育教学论坛, **2018**, 1 (5), 268.
- [2] 罗来春, 彭小芝, 胡春玲, 卢源峰. 广东化工, **2021**, 17 (48), 293.
- [3] 种瑞峰, 常志显, 冯彩霞, 张凌, 李德亮. 实验科学与技术, **2021**, 19 (4), 51.
- [4] 阿合买提江·吐尔逊, 哈及尼沙. 广州化工, **2021**, 49 (2), 115.
- [5] 周永强, 赵春丽, 韩伟, 邹颖. 山东化工, **2020**, 49 (18), 138.
- [6] 李佳佳, 姜琳琳, 郁韵秋, 李嫣. 实验室科学, **2020**, 23 (6), 228.
- [7] 李谦, 王姣, 王麒翔. 广东化工, **2020**, 47 (7), 221.
- [8] 彭言劫, 宋春草, 梁梓. 乐山师范学院学报, **2022**, 37 (8), 98.
- [9] 李娇, 骆睿昊, 金谷. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (24), 44.
- [10] 高敏莉, 何博锐, 董佳欣, 费澄莹, 傅舒帆, 丁佳欣, 顾思奕, 李瀚洋, 李嘉媛, 丁祖旺, 等. 大学化学, **2023**, 38 (10), 235.
- [11] 周瑶瑶, 龙江爱, 王颖, 王茜, 王瑞, 王豪婧, 马睿彤, 檀林玉, 马思齐, 李琰, 等. 大学化学, **2023**, 38 (2), 154.
- [12] 黄洋祺, 李誉, 李常耕, 朱颜, 孙维嘉, 范春涵, 李琰, 丁飞, 张晓光, 孔德明. 大学化学, **2023**, 38 (10), 274.
- [13] 王京, 张翠, 郭东升, 丁飞. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (18), 121.
- [14] 丁飞, 张翠, 邱晓航. 大学化学, **2021**, 36 (7), 2012050.
- [15] 王京, 李琰, 南晶, 李一峻, 邱晓航, 丁飞. 大学化学, **2024**, 39 (1), 7.
- [16] 许锦帆, 朱信宇, 杨科, 杨尔文, 赵之翰, 陈秋同, 李泓毅, 程晋凯, 孙一骏, 王京, 等. 大学化学, **2024**, 39 (1), 142.