

“101计划”分析化学核心知识体系建设探索

宦双燕^{1,*}, 蒋健晖¹, 李攻科², 张文清³, 李娜⁴, 杨屹⁵, 胡斌⁶, 田阳⁷, 吴硕⁸, 张四纯⁹, 岳永海¹⁰, 江德臣¹¹, 陈增萍¹, 卢忠林¹², 崔承¹, 王玉枝¹, 谭蔚泓¹

¹湖南大学化学化工学院, 长沙 410082

²中山大学化学学院, 广州 510006

³华东理工大学化学与分子工程学院, 上海 200237

⁴北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

⁵北京化工大学化学学院, 北京 100029

⁶武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072

⁷华东师范大学化学与分子工程学院, 上海 200062

⁸大连理工大学化工学院, 辽宁 大连 116024

⁹清华大学理学院化学系, 北京 100084

¹⁰北京航空航天大学化学学院, 北京 100191

¹¹南京大学化学化工学院, 南京 210008

¹²北京师范大学化学学院, 北京 100875

摘要: 教育部启动了化学等8个基础学科系列“101计划”以来, 湖南大学作为“101计划”分析化学课程的牵头单位, 凝聚国内27所获批准化学领域“拔尖计划2.0”基地高校, 开展课程、教材建设, 推动课堂提升计划实施。本文较为详细地介绍了团队面向化学拔尖人才培养系统凝练的分析化学核心课程知识体系, 11个模块48个核心知识点的教学内容和目标, 课程总体教学目标和建设进展等。

关键词: 化学“101计划”; 分析化学; 课程建设

中图分类号: G64; O6

Exploration on the Construction of Analytical Chemistry Core Curriculum in the Chemistry “101 Plan”

Shuangyan Huan^{1,*}, Jianhui Jiang¹, Gongke Li², Wenqing Zhang³, Na Li⁴, Yi Yang⁵, Bin Hu⁶, Yang Tian⁷, Shuo Wu⁸, Sichun Zhang⁹, Yonghai Yue¹⁰, Dechen Jiang¹¹, Zengping Chen¹, Zhonglin Lu¹², Cheng Cui¹, Yuzhi Wang¹, Weihong Tan¹

¹ College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

² School of Chemistry, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China.

³ College of Chemistry and Molecular Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China.

⁴ College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

⁵ College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

⁶ College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

收稿: 2024-09-03; 录用: 2024-09-10; 网络发表: 2024-09-20

*通讯作者, Email: syhuan@hnu.edu.cn

基金资助: 高等教育质量保障专项(化学“101计划”专项); 湖南省教改重点项目(HNJG-20230148); “101计划”分析化学课程虚拟教研室建设试点项目

⁷ School of Chemistry and Molecular Engineering, East China Normal University, Shanghai 200062, China.

⁸ School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

⁹ Department of Chemistry, School of Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China.

¹⁰ School of Chemistry, Beihang University, Beijing 100191, China.

¹¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210008, China.

¹² College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875, China.

Abstract: Since the Ministry of Education launched a series of “101 Plan” for eight basic disciplines such as chemistry, Hunan University, as the leading unit of analytical chemistry courses in the Chemistry “101 Plan”, has gathered 27 domestic “Basic Discipline Talent Training Plan 2.0 Base” universities in the field of chemistry to carry out the construction of courses and textbooks and promote the implementation of classroom improvement plans. This paper introduces in detail the core course knowledge system of analytical chemistry, the teaching contents and objectives of 11 modules and 48 core knowledge points, as well as the overall teaching objectives and construction progress of the course.

Key Words: Chemistry “101 plan”; Analytical chemistry; Curriculum construction

1 引言

2023年4月，教育部启动了化学等8个基础学科系列“101计划”，旨在以核心课程教学改革为突破口和试验区，探索化学领域拔尖人才培养的新理念、新内容、新方法。凝练化学核心课程的核心要素和前沿要素，进一步实现课程、教材、教师、实践、教法等方面的全面建设和改革^[1-4]。

湖南大学作为“101计划”分析化学课程的牵头单位，凝聚国内27所获批化学领域“拔尖计划2.0”基地高校，组建课程建设、教材建设和课堂提升三支团队，以教学名师、领域专家为模块负责人，以国内100余位分析化学骨干教师为核心成员，依托“101计划”分析化学课程虚拟教研室开展教研交流和资源共建，共同推动“101计划”分析化学的整体建设工作。

2 分析化学核心知识体系凝练

传统分析化学课程与教材建设中常存在以下问题和难点：如化学分析与仪器分析通常为独立的两部分，呈现割裂状态；定量化学分析等经典内容缺乏学科思维和底层逻辑的梳理，与实际应用、学科前沿也缺少关联，难体现高阶性、创新性和挑战度；仪器分析方法众多、体系较散，缺少模块化凝练；前沿交叉内容缺少引入或更新不及时，教学内容远滞后于技术发展；分析化学数字课程教材方面，已出版的多是基于2019年之前的国家精品资源共享课等资源建设的，缺少知识体系和课程资源的更新。

基于此，“101计划”分析化学建设团队在充分调研讨论的基础上，凝练出面向化学拔尖创新人才培养的48个分析化学核心知识点。内容组织上将化学分析和仪器分析一体化，帮助学生系统构建完整的分析化学学科知识体系；加强定量分析基础理论的梳理，如经典滴定分析部分融合了分段式讨论和反函数法，加强核心原理的关联，促进高阶思维培养；仪器分析部分从光谱分析、电分析、波谱分析、分离分析、表界面分析和微区分析六个方面进行了模块化的内容凝练，增强了仪器分析内容的系统性；同时将光谱、电、色谱、波谱分析的前沿技术发展和科研最新成果引入教材，有助于学生的科学思维和探究创新能力提升。

分析化学核心知识体系分为11个模块，包括分析化学概述、分析数据处理、化学平衡与滴定分析、分子光谱法、原子光谱法、质谱法、电化学分析、色谱分析、核磁共振波谱法、表界面分析和显微成像分析，模块关系如图1所示。从经典的化学分析基础理论，到复杂的光谱、电分析、色谱、波谱等分析技术，兼顾分析化学的基础和前沿内容。

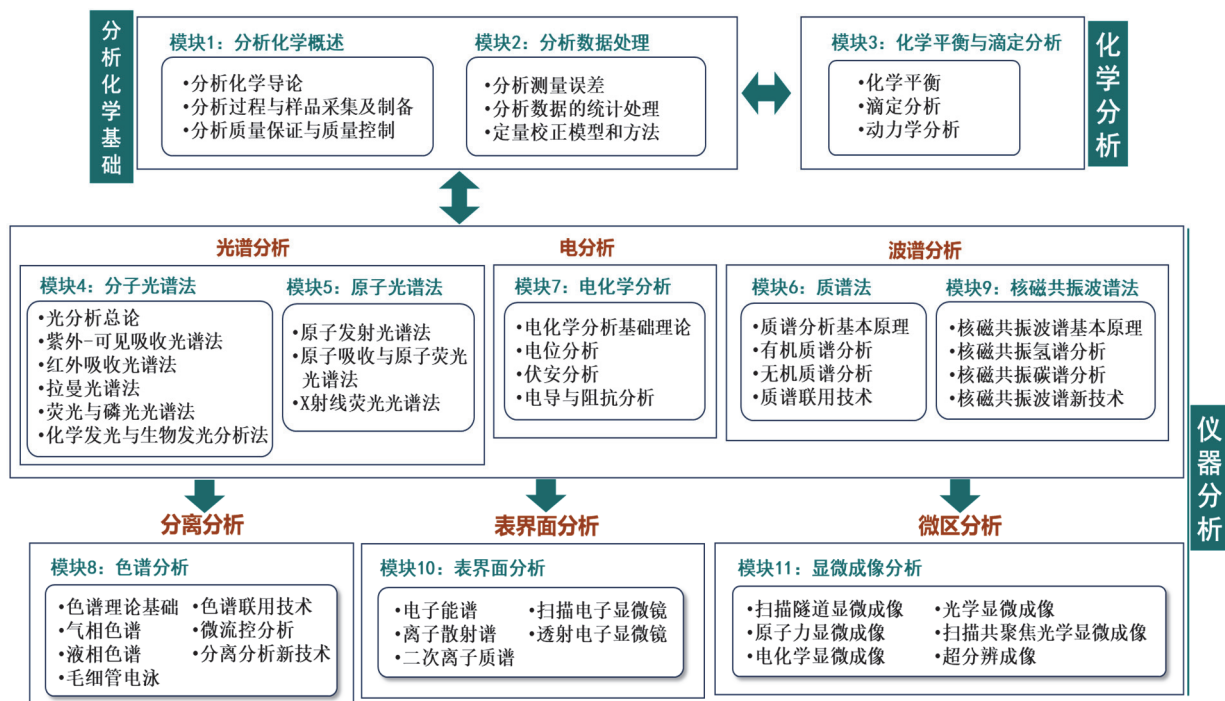


图1 分析化学课程知识模块关系图

3 分析化学核心知识点内容和目标设计

分析化学凝练了11个模块48个核心知识点，建设了96学时教学内容，包括64学时必修和32学时选修内容供选择和参考，具体内容和目标建议如下：

模块1 分析化学概述部分主要介绍分析化学导论、分析过程与样品采集及制备、分析质量保证与质量控制3个知识点。希望学生掌握分析化学的定义、目的和分类，理解分析化学的作用和意义；了解分析化学的发展简史、变革历程、发展趋势和面临挑战；了解各类分析方法产生的原理。熟悉实际试样的定量分析过程和常用样品采集和制备方法，理解分析可靠性和质量保证内涵，了解样品制备前沿进展以及分析过程的质量保证和质量控制。

模块2 分析数据处理包括分析测量误差、分析数据的统计处理、定量校正模型和方法3个知识点。需要掌握误差和有效数字运算规则，树立严格的“量”的概念。熟悉数理统计的基础概念原理、方法及单变量校正模型与方法，学会分析结果的检验、比较和取舍，理解提高分析结果准确度的方法，了解误差的传递，拓展了解多元校正模型、回归方法和人工智能方法。

模块3 化学平衡与滴定分析包括3个知识点：化学平衡、滴定分析和动力学分析。希望学生从定量分析的角度理解酸碱、络合、氧化还原、沉淀溶液平衡及平衡处理方法。掌握分布系数、副反应系数、条件稳定常数、条件电极电位、条件溶度积等概念及其计算，熟悉计算各类酸碱溶液pH的方法，能够定量计算pH、掩蔽等对络合反应的影响，熟悉影响氧化还原反应方向和程度的因素，了解影响沉淀溶解度的因素，能够计算较复杂体系沉淀的溶解度。掌握滴定分析的基础概念、原理、仪器和结果计算。掌握滴定曲线的定义和绘制方法，熟悉关键滴定参数的含义和计算，包括 pH_{sp} 、 pM'_{sp} 、 ϕ'_{sp} 及滴定突跃。熟悉滴定终点确定方式和指示剂作用原理，掌握准确滴定判据及应用，熟悉终点误差的计算。熟悉滴定分析典型应用实例，能够通过滴定曲线研究复杂滴定体系，了解动力学分析法及应用。

模块4 分子光谱法包括光分析总论、紫外-可见吸收光谱法、红外吸收光谱法、拉曼光谱法、荧光与磷光光谱法、化学发光与生物发光分析法共6个知识点。该模块需要理解电磁辐射与物质相互作用

用和各类光谱的产生,理解各类光谱特征与分子结构之间的关系,掌握各类光分析法的基本原理、仪器结构、光谱特点、定性定量分析、应用和前沿发展。

模块5 原子光谱法主要介绍原子发射光谱法、原子吸收与原子荧光光谱法、X射线荧光光谱法3个知识点。需要理解各类原子光谱的产生原理及其与原子结构之间的关系,掌握各类原子光谱分析法的基本原理、仪器结构、光谱特点、定性定量分析及发展应用。

模块6 质谱法包括4个知识点:质谱分析基本原理、有机质谱分析、无机质谱分析、质谱联用技术。希望学生掌握质谱工作原理,熟悉质谱仪器结构,理解离子化和质量分析的原理,熟悉有机质谱定性定量分析,了解无机质谱和质谱联用等新进展。

模块7 电化学分析包括电化学分析基础理论、电位分析、伏安分析、电导与阻抗分析法4个知识点。掌握电化学基本概念原理和电化学池的图解表达方式,理解双电层结构、电化学界面基本历程、电池体系构成、电解和库仑分析等基本原理。熟悉指示电极、参比电极、离子选择性电极的构成、类型和响应原理,熟悉液相传质的三种方式和过程。掌握电位分析、伏安分析和电导与阻抗分析法的基本原理、仪器组成和定量分析方法,了解微电极技术、化学修饰电极、纳米电导法等电分析前沿。

模块8 色谱分析包括7个知识点:色谱理论基础、气相色谱、液相色谱、毛细管电泳、色谱联用技术、微流控分析和分离分析新技术。掌握色谱理论基础,熟悉色谱分离过程、条件及其影响因素,掌握色谱定性定量分析方法原理及相关计算。掌握气相色谱和液相色谱的原理、仪器结构、衍生化、分离条件和应用进展,熟悉毛细管电泳分析技术和装置。拓展了解各类色谱联用技术、微流控分析和分离分析新技术,如色谱-质谱联用、色谱-光谱联用、微流控芯片、新型分离材料、组学分析及其对分离技术的要求等。

模块9 核磁共振波谱法包括核磁共振波谱基本原理及仪器、核磁共振氢谱分析、核磁共振碳谱分析、核磁共振波谱新技术4个知识点。需要掌握核磁共振波谱法的基本原理和仪器结构,熟悉影响化学位移的主要因素,理解核磁共振氢谱与分子结构的关系,能够解析常见化合物的氢谱。了解碳谱去耦技术和谱图解析方法。

模块10 表界面分析介绍电子能谱、离子散射谱、二次离子质谱、扫描电子显微镜、透射电子显微镜5个知识点内容。本模块以选修为主,主要了解各类表界面分析技术的原理、仪器装置和应用,理解谱峰或成像与表界面成分、结构、形貌或性质之间的关系。

模块11 显微成像分析包括6个知识点:扫描隧道显微成像、原子力显微成像、电化学显微成像、光学显微成像、扫描共聚焦光学显微成像和超分辨成像。本模块也以选修为主,拓展了解各类显微成像技术的基本原理、仪器结构、成像模式、应用与发展,侧重了解分子水平的化学微区成像原理及应用。

4 分析化学课程总体教学目标

通过课程知识体系建设,希望夯实学生的定量分析基础理论,提升实践探究与创新能力,强化课程的育人根本,通过课程知识体系学习,能够达到以下基本教学目标:

(1) 深刻理解定量关系基础理论,熟悉各类光谱、电分析、色谱、波谱分析方法原理和技术,初步具备选择合适的方法策略进行定量分析的能力,培养科学思维,提高综合运用所学分析方法解决实际问题的能力。

(2) 具备基本的分析数据处理能力,能够正确表达和评价分析结果,树立严谨的科学态度和严格的“量”的概念。

(3) 了解各类定量分析方法的发展趋势和联用技术,了解表界面和微区分析技术及发展,拓展交叉学科视野,培养创新思维。

5 建设进展与展望

“101计划”分析化学建设团队在课程与教材建设方面均取得一定的进展,《分析化学动态电子教案》是“101计划”分析化学核心课程与教材建设的第一批成果。在系统凝练分析化学课程核心知识体系基础上,对48个知识点进行了课程教案(约500页)、知识点内容(约520页)和教学课件(约2800页PPT)的精心制作、审核、修改完善,同时进行了教学案例的建设,相关资源构成《分析化学动态电子教案》在高等教育出版社ICC平台以数字教材形式出版。在资源建设中系统融入学科史、科技史中的人物事迹,引了案例实例,融入分析学科思想,实现隐性育人。课件、教案建设中体现了分析化学教学内容与国家战略、技术前沿和学科前沿的结合,保证了内容的科学性、时代性和前沿性。课程教案设计针对教学目标、内容、重难点、教学模式、具体教学过程进行了详细说明,具有好的教学参考价值。还进行了综合性教学案例建设,对案例导入及背景、教学目标、案例知识内容解析、案例研讨建议等内容进行了设计,帮助教师开展案例教学。

在动态电子教案建设基础上,团队将进一步推进《分析化学》纸质版教材建设。为完善和推广课程资源,“101计划”分析化学建设团队还在智慧树平台开展跨校分析化学数智课程的建设,以及AI虚拟教师、AI助教和AI伴学等智能体开发。

参 考 文 献

- [1] 张树永. 中国大学教学, **2023**, No.10, 8.
- [2] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, **2018**, No. 3, 25.
- [3] 教育部高等教育司2023年工作要点. [2024-09-20]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202303/t20230329_1053339.html
- [4] 教育部推进基础学科系列“101计划”——为拔尖创新人才培养筑基. [2024-09-20]. http://paper.jyb.cn/zgjyb/html/2024-04/20/node_2.htm