附件目录

成果名称：　能力导向的分析化学实验课程教学改革

成果完成人：　李向军、姚鑫、赵红、王登超、徐庆岭

成果完成单位：　中国科学院大学

一、成果总结

二、支撑材料目录

(一)、研究论文

1. 化学教与学，2024，8，21

(二)、奖励

1. 北京高等学校优秀教学实验室
2. 北京高校优秀本科实验教学指导教师
3. 院优秀课程证书
4. 校优秀课程证书
5. 其它

(三)、相关科研项目

1. 北京市本科教学改革创新项目
2. 教育部产学合作协同育人项目

2025年北京市高等教育教学成果奖

成果总结

成果名称：能力导向的分析化学实验课程教学改革

成果完成人：李向军、姚磊、赵立、王登超、徐庆峰

成果完成单位：中国科学院大学

分析化学是研究物质组成、含量和结构等关键信息相关方法及理论的一门科学，使学生正确掌握分析方法的原理及技能是化学教育的关键任务之一。自 2014 年中国科学院大学招收本科生以来，围绕"要培养具有深厚的理论基础、宽广的专业知识及有创新创业潜力的本科生"的战略目标，分析化学作为一门发展十分迅速的实验学科，其相关实验内容如何适应分析化学方法（特别是相关仪器）的发展，如何以能力为导向，培养高质量领军人才，是在实际教学中需要着重思考解决的问题。基于此，我们在分析化学实验的课程设置、课程组织、实验教学及学生成绩评价等方面，进行了思考和探索，取得了一定成果。围绕课程教学研究，先后获得教育部产学合作协同育人项目和北京高等教育本科教学改革创新项目的资助，分析化学实验-化学分析获评 2022 年度院级优秀课程，分析化学实验-仪器分析获评 2021 年度校级、院级优秀课程，分析化学教学实验室获评 2024 年度北京高等学校优秀教学实验室，教学团队成员李向军获评 2023 年度北京高校优秀本科实验教学指导教师，相关教学成果发表在《化学教与学》期刊上。

具体工作总结如下：

1、面向未来科技发展，科学设定实验方案

随着科技进步，无论是社会对分析化学的要求还是分析化学自身的分析方法、手段都发生了巨大的变化。学生在熟练掌握分析化学基本操作和技能的同时，也需对现代分析化学的前沿方法及仪器有深入了解。为使学生能更快更好地掌握宽广的专业知识并及时了解分析化学学科发展动向，我们精心拟定了 "4+11+前沿化学实验"的实验课程规划（图 1）。其中，前 4 个经典滴定实验在配合分析化学理论学习的同时，着重于培养学生养成规范严谨的操作习惯和精湛的实验技能；后 11 个实验则是结合现代分析化学的发展趋势，重点安排了原子光谱、分子光谱、电化学方法和分离技术等几大分析模块的典型代表仪器，涵盖了现代分析方法的主要内容；最后，依托科学院研究所各重点实验室、实验平台，由各所导师指导开展前沿实验，充分发挥学生的积极主动性，灵活使用所学分析方法解决实际问题。通过这些实验，使学生在掌握仪器基

本构造和操作的同时，对相应分析方法的原理、发展及其实际应用有了进一步理解。

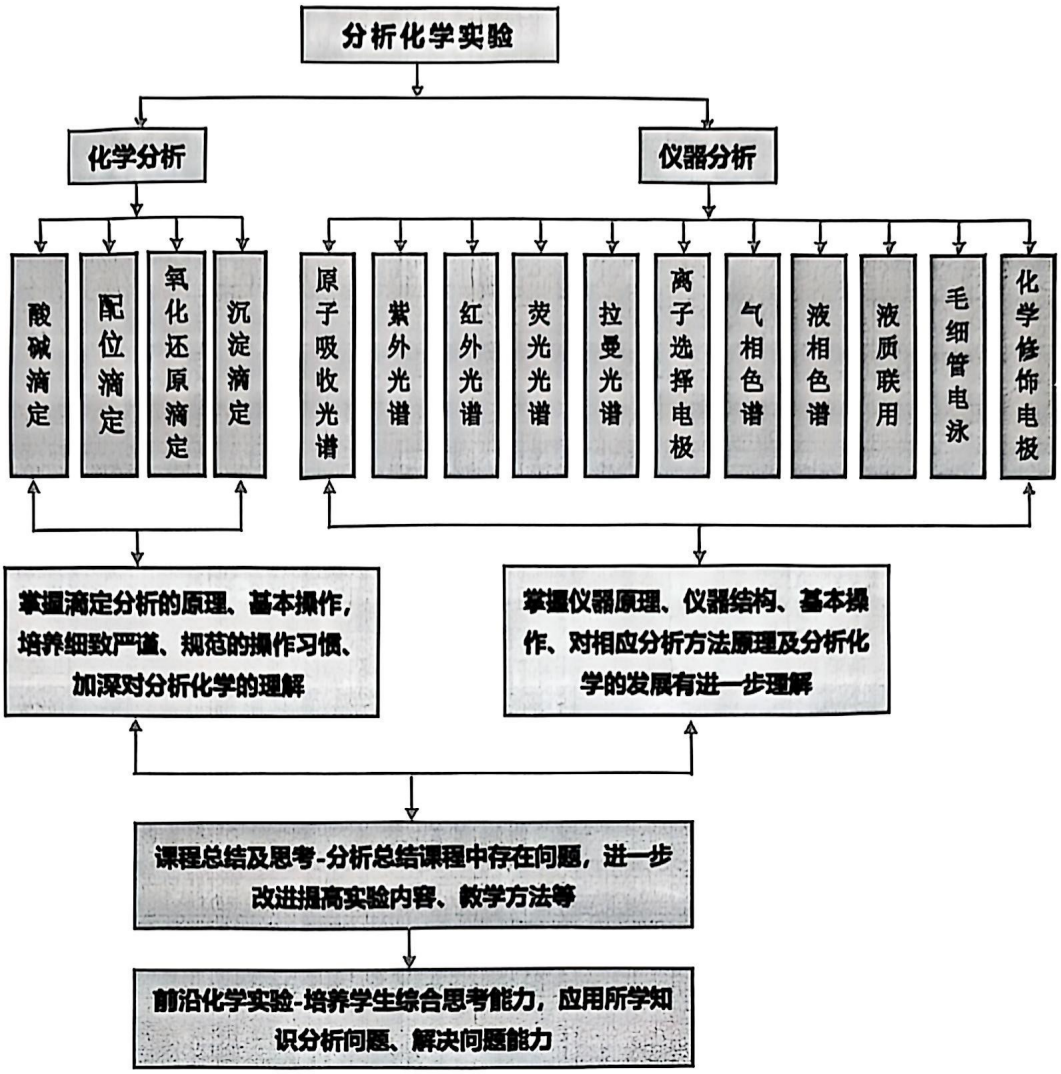


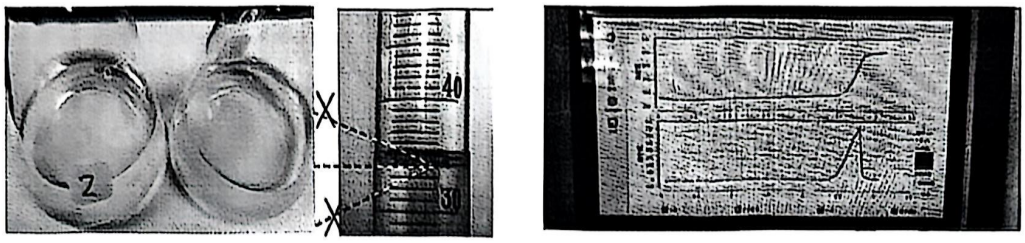
图 1　分析化学实验安排框架

同时，我们也始终注重实验内容的创新与完善，并及时更新购置相应仪器，使学生及时了解现代分析化学方法及技术的进展。如微流控技术作为近年来发展比较迅速的一种分析方法，具有快速、简便、易自动化的特点，但从操作技巧、分析时间角度，又不适合单独作为一个实验开设，为此，我们购置仪器后，将之安排在课程演示环节，通过学生自行操作，及时了解该类技术的特点及使用。

另外，按照中国科学院大学本科生培养“小而精、厚基础、重实践”的基本原则，我们在实验安排上也力争让每个学生都有独立的实验空间。在大型分析仪器数量有限的前提下，我们采取多个实验同时进行，学生分组轮流的课程模式，确保每个学生都

有独立操作的机会。

最后，我们也注重化学分析与仪器分析实验的连接和贯通。如在维 C 滴定分析中，引入自动滴定仪，在完成手动滴定的同时，与自动滴定仪的颜色滴定、电位滴定结果对照，引导学生思考滴定结果不同的原因，影响滴定结果的因素有哪些，怎么克服？自来水钙、镁含量测定的实验中，有意引导学生对照滴定法测定自来水硬度与原子吸收法测定自来水中钙镁含量结果之间的关系，比较传统化学分析与现代仪器分析的不同，掌握各类方法的优缺点，了解科学进步对分析化学带来的机遇和挑战（图 2）。



手动操作、肉眼判断、记录数据、处理结果　　自动滴定、软件判断、显示数据、导出结果

图 2　自动滴定与手动滴定的比较

2、以兴趣为导向，不断改进实验内容，提升学生学习兴趣

在学生的实验过程中，普遍存在的一个现象是机械教条的照搬操作步骤，不考虑每一步操作设计之所以这么做的目的是什么。为提高学生学习兴趣，我们不断改进教学方法、实验内容，力求引导学生主动思维，提升教学效果。如在滴定实验“维生素 C 制剂中抗坏血酸含量的直接碘量法测定”中，我们将实验样品由教师统一准备改为学生按兴趣自行准备，可以是饮料也可以是水果等，同时，在实验中，提醒学生注意比较不同样品对终点判断、测定结果的影响？思考终点变色不敏锐的原因，引导学生从化学原理提出消除干扰的办法。

3、科教融合，打造全新授课团队，全程规范教学过程

为保证实验教学效果，充分发挥院所融合优势，建立了由在科研一线工作的教授、副教授们所组成的分析化学实验教学授课团队，每位授课老师对所讲授的仪器方法都具有丰富研究经验，能够精心设计实验内容，努力在帮助学生掌握基本原理和关键操

作的同时，也能将科研思维传授给学生。

此外，实现了教辅人员的统一管理，加强了对授课老师、助教、学生的考核：1）统一备课。课程开始之前，授课教师先进行集体研讨，统一在不同实验过程中相同基本操作的要求，保证课堂教学效果的一致性；2）精心撰写实验讲义。课前老师需进行预实验，熟练掌握实验过程及操作，整理撰写简洁、清晰的实验讲义，列出思考题提前请学生们预习相关知识，并在授课过程中对实验原理、操作步骤讲解清晰，告知学生注意事项；3）实验实施。实验过程中老师必须保证全程随堂，及时发现学生问题，并进行提醒和纠正；认真批改实验报告，记录发现的问题；实验课结束后，授课老师一起总结讨论，提出解决方案，完善下一次实验。

4、严格考核体系，细化考核要求，确保教学效果良好

围绕化学专业的培养目标和化学实验在化学教育中的地位和作用，对于学生实验成绩的评价，不过分看重实验结果，既保证实验安全、规避危险操作，又鼓励学生勇于动手、敢于实践。对此我们主要采用了以下方法：

（1）加强课前预习和课后反馈交流

为使学生加深对分析化学基础理论的学习和理解，我们加强了课前预习。如：课件提前 1 个月公布在课程网站，并列出思考题请学生预习相关知识；而学生们在实验总结时也特别提到了预习的重要性。

（2）规范实验训练系统

为使学生系统掌握化学实验的基本技能，着重在以下环节加强训练：① 规范基本操作，正确使用仪器； ② 正确记录处理实验数据，准确表述实验结果；③ 认真观察实验现象，科学推断、逻辑推理，得出正确结论；④ 学习查阅手册及参考资料，正确设计实验，培养科学思维和独立工作能力。同时，相应加强对授课教师及助教的考核，制订严格的助教选拔考核标准，要求所有教师按期完成预实验，确保实验顺利进行。

（3）严格考核制度,培养科学品德

严肃认真、实事求是的科学态度，艰苦创业、乐于协作的科学品德，求真、存疑、勇于探索的科学精神，整洁、节约、准确、条理的实验习惯，是每一个化学工作者获

得成功不可缺少的因素。

为使学生达到上述基本要求，我们制订了详尽的"实验考核标准"。考核内容覆盖了预习、操作、实验记录及数据处理、实验报告、实验总结及思考等全过程（图3）。

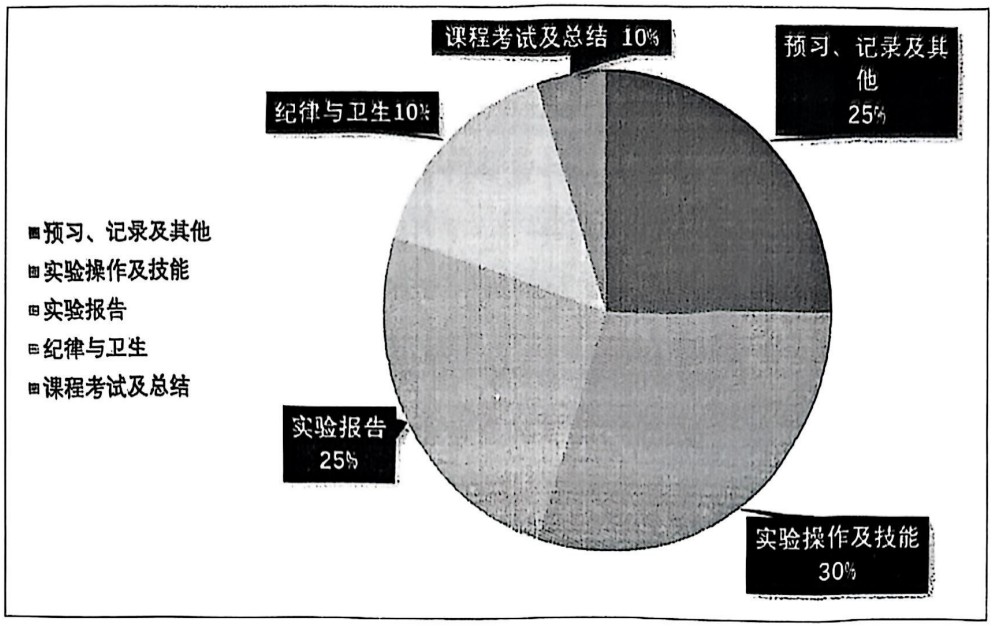


图 3 实验考核各部分占比图

5、思政教育贯穿课程教学全过程

习近平总书记 2016 年在全国高校思想政治工作会议上指出，要把立德树人作为高等学校教学的中心环节，把思想政治工作贯穿教育教学全过程，如何在日常的教学中引入思政教育需要深入思考。结合课程教学特点，我们在实际教学中采取各种方式，将思政元素融入课堂，在课程教学中，注重引导学生关注各类分析仪器的使用情况，注意国产仪器的使用比例及使用感受，结合当前芯片等卡脖子技术的问题，提示学生牢记落后就要挨打的教训，自强自律，奋起直追，提升学生的爱国情怀。

实验教学是本科人才培养工作的重要组成部分。展望未来，如何更好的发挥"科教融合"的优势，如何将传统方法与新发展有机融合，加强课程教学与国家战略需求的结合，都将是分析化学实验课程后续的建设方向。

相关材料
目录

一、研究论文

1. 化学教与学，2024，8，21

二、奖励

1. 北京高等学校优秀教学实验室
2. 北京高校优秀本科实验教学指导教师
3. 院优秀课程证书
4. 校优秀课程证书
5. 其它

三、相关科研项目

1. 北京市本科教学改革创新项目
2. 教育部产学合作协同育人项目

一、 论文首页

科教融合的分析化学实验课程教学与改革*

李向军[1,2] 陈丽霞[1,2] 姚 鑫[1] 赵 红[1] 曾金超[3]

1. 中国科学院大学化学科学学院 北京 100049 2. 滨州鲁北集团科技研究院 山东滨州 256606

摘 要：本文在保证分析化学基本原理、基本操作、基本技能培养的同时，将现代分析化学中仪器分析方法作为重点内容，结合各类分析方法在前沿科学研究中的实际应用，构建了分析化学实验课。从课程体系设计、教学内容、学生成绩评价、思政教育等方面进行了实践探讨。

关键词：分析化学实验；教学实践；教学改革

文章编号：1008-0546(2024)08-0021-04 中图分类号：G632.41 文献标识码：B

分析化学是一门研究物质组成、含量、结构和形态等化学信息相关分析方法及理论的科学，使学生正确掌握分析方法的原理及技能是化学教育的关键任务之一。[1]分析化学实验包括化学分析和仪器分析两部分内容，涉及多种分析检测的仪器，其相关技术不仅是所有化学二级学科的研究必需，更是生命、材料、环境及地质学等众多其他学科认识与发展中所不可或缺的。[2]学习分析化学实验不仅能培养学生的动手能力，还能让学生掌握各种检测方法与仪器的工作原理，了解仪器的基本构造[3]，从而提高化学类学生的教育水平，让学生将理论知识与科研实践联系起来，帮助他们明确学习目的，提升学习兴趣，为之后开展更深入的科研工作奠定坚实的基础。[4]

2014年中国科学院大学提出了"要培养具有深厚的理论基础、宽广的专业知识及有创新创业潜力的本科生"的战略目标。分析化学作为一门发展十分迅速的实验学科，其相关实验在课程教学中占有较大比重[5]，实验内容如何适应分析化学方法的发展，特别是分析仪器的发展，是在实际教学中需要着重思考解决的问题。[6]针对这些问题，笔者从2014级本科生开始，在分析化学实验课课程设置、课程组织、分析化学实验教学、学生成绩评价等各方面，进行了一些思考和探索。

一、面向未来科技发展，科学设定实验内容

随着科技的进步，无论是社会对分析化学的要求还是分析化学自身的分析方法、手段都发生了巨大的变化。[7]学生在熟练掌握分析化学基本操作和技能的同时，也需对现代分析化学的前沿方法及仪器有深入了解。[8]为使学生能更快、更好地掌握宽广的专业知识并及时了解分析化学学科发展动向，笔者在保留基本操作技能训练和经典容量分析实验内容的同时，结合当前分析化学的发展趋势及分析化学在各学科、领域广泛应用的现实，将现代分析化学常用的仪器分析方法作为重点内容，以各类分析方法在前沿科学研究中的实际应用为目的，最终设计出目前"4+11+前沿化学实验"的实验课程规划示意图(见图1)：其中，前4个滴定实验在配合分析化学理论学习，深入理解与掌握基本原理的同时，着重于培养学生养成细致、严谨、规范的操作习惯和精湛的实验技能，并在实验中对分析化学的特点、要求有进一步的了解体会[9]；分析化学的后11个实验，结合现代分析化学的发展趋势，以现代分析仪器为主，重点安排了原子吸收光谱、紫外光谱、红外光谱、荧光光谱、拉曼光谱、离子选择电极、气相色谱、液相色谱、液质联用、毛细管电泳和化学修饰电极，这些实验涵盖了现代分析方法的主要内容，是仪器分析中原子光谱、分子光谱、电化学方法、分离技术几大部分的典型代表；此外，依托科学院研究所各重点实验室、

*基金项目：本文系山东魏桥创业集团有限公司教育部产学合作协同育人项目(220706129011613、GYY-GDHX-2023-WT-012)；2022年北京高等教育本科教学改革创新项目的阶段性研究成果。

二、奖励

荣誉证书

中国科学院大学 本科分析化学教学实验室：

在北京高等学校优秀教学实验室评选中，被评为2024年度“北京高等学校优秀教学实验室”。

特发此证。

北京市教育委员会

二〇二四年十月

荣誉证书

中国科学院大学 李向军 同志：

在北京高校优秀本科实验教学指导教师评选中，您被评为2023年度“北京高校优秀本科实验教学指导教师”。

特发此证。

北京市教育委员会

二〇二三年八月

中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

荣誉证书

李向军 老师：

您讲授的《基础化学实验II（分析化学实验—化学分析）》课程，荣获中国科学院大学2023年学院级“本科生优秀课程”。

特发此证，以资鼓励！

中国科学院大学

二〇二四年三月

中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

荣誉证书

李向军 老师：

您讲授的《分析化学实验-仪器分析》课程，荣获中国科学院大学2021年校级“本科生优秀课程”。

特发此证，以资鼓励！

中国科学院大学

二〇二二年一月

中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

表彰证书

姚 鑫老师：

您在我校研究生教育教学工作中，成绩突出，荣获2023年度“中国科学院朱李月华优秀教师”奖。

特发此证，以资鼓励！

中国科学院大学

二〇二三年十二月

证书编号：XJYS2023070

@UCAS

中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

荣 证书

姚 鑫 老师：

您讲授的《分析化学实验-仪器分析》课程，荣获中国科学院大学2021年校级“本科生优秀课程”。

特发此证，以资鼓励！

中国科学院大学

二〇二二年一月

李佩教师奉献奖

授予李向军荣誉称号

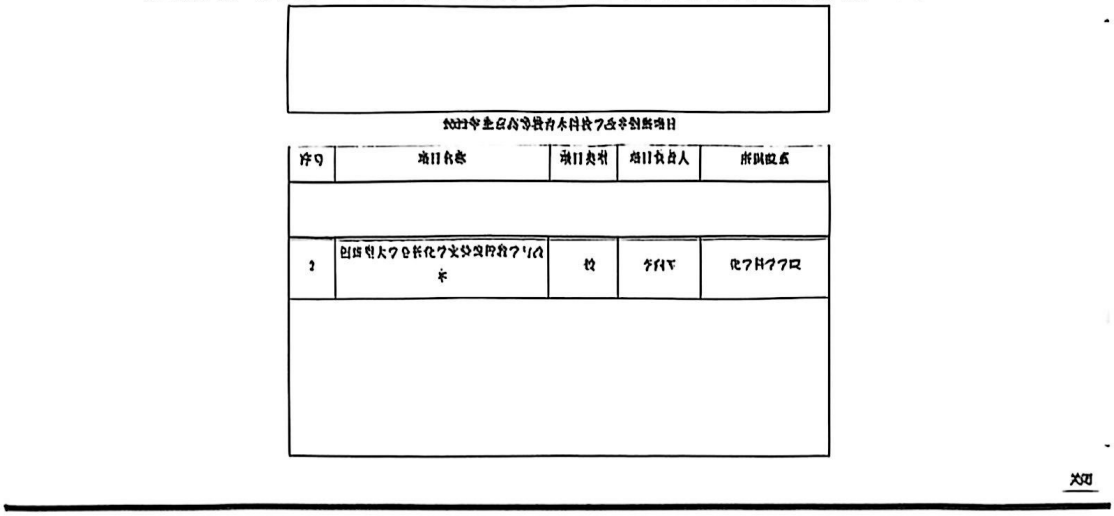
优秀教师

中国科学院数学

2021年12月

三、项目

中国科学院大学关于公布北京高校优质本科课程和教材课件等各类本科奖项与项目评选结果的通知



序号	项目名称	姓名	单位	奖项等级
1	创新型大学分析化学实验课程设计与改革	李向军	中国科学院大学	立项

序号	项目名称	姓名	单位	奖项等级

日期：2023年2月

教育部产学合作协同育人项目

立项证书

项目编号：220706429041613

项目名称：创新型大学分析化学实验课程设计与改革

项目负责人：李向军

学校名称：中国科学院大学

企业名称：山东魏桥创业集团有限公司

该项目入选教育部产学合作协同育人项目2022年第二批立项项目，特发此证。

教育部产学合作协同育人项目
cxhz.hep.com.cn

教育部产学合作协同育人项目专家组
2023年2月