

创新思维与课程思政融合的有机化学实验教学研究

——以“咖啡因的提取”综合改革为例

常彦平, 郑梓煌, 李君阳, 吴嘉敏, 郭红卫, 刘献虎, 姚婉清*

嘉应学院化学与环境学院, 广东 梅州

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月10日; 发布日期: 2026年4月21日

摘要

天然产物提取在深化有机化学理论知识和拓展应用能力方面具有重要作用。本研究围绕“咖啡因的提取”实验存在的提取率偏低、产物纯度不高及课程思政融入不足等问题, 系统开展实验装置优化、教学内容重构与教学模式创新。通过改进升华装置密封性、引入亲油滤纸吸附杂质, 显著提升提取率(+65%)与纯度(杂质降低60%)。同时, 融合中国茶文化、屠呦呦科研精神等思政元素, 构建基于BOPPPS模型的混合式教学模式, 实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一。

关键词

有机化学实验, 装置优化, 课程思政, BOPPPS教学, 创新思维

Research on the Integration of Innovative Thinking and Values Education in Organic Chemistry Experimental Teaching

—Taking the Comprehensive Reform of “Caffeine Extraction” as an Example

Yanping Chang, Zihuang Zheng, Junyang Li, Jiamin Wu, Hongwei Guo, Xianhu Liu, Wanqing Yao*

School of Chemistry and Environment, Jiaying University, Meizhou Guangdong

Received: March 13, 2026; accepted: April 10, 2026; published: April 21, 2026

*通讯作者。

文章引用: 常彦平, 郑梓煌, 李君阳, 吴嘉敏, 郭红卫, 刘献虎, 姚婉清. 创新思维与课程思政融合的有机化学实验教学研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(4): 50-59. DOI: 10.12677/ces.2026.144245

Abstract

Extracting natural products is of great significance in deepening the understanding of organic chemistry theory and expanding application capabilities. This study addresses issues in the “caffeine extraction” experiment, including low extraction yield, insufficient product purity, and inadequate integration of values education. It systematically explores the optimization of experimental apparatus, the restructuring of teaching content, and the innovation of teaching models. The sealing of the sublimation apparatus was enhanced and oil-absorbent filter paper was introduced, resulting in a significant increase in extraction yield (+65%) and a marked improvement in purity (with a 60% reduction in impurities). Simultaneously, ideological and political elements, such as Chinese tea culture and the scientific spirit of Tu Youyou, were incorporated into the curriculum. A blended teaching model based on the BOPPPS framework was constructed to achieve the organic integration of knowledge impartation, skill cultivation, and value guidance.

Keywords

Organic Chemistry Experiment, Apparatus Optimization, Values Education, BOPPPS Teaching, Innovative Thinking

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

有机化学实验是化学化工、环境、生物医学等专业本科生的重要实践课程[1][2],在系统训练实验操作技能、激发创新思维以及强化综合分析解决问题能力方面发挥着不可替代的作用[3][4]。“咖啡因的提取”作为经典实验项目,不仅涵盖索氏提取、溶剂回收、蒸发浓缩和升华纯化等一系列典型单元操作,更通过以乙醇为溶剂从茶叶中高效分离生物碱的过程,使学生深入理解天然产物提取的基本原理与工艺技术,掌握有机化合物分离纯化的核心方法和初步的实验设计思路。该实验紧密结合天然产物化学与日常生活,具有操作性强、现象直观、与实际应用联系紧密等特点,非常有利于培养学生的绿色化学意识、工程观念和科学研究素养[5]-[7]。

然而,传统的以验证性实验为主的教学模式,学生被动接受安排好的实验步骤,往往侧重于操作技能的机械训练,而忽视了更深层次的概念理解、科学推理、批判思维和学科素养等的培养,难以满足新时代对创新型人才的需求[8]。聚焦到“咖啡因的提取”这一具体实验,在实际教学过程中同样存在亟待改进的环节[9]。近年来,研究者们从实验装置、提取方法、教学设计等方面对该实验进行改革和创新,并取得显著的成效[10]-[13]。然而,笔者在教学过程中发现该实验中仍然存在一些需要改进的地方。首先,装置部件间密封不严导致咖啡因蒸气逸出,晶体收集效率低;其次,萃取物中的油状杂质随咖啡因共同升华,影响产物纯度;最后,实验内容蕴含的思政元素未得到充分挖掘与融入。针对以上问题,为适应新时代高等教育对创新能力与价值引领的双重要求,本研究从实验方法创新、思政内涵融合与教学过程优化三个维度系统推进改革。一方面,通过构建基于双层滤纸的高密封性升华装置提升提取效率,并采用亲油型滤纸选择性吸附油性杂质,显著提高咖啡因提取量和纯度;另一方面,深度融合茶的起源、中国茶文化传承及屠呦呦发现青蒿素等科学史实,引导学生树立文化自信与科学精神;同时将创新思维

训练与课程思政贯穿于教学全流程，实现知识传授、能力培养与价值塑造的有机统一。

2. 实验部分

2.1. 试剂和材料

绿茶(碧螺春, 安溪一尊茶业有限公司), 乙醇(95%, 西陇化工有限公司), 氧化钙(98%, 众联化学试剂有限公司), 索氏提取器(60 mL), 圆底烧瓶(100 mL), 直形冷凝管, 接引管, 锥形瓶(50 mL), 蒸发皿(100 mL), 玻璃漏斗(7.5 cm), 温度计(200℃), 定性滤纸(中速, 杭州特种纸业有限公司), 亲油滤纸(美丽雅, 鸿昌塑胶工业有限公司), 沸石, 硬纸圈, 玻璃棒, 脱脂棉, 不锈钢刮刀。

2.2. 仪器和表征方法

磁力搅拌电热套(TWCL-T, 予华仪器有限责任公司), 分析天平(ME104E/02, 梅特勒-托利多仪器有限公司), 核磁共振波谱仪(400M ADVANCE NEO, Bruker)。

2.3. 固液萃取与浓缩

称取 5 g 茶叶, 研磨后装入茶包并置于索氏提取器中。圆底烧瓶中加入 50 mL 95%乙醇及沸石, 组装索氏提取回流装置, 提取约 1 小时。稍冷后改为蒸馏装置。蒸去大部分乙醇, 待烧瓶内剩下约 10 mL 溶液时停止加热, 拆除蒸馏装置。

2.4. 升华

将浓缩液转移至蒸发皿, 加入 4.5 g 氧化钙搅拌成浆状, 加热焙炒至完全干燥。依次放置扎孔亲油滤纸、直径 5 cm 硬纸圈和另一张亲油滤纸, 倒扣塞有棉花并插入温度计的漏斗, 水银球部位接触亲油滤纸上表面。缓慢升温至 50℃~60℃时擦拭漏斗内壁水珠, 65℃停止擦拭, 80℃停止加热, 析出晶体。

3. 结果与讨论

3.1. 升华方法改进

原装置(图 1(a))中, 扎有小孔的滤纸放置于蒸发皿上方, 在滤纸上方倒扣一个塞有棉花的漏斗。加热一段时间后, 当滤纸上方出现大量晶体时即停止加热。在实际操作过程中, 学生由于缺乏经验, 存在升华不完全或者升华过度的情况[14]。此外, 蒸发皿、滤纸与漏斗间密封较差, 导致咖啡因逸散, 且凝华后的咖啡因晶体容易残留或掉落在蒸发皿中, 导致提取率低。

改进后装置(图 1(b)), 在滤纸上方放置了温度计, 通过监控升华过程温度能够有效避免升华不完全和升华过度的情况。此外, 该研究创新性地提出构建基于双层滤纸的密封性咖啡因升华腔(图 1(c))以提高提取率。该升华腔由直径小于蒸发皿的硬纸圈和上下两层扎了小孔的滤纸构成, 保证下层滤纸能够放置于蒸发皿中。与原装置相比, 该密封性升华腔能够防止蒸气逸出, 咖啡因蒸气透过下层滤纸进入升华腔, 在两层滤纸之间凝华, 既方便收集咖啡因晶体, 又可以减少残留和掉落在蒸发皿中的咖啡因。另外, 由于部分油状杂质吸附于咖啡因晶体表面, 下层滤纸凝华的咖啡因颜色偏深(图 1(d)), 本研究用亲油滤纸代替普通滤纸以吸附油状物杂质, 在双层滤纸表面均凝华了无色的咖啡因。使用普通滤纸和亲油滤纸所得咖啡因的核磁共振氢谱如图 2(a)和图 2(b), 谱图中位于 7.53 (1H)、4.02 (3H)、3.61 (3H)、3.43 (3H)化学位移的峰对应于咖啡因中质子信号, 7.27 处信号来自于溶剂(氘代氯仿), 1.67 处的宽峰可归属为水中氢, 1.27 处的峰是升华过程中产生的杂质, 使用亲油滤纸升华得到的咖啡因杂质相对含量降低约 60% (以 1.27 处的杂质峰峰面积为基准, 杂质降低的相对百分含量 = $(1.54 - 0.61)/1.54 \times 100\%$)。根据以上分析, 采用不同升华装置进行了咖啡因提

取实验(表 1), 结果表明, 升华装置改进后咖啡因的提取率明显高于改进前, 提取率提高约 65%。

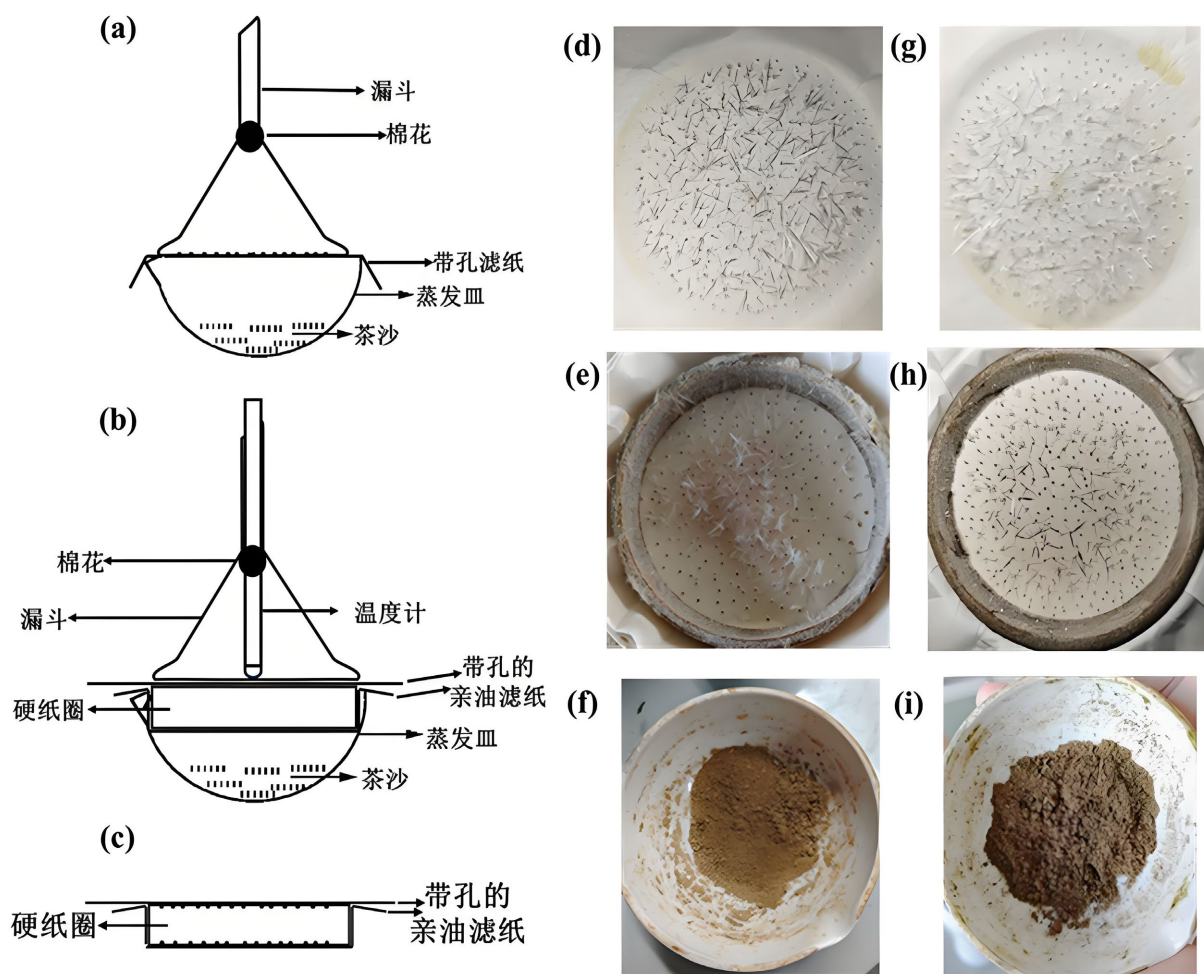
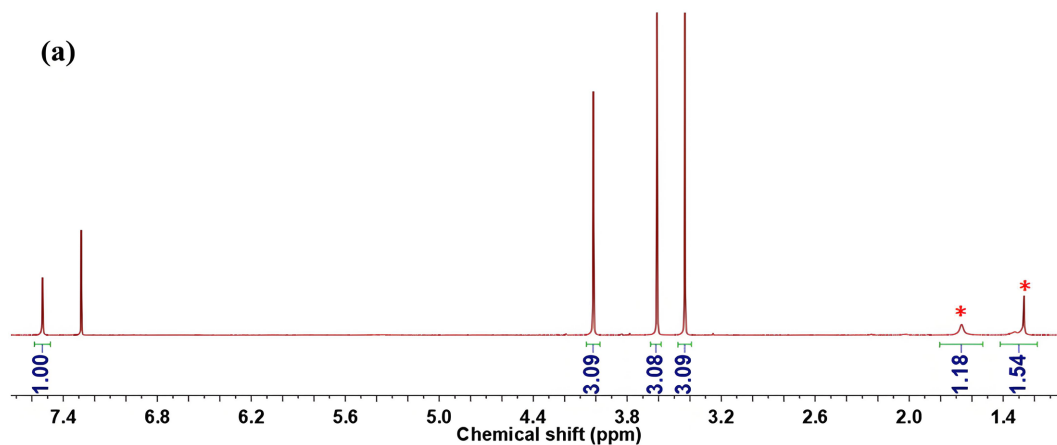


Figure 1. (a) the original sublimation apparatus; (b) the improved sublimation apparatus; (c) the improved sublimation chamber; photos of the upper filter paper surface (d), lower filter paper surface (e), and residue in the evaporating dish (f) when using ordinary filter paper; photos of the upper filter paper surface (g), lower filter paper surface (h), and residue in the evaporating dish (i) when using oil-absorbent filter paper

图 1. (a) 原升华装置; (b) 改进后的升华装置; (c) 改进后的升华腔; 使用普通滤纸上层滤纸表面(d)、下层滤纸表面(e)和蒸发皿内残渣(f)照片; 使用亲油滤纸上层滤纸表面(g)、下层滤纸表面(h)和蒸发皿残渣(i)照片



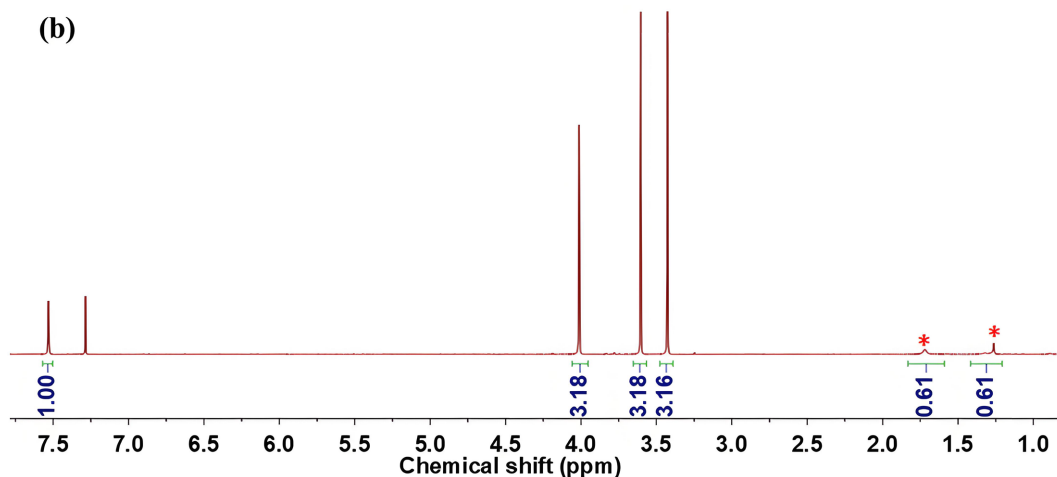


Figure 2. HNMR spectra of caffeine extracted using ordinary filter paper (a) and oil-absorbent filter paper (b) (Peaks marked with * indicate impurities, and the values below the peaks represent the integrated areas)

图 2. 使用普通滤纸(a)和亲油滤纸(b)时提取咖啡因的 HNMR 谱图(*标记为杂质峰, 峰下方数值为积分面积)

Table 1. Analysis of caffeine extraction yield and significant differences before and after sublimation apparatus improvement
表 1. 升华装置改进前后咖啡因提取率及显著性差异分析

升华装置	咖啡因提取率(n = 10)	显著性
改进前	3.2, 3.9, 2.8, 2.7, 2.6, 3.0, 2.1, 3.5, 2.5, 2.6, 2.9	<0.001
改进后	5.8, 5.3, 5.2, 5.5, 4.9, 5.1, 5.0, 5.2, 4.9, 5.5, 5.2	

注: 显著性 < 0.001 表明组间存在显著性差异。

3.2. 思政元素挖掘

“咖啡因的提取”实验承载着丰富的思政内涵(图 3), 系统梳理其思政要点, 并将其有机融合在教学全过程, 不仅能够深化学生对理论知识的理解, 更有助于引导其树立文化自信、培养家国情怀、增强社会责任, 实现知识传授与价值引领的协同并进。

3.3. 教学过程设计

建立线上线下混合的 BOPPPS 教学模式[15], 以学生为主体, 通过问题探究与协作, 促使学生在已有经验基础上主动构建知识。依据情景学习理论, 将实验教学嵌入“中国茶文化”与“屠呦呦科研精神”等真实情境, 使学生在与文化传统和科学精神的互动中, 逐渐内化价值规范, 实现知识传授与价值引领的有机统一。依托预习测评诊断学情, 在参与式学习中融入科学方法训练, 借助总结反思强化学科伦理知识(图 4)。

3.3.1. 课前

依托课程在线平台(<https://mooc1.chaoxing.com/course/201670827.html>), 提前一周向学生推送涵盖茶叶起源和中国茶文化的视频资源。通过“神农尝百草”的经典故事激发学生学习兴趣和探索动机。通过感知茶文化底蕴, 增强学生的文化自信和民族自豪感。同时发布相关实验教学目标及预习任务清单(表 2)。引导学生针对关键问题查阅资料、梳理思路、明确实验任务和重难点, 从而高效完成实验预习。该环节旨在充分调动学生的主观能动性, 初步锻炼其自主学习和创新思维能力。

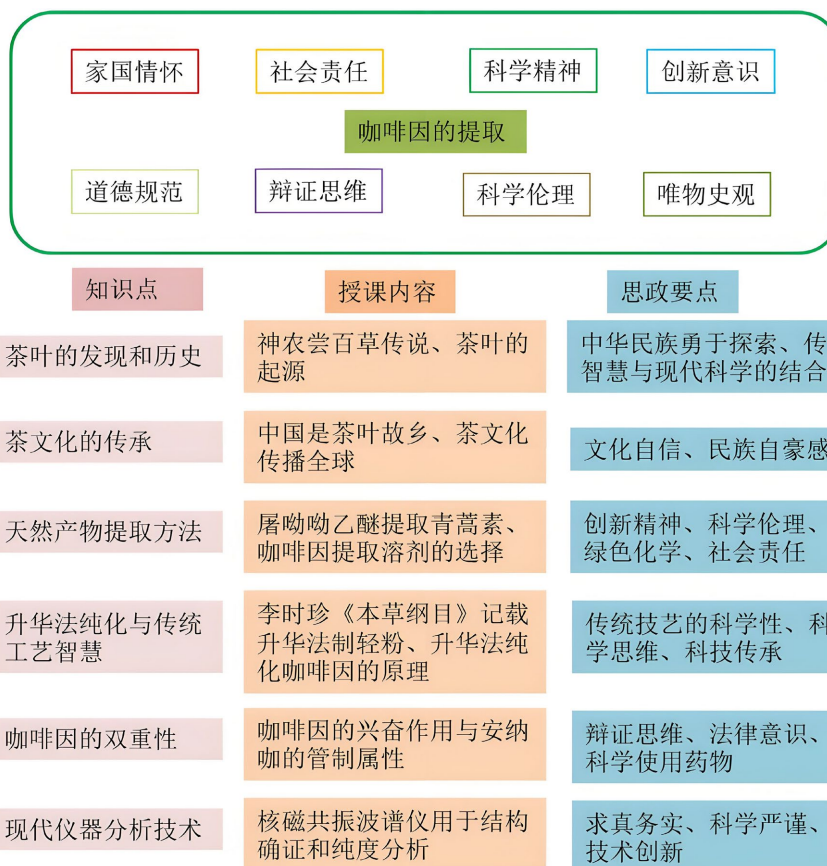


Figure 3. Analysis of the key ideological and political points in the “Caffeine Extraction” experiment

图 3. “咖啡因的提取” 实验中思政要点分析

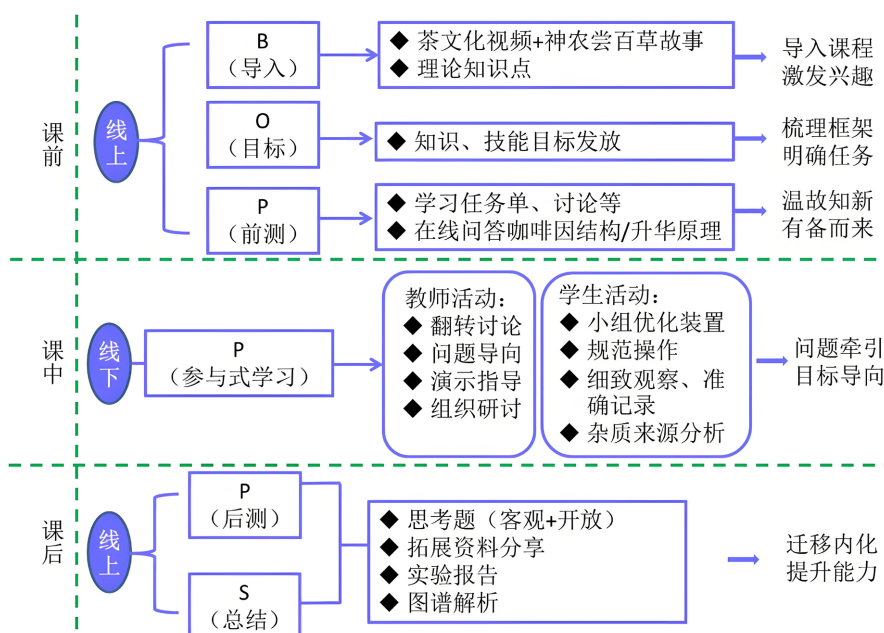


Figure 4. Online-offline blended BOPPPS teaching model

图 4. 线上线下混合的 BOPPPS 教学模式

Table 2. Experimental teaching objectives and pre-learning Task list for the “Caffeine Extraction” experiment
表 2. “咖啡因的提取”实验教学目标及预习任务清单

序号	问题	教学目的
1	索氏提取器进行固液萃取的原理和方法	掌握索氏提取的优势，会搭建索氏提取装置和规范进行索氏提取操作。
2	天然产物的提取方法和提取剂的选择	学生通过查阅资料了解提取天然有机物的方法，选择提取剂的原则。如此可以培养学生独立解决问题的能力，建立保护环境和绿色化学的意识。
3	咖啡因的结构、性质及药理作用	使学生明白结构与性质之间的关联，并了解选用升华法提纯咖啡因的原因。
4	实验中生石灰的作用，焙炒结果对升华操作的影响	基于生石灰的性质，分析加入生石灰的作用，让学生了解焙炒不完全的后果。逆向思维引导学生严格执行焙炒步骤。同时让学生思考补救措施，培养其独立与解决问题的能力。
5	升华操作的原理与注意事项	了解升华的原理，引导学生进行深入思考。
6	原教学方案咖啡因提取率偏低、纯度差的原因和解决方法	培养学生分析问题能力和创新思维。
7	核磁共振波谱分析的应用	了解学科技术前沿知识，培养学生科研能力。

有机化学实验

主讲教师：姚婉清

教师团队：共 7 位

编辑本页

设置

课程统计

课程访问量(PV值): 4159183

学校：嘉应学院

开课院系：化学与环境学院

专业大类：化学

开课专业：化学（师范）、应用化学、材料科学与工程

课程英文名称：Organic Chemistry Experiment

典型问题讨论	回答
谈谈我们当代大学生如何正视兴奋类药物的双重性	学生1：任何事物都有双面性，兴奋药物亦如此。我们所需要的就是尽最大努力让它对人类产生有利价值并最大程度避免其有害方面。作为新时代大学生我们要树立正确的人生观、价值观和世界观，不盲目追求，执法懂法守法。
	学生2：要正视兴奋类药物的双重性①了解兴奋类药物的危害，认识到其成瘾性及对身体的负面影响；②培养积极的生活方式，健康饮食、充足睡眠、适量运动等；③增强法律意识，了解相关法律法规，不参与任何与兴奋类药物有关的活动；④倡导正确的人生观、价值观和世界观，不盲目追求兴奋和刺激，要认识到健康、快乐、有意义的生活才是真正的追求。
	教师总结：①兴奋药物具有两面性：多数学生认为兴奋药物少量食用可提神醒脑、提高效率，但过量食用会导致成瘾，对大脑和身体造成负面影响；②正确使用及避免依赖：部分学生提出在特定场合，如因学业、工作需要可以少量摄入咖啡因等含兴奋类药物的饮品来缓解疲劳，但不可过度依赖，同时要明确使用目的，不可触犯法律法规；③树立正确观念：大学生应树立正确的人生观、价值观和世界观，明确自身目标和价值，注重全面发展，同时要了解兴奋类药物滥用的危害及法律后果，增强法律意识，自我约束，不盲目追求一时利益，依靠自身努力取得成就。

Figure 5. Access statistics and typical problem discussions on the organic chemistry experiment online teaching platform

图 5. 有机化学实验线上教学平台访问情况和典型问题讨论

3.3.2. 课中

课堂导入以中国茶文化的历史演进为切入点,强调其作为非物质文化遗产的重要价值,强化文化认同。从诺贝尔奖获得者屠呦呦以乙醚为溶剂低温提取中草药中青蒿素用于治疗疟疾的故事引入天然产物提取的方法,引导学生深入思考溶剂选择原则,培养其科学创新精神、环保意识及家国情怀。以教师为主导,针对预习中的共性难点与疑问进行精讲与演示,以实验操作中的真实问题为导线,引发学生自主思考。实验中采用小组互相与老师巡查相结合的方式,及时纠正操作误区,强化知识应用与操作规范性。升华实验结束后,指导学生制备核磁共振样品并进行图谱解析,培养学生初步的科研素养及文献解读能力。

3.3.3. 课后

课后学生撰写实验报告,需完整涵盖实验目的、原理、仪器试剂、步骤现象、结果分析、讨论思考等内容,强调规范性、完整性、科学性和逻辑性。通过系统复盘实验过程、深入分析结果及查阅相关文献,有效提升学生发现问题、解决问题及科学思辨的能力。例如,针对“咖啡因的功与过”开展综合讨论,引导学生辩证看待科学技术的双重性,树立社会责任意识与伦理观念(图 5)。

3.4. 教学改进效果反馈

将该改进后的教学模式用于 2023 级化学专业学生的教学作为实验组,同时设置对照组进行教学效果评价。实验组学生实验操作较规范、娴熟,所得咖啡因的产率和色泽明显优于对照组。除此之外,实验组学生在课后测试(图 6)中表现出更高的思维深度和表达能力,能更全面、透彻地回答客观题,并提出个人见解。

针对 2023 级 300 名学生的问卷调研发现,94%的学生愿意学习线上教学资源;82%的学生对历史故事和趣闻轶事融入教学感兴趣历史故事融入教学感兴趣;90%的学生认为“茶文化故事能够增强民族自豪感”,较对照班提升 34%;92%的学生认可预习任务清单对实验预习的帮助;84%的学生认为核磁共振表征对科研能力提升有帮助;87%的学生有兴趣参加“实验优化设计”(图 5,图 7)。

“咖啡因的提取”测试题

1. 咖啡因的化学名称是 ()。 A. 1,3,7-三甲基黄嘌呤 B. 1,3-二甲基黄嘌呤 C. 3,7-二甲基黄嘌呤 D. 1,7-二甲基黄嘌呤	2. 茶叶中咖啡因的含量大约为 ()。 A. 0.1%~0.5% B. 1%~5% C. 5%~10% D. 10%~15%	3. 索氏提取器的核心原理是 () A. 蒸馏 B. 升华 C. 虹吸 D. 过滤
4. 生石灰在实验中的作用是 ()。 A. 催化反应 B. 中和酸性物质并吸水 C. 提供碱性环境 D. 增加提取率	5. 在蒸馏过程中, 停止加热后应先 ()。 A. 关闭冷凝水 B. 拆除蒸馏装置 C. 撤出胶管 D. 继续加热	6. 下列哪种溶剂不适合用于提取咖啡因? () A. 乙醇 B. 氯仿 C. 水 D. 石油醚
7. 在升华操作中, 滤纸上的小孔作用是什么? () A. 防止滤纸破裂 B. 便于蒸气通过 C. 增加滤纸强度 D. 吸附杂质	8. 下列哪项不是实验成败的关键因素? () A. 滤纸套筒是否密封 B. 升华温度控制 C. 茶叶是否研磨 D. 是否使用沸石	9. 我国对茶的利用最初是药用, 在哪个时期? () A. 神农时代 B. 商周 C. 秦汉 D. 魏晋
10. 为什么在升华过程中需要控制温度? 请分析温度过高或过低会带来什么影响? 11. 实验中使用索氏提取器比普通浸泡提取有哪些优势? 12. 若你在实验中得到的咖啡因呈黄色, 可能的原因是什么? 应如何改进? 13. 结合实验内容, 谈谈本次实验中的“绿色化学”理念。 14. 如果你是本实验的设计者, 你会如何改进现有装置以提高咖啡因的提取率或纯度? 请提出至少两条具体建议。 15. 请结合本实验, 谈谈你对“科学精神”与“文化自信”的理解。		

Figure 6. Post-lab test questions for “Caffeine Extraction”

图 6. “咖啡因的提取”课后测试题

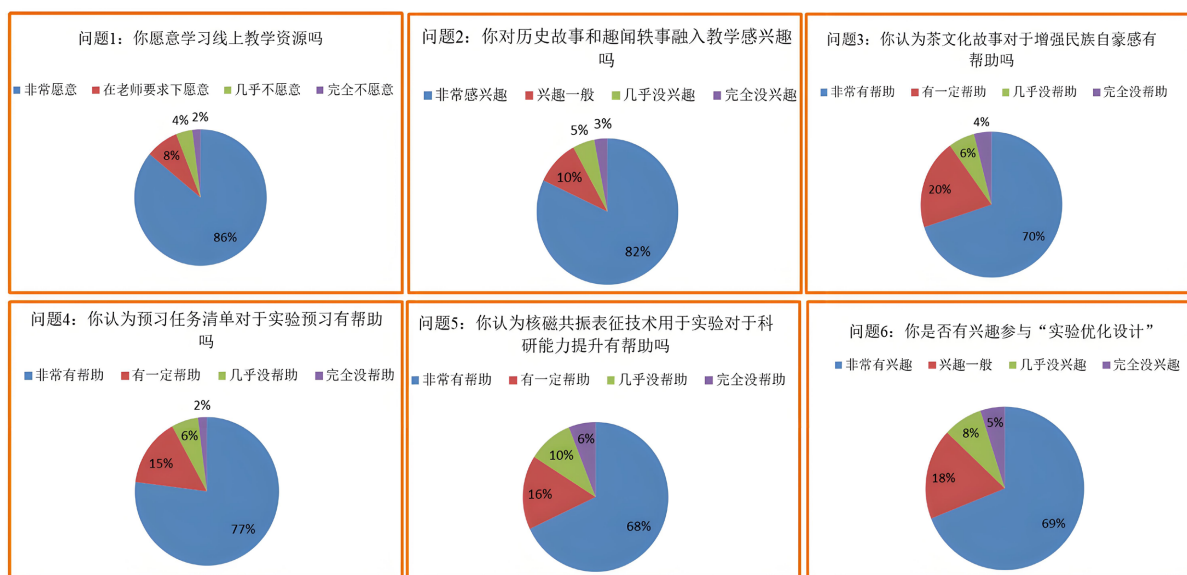


Figure 7. Questionnaire survey results
图 7. 问卷调查结果

思政元素与专业教学的融合有效激发了学生的文化认同与学习兴趣，教学改革在促进学生主动思考和知识内化方面发挥积极作用，改进后的教学模式在激发学习动机、培养科研意识和创新思维方面效果良好。这表明思政融入、教学模式改革和创新思维训练有一定成效。

4. 讨论

本研究提出了一种新颖的“硬纸圈-双层亲油滤纸密封升华腔”，创新性地把“限域密封、同步除杂、定向收集”集于一步，咖啡因提取率提升 65%，杂质降低 60%，整套装置成本低，且无需定制仪器，已在 200 余名学生中完整复现，验证了“技术创新 + 零门槛推广”的可行性。课堂层面，将茶文化传承与屠呦呦治学精神两条思政链同“装置优化-纯度提升”两条创新链交叉嵌入 BOPPPS 六环，形成“思政-创新双螺旋”教学模式，学生参加各项化学技能比赛及科研项目成效明显，实现“线上预演-线下实操”混合式共享。实验技术与教学模式的双重创新，为有机化学实验提供了“低成本、高效益、易迁移”的系统解决方案，具有大范围推广价值。

然而，该研究存在的教学效果评价方法单一、样本来源相对局限等问题。对此，在后续的教学过程中我们会持续将该教学模式应用于环境、生物医学等相关专业的学生，并建立多维度教学效果评价体系，全面探索其教学迁移效果。虽然本研究将茶文化、屠呦呦科研精神等思政元素融入教学，但实际教学中，学生对思政内涵的理解和内化程度仍存在差异，部分学生可能会存在“形式化认同”或“被动接受”的现象。进一步深化课程思政内涵设计与实施策略，在潜移默化中实现学生思政内涵的内化，是下一步努力的主要方向。

5. 结语

本研究构建的“实验优化-思政融入-模式创新”三位一体教改路径，不仅显著提升了“咖啡因的提取”实验的教学效果，更为有机化学实验课程的综合改革提供了可复制、可推广的范式。未来将进一步开发虚拟仿真实验资源，探索跨专业课程群协同育人机制，推动实验教学从“技能训练”走向“科研育人”深度转型。

致谢

本研究由广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目和嘉应学院教学质量与教学改革工程项目资助。感谢本稿件所有作者所做的贡献，感谢各位审稿专家。

基金项目

2025 年度校级教学质量与教学改革工程建设项目——双驱协同：化学史与思政元素嵌入有机化学实验混合式教学实践；2025 年度省级教学质量与教学改革工程项目——有机化学课程教研室；2024 年度校级质量工程项目——五融合一中心的《仪器分析》教学模式的构建与实践；2024 年度省级质量工程(含教改)项目——多元融合的“仪器分析”混合式教学体系的构建与实践。

参考文献

- [1] 刘刚, 张恒, 马莹, 等. 大学有机化学实验课程中的思政案例设计[J]. 大学化学, 2020, 35(7): 53-60.
- [2] 李冰, 赵馨鑫, 夏吾炯, 等. 紫外光诱导 1-甲基-2-苯基吡啶的合成与表征——国家自然科学基金项目转化的综合型微量有机化学实验[J]. 大学化学, 2022, 37(7): 139-144.
- [3] 赵卫光, 关英. 有机化学实验教学对科研素养的培养——目标导向的研究性实验与创新能力培养[J]. 大学化学, 2023, 38(2): 32-37.
- [4] 边磊, 李田, 关玲, 等. 基于建构主义理论的有机化学实验混合式教学设计与实践[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(2): 64-68.
- [5] 徐雅琴, 杨玲, 王春. 有机化学实验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [6] 黄艳仙, 黄敏. 有机化学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [7] 张展鸣, 朱灿, 王娟, 等. 有机化学实验教学中的课程思政设计——以“茶叶中提取咖啡因”为例[J]. 大学化学, 2025, 40(7): 34-41.
- [8] 杭照家, 张志霞. 基于创新能力培养的有机化学实验教学改革探索[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2025, 39(5): 116-121.
- [9] 李龙平, 李嘉莉, 曲天歌, 等. “可视化”助力从茶叶中提取咖啡因实验的关键步——升华[J]. 大学化学, 2025, 40(8): 272-276.
- [10] 史崇琪, 尹志刚, 李臻, 等. 从茶叶中提取咖啡因实验装置的改进与优化设计[J]. 河南化工, 2020, 37(12): 62-64.
- [11] 王方阔, 于美爱, 林静, 等. “茶叶中咖啡因提取”实验教学改进[J]. 山东化工, 2021, 50(10): 202-203.
- [12] 王爱玲, 崔颖娜. “从茶叶中日趋咖啡因”有机化学实验的教学设计[J]. 大学化学, 2024, 39(12): 251-257.
- [13] 龙海鑫, 周舟, 陈晓倩, 等. 地方特色有机化学实验课程思政实践——咖啡因提取实验[J]. 化学教育(中英文), 2024, 45(14): 57-63.
- [14] 马云飞, 舒雅键, 高师泉, 等. 咖啡因的升华装置的优化和形象化展现[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(10): 36-38.
- [15] 姚婉清, 余能芳. BOPPPS 教学模式的教学设计要素分析及案例设计[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(18): 51-57.