

## 化学“101计划”基础化学实验课程建设的思考与实践

俞寿云<sup>1,\*</sup>, 章文伟<sup>1</sup>, 邓顺柳<sup>2</sup>, 李维红<sup>3</sup>, 任艳平<sup>2</sup>, 李一峻<sup>4</sup>, 淳远<sup>1</sup>, 李厚金<sup>5</sup>, 马荔<sup>6</sup>, 赵发琼<sup>7</sup>, 曾秀琼<sup>8</sup>, 张树永<sup>9</sup>, 孟长功<sup>10</sup>, 张剑荣<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 南京大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(南京大学), 南京 210023

<sup>2</sup> 厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

<sup>3</sup> 北京大学化学与分子工程学院, 化学基础国家级实验教学示范中心(北京大学), 北京 100871

<sup>4</sup> 南开大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(南开大学), 天津 300071

<sup>5</sup> 中山大学化学学院, 广州 510006

<sup>6</sup> 上海交通大学化学化工学院, 上海 200240

<sup>7</sup> 武汉大学化学与分子科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(武汉大学), 武汉 430072

<sup>8</sup> 浙江大学化学系, 化学国家级实验教学示范中心(浙江大学), 杭州 310058

<sup>9</sup> 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

<sup>10</sup> 大连大学环境与化学工程学院, 辽宁 大连 116622

**摘要:** 化学“101计划”基础化学实验课程适用于拔尖学生培养计划2.0基地学校化学类专业低年级学生, 是培养化学基础研究创新人才的高阶基础入门实验课程。本课程可以激发学生化学实验的兴趣, 具备继续从事化学后续课程学习和化学研究的基本实验素养。通过以合成和测量为载体的单元实验或小综合实验, 服务于基础单元操作学习、基础技能训练, 或成为合成化学实验和化学测量学实验等课程学习必要的先导内容, 为后续实验课程学习打基础。

**关键词:** 化学“101计划”; 基础化学实验

**中图分类号:** G64; O6

## Reflection and Practice on the Construction of Fundamental Chemistry Experiments under the Chemistry “101 Plan”

Shouyun Yu<sup>1,\*</sup>, Wenwei Zhang<sup>1</sup>, Shunliu Deng<sup>2</sup>, Weihong Li<sup>3</sup>, Yanping Ren<sup>2</sup>, Yijun Li<sup>4</sup>, Yuan Chun<sup>1</sup>, Houjin Li<sup>5</sup>, Li Ma<sup>6</sup>, Faqiong Zhao<sup>7</sup>, Xiuqiong Zeng<sup>8</sup>, Shuyong Zhang<sup>9</sup>, Changgong Meng<sup>10</sup>, Jianrong Zhang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nanjing University), School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

<sup>2</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

<sup>3</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Peking University), College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

<sup>4</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nankai University), College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China.

收稿: 2024-08-10; 录用: 2024-09-10; 网络发表: 2024-09-19

\*通讯作者, Emails: yushouyun@nju.edu.cn (俞寿云); jrzhang@nju.edu.cn (张剑荣)

基金资助: 高等教育质量保障专项(化学“101计划”专项); 教育部化学“101计划”——基础化学实验课程建设项目; 教育部第三批虚拟教研室建设点——“101计划”基础化学实验课程虚拟教研室; 教育部实验教学和教学实验室建设研究项目(SYJX2024-076)

<sup>5</sup> School of Chemistry, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China.

<sup>6</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China.

<sup>7</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Wuhan University), College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

<sup>8</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Zhejiang University), Chemistry Department, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China.

<sup>9</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

<sup>10</sup> College of Environment and Chemical Engineering, Dalian University, Dalian 116622, Liaoning Province, China.

**Abstract:** The fundamental chemistry experiments course under the Chemistry “101 Plan” is tailored for lower-year chemistry students in schools participating in the Talent Development Project 2.0. This advanced introductory course aims to cultivate innovative talents in fundamental chemical research. It sparks students’ interest in chemistry experiments and provides them with essential experimental skills necessary for further study and research in chemistry. The course includes unit or small integrated experiments focused on synthesis and measurement, which serve as crucial preparatory content for learning fundamental operations and skills. These experiments also act as prerequisites for subsequent courses, such as synthetic chemistry experiments and chemical measurement experiments, thereby laying a solid foundation for future experimental coursework.

**Key Words:** Chemistry “101 Plan”; Fundamental chemistry experiment

## 1 引言

为贯彻落实党中央、国务院关于加强基础学科人才培养的重要决策部署，教育部高等教育司在计算机领域本科教育教学前期改革试点探索的基础上，于2023年4月启动了基础学科领域教育教学改革试点工作(系列“101计划”)。该计划以高等教育强国建设为目标，以全面提高人才自主培养质量为遵循，着力培养基础学科拔尖创新人才，助力我国在21世纪中叶建成世界重要的人才中心和战略高地<sup>[1]</sup>。系列“101计划”涵盖数学、物理学、化学、生物科学、基础医学、中药学、经济学和哲学等基础理科以及部分文科和医科。化学“101计划”由中山大学高松院士牵头，30所“化学拔尖学生培养计划2.0基地”高校共同参与建设。希望通过课程改革“小切口”带动解决基础研究人才培养“大问题”，实现化学学科高等教育改革创新发展的“强突破”。化学“101计划”以对化学有志向、有兴趣、有能力的化学类专业本科生为培养对象，以化学专业本科教学改革为抓手，以理论课程与实验课程为试验区，凝练课程核心要素和前沿要素，致力于建设一批化学专业一流核心课程，推动一流核心教案与教材、核心实践项目、高水平师资团队的建设，全面探索和实践化学领域人才培养的新理念、新内容、新模式，引领带动高等化学人才培养质量的整体提升。

化学“101计划”提出理论课程应注重“传承”、实验课程应突出“创新”的总体建设思路，首批开展12门核心课程建设。理论课程结合传统二级学科进行分类，建设无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、结构化学、高分子化学与物理6门专业核心理论课；同时建设普通化学课程，作为大学化学专业入门课程，强化与中学化学的衔接并兼顾近化学专业学生的学习需求；考虑交叉学科发展和国家战略需求，建设化学生物学课程。实验课程则突破传统分类，设立基础和综合两个层次，立足合成化学与化学测量两大化学学科核心，建设基础化学实验、合成化学实验、化学测量学实验3门实验课程，做到既注重基本实验技能与基础实验知识的传授，又强化前沿研究的教学转化；同时考虑交叉学科的理论实验融合培养需求，建设化学生物学实验课程。

化学“101计划”基础化学实验课程由南京大学张剑荣教授牵头，南京大学、南开大学和上海交通大学为共同负责高校，30所“化学拔尖学生培养计划2.0基地”高校共同参与建设。

## 2 基础化学实验课程设计

### 2.1 课程定位

本课程适用于拔尖学生培养计划2.0基地学校化学类专业低年级学生，是培养化学基础研究创新人才的高阶基础入门实验课程。通过本课程教学，激发学生做化学实验的兴趣，使学生(特别是高中化学实验基础薄弱的学生)学习后能够具备继续从事化学后续课程学习和化学研究的基本实验素养。通过以合成和测量为载体的单元实验或小综合实验，服务于基础单元操作学习、基础技能训练，或成为合成化学实验、化学测量学实验等课程学习必要的先导内容，为后续实验课程学习打基础。

### 2.2 课程目标

(1) 掌握物质制备、组成测定、结构分析、性质表征及其应用的基本实验知识、操作技能和实验技术(包括相应的实验安全防护)。

(2) 具备能够运用科学思维与方法进行化学研究的意识和初步能力，逐步养成独立思考的习惯。

(3) 树立和培育学生实事求是、求真务实、不畏困难、勇于探索的科学品德和精神，为培养具备国际竞争力的高素质化学创新人才筑好扎实基础。

### 2.3 课程模块

本课程分为6个模块，分别为模块1实验室安全与防护、模块2基本操作、模块3合成与表征、模块4分离与纯化、模块5测量与表征计算和模块6仪器设备与软件。

### 2.4 课程思路

(1) 指导思想：以化学“101计划”专家组提出的“总体思路”为指导思想，通过守正创新，实现传承和发展。

(2) 建设理念：本课程作为一门高阶基础入门实验课程，在建设中，守正“三基”实验训练，通过融入科学前沿、现代信息技术与学习方式等核心要素，创新“实验内容、教学方法和教学手段”，立德树人，力争打造高阶的本科基础课程，为培养化学基础研究创新人才打牢基础。

(3) 建设路径：① 成立课程教研室，进行课程系统设计。本课程设计必修内容为4学分，指定选修或选修内容为2学分。为使内容有序过渡，在实验项目安排上，考虑每一类实验，设计2-3个不同载体，分为经典实验内容载体、前沿实验内容载体、特色教学内容和目标实验载体等。② 依据课程模块，成立课程模块建设小组。确定课程模块知识点及图谱(图1)；由课程教研室整合设计课程知识

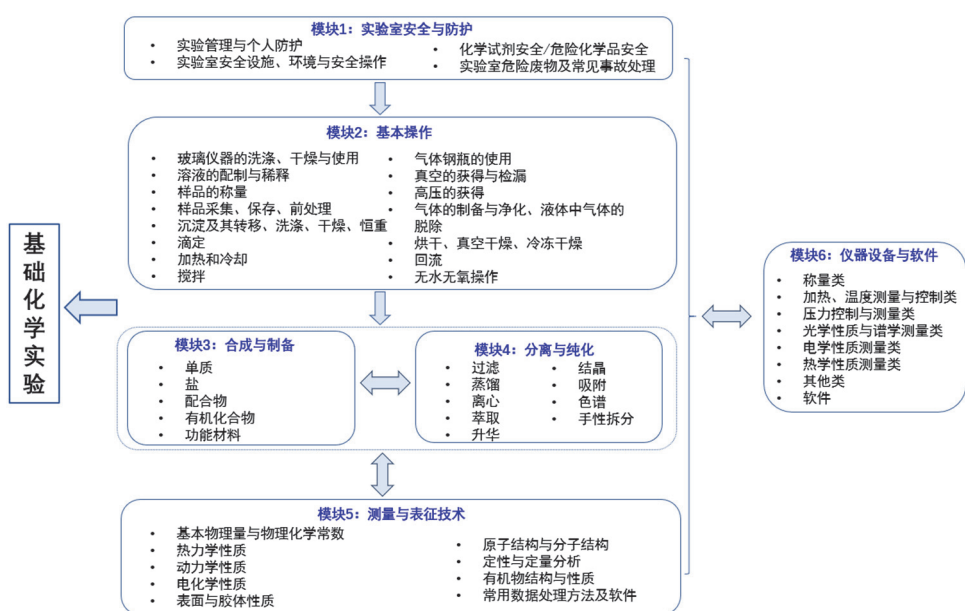


图1 基础化学实验课程知识模块关系图

点和知识图谱,设计课程框架目录和实验项目。③ 实验项目建设:首先,根据课程教研室整体设计,采用指定实验项目和在30所学校内公开征集和评选两种方法建设实验项目。其次,在确定实验项目后,编写教案,形成教学大纲和手册、完成教材编写。④ 课堂提升:成立课堂提升组,按照全国区域划分,采取线上、线下及线上线下相结合的方式,组织专家听课、同行观摩、组织研讨会,安排教师培训,形成课堂提升的完整方案。⑤ 建设符合要求的“基础化学实验”课程平台和推广工作平台。

## 2.5 课程知识点

本课程的知识点和参考学时如表1所示:

表1 基础化学实验课程模块、知识点和学时建议\*

| 序号 | 模块名称     | 知识点名称   | 参考学时     |
|----|----------|---|----------|
| 1  | 实验室安全与防护 | 实验管理与个人防护(0.5A),实验室安全设施、环境与安全操作(0.5A),化学试剂安全/危险化学品安全(0.5A),实验室危险废物及常见事故处理(0.5A)   | 2A       |
| 2  | 基本操作     | 玻璃仪器的洗涤、干燥与使用(2A),溶液的配制与稀释(0.5A),样品的称量(0.5A),样品的采集、保存、前处理(1A+0.5C),沉淀及其转移、洗涤、干燥、恒重(9A),滴定(3A),加热和冷却(6A),搅拌(0.5A),气体钢瓶的使用(0.5A+0.5C),真空的获得与检漏(0.5A),高压的获得(0.5A),气体的制备与净化、液体中气体的脱除(0.5A),烘干、真空干燥、冷冻干燥(0.5A+0.5C),回流(0.5A),无水无氧操作(2.5A+0.5C) | 28A+2C   |
| 3  | 合成与制备    | 单质(4A),盐(16A+8C)、配合物(16A+8C),有机化合物(16A+6C),功能材料(24C)  | 52A+46C  |
| 4  | 分离与纯化    | 过滤(0.5A),蒸馏(1A),离心(0.5A),萃取(0.5A),升华(0.5A),结晶(0.5A),吸附(0.5A),色谱(0.5A+0.5C),手性拆分(0.5A+0.5C)  | 5A+1C    |
| 5  | 测量与表征技术  | 基本物理量与物理化学常数(6A),热力学性质(8A),动力学性质(4A),电化学性质(4A),表面与胶体性质(4A),原子结构与分子结构(4A+4C),定性定量分析(6A+8C),有机化合物结构与性质(2A),常用数据处理方法及软件(1A)  | 39A+12C  |
| 6  | 仪器设备与软件  | 称量类(0.5A),加热、温度测量与控制类(0.5A),压力控制与测量类(0.5A),光学性质与谱学测量类(1A+1C),电学性质测量类(0.5A),热学性质测量类(0.5A),其他(0.5A),软件(1A+1C)   | 5A+2C    |
| 合计 |          |   | 131A+63C |

\*根据知识点内容分级为A、B、C,其中A表示基础和核心(必修),B表示高级和综合(限选),C表示扩展和前沿(选修)

## 3 基础化学实验课程建设方案

### 3.1 课程建设

化学“101计划”核心课程建设充分考虑了化学的学科特点和课程属性等因素,在建设核心课程时,坚持理论课注重“传承”,实验课突出“创新”。实验课建设突破传统分类习惯,按照基础和综合两个层次、合成与测量两方面建设基础化学实验、合成化学实验和化学测量学实验课程。基础化学实验课程设计必修内容为4学分,128学时,开设32(4小时)或16个(8小时)实验。指定选修或选修内容为2学分,64学时,开设16(4小时)或8个(8小时)实验。本课程建议开设时间是大一的上、下两个学期。

本课程已经明确了知识边界,确定了授课学分子学时,凝练了课程最核心、最基础、最关键的50个知识点,构建出层次清晰的知识图谱,确立核心课程体系。

### 3.2 教案/教材建设

化学“101计划”基础化学实验在充分借鉴国内外优秀教材建设经验的基础上,将核心知识点与国际学术前沿和国内高水平学术成果有机融合,建设集系统性、融合性、前沿性于一体的优秀教材,

体现“世界一流、中国特色、具有101风格特点”的要求。

基础化学实验教材主要分为两大部分：第一部分是基础知识与基本实验技能，介绍实验室安全与防护、化学实验基本操作、常用仪器设备与使用方法、实验结果的处理等；第二部分是实验部分，包含经典实验和前沿或特色实验。

经典实验项目：共选编38个经典单元实验或小型综合实验，其中，必修实验22个(共128学时)；互换/选做实验15个(72学时)，选修实验3个(24学时)。

前沿或特色实验项目：为丰富基础化学实验教学内涵，并拓展其外延，本课程根据学科发展趋势，结合课程知识框架和能力素质培养需要，提出了前沿和特色实验项目的建设要求，面向30所共同参与高校，公开征集了约20个反映学科发展前沿或特色的新实验项目，使教材内容更具前沿性、探究性、专业性、交叉性或通用性/普适性。前沿实验项目内容涉及新物质、新理论及新技术等反映学科前沿的新知识，或运用现代教学方式，引入前沿知识、主动学习和科研理念，可平行替换所列经典实验项目，供各高校逐步选用，达到在练就扎实的“三基”功底的同时，更好地激发学生专业兴趣；特色实验项目具有较强学校办学特色、内容涉及化学和多学科交叉，并具有前沿性和先进性，符合当前国家发展需求(如绿色能源、零碳排放及资源化利用等)。这些项目在学生使用学习后，能够使学生认识到化学学科是中心科学，并在国民经济发展中具有不可替代的地位。

实验教案：为了使广大教师更好地理解实验教学目标和内容，编写组还为每一个实验项目撰写了详细的电子教案，并在实践中不断迭代更新。

### 3.3 化学实验操作规范

规范是指约定俗成或明文规定的标准。化学实验操作规范对通用化学实验技术作出规定，它具有如下特点：

- (1) 操作科学合理、高效且兼顾美感；
- (2) 安全风险最低、成功率最高；
- (3) 任何受训练的人按照该要求操作都能够成功达到目标。

作为基础化学实验课程的重要组成部分，本课程设计了：

- (1) 无机化学实验操作规范(视频和手册)；
- (2) 分析化学实验操作规范(视频和手册)；
- (3) 有机化学实验操作规范(视频和手册)；
- (4) 物理化学实验操作规范(视频和手册)。

制定这四部《化学实验操作规范》，可以规范实验教学、提高法律法规意识、提升实验效率、减少安全风险和生命财产损失、保护学生并树立良好的工作形象。

### 3.4 核心师资团队建设和课堂提升

核心师资团队建设主要以建设一流课程、教材和实践项目等为载体，依托基础化学实验虚拟教研室、化学“101计划”网络工作平台等，通过教学研究、教学培训、课堂提升、教学研讨等形式进行，切实提升教师的教育教学水平。

《基础化学实验》课程成立专门的课程提升组，由大连大学孟长功教授牵头，南京大学俞寿云教授具体负责实施，组织课堂观察等课程提升活动。课程提升组将30所高校分为5个大区，每个大区设负责人1名。课程提升组向全体参与高校征集可以被观察的实验项目(每个高校至少1个)和观察员。每个实验项目要求由1名同校教师和1名同大区其他高校教师组成现场观察组。同时，鼓励各被观察实验项目采取直播、录播等手段提高课堂观察的参与度。参与课堂观察的教师(不论现场或者在线)需要完成《听课记录表》，供大家进一步交流互鉴。这种全国范围内的校际课堂观察得到了广大教师的积极响应。2024年春季学期，本课程举行了现场或者线上线下同步的课堂观察活动30余次，参与课堂观察的教师超过150人，已经回收了36份听课记录表，极大地促进了校际交流，有效地提升了教学质量。

#### 4 结语

化学“101计划”基础化学实验课程建设是一项涉及课程、教材、教师、实验实践、教学理念和教学方法等全要素的探索性计划。本计划将凝练出基础化学实验课程对学生培养的“能力图谱和素质图谱”，牵引对课程、教材、教师、实践项目、教学方法等进行全面改革和建设。通过两年时间从根本上改进现有实验教学，融入新理念、新内容、新方法，以化学学科专业教学改革为突破口和试验区，集中全国基础化学实验领域优势力量，系统地完成基础化学实验课程核心教案和教材、实验操作规范、核心实验实践项目，培育核心师资队伍等内容，探索出化学拔尖人才培养的新理念、新内容、新方法，提升教师的教学水平，引领带动全国高校化学人才培养质量的整体提升。

#### 参 考 文 献

- [1] 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. [2024-09-18].  
[http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/s5147/202404/t20240422\\_1126824.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202404/t20240422_1126824.html)