

# Teaching of Green Organic Synthesis

Yi Zhang, Jun Xie, Judi Fan, Lingling Fan, Ying Wang\*

School of Pharmacy, Guizhou Medical University, Guiyang Guizhou  
Email: zhangyi19800611@163.com, \*zhangyi19800611@163.com

Received: Feb. 27<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 15<sup>th</sup>, 2018; published: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2018

---

## Abstract

For environmental pollution problems in organic chemical synthesis experiments, it is proposed that, in organic chemistry synthesis according to the environmental pollution problems that appear in practical teaching, green catalysts, solvents, oxidants, raw material usage, recycled solvent recycling, and catalyst recycling are used in the experimental teaching process. The importance of greenization of organic chemistry experiments is achieved by methods such as reactivation of reuse, reuse of generated acid and alkali solutions, and absorption and reuse of exhaust gas. The use of these measures in the practice teaching process not only reduces the amount of raw materials, saves costs, but also reduces the environmental pollution. Practice has proved that the teaching effect is the same as traditional experimental teaching and can achieve the effect of training students' experimental ability. It was proved that these new educational measures have effects on improving the ability of students and the quality of education.

## Keywords

Organic Synthesis Experiment, Green Chemistry, Experimental Teaching

---

# 绿色有机合成的教学探索

张毅, 谢珺, 范菊娣, 樊玲玲, 王颖\*

贵州医科大学药学院, 贵州 贵阳  
Email: zhangyi19800611@163.com, \*zhangyi19800611@163.com

收稿日期: 2018年2月27日; 录用日期: 2018年3月15日; 发布日期: 2018年3月22日

---

## 摘要

针对有机化学合成实验对环境污染问题, 根据实践教学中所出现的环境污染问题提出了在有机化学合成

\*通讯作者。

实验的教学过程中,通过采用绿色催化剂、溶剂、氧化剂、减少原料用量、回收溶剂再利用、催化剂回收活化再利用、产生的酸碱溶液重复利用、废气吸收再利用等方法来实现有机化学实验绿色化的重要性。在实践教学过程中利用这些措施,不但减少了原料的用量,节约了成本,同时降低了对环境的污染。实践证明,教学效果与传统实验教学一样,能达到锻炼学生实验能力的效果。不仅如此,在提高学生能力的同时,增强了学生的环境保护意识,从而提高了教学质量。

## 关键词

有机合成实验,绿色化学,实验教学

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

绿色化学对环境友好、无害、清洁[1],用科学基本原理、技术和方法去减少或消除那些对环境有害的原料、产物、副产物、溶剂、试剂为基本方法,构思或设计出对环境没有损害的化学合成途径。也是为适应人类可持续发展的要求而提出的全新观念[2],其主要目的是解决源头污染,同时为我们生活提供一个清洁的环境,使人与自然和谐相处。有机合成是高校化学化工、材料、环境、医学、药学、生命科学[3]等专业重要的基础课,研究与生产过程中需要大量的药品和试剂,特别是原料药的合成对化工原料与试剂的需求极大,然而多数自身有毒、可燃、有腐蚀性及爆炸性的,同时在研究和生产过程中会产生大量三废(废水、废气、废渣)物,对环境污染严重,因此在研究过程就必须教导学生践行绿色合成理念,培养学生的绿色创新能力[4]。同时也对我们教师也有较高要求,不仅有渊博的理论基础,还要有深厚的实践基础。当今只要与有机合成有关的相关教育工作者[5]-[10]都意识到绿色合成的重要性,并进行了相应的教学改革与探索。本论文以苯乙酮为起始原料合成间羟基苯乙酮为例在教学过程中对学生进行理论与实践的教学改革与探索。

## 2. 启发互动式教学对教师的要求

教育建构主义理论认为,启发互动式教学以启发学生的思维为核心,调动学生学习的主动性和积极性,促使学生生动活泼地学习的一种教学指导思想,学习者学习和发展的动力来源于学习者与环境的互动作用,学习者认知机能的发展、情感态度的变化都应归于这种互动作用[11][12]。因此,随着现代科学技术的进步和教学经验的积累,启发式教学将不断得到丰富和发展,同时在开放式学习环境下,互动作用必须作为学习活动设计的核心内容。这种启发互动式教学主要体现在:

第一、启发互动式教学对教师来说要注重互动式教学设计,其互动教学中人与人之间的互动尤为重要,包含两个方面:一方面是教师与学生之间的互动,包括激发学生学习实验的兴趣,帮助学生形成学习实验的动机,以及提供知识和导航;另一方面是学生与学生之间的互动,包括协作学习和讨论交流,通过会话、演示、协商完成实验任务的群体互动。在技术基础实验课上没有标准答案,教师的重点是启发学生如何根据所研究的问题进行实验设计以及对实验结果进行分析。通过教师与其他学生对某一实验设计及实验结果的分析评价,不仅可以帮助学生进一步思考实验本身是否有可改进之处,更为重要的是让学生由被动学习变为了主动学习,提高了学生的实验兴趣 and 创新能力。

第二、启示与思考,在开放互动式创新能力培养模式中,开放是实验教学的空间环境,互动是实验教学的活动方式,创新能力的培养是实验教学的最终目的。通过教学实践,我们获得了一些启示与思考。第一,应用现代技术优化的开放式、自主式实验学习环境,是实验课教学在信息化浪潮中赖以生存的空间,是在提高学生专业技能水平的同时。第二,实验教学中的互动,是在教师的组织和引导下与学生进行的全方位、多层次的互动。第三,创新能力是高素质创新型人才必须具备的重要能力和素质。这种能力和素质的培养需要特定的、有较高要求的教学环境支持,这就要求教师本身具备绿色化学意识及绿色实践经验。

第三、寻找合适的教学案例,在我们教师寻找的案例中要有理论知识的普遍性也要有实验的可操作性,因此本教学探索以苯乙酮为起始原料合成间羟基苯乙酮为案例对学生绿色合成的教学探索。

### 3. 教学案例解析

合成路线图[13]如图 1。

合成间硝基苯乙酮传统方法:向反应釜中加入 370 ml 浓硫酸,搅拌降温至 $-10^{\circ}\text{C}$ ,控制温度 $-5^{\circ}\text{C}$ 以下滴加苯乙酮 150 ml,加完后搅拌 10 min,控制温度在 $-5^{\circ}\text{C}$ 以下滴加 150 ml 浓硫酸与 100 ml 硝酸的混合液,滴完 $-6^{\circ}\text{C}$ 左右搅拌反应 30 min,将反应液缓慢倒入 500 g 碎冰中搅拌 10 min 或使冰完全溶解,抽滤,滤饼用水洗涤,抽干,得黄色晶体产物间硝基苯乙酮。

合成间氨基苯乙酮传统方法:取还原铁粉 16 g,加入水 120 ml,36%浓盐酸 2.4 ml,加完后搅拌条件下缓慢加入间硝基苯乙酮 20 g,加完升温搅拌回流反应 1.5 小时,反应完全后热抽滤,滤饼用沸水洗涤,合并滤液,室温放置冷却析晶,抽滤,产物水洗,得间氨基苯乙酮。

合成间羟基苯乙酮传统方法:于圆底瓶中加入水 16 ml,3.2 ml 浓硫酸,搅拌下加入间氨基苯乙酮 4 g,冷至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,滴加 2.24 g 亚硝酸钠溶于 9.2 ml 水的混合液,并控制温度不超过 $0^{\circ}\text{C}$ ,加完 $0^{\circ}\text{C}$ 搅拌 30 min,升温回流反应 1 小时,放冷析晶,抽滤,有棕红色固体出现,滤饼水洗,后溶于热乙醇中,降至室温后滴加水,搅拌析晶,抽滤,滤饼冷的乙醇水溶于洗涤, $45^{\circ}\text{C}$ 减压蒸干得浅红棕色固体 3 g。

### 4. 绿色合成思路引导

基于以上合成路线图及合成方法首先进行理论教学,原料的取代基团为间位定位基团,混酸条件下间位上硝基的后处理会产生大量的强酸水溶液,这对环境会带来严重的污染;硝基还原采用还原剂铁粉盐酸水溶液,反应完全后也有酸水和大量的废铁粉;第三步需要用到硫酸水溶液做溶剂,因此本教学探索将从以下三个方面来教导学生启发绿色合成路改革;设计绿色合成路线图如图 2。

第一:减少溶剂、试剂用量及回收再利用

在间硝基苯乙酮的制备过程中,可以减少硫酸和硝酸的用量,硫酸在反应过程中以溶剂来使用,因此可以减少其用量,原料 1.275 mol,硝酸 2.254 mol,按 100%的产率计算,需要硝酸 1.275 mol,因此硝

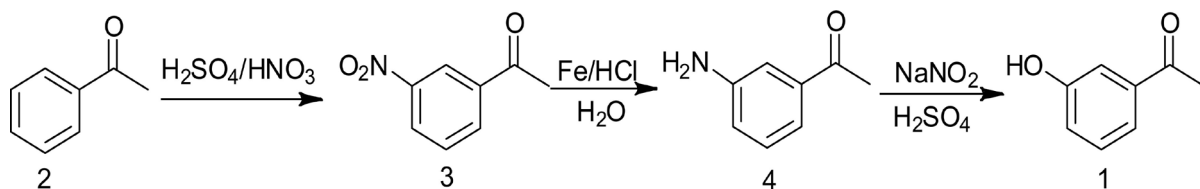


Figure 1. The synthetic route of the title compound

图 1. 目标化合物合成路线图

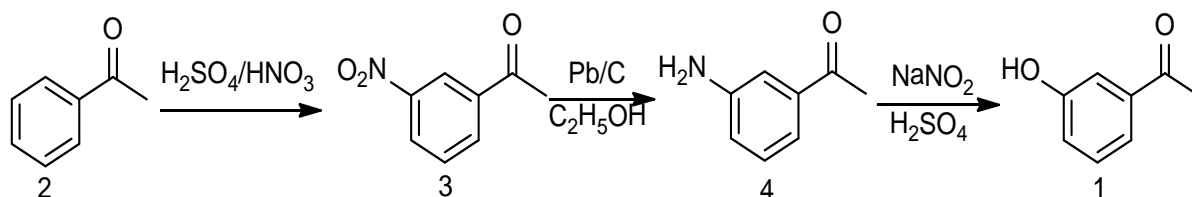


Figure 2. The synthetic route of the title compound

图 2. 目标化合物合成路线图

酸过量很多，这与理论区别过大，因此本教学内容通过减少溶剂与试剂的使用量，将硝酸 2.254 mol 减少至 1.403 mol，由原来的 100 ml 调为 62 ml，溶剂硫酸由原来的共计 520 ml 减少至 282 ml，后处理时冰水用量由 500 g 减少至 250 g，通过实验验证生成产物与没有减少之前产物一样。同时后处理的硫酸水溶液中硝酸含量很低，不用脱硝与其它处理，收集存放后备用。减少了原材料的使用，降低了生产成本，后处理废液收集存放再利用，对环境零污染。

#### 第二：催化剂与溶剂的配伍选择与回收再利用

传统方法中铁粉不能回收再利用，并且盐酸可以使铁粉溶解，这就会产生大量含铁的废酸水溶液，对环境造成污染；通过实验将传统的铁粉盐酸水溶液改换成 Pb/C 乙醇溶剂催化氢化还原硝基，反应完全后直接过滤得到乙醇溶液和 Pb/C 滤饼，减压回收乙醇及得产物，回收乙醇可以再次使用，Pb/C 滤饼回收活化再利用，该步反应从头到尾没有产生废渣、废液，对环境零污染。

#### 第三：变废为宝、循环使用

第三步反应是以硫酸水溶液为溶剂，本教学探索采用第一步后处理的硫酸水溶液为溶剂，这就消耗掉之前的废硫酸水溶液，减少了硫酸使用量，减少废水的产生，降低成本，减轻污染，该步反应后的水溶液收集后运输至专业企业进行脱硝、脱盐、浓缩后得到浓硫酸，又回到第一步反应使用。

## 5. 绿色合成总结

以上实验设计没有废渣、废水产生；每一步的试剂、溶剂、后处理溶液(废水)都得到了很好的回收再利用，解决了以前总是把学生实验产生的废液直接倒掉的坏习惯而引起污染环境的问题，节约了原料，减少了污染，同时，每一步反应都回收再利用，因而对学生提出了更高的要求；迫使学生必须认真对待实验的每一个环节，充分调动了学生实验积极性。

## 6. 结语

有机化学实验教学不仅培养学生的基本化学实验技能，同时要把绿色化学思想融于实验教学之中，让学生了解绿色化学，树立起绿色意识，在他们以后的工作中，具有从事绿色化学研究与开发的能力。同时也要求教师具有渊博的有机理论基础和深厚的实践经验。在有机化学实验教学中，选定好教学案例后一定要求学生先分析该合成路线会产生的三废(废气、废水、废渣)，如何处理，让学生通过已学的有机化学的理论和以往做过的实验经验，提出一些解决办法。因此，贯彻绿色化学教学思想，有很多工作要做，比如实验内容的更新，新实验技术的引进，催化剂的选择，对环境友好的化学试剂的选用，溶剂试剂的回收再利用，废水再利用。只有在实验教学中，从点滴入手，自始至终做到统筹兼顾、安排适当、合理利用，不断研究、发现及探索，才能减少或消除实验对环境污染。同时，引导学生建立生态文明意识，建立对环境维护、对人类可持续发展的高度责任心，为国家培养具有绿色化学意识和绿色化学技术的高级人才，这样才能从根本上切断污染源。保持社会持续稳定和发展。

## 基金项目

贵州省研究生教育教学改革重点课题(黔教研合 JG 字[2016]011), 药学创新人才培养 - 化学课程教学改革(项目编号: 2016048)。贵州医科大学 2017 年微课、网络课程建设项目(项目编号: 2017024)。

## 参考文献

- [1] 白林, 陈明凯. 绿色化学实验[J]. 化学教育, 2002(7-8): 51-53.
- [2] 敖波, 冯静. 实现化学实验绿色化的措施[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2006, 20(4): 152-154.
- [3] 付颖, 叶非. 农业院校绿色化学实验体系的构建[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(5): 137-139.
- [4] 徐常龙, 曹小华, 陶春元, 等. 通过绿色化学实验培养学生创新能力[J]. 化工高等教育, 2009, 26(3): 42-44.
- [5] 杨蓉, 王煊军. 对建设绿色化学实验室的几点设想[J]. 实验室研究与探索, 2003, 22(3): 134-136.
- [6] 杨志强. 绿色化学与有机化学实验[J]. 实验室研究与探索, 2005, 24(11): 84-86.
- [7] 王春娜, 王炜, 吴昆明, 等. 绿色化学实验的探讨[J]. 北京农学院学报, 2007, 22(2): 100-101.
- [8] 陈明凯, 白林. 绿色化学实验——当代化学实验改革新课题[J]. 甘肃高师学报, 2001, 6(5): 91-93.
- [9] 兰州大学. 复旦大学化学系有机化学教研室. 有机化学实验[M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1994.
- [10] 宋桂苓. 绿色有机化学实验的探索和实践[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(8): 989-991.
- [11] 魏利江. 基于建构主义的高中英语互动式教学[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2008.
- [12] 谭继培. 教育即建构[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [13] 陈新志. 间羟基苯乙酮的合成[J]. 杭州化工, 1998, 28(4): 12-13.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-729X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ae@hanspub.org](mailto:ae@hanspub.org)