

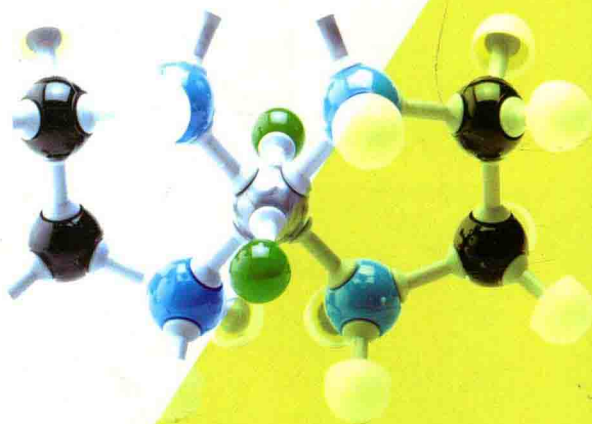


普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

有机化学实验

第二版

邹平 黄乾明 主编



 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

有机化学实验

第二版

邹 平 黄乾明 主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验 / 邹平, 黄乾明主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2014. 12 (2018. 1 重印)

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-19849-4

I. ①有… II. ①邹… ②黄… III. ①有机化学-化学实验-高等学校-教材 IV. ①O62-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 275988 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 曾丹霞

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 8 月第 1 版 2014 年 12 月第 2 版

2018 年 1 月第 2 版北京第 4 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 15.75

字数: 270 千字

定价: 26.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据“高等农林院校理科基础课程(化学)教学基本要求”,结合农林院校有机化学实验教学实际和编者多年的教学经验,在参考国内外有关书籍的基础上编写而成。

本书包括有机化学实验基础知识、有机化学实验基本操作、有机化合物性质实验、有机化合物的制备、天然有机化合物的提取、综合性实验、设计性实验和研究性实验八部分内容,较为系统地介绍了有机化合物的制备、分离、提纯、鉴定的基本原理、基本方法和基本操作技术,并结合这些内容选编了 51 个实验,旨在培养学生的逻辑思维能力、动手能力和创新能力。

本书可供高等农林院校植物生产类、动物生产类、动物医学类、环境生态类、环境科学类、森林资源类、草业科学类、水产类、生物科学类等本科专业学生有机化学实验教学使用,也可供有关院校师生和农林科研工作者参考。

第二版编审名单

- 主 编** 邹 平(四川农业大学)
黄乾明(四川农业大学)
- 副主编** 程 琍(四川农业大学)
杨国玉(河南农业大学)
陈 亚(云南农业大学)
- 编 者** (按姓名笔画排序)
王广途(四川农业大学)
王玉玲(中国医科大学)
王晗光(四川农业大学)
乐贵洲(四川农业大学)
刘 宽(四川农业大学)
邹 平(四川农业大学)
杨国玉(河南农业大学)
张祖民(四川农业大学)
陈 亚(云南农业大学)
金 秋(河南农业大学)
黄乾明(四川农业大学)
程 琍(四川农业大学)
- 主 审** 夏百根(河南农业大学)

第一版编审名单

主 编 邹 平(四川农业大学)

黄乾明(四川农业大学)

副主编 程 琍(四川农业大学)

杨国玉(河南农业大学)

陈 亚(云南农业大学)

编 者 (按姓名笔画排序)

王玉玲(中国医科大学)

王晗光(四川农业大学)

乐贵洲(四川农业大学)

杨国玉(河南农业大学)

邹 平(四川农业大学)

张金秀(四川农业大学)

张祖民(四川农业大学)

陈 亚(云南农业大学)

金 秋(河南农业大学)

黄乾明(四川农业大学)

程 琍(四川农业大学)

主 审 夏百根(河南农业大学)

序

近十年来,化学学科的飞速发展、领域的不断扩大以及与其他学科的相互渗透,催生了许多新兴的边缘学科。随着我国“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的全面实施和教育教学改革的不断深入,有机化学实验在实验内容、实验方法和实验手段上也有了诸多新的变化。原有的以验证化学原理为主的旧的有机化学实验体系已逐步改革,以提高学生综合素质和创新能力为主的新的有机化学实验教学体系正在逐渐形成。

为了适应新的专业调整及有机化学实验教学改革的需要,组织编写符合实际的高质量教材是有机化学实验教学改革的重要环节。本书作者根据多年的教学经验,结合现代科学的发展,吸取了国内外教材精华,组织编写了这本《有机化学实验》教材。该教材有以下特点:

1. 内容和结构安排合理。该教材既反映了有机化学领域的最新进展,又照顾到了农林高校教学实际;既有有机化学实验课程的独立性、系统性和科学性,又考虑了与相关后续课程的联系与衔接。通过有机化学实验课程的学习,学生不仅能获得必要的有机化学实验知识和技能,而且可以解决农学、林学、生命科学以及与化学学科交叉、渗透所产生的相关问题。

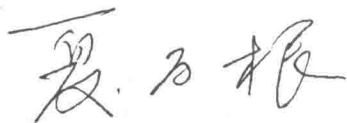
2. 基础性和提高性有机结合。作为一门基础实验课程教材,本书从加强基本操作入手,在实验内容编排上按基础操作实验→综合性实验→设计性实验→研究性实验顺序,由浅入深,由易到难,由基础到综合,循序渐进。这既有利于学生系统掌握有机化学实验基

本技能，又能培养学生的创新意识和创新能力。

3. 传统与现代相结合。本书不仅详细阐述了常规有机化学实验仪器设备的使用，而且较系统地介绍了气相色谱、液相色谱、紫外吸收光谱、红外吸收光谱、核磁共振谱和质谱等现代分析测试技术的基本原理及应用。

4. 化学与专业密切结合。该教材的实验内容不仅体现了有机化学实验的相关知识和技术，而且许多与农、林、环境、生物、水产和食品专业密切相关。这既有利于学生对本门课程教学内容的全面掌握，也有利于增强学生的专业意识和提高专业知识的学习兴趣。

本书既有基础知识、基本理论、基本操作，又有综合性实验、设计性实验和研究性实验。全书内容充实、结构严谨、选材适当、图文并茂，既有严密的科学性，又有先进性和实用性，是一本充分体现农林院校基本要求和特色的教材，适应 21 世纪我国农林院校培养高素质人才的需要。在高等教育教学改革不断深入的时期，本教材的出版必将在培养学生逻辑思维能力、动手能力、创新能力及提高教学质量方面起到积极的推动作用。



2014 年 9 月

第二版前言

2009年,四川农业大学、河南农业大学、云南农业大学和中国医科大学等几所院校的同行联合编写了《有机化学实验》教材,并被农业部列为全国高等农林院校“十一五”规划教材。自教材投入教学实践以来,受到了高校师生的普遍欢迎,取得了较好的效果,并于2011年被中华农业科教基金会评为“2011年全国高等农业院校优秀教材”。2013年再次获得普通高等教育农业部“十二五”规划教材立项支持。

在《全面提高高等教育质量的若干意见》(高教三十条)指导下,高等院校的教学体系和教学内容的改革进一步深化。为了适应教学改革的需要,全面提高教学质量,培养高素质人才,决定对本书进行修订。结合第一版使用中存在的不足和目前农林高校有机化学实验的要求,从以下几方面对教材进行了修订:

(1)增加一些新的实验内容,为分层次教学、分类培养提供选择。

(2)修订、完善部分性质实验的内容。

(3)完善有机化学手册、辞典、期刊、文摘及参考书等内容。

(4)实验环保化:替换(减少使用)剧毒和致癌的药品,其他试剂也适当减量。

(5)修正第一版中有错误或不准确的内容。

参加本次修订的有(按姓名笔画排序):王广途(四川农业大学),王玉玲(中国医科大学),王晗光(四川农业大学),乐贵洲(四川农业大学),刘宽(四川农业大学),邹平(四川农业大学),杨国玉(河南

农业大学), 张祖民(四川农业大学), 陈亚(云南农业大学), 金秋(河南农业大学), 黄乾明(四川农业大学), 程琨(四川农业大学)。

本次教材修订工作, 得到兄弟院校相关同行和领导们的大力支持与帮助, 并提出了宝贵的意见, 在此深表谢意!

由于编者的水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 恳请同行和读者批评指正。

编 者

2014 年 9 月

第一版前言

为了提高高等农林院校有机化学实验教学水平,适应 21 世纪教育发展的需要,参照教育部高等农林院校理科基础课程教学指导分委员会 2008 年 11 月在北京讨论通过的“高等农林院校理科基础课程(化学)教学基本要求”,结合农林院校有机化学实验教学实际和多年的教学经验,在参考国内外有关书籍的基础上,由四所院校联合编写了这本《有机化学实验》教材。

本教材共 8 章,包括有机化学实验基础知识、有机化学实验基本操作、有机化合物性质实验、有机化合物的制备、天然有机化合物的提取、综合性实验、设计性实验和研究性实验八部分内容,较为系统地介绍了有机化合物的制备、分离、提纯、鉴定的基本原理、基本方法和基本操作技术,并结合这些内容选编了 46 个实验,供不同专业学生动手练习选用。

基本操作实验部分选编了常用的有机化学实验操作,详细介绍了常用实验仪器的使用方法和操作规程。对每项基本操作,书中除叙述了其基本原理、操作方法和注意事项外,大部分还设计了实验内容,以利于学生系统掌握常用有机化学实验技能。考虑到现代分析测试技术的迅速发展,波谱学已成为分析和鉴定有机化合物的重要工具,本书还介绍了气相色谱、液相色谱、紫外吸收光谱、红外吸收光谱、核磁共振谱和质谱的基本原理及应用。

有机化合物制备和天然产物的提取实验以“制备-分离-鉴定”为主线,尽量选用与农林专业有关的实验内容,以利于学生了解实际生产全过程,增强学生的专业意识;在强化基础的前提下,编写

了综合性实验、设计性实验和研究性实验三部分内容，以利于学生创新意识和创新能力的培养。

为了使学生完整、准确地掌握整个实验内容，书中对每个实验的难点与关键步骤均有详尽的注释，并备有相应的思考题。附录中列出了常用有机溶剂的纯化和常用试剂的配制等内容，可供学习和工作参考之用。

本书可供高等农林院校植物生产类、动物生产类、动物医学类、环境生态类、环境科学类、森林资源类、草业科学类、水产类、生物科学类等本科专业学生有机化学实验教学使用，也可供有关院校师生和农林科研工作者参考。

参加本书编写的有(按姓名笔画排序)：中国医科大学王玉玲，四川农业大学王晗光，四川农业大学乐贵洲，河南农业大学杨国玉，四川农业大学邹平，四川农业大学张金秀，四川农业大学张祖民，云南农业大学陈亚，河南农业大学金秋，四川农业大学黄乾明，四川农业大学程琨。由邹平、黄乾明定稿。

本教材在编写过程中，承蒙有关兄弟院校和中国农业出版社各级领导的关心和大力支持，四川农业大学教务处和生命科学与理学院领导对本书的编写提供了诸多便利条件，特别是河南农业大学夏百根教授在百忙之中认真审阅了全稿，并热情地为本书写了序，谨在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请同行和读者批评指正。

编 者

2009年3月

目 录

序

第二版前言

第一版前言

1 有机化学实验基础知识	1
1.1 有机化学实验室规则	1
1.2 有机化学实验安全知识	2
1.2.1 实验事故的预防和处理	2
1.2.2 实验室常备的急救药品	5
1.2.3 试剂和药品的使用规则	5
1.2.4 废物的回收与处理	6
1.3 有机化学实验常用仪器和设备	7
1.3.1 常用玻璃仪器	7
1.3.2 常用装置	9
1.3.3 常用电气设备	11
1.4 玻璃仪器的洗涤、干燥和保养	18
1.4.1 玻璃仪器的洗涤	18
1.4.2 玻璃仪器的干燥	19
1.4.3 常用玻璃仪器的保养	19
1.5 有机化学实验的预习、记录及实验报告	20
1.5.1 实验预习	20
1.5.2 实验记录	21
1.5.3 实验报告	21
1.6 有机化学文献资料简介	22
1.6.1 辞典、手册	22
1.6.2 化学期刊和化学文摘	24

1.6.3 专业参考书	26
1.6.4 网络信息资源	26
2 有机化学实验基本操作	28
2.1 有机化学实验中的常识性技能	28
2.1.1 简单玻璃工操作	28
实验一 简单玻璃制品的制作	30
2.1.2 加热	31
2.1.3 冷却及冷却剂的选择	33
2.1.4 搅拌与振荡	35
2.1.5 干燥及干燥剂的选择	36
2.2 液体有机化合物的分离与提纯	44
2.2.1 蒸馏	44
实验二 乙醇的蒸馏	48
2.2.2 分馏	49
实验三 四氯化碳和甲苯的分离	52
2.2.3 水蒸气蒸馏	54
实验四 邻硝基苯酚合成与分离	57
2.2.4 减压蒸馏	58
2.2.5 共沸蒸馏	63
2.3 固体有机化合物的分离与提纯	65
2.3.1 过滤	65
2.3.2 重结晶	70
实验五 苯甲酸和乙酰苯胺的提纯	75
2.3.3 升华	77
2.4 萃取	79
2.4.1 液-液萃取	80
2.4.2 液-固萃取	82
2.5 色谱分离技术	84
2.5.1 柱色谱	84
实验六 偶氮苯和邻硝基苯胺的分离	87
2.5.2 薄层色谱	89
实验七 偶氮染料的分离	93
2.5.3 纸色谱	94

2.5.4 气相色谱	96
实验八 内标法分析低度大曲酒中的杂质	99
2.5.5 液相色谱	100
实验九 可乐、咖啡、茶叶中咖啡因的高效液相色谱分析	103
2.6 有机化合物物理性质的测定	105
2.6.1 熔点的测定	105
实验十 苯甲酸和乙酰苯胺的熔点测定	109
2.6.2 沸点的测定	110
实验十一 液体化合物的沸点测定	112
2.6.3 折射率的测定	112
实验十二 白酒中乙醇含量测定	116
2.6.4 旋光度及其测定	117
实验十三 葡萄糖注射液中葡萄糖含量测定	119
2.6.5 相对密度的测定	121
2.7 现代有机波谱分析简介	122
2.7.1 紫外(UV)及可见光谱	122
2.7.2 红外吸收光谱(IR)	126
2.7.3 核磁共振氢谱(^1H -NMR)	129
2.7.4 质谱(MS)	133
3 有机化合物性质实验	136
实验十四 有机元素定性分析	136
实验十五 烃的性质	140
实验十六 卤代烃的性质	141
实验十七 醇、酚、醚的性质	143
实验十八 醛和酮的性质	145
实验十九 羧酸及羧酸衍生物的性质	147
实验二十 胺的性质	149
实验二十一 油脂的性质	151
实验二十二 糖的性质	152
实验二十三 氨基酸和蛋白质的性质	154
4 有机化合物的制备	157
实验二十四 1,2-二溴乙烷的制备	157

实验二十五	乙酸乙酯的合成	159
实验二十六	正溴丁烷的合成	161
实验二十七	己二酸的制备	163
实验二十八	1-苯乙醇的制备	165
实验二十九	无水乙醇与绝对乙醇的制备	166
实验三十	4-苯基-3-丁烯-2-酮与 1,5-二苯基-1,4- 戊二烯-3-酮的制备	167
实验三十一	三乙基苄基氯化铵的合成	170
实验三十二	β -萘乙醚的制备	171
实验三十三	2,4-二氯苯氧乙酸的制备	172
实验三十四	乙酰水杨酸的制备	174
实验三十五	甲基橙的制备	175
5	天然有机化合物的提取	178
实验三十六	从茶叶中提取咖啡因	178
实验三十七	从黄连中提取黄连素	180
实验三十八	从橙皮中提取橙油	182
实验三十九	从红辣椒中分离红色素	183
实验四十	菠菜叶中色素的提取	186
6	综合性实验	188
实验四十一	乙酰苯胺的制备	188
实验 A	硝基苯的制备	188
实验 B	苯胺的制备	189
实验 C	乙酰苯胺的制备	191
实验四十二	肉桂酸的合成与氢化	193
实验 A	肉桂酸的合成	193
实验 B	肉桂酸的氢化	195
实验四十三	8-羟基喹啉的制备	197
实验四十四	2-甲基-2-丁醇的制备	199
实验四十五	十二烷基硫酸钠的制备	201
7	设计性实验	203
实验四十六	用官能团反应鉴别未知化合物	203

实验四十七 扑尔敏药片成分的分离与鉴定	204
实验四十八 N,N -二乙基间甲基苯甲酰胺——驱虫剂“一扫光” 合成	206
实验四十九 从牛奶中分离酪蛋白	207
8 研究性实验	209
实验五十 乙酸异戊酯的合成实验条件研究	209
实验五十一 α -苯乙胺的合成及其拆分研究	211
附录	214
附录一 常用元素的相对原子质量	214
附录二 常用酸碱溶液的相对密度及质量分数	214
附录三 常用有机溶剂的沸点和相对密度	219
附录四 水的蒸气压力(0~100 °C)	220
附录五 有机化学手册中常见的英文缩写	220
附录六 常用有机试剂的纯化	221
附录七 常用试剂的配制	229
主要参考文献	233