

## 新版、新形态、新亮点——《有机化学实验(第六版)》简介

李令东<sup>2</sup>, 于丽梅<sup>1,\*</sup>, 翟怡<sup>3</sup>, 高占先<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>大连理工大学化学学院, 辽宁 大连 116023

<sup>2</sup>大连理工大学化工学院, 辽宁 大连 116023

<sup>3</sup>高等教育出版社, 北京 100120

**摘要:** 新形态出版的大连理工大学《有机化学实验(第六版)》融合了纸质版教材和网上数字资源, 整合了第五版书附教学光盘、网站资源及新建数字资源, 优化为新版数字资源作为纸质版教材的支撑和拓展。第六版教材参考了国内外实验教学论文, 编著了反应机理证明、可视化制备、黄鸣龙还原及烯烃交互置换专题下14个基本性实验; 编著了天然肉桂醛提取及羟醛缩合、脯氨酸催化不对称合成和LED光催化发光体制备等3个综合性实验; 编著了费舍尔酯化法合成工业香料羧酸酯的设计性实验与优化微波辅助威廉森法制备4-硝基苯乙醚反应条件的研究性实验。第六版教材搭建了个性化学习平台, 有助于提升学生实验能力, 培养学生严谨创新的学风。

**关键词:** 有机化学实验; 新形态; 数字资源; 教材思政; 反应机理证明; 可视化实验

**中图分类号:** G64; O6

## New Edition, New Form, New Highlights: An Introduction on the Textbook of *Organic Chemistry Experiment* (6th Edition)

Lingdong Li<sup>2</sup>, Limei Yu<sup>1,\*</sup>, Yi Zhai<sup>3</sup>, Zhanxian Gao<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry, Dalian University of Technology, Dalian 116023, Liaoning Province, China.

<sup>2</sup> School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, Liaoning Province, China.

<sup>3</sup> Higher Education Press, Beijing, 100120, China.

**Abstract:** The newly published "*Organic Chemistry Experiment* (6th Edition)" from Dalian University of Technology combines both printed textbook and online digital resources. The online resources integrate the content from the teaching CD and website resources in 5th edition, alongside newly developed digital resources for 6th edition, to enhance and expand the printed version. The textbook newly presents 14 fundamental experiments in topics about reaction mechanism verification, visualized synthesis, Huang Minglong's reduction, and olefin interchange *etc.* Additionally, it includes 3 comprehensive experiments: natural cinnamaldehyde extraction and hydroxyaldehyde condensation, proline-catalyzed asymmetric synthesis and LED photocatalytic luminescent material preparation. All new experiments draw from domestic and international experimental teaching papers. Moreover, A design-oriented experiment on industrial flavor esters using the Fischer esterification synthesis, as well as a research-oriented experiment which optimizing the reaction condition for the microwave-assisted Williamson synthesis of 4-nitrophenethyl ether, are also discussed. The 6th edition textbook establishes a personalized learning platform fostering students' experimental abilities and cultivating a rigorous and innovative style of study.

**Key Words:** Organic chemistry experiment; Newly publishing form; Digital resource; Ideological and political learning material; Testification of reaction mechanism; Visualization experiment.

收稿: 2023-05-29; 录用: 2023-07-22; 网络发表: 2023-08-07

\*通讯作者, Emails: ochem@dlut.edu.cn (于丽梅); zygao001@sina.com (高占先)

基金资助: 大连理工大学教材出版基金(2021)

## 1 第六版修订的背景与指导思想

普通高等教育“十一五”国家级规划教材《有机化学实验(第五版)》(以下简称第五版)于2015年由高等教育出版社以“纸质版教材+书附教学光盘+网站资源”形式出版,2018年获大连市优秀科技著作奖<sup>[1]</sup>。教材坚持实验规模小量化为主,兼顾常量、小量、半微量和微量制备;坚持基本性实验为主,依照“基本性-综合性-设计性-研究性”实验层次逐步提升实验内容的编排体例。近年来随着网络信息技术迅猛发展,第五版的“书附教学光盘”出版形式表现出携带使用不便的问题;同时国内外实验教学发展迅速,出现实验教学改革的新动向和新成果<sup>[2]</sup>。与时俱进修订新版教材以推陈出新推进实验教学是本教材建设几十年来一贯坚持的理念。

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上提出,要使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应<sup>[3]</sup>。自此开始,课程思政成为高等教育课程改革关注的方向,思政案例不断涌进课堂、融入教材。教育部“双万计划”明确指出,一流本科课程建设要在教学内容方面体现前沿性与时代性<sup>[4]</sup>;明确要求高校淘汰“水课”,打造有一定难度和深度、能切实提高教学质量的“金课”<sup>[5]</sup>;并提出高阶性、创新性和挑战度的“两性一度”的金课标准<sup>[6]</sup>。这些文件精神为本教材修订指明了方向。

《有机化学实验(第六版)》(以下简称第六版)在新时代背景与课程教学新要求下展开修订。第六版保持教学实验规模的柔性安排、内容以多层次的体例编写,实现新版、新形态、新亮点,可满足不同院校、专业对有机化学实验内容的各种需求。

## 2 第六版教材的数字资源

在互联网和大数据日益普及的前提下,知识信息呈现指数级速率传播,为使学习者认知速度、学习内涵等与之匹配,教材及其知识承载形式和传输方式势必相应进行改革<sup>[7]</sup>。为此将第五版教材网站资源、书附光盘约2.0 G内容及新建数字资源经由转化、迁移、融合建设成为第六版数字资源,作为纸质版教材的支撑和拓展。“纸版教材+数字资源”构成第六版新形态教材。第六版的数字资源内容丰富、特色鲜明,可通过扫描纸质教材中相应二维码获取。

### 2.1 3D MAX建模制作实验仪器、装置和图文声并茂的单元操作

3D Max建模制作了51件常用玻璃仪器、43套实验装置,动态演示介绍仪器和装置的名称、性能、用途和操作注意事项等。制作了29个实验基本单元操作,包括仪器的识别、装置的安装要求及常用有机实验单元操作等,演示过程形象逼真,栩栩如生。学生扫描纸版教材二维码在手机上拓展学习相关内容,可增强自学探索新知的兴趣,大幅度提高预习和学习效率。

### 2.2 研制制备实验指导和自主实验案例

六版纸版教材包含内容全面、多层次、经典与新方法兼顾的大量制备实验。数字资源为每个基本性实验提供了制备实验指导,包括实验概述、实验预习、安全操作提示、操作要点、问题研究与讨论、教学法及产物谱图等内容。制备实验指导为学生自主学习和独立实验提供辅导。同时制作图、文、声并茂的一套(共10个)自主实验案例,案例选自各高校大概率开课的有机合成实验进行建设。具有“教师亲临课堂讲授”特点的自主实验案例为开放实验教学提供支持。自主实验案例通过指导学生自我学习、独立完成实验操作,强化学习者自主实验能力;经过开放实验教学试用实践证明达到设计目标。

### 2.3 强化安全操作规范和研制虚拟演示实验

根据当前工科专业有机实验学时减少与开放实验课程教学的实际,有机实验安全规范教育的重要性更为突显。第六版教材对有机实验涉及化学品性质、反应特点等安全使用与操作的教学内容给出相应提醒说明,包括试剂、装置、设备的安全使用规范和个人健康防护说明等;同时强化实验安全操作与危险化学品正确使用等。结合具体制备实验内容,新研制了四个虚拟演示实验:1)三乙基铝在空气中自燃、遇水爆炸;2)甲苯硝化时滴加氧化剂速率过快致使产生火花乃至燃烧爆炸;3)用水

处理废弃金属钠引起安全事故；4)废弃Raney-Ni违规操作引发火灾等。这四个虚拟演示实验的视频形象、逼真，身临其境地警示读者实验中不规范操作可能酿成的恶果，潜移默化地让学习者树立实验安全意识。

## 2.4 新增课程思政资源和拓展阅读资料

第六版数字资源中新增了课程思政资源，如有突出贡献的有机化学家小传等。它重点介绍与制备实验内容紧密相关的中外化学家在科学研究中开拓创新的事迹。具体而言，在黄鸣龙还原反应实验中，编写化学家小传“中国人名反应第一人——黄鸣龙”，介绍黄鸣龙先生改进羰基彻底还原反应的研究历程，弘扬老一辈科学家孜孜以求的科学精神及为国为民的家国情怀。再如，在人名反应制备实验中介绍开辟烯烃制备新领域的诺贝尔奖获得者维蒂希；在“烯烃复分解反应”实验中介绍因该反应共获诺奖的三位化学家——肖万、格拉布和施罗克；以及创建亲核取代反应机理的化学家英果尔德，发现醛肟或酮肟重排反应的化学家贝克曼等。课程思政数字化资源引导学生养成求真务实的科研品格与开拓创新的探索精神。而拓展阅读资料类数字化资源则包括与实验有关的研究论文、制备实验的原始文献、反应机理研究综述等内容，该数字资源拓展了纸质教材内容的深度。

## 3 纸版教材的主要修订内容

参考近年国内外发表的实验教学论文，第六版纸版教材中新编了14个基本性实验、3个综合性实验，同时重点全新编写“费舍尔酯化法合成羧酸酯类工业香料”设计性实验与“优化微波辅助威廉森法制备4-硝基苯乙醚反应条件”研究性实验。

### 3.1 编著证明反应机理的实验

在有机化学理论课教学中，亲核反应是卤代烃、醇酚醚和醛酮醌三章的核心内容，亲核反应机理是教学重点与难点。为给理论课教学难点提供支持和延伸教学，第六版纸质教材中新编了以下反应机理证明实验：卤代丁烷乙醇解—— $S_N1$ 反应证明结构与反应性<sup>[8]</sup> (实验六十一)、戊醇与卤化铵反应证明竞争性亲核取代机理<sup>[9]</sup> (实验六十二)、香芹酮与金属有机试剂反应证明立体和区域选择性控制<sup>[10]</sup> (实验六十三)、羟醛缩合反应证明底物的电子与位阻效应<sup>[11]</sup> (实验六十四)。通过反应机理证明实验，学生可以容易地总结、归纳影响因素繁杂、概念与原理易混淆错用的亲核反应规律，辅助有机化学理论课程“熟练运用知识解决有机化学实际问题能力”等高阶教学目标达成。以下介绍实验六十一至实验六十四的编写思路。

实验六十一，含甲基红指示剂的95%乙醇溶液显橙色，室温向其滴加2-氯-2-甲基丙烷后，在60℃放置10 min则显示红色。然而若向橙色溶液中分别滴加1-氯丁烷、2-氯丁烷，则反应瓶中橙色变化不明显，说明醇与叔氯代烷(2-氯-2-甲基丙烷)反应为 $S_N1$ 过程，而伯仲氯丁烷则不易进行 $S_N1$ 反应。

实验六十二，戊醇与亲核试剂(等量的氯化铵和溴化铵)反应，色谱分析产物组成如表1所示。2-甲基丁-2-醇与亲核试剂反应得到几乎等量的2-溴-2-甲基丁烷(53%)和2-氯-2-甲基丁烷(47%)，产物与亲核试剂的亲核能力无关，证明叔醇是典型的 $S_N1$ 反应。戊-1-醇反应，取代产物只有1-溴戊烷(97%)和1-氯戊烷(3%)，证明伯醇是典型的 $S_N2$ 过程，强亲核试剂溴化铵反应活性高。从制备实验中学生可

表1 实验六十二的一组学生实验数据

原料醇	产物	收率/%	原料醇	产物	收率/%
戊-1-醇	1-溴戊烷	97.0	2-甲基丁-2-醇	2-溴-2-甲基丁烷	53.0
	1-氯戊烷	3.0		2-氯-2-甲基丁烷	47.0
戊-2-醇	2-溴戊烷	53.0	戊-3-醇	2-溴戊烷	27.0
	2-氯戊烷	16.0		2-氯戊烷	9.0
	3-溴戊烷	23.0		3-溴戊烷	47.0
	3-氯戊烷	8.0		3-氯戊烷	17.0

以学习到：亲核试剂的亲核能力可决定产物的组成、分布，是 $S_N2$ 反应的特征性结论；而在 $S_N1$ 过程中，亲核试剂因不参与速控步骤，因此不同亲核性的亲核试剂与底物反应，对产物影响不大。戊-2-醇和戊-3-醇(仲醇)卤代产物分布明显既不同于2-甲基丁-2-醇(叔醇)的 $S_N1$ 反应，又不同于戊-1-醇(伯醇)的 $S_N2$ 反应。产物分析可知戊-2-醇和戊-3-醇卤代机理中既有 $S_N2$ 过程又有 $S_N1$ 反过程的仲碳正离子重排。至此，学习者深入领会 $S_N$ 反应相关概念，将理论课知识与反应实验结果一一对照。“圣贤言学，咸以躬身实践为先，识见言论次之”指明的治学方法，在有机化学这类理论与实验并重学科的教学实践中尤为重要。

第六版的反应机理证明实验，除一般实验教学功能外，还可以训练学生的有机化学思维能力，提升学科素养。实验六十三，惰性气体保护下有机铜锂试剂与香芹酮的亲核加成反应，涉及立体化学内容需要逻辑严密地推断产物，产物结构解析过程可强化学习者的波谱解析技能。实验六十四亦属于亲核加成反应，实验现象解读涉及共轭效应、诱导效应和位阻效应等取代基效应的实际应用，全面涵盖影响有机反应的重要因素，实验数据分析和产物推断环环相扣、逻辑严谨。机理验证实验尽管内容难度较大，但经过基本性实验训练的学习者都可以完成。它既可供开放实验教学选用，又非常适合理科专业和“强基计划”的学生在专业实验课上选做。

### 3.2 编著可视化实验

有机实验常有反应体系颜色改变的情况，如在芳烃底物耗尽或芳烃产物形成时、过渡金属氧化物作为氧化剂消耗时及三氯化铝催化合成苯衍生物中间体配合物出现时等等。从分子水平解读反应的颜色变化，或者利用颜色改变来监测反应进程或简化反应后处理过程的基础有机制备实验(简称可视化实验)实例却非常少。鉴于此，六版新编著了两个可视化实验：对氨基间硝基苯甲酸甲酯的制备<sup>[12]</sup>(实验六十五)与乙氧基二硫代甲酸丙-2-烯酯的制备<sup>[13]</sup>(实验六十六)。

实验六十五，采用对氨基间硝基苯甲酸和甲醇为原料，以浓硫酸催化，选定特定反应时间，使部分羧酸酯化，随后用酸碱萃取分离产物。残留羧酸以钠盐形式进入水相呈现橙色，产物酯在油相呈浅黄色。经几次酸碱萃取后，水相颜色逐次变浅至无色。因此，基于观察萃取体系颜色变化可方便地判定酯产品中羧酸是否洗涤干净。该技术已经应用到工业生产的某些酸碱萃取分离过程，据此设计的生产工艺避免了高难度分离装置和操作技术的使用。

实验六十六，采用四氟硼酸*N*-丁基-2,4,6-三苯基吡啶催化乙氧基二硫代甲酸钾与溴代烃亲核取代反应制备乙氧基二硫代甲酸丙-2-烯酯。催化剂吡啶盐和原料甲酸钾形成油溶性的黄色配合物，在反应后期，随着配合物不断消耗，反应体系颜色逐渐消失，表明原料甲酸钾盐逐渐转化完全。通过观察颜色变化来判定反应进程，比常用跟踪反应进程的薄层层析技术更简洁、直观。

除前述为强调可视化实验概念而新编的实验外，实际上其他基本性实验中也有可视化实验内容项。如实验六十一，氯代烷醇解机理证明实验中，依据指示剂颜色变化可推测卤代烷醇解难易及反应程度，判定 $S_N$ 反应级数等。此法避免使用硝酸银醇溶液鉴别的弊端，因为 $AgCl$ 离子积很小可加快氯代烷的醇解，模糊真实反应规律的呈现。这类可视化实验以简单的操作和一目了然的体系颜色变化，关联反应转化过程，分析抽象的反应机理，是非常值得选做的一类基本性实验。

### 3.3 引入黄鸣龙还原反应

1946年，黄鸣龙先生在哈佛大学工作时对Wolff-Kishner还原法进行了改进<sup>[14]</sup>。改进过的反应不用价格昂贵的无水肼、无需高压设备、反应时间大幅缩短。这些关键工艺的改进使得醛酮羰基彻底还原反应得以实现工业化。学术界为纪念黄先生的贡献，遂将该反应命名为黄鸣龙还原反应。它是唯一一个写进有机化学教科书的中国人人名反应，成为经典的有机化学及实验课程思政案例<sup>[15]</sup>。第六版引入三个原理相同、工艺不同的黄鸣龙还原反应实验。实验五十六是常量制备，反应涉及不同温度下两步回流反应，前一步移除副产物水和过量水合肼，生成沸点较高(b.p. 225–230 °C)的中间产物二苯基脒；后一步在更高温度下热解脒得还原产物。实验五十七是小量制备，利用产物丙基苯沸点较低的特点，采用边加热、边回流、边蒸馏的工艺<sup>[16]</sup>；实验九十二是半微量制备，采用微波促进

技术使得还原反应的时间更短、收率更高。三个特征鲜明的黄鸣龙还原反应实验供教学目标不同的实验课选做。同时本教材一贯坚持的“柔性”实验编排特征于此可见一斑。

### 3.4 引入烯烃交互置换反应

碳-碳键的构建是有机合成中最基本也最难的课题。许多构建碳-碳键的反应获得过诺贝尔奖，例如1912年Grignard反应、1950年Diels-Alder反应、1963年Ziegler-Natta催化剂催化烯烃聚合反应，及2010年钨催化偶联反应等。其中一步构建碳-碳双键难度更大，用于烯烃合成的Witting反应、交互置换反应分别获得1979年、2005年诺贝尔化学奖。虽然同是一步构建烯烃双键，但Witting反应与交互置换反应本质却大不相同。Witting反应属于羰基亲核加成反应，条件温和、收率较高，但过程中有等当量三苯基氧磷副产物生成，反应原子经济性差。交互置换反应属于基于金属卡宾配合物催化下的双键碳原子交互置换反应，是经典的原子经济性合成反应，广泛应用于基本有机合成、药物合成、高分子和天然化合物合成等领域。第六版参照文献<sup>[17]</sup>编著的烯烃交互置换反应制备1,2-二苯基乙烯(实验四十)，其反应条件温和，后处理过程简单，催化剂可回收且反式烯烃产物选择性近100%。对比实验四十，编著经典维蒂希方法合成1,2-二苯基乙烯(实验四十一)。因此，以1,2-二苯基乙烯的合成平台，整合两个获诺贝尔奖的学科前沿工作，自无立体选择性的经典维蒂希反应合成烯烃<sup>[18]</sup>，到制备反式烯烃的改良维蒂希反应(实验四十二)，再到交互置换反应。通过精选内容和悉心编排，第六版让学习者递进掌握反应机理和有机合成方法学等重要核心内容。学生通过动手实验操作，举一反三地感悟有机化学及实验的知识与理论。

### 3.5 加强绿色合成实验

新编著的实验十六为典型的绿色合成实验<sup>[19]</sup>，其以二价铜盐为催化剂、双氧水为氧化剂，选择性氧化对氯苯甲醇为对氯苯甲醛。实验过程中滴加双氧水、反应同时以水蒸气蒸馏蒸出产物对氯苯甲醛，连续化实验设计规避产物醛的过度氧化，得到高选择性和高收率的对氯苯甲醛，该技术可工业化应用。实验四十七，以简易水蒸气蒸馏法从中草药桂皮中提取肉桂醛，随即肉桂醛与丙酮羟醛缩合制备(3*E*,5*E*)-6-苯基己-3,5-二烯-2-酮。实验将肉桂醛提取与羟醛缩合反应整合、优化成一个基本性实验，既开阔了学生眼界，介绍天然产物提取方法，又传递了化学化工过程中应减少废弃物排放的绿色化学宗旨。

### 3.6 引入光催化合成发光体等特色实验

第六版新编室温、无氧条件下，新光源LED灯珠催化制备发光体取代苯甲酸甲酯(实验九十五)<sup>[20,21]</sup>。该实验中，取代苯甲酸甲酯粗产物后处理及柱层析分离纯化均是可视化过程，学习者跟踪、监测产物十分方便，在此再次强调学习者通过大量基本性实验逐步提高自身动手经验和诸如“可视化”跟踪反应进行状况等全面的实验技能。进一步，发光体4-[2-(*N*-甲基)-吡咯基]苯甲酸甲酯在不同溶剂中呈现不同颜色。启发学生透过绚丽的实验现象思考其内涵、本质，激发学生深入探究的热情。实验八十五，L-脯氨酸催化4-硝基苯甲醛与丙酮不对称缩合，属于手性有机小分子催化不对称合成的案例<sup>[22]</sup>，是新兴有机分子催化合成领域的重要反应。它能够帮助学习者理解手性合成概念，熟悉有机分子催化等学科前沿进展。此外该实验与本教材的1,3-二(苯亚甲基)丙酮的制备、(3*E*,5*E*)-6-苯基己-3,5-二烯-2-酮的制备、羟醛缩合反应中电子和位阻效应证明及2-乙基己-2-烯醛的制备等反应同属羟醛缩合反应。5个相同类型的实验，底物结构、反应条件等因素导致反应过程、制备结果不同，可供各类教学目标的基础有机化学实验课程选做，是第六版教材修订“精选内容、柔性编排”特色的又一例证。

### 3.7 小修设计性和研究性实验

第六版对设计性实验和研究性实验进行了小比例更新。羧酸酯无毒无害，有特殊香味，是调配香水、食用香精的重要原料，亦广泛用作工业香料。例如，反式肉桂酸甲酯(实验二十三)有类似樱桃和香酯气味，乙酸异丁酯有香蕉味，乙酸己酯有凤梨味，乙酸辛酯有橙子味，水杨酸甲酯有强烈的冬青油香气。在羧酸酯制备主题下，编著设计性实验——费舍尔酯化法合成香料<sup>[23]</sup>(水杨酸甲酯和乙

酸己酯) (实验一百), 替代第五版内容重复的醇与卤代试剂竞争反应(实验六十二)。费舍尔酯化反应的副产物只有水, 属于绿色合成反应, 反应原子经济性高; 从实验设计角度, 评价学生对费舍尔酯化法实施方案掌握程度; 从实验教学目标达成分析角度, 制备特殊香味精细化学品会提高学生研究兴趣, 提升动手制备的源动力。同时, 编著优化微波辅助威廉森法制备4-硝基苯乙醚反应条件的研究性实验<sup>[24]</sup> (实验一百零六), 替换第五版教材中“制备9,9-双(甲氧基)芴”研究性实验。微波促进反应特点鲜明: 反应速率快, 产物选择性高, 所需药品较少, 符合绿色合成标准, 属有机合成研究热点领域之一。在优化反应条件时, 直接用色谱仪分析反应混合液, 能快速得出较优反应条件, 满足实验教学时长要求。与常规加热反应一样, 微波技术是供能促进反应的一种方式。在第六版中, 实验八十九用电化学方法制备碘仿, 实验九十三用超声波技术促进化学反应, 实验九十五以光化学法制备发光体, 全面涵盖了常见促进有机反应的供能方式: 加热、光照、微波、超声波和电化学方法, 极大满足不同院校、不同专业实验教学内容选择的需要。

#### 4 修订小记

与第六版的新编实验内容和新实验技术发展相匹配, 在实验技术篇中增写酸碱萃取、高效液相色谱分离对映体的色谱柱选择及空气敏感化合物处理等内容。以二种单位(mmHg和MPa)显示数字压力计替换第五版有毒性风险的汞柱差压计, 体现环保理念无处不在。

在收集、整理资料过程中, 偶然发现“含一结晶水对甲苯磺酸的制备”实验资料, 其改进条件与本教材第二版“14.1对甲苯磺酸的制备”反应条件完全吻合。修订者立即重做验证实验, 实验结果显示第二版教材也是正确的, 但它没有明确对甲苯磺酸与带结晶水对甲苯磺酸的区别, 因此产生误解。为此第六版教材给出一结晶水对甲苯磺酸的准确表述, 同时在数字资源“制备实验指导”中详细介绍了带结晶水对甲苯磺酸的性质。

第六版教材版面设计初稿简明、大方、美观, 拟采用有时代气息的双色套印技术, 截至发稿出版编辑仍在设计、精修版式, 力求推出一部高质量、新形态、亮点突出的实验教材。

#### 5 结语

《有机化学实验(第六版)》继承了第五版的“柔性”安排和实验内容梯次提升的特点, 是融合纸质版和数字资源于一体的新形态教材, 可有力支持学生自主学习和独立操作实验。第六版新编著实验全部源自于国内外近年的科研和教学论文。第六版精选的内容、与时俱进的出版模式及符合“两性一度”实验教学需求的编撰亮点都具有一定借鉴意义。

#### 参 考 文 献

- [1] 于丽梅, 高占先. 化工高等教育, **2020**, 37 (6), 105.
- [2] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2017**, 32 (8), 1.
- [3] 习近平. 全国高校思想政治工作会议上的讲话. [2016-12-08].  
[http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/s6052/moe\\_838/201612/t20161208\\_291306.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6052/moe_838/201612/t20161208_291306.html)
- [4] 教育部. 关于一流本科课程建设的实施意见. [2019-10-30]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031\\_406269.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html)
- [5] 教育部. 关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知. [2018-08-27].  
[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903\\_347079.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903_347079.html)
- [6] 吴岩. 建设中国金课报告. 第十一届中国大学教学论坛, 广州, 2018年11月24日.
- [7] 黄明东, 蔺全丽, 李晓峰. 出版科学, **2022**, 30 (2), 32.
- [8] Castro-Godoy, W. D.; Arguello, J. E.; Martinelli, M.; Caminos, D. A. *J. Chem. Educ.* **2018**, 95 (5), 1827.
- [9] Herasymchuk, K.; Raza, R.; Saunders, P.; Merbouh, N. *J. Chem. Educ.* **2021**, 98 (10), 3319.

- [10] Truong, T. P.; Bailey, S. J.; Gollither, A. E.; Monroy, E. Y.; Shrestha, U. K.; Maio, W. A. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (3), 438.
- [11] Berardi, M. D.; Gentile, F.; Kozik, I.; Gregg, T. M. *J. Chem. Educ.* **2021**, *98* (5), 1732.
- [12] Kam, C. M. T.; Levonis, S. M.; Schweiker, S. S. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (7), 1997.
- [13] Rezende, M. C.; Aliaga, C.; Barriga, G.; Vidal, M. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (9), 1631.
- [14] 韩广甸, 金善炜, 吴毓林. 化学进展, **2012**, *24* (7), 1229.
- [15] 徐芷媛, 李茉涵, 张恒, 赵晓霞, 张艳斌, 赵军龙. 大学化学, **2020**, *35* (7), 67.
- [16] 郑行行, 王蕊娜, 李效军. 石油化工, **2012**, *41* (9), 1056.
- [17] Bannin, T. J.; Datta, P. P.; Kiesewetter, E. T.; Kiesewetter, M. K. *J. Chem. Educ.* **2019**, *96* (1), 143.
- [18] Warner, J. C.; Anastas, P. T.; Anselme, J.-P. *J. Chem. Educ.* **1985**, *62* (4), 346.
- [19] 杨丰科, 袁世申, 张永富, 牛鹏程, 茹雨晴, 高巍伟. 精细化工, **2022**, *39* (3), 644.
- [20] Miao, R.; Li, J.; Luo, Z.; Yu, H.; Liu, T.; Fang, Y. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (12), 4469.
- [21] Miao, R.; Wang, D.; Xiao, J.; Ma, J.; Xue, D.; Liu, F.; Fang, Y. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2020**, *22* (18), 10212.
- [22] 文巍, 李朝星, 叶芳秀, 李静烽, 郭其祥. 大学化学, **2022**, *37* (5), 2111009.
- [23] Steele, J. H.; Bozor, M. X.; Boyce, G. R. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (11), 4127.
- [24] Baar, M. R. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (7), 1235.