

- 全国高等医药院校药学类实验双语教材
- 教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(第二版)

有机化学 实验与指导

EXPERIMENT AND GUIDE
FOR ORGANIC CHEMISTRY
(2ND EDITION)

主编 陆涛 陈继俊

中国医药科技出版社

全国高等医药院校药学类实验双语教材
教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材

有机化学实验与指导

(第二版)

主 编 陆 涛 陈继俊

中国医药科技出版社

内 容 提 要

有机化学实验课是药学各个专业的学生必修课程之一,具有很强的实践性。有机化学实验课既要配合有机化学理论课的教学,又要有相对的独立性和系统性。

《有机化学实验与指导(第二版)》共分三个部分,全部采用中英文对照的形式。第一部分介绍有机化学实验的一般知识;第二部分强调有机化学实验的基本操作技术。第三部分主要从复习掌握实验基本技能的前提下,通过综合性的合成实验使学生达到灵活应用的目的。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验与指导/陆涛主编. —北京:中国医药科技出版社, 2006.8

全国高等医药院校药理学类实验双语教材

ISBN 7-5067-3474-5

I. 有... II. 陆... III. 有机化学—化学实验—医学院校—教材 IV. 062-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第091041号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.cspyp.cn www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm 1/16

印张 17 3/4

字数 388千字

印数 8001—13000

版次 2006年8月第2版

印次 2006年8月第3次印刷

印刷 北京市朝阳区小红门印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-3474-5/G·0511

定价 28.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药学类规划教材编委会

- 名誉主任委员 吴阶平 蒋正华 卢嘉锡
- 名誉副主任委员 邵明立 林蕙青
- 主任委员 吴晓明 (中国药科大学)
- 副主任委员 吴春福 (沈阳药科大学)
- 王温正 (中国医药科技出版社)
- 黄泰康 (国家食品药品监督管理局)
- 彭师奇 (首都医科大学药学院)
- 叶德泳 (复旦大学药学院)
- 张志荣 (四川大学华西药学院)
- 秘书长 姚文兵 (中国药科大学)
- 朱家勇 (广东药学院)
- 委员 (按姓氏笔画排列)
- 丁安伟 (南京中医药大学中药学院)
- 丁红 (山西医科大学药学院)
- 刁国旺 (扬州大学化学化工学院)
- 马毅 (山东轻工业学院化学工程系)
- 元英进 (天津大学化工学院)
- 王广基 (中国药科大学)
- 王月欣 (河北工业大学制药工程系)
- 王地 (首都医科大学中医药学院)
- 王存文 (武汉工程大学)
- 王志坚 (西南师范大学生命科学学院)
- 王岳峰 (西南交通大学药学院)
- 王玮 (河南大学药学院)
- 王恩思 (吉林大学药学院)
- 王康才 (南京农业大学园艺学院)
- 韦玉先 (桂林医学院药学院)
- 冯怡 (上海中医药大学中药学院)
- 史录文 (北京大学医学部)
- 叶永忠 (河南农业大学农学院)
- 白钢 (南开大学生命科学学院)

乔延江 (北京中医药大学中药学院)
乔海灵 (郑州大学药学院)
全 易 (江苏工业学院化学工程系)
刘 文 (南开大学医学院)
刘巨源 (新乡医学院药学系)
刘永琼 (武汉工程大学)
刘红宁 (江西中医学院)
刘 羽 (武汉工程大学)
刘克辛 (大连医科大学药学院)
刘利萍 (浙江绍兴文理学院化学系)
刘志华 (湖南怀化医学高等专科学校药学系)
刘明生 (海南医学院药学系)
刘杰书 (湖北民族学院医学院)
刘 珂 (山东省天然药物工程技术研究中心)
刘俊义 (北京大学药学院)
匡海学 (黑龙江中医药大学)
印晓星 (徐州医学院药学系)
吉 民 (东南大学化学化工系)
孙秀云 (吉林化学学院制药与应用化学系)
曲有乐 (佳木斯大学药学院)
朱大岭 (哈尔滨医科大学药学院)
朱景申 (华中科技大学同济药学院)
朴虎日 (延边大学药学院)
毕开顺 (沈阳药科大学)
纪丽莲 (淮阴工学院生物工程与化学工程系)
齐香君 (陕西科技大学生命科学与工程学院)
吴 勇 (四川大学华西药学院)
吴继洲 (华中科技大学同济药学院)
吴基良 (咸宁学院)
吴清和 (广州中医药大学中药学院)
吴满平 (复旦大学药学院)
吴 翠 (徐州师范大学化学系)
张大方 (长春中医学院药学院)

张丹参 (河北北方学院基础医学部)
张树杰 (安徽技术师范学院动物科学系)
张振中 (郑州大学药学院)
张晓丹 (哈尔滨商业大学药学院)
张崇禧 (吉林农业大学中药材学院)
李元建 (中南大学药学院)
李永吉 (黑龙江中医药大学药学院)
李青山 (山西医科大学药学院)
李春来 (莆田学院药学系)
李勤耕 (重庆医科大学药学系)
杨世民 (西安交通大学药学院)
杨宝峰 (哈尔滨医科大学)
杨得坡 (中山大学药学院)
沈永嘉 (华东理工大学化学与制药学院)
肖顺汉 (泸州医学院药学院)
辛 宁 (广西中医学院药学院)
邱祖民 (南昌大学化学工程系)
陈建伟 (南京中医药大学中药学院)
周孝瑞 (浙江科技学院生化系)
林 宁 (湖北中医学院药学院)
林 强 (北京联合大学生物化学工程学院)
欧珠罗布 (西藏大学医学院)
罗向红 (沈阳药科大学)
罗焕敏 (暨南大学药学院)
郁建平 (贵州大学化生学院)
郑国华 (湖北中医学院药学院)
郑葵阳 (徐州医学院药学系)
姚日生 (合肥工业大学化工学院)
姜远英 (第二军医大学药学院)
娄红祥 (山东大学药学院)
娄建石 (天津医科大学药学院)
胡永洲 (浙江大学药学院)
胡 刚 (南京医科大学药学院)

胡先明 (武汉大学药学院)
 倪京满 (兰州医学院药学院)
 唐春光 (锦州医学院药学院)
 徐文方 (山东大学药学院)
 徐晓媛 (中国药科大学)
 柴逸峰 (第二军医大学药学院)
 殷明 (上海交通大学药学院)
 涂自良 (郟阳医学院药学系)
 秦雪梅 (山西大学化学化工学院药学系)
 贾天柱 (辽宁中医学院药学院)
 郭华春 (云南农业大学农学与生物技术学院)
 郭姣 (广东药学院)
 钱子刚 (云南中医学院中药学院)
 高允生 (泰山医学院药学院)
 崔炯漠 (延边大学医学院)
 曹德英 (河北医科大学药学院)
 梁仁 (广东药学院)
 傅强 (西安交通大学药学院)
 曾苏 (浙江大学药学院)
 程牛亮 (山西医科大学)
 董小萍 (成都中医药大学药学院)
 虞心红 (华东理工大学化学与制药工程学院制
 药工程系)
 裴妙荣 (山西中医学院中药系)
 谭桂山 (中南大学药学院)
 潘建春 (温州医学院药学院)
 魏运洋 (南京理工大学化工学院)

全国高等医药院校药学类规划教材编写办公室

主 任 姚文兵 (中国药科大学)
 副 主 任 罗向红 (沈阳药科大学)
 郭 姣 (广东药学院)
 王应泉 (中国医药科技出版社)

编写说明

经教育部和全国高等医学教育学会批准，全国高等医学教育学会药学教育研究会于2004年4月正式成立，全国高等医药院校药学类规划教材编委会归属于药学教育研究会。为适应我国高等医药教育的改革和发展、满足市场竞争和医药管理体制对药学教育的要求，教材编委会组织编写了“全国高等医药院校药学类规划教材”。

本系列教材是在充分向各医药院校调研、总结归纳当前药学教育迫切需要补充一些教学内容的基础上提出编写宗旨的。本系列教材的编写宗旨是：药学特色鲜明、具有前瞻性、能体现现代医药科技水平的高质量的药学教材。也希望通过教材的编写帮助各院校培养和推出一批优秀的中青年业务骨干，促进药学院校之间的校际间的业务交流。

参加本系列教材的编写单位有：中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、广东药学院、四川大学华西药学院、山西医科大学、华中科技大学同济药学院、复旦大学药学院、西安交通大学药学院、山东大学药学院、浙江大学药学院、北京中医药大学等几十所药学院校。

教材的编写尚存在一些不足，请各院校师生提出指正。

全国高等医药院校药学类

规划教材编写办公室

2004年4月16日

序

实验教学是高等药学院校最基本的教学形式之一，对培养学生科学的思维与方法、创新意识与能力，全面推进素质教育有着重要的作用。飞速发展的科学技术，已成为主导社会进步的重要因素。高等药学院校必须不断更新教学内容，以学科发展的前沿知识充实实验课程内容。

近年来，中国药科大学坚持以研究促教改，通过承担教育部“世行贷款——21世纪初高等教育教学改革项目”及立项校内教改课题等多种方式，调动了广大教师投身教学改革的积极性，将转变教师的教育思想观念与教学内容、教学方法的改革紧密结合起来，取得了实效。此次推出的国家“十一五”规划教材——药学专业双语实验教学系列，是广大教师长期钻研实验课程教学体系，改革教学内容，实现教育创新的重要成果。他们站在21世纪教育、科技和社会发展趋势的高度，对药学专业实验课程的教学内容进行了“精选”、“整合”和“创新”，强调对学生的动手能力、创新思维、科学素养等综合素质的全面培养。这套教材具有以下的特点：

1. 教材将各学科的实验内容进行了广泛的“精选”，既体现了高等药学教育“面向世界、面向未来、面向现代化”，也考虑到我国药学教育的现状与实际；既体现了各门实验课程自身的独立性、系统性和科学性，又充分考虑到各门实验课程之间的联系与衔接，有助于学生在教学大纲规定的实验教学学时内掌握基本操作技术，提高动手能力，养成严谨、求实、创新的科学态度。

2. 教材中新增的综合性、设计性实验有利于学生全面了解和综合掌握本门实验课程的教学内容。这一举措既满足了学生个性发展的需要，更注重培养学生分析问题、解决问题的能力 and 创新意识。

3. 教材中适当安排一些反映药学科发展前沿的实验，有利于学生在掌握实验基本技术的同时，对药学科的新进展、新技术有所了解，激发他们学习药学知识与相关学科的兴趣。

4. 教材以实践教学为突破口，采用双语体系编写，为实验课程改革构建数字化、信息化和外语教学的平台，有利于提高学生的科技英语水平。通过我校多年的药学科系列实验课程双语教学实践，证明学生完全能够接受此套教材的教学。

国家十一五规划教材——药学专业双语实验教学系列教材的陆续出版，必将对推动我国高等药学教育的健康发展，产生积极而深远的影响。由于采用双语体系编写药学教学实验丛书尚属首次，缺乏经验，在内容选择及编写方法上的不妥之处，在所难免。欢迎从事药学教育的同行们批评赐教。

吴晓明

(中国药科大学校长、博士、教授、博士生导师)

Preface

Experimental teaching is one of the most fundamental teaching means in pharmaceutical colleges, playing an important role in training scientific thoughts and methods, creative consciousness and ability of the students as well as in promoting quality-oriented education in all-round way. Fast-advancing science and technology has come to be an important factor in dominating social progress. Teaching materials must be updated continually in pharmaceutical colleges, especially enriching the materials of experimental courses with the most advanced knowledge in the subject.

In recent years, China Pharmaceutical University have been stressing the promotion of teaching reform on the basis of research, succeeding in stimulating teachers' enthusiasm for teaching reform by various means such as undertaking the project of teaching reform in higher education at the beginning of 21st century sponsored financially by World Bank and entrusted by the Ministry of Education as well as approving and ratifying internal programs on teaching reform. Meanwhile, it yields fruits to integrate the transforming of teachers' educational ideology into the reform of teaching materials and methods. This series of textbook of national "11th five" planning-bilingual pharmaceutical experimental teaching series, is an important achievement made through studying teaching system of experimental courses for long, reforming teaching materials and carrying out educational innovation of all the teachers concerned.

Meeting the new demands for education, science and technology and social growth, they select, integrate and innovate the teaching materials of pharmaceutical experimental courses, stressing the overall cultivation of comprehensive qualities, including experimental ability, creative thought and scientific attainments. This set of textbook possesses the following features:

1. These textbooks make an extensive "selection" of the experimental materials of each subject, reflecting the goal of facing the world, facing the future and facing the modernization in higher pharmaceutical education, and taking into account the status quota and reality of our pharmaceutical education; meanwhile embodying the individuality, systematicness and scientificness of each experimental courses, which helps the students to grasp basic techniques of operation within the class hours of experimental teaching pre-

scribed by teaching syllabus and to improve their experimental ability and finally to cultivate a scientific approach of precision, practicality and creation.

2. The comprehensive designing experiments newly supplemented in the textbooks help the students to learn totally and grasp comprehensively the teaching materials of the experimental courses, which not only meets the students' needs for individual development but also trains their ability to analyze and solve problems and cultivates their creative consciousness.

3. Some experiments representing the latest development in pharmacy are properly included in the textbooks, which helps the students to learn about new advance and technology in pharmacy and to further arouse their interests in studying pharmacy and relevant subjects while grasping some basic techniques of experiment.

4. The textbooks take experimental teaching as starting point and are compiled in a system of bilingualism and aim to set up a platform of digitalization, information and foreign language teaching for the purpose of reforming experimental courses, which serves to enhance the students' level of technological English. It has been proved that the students have no difficulty being adapted to the teaching of this set of textbook through many years of bilingual teaching practice carried out in a series of pharmaceutical experimental courses of our university.

The successive publishing of the series of textbooks used for bilingual pharmaceutical experimental teaching-the national "11th-five" planning textbooks, will surely produce good and far-reaching influence in promoting the sound development of higher pharmaceutical education of our country. Since it is the first time that we have compiled this series of textbook of pharmaceutical teaching experiment in a bilingual system, we lack experience and thus some defects in choice of materials and way of compilation are inevitable. Experts engaged in pharmaceutical education are welcome to give any criticisms and advice.

Wu Xiaoming

Ph. D, prof., and supervisor of doctoral candidates
President of China Pharmaceutical University

第二版前言

《有机化学实验与指导》是我校组织编写的中英文对照实验系列教材之一，自2003年出版发行以来，受到各使用单位和广大师生的普遍认可，2005年该书被评为江苏省精品教材，在此我们向各级领导和广大读者表示衷心地感谢，同时也促使我们以更加严谨的科学态度重新审视教材，对于内容的选取、语言的规范以及不妥之处作出更正。

为此，我们在广泛征求意见的基础上，对该书进行了修订，力求内容的完整性和系统性，增加了部分实验，在语言上更加精练。

《有机化学实验与指导》全书分三个部分，全部采用中英文对照的形式。第一部分介绍有机化学实验的一般知识；第二部分强调有机化学实验的基本操作技术。第三部分主要从复习掌握实验基本技能的前提下，通过综合性的合成实验使学生达到灵活应用的目的。

在本次再版修订过程中，得到了学校、教务处和有机化学教研室全体同志的关心和支持，具体参加编写和校对工作的有陆涛、陈继俊、唐伟方和芦金荣等教师，王礼琛教授负责主审，并提出许多宝贵的修改意见，在此谨向他们表示衷心的感谢。

编者

2006年5月

第一版前言

有机化学是医药院校药学类专业一门独立的专业基础课程，是后继课程和今后工作学习所必须掌握的基本知识和技能。

为贯彻教育部教高[2001]4号文件精神，我校组织编写了中英文对照实验系列教材，我们负责编写《有机化学实验与指导》教科书。全书分上、下两部。上部分为中文部分，下部为英文对照读物，考虑到中、英文实验教材的特点，我们力求在保持英文实验教材表述特色的基础上，同时兼顾两种语言的文字特点。在有机化学实验的一般知识部分，并未强调完全地一一对应。而在基本操作实验和合成实验，则基本上采用了互译的方式。

通过实验教学可对学生进行有机化学实验的基本操作及基本技能的全面训练，巩固和扩大课堂讲授的基本理论及基本知识。培养学生仔细观察、勤于思考、正确分析及如实记录的科学作风，树立理论联系实际的科学态度，提高学生分析问题和解决问题的能力。

根据当今有机化学的发展趋势和多年的教学经验，本次实验教材的编写主要以有机化学基本操作和合成实验为基本内容，未把有机化合物的性质实验归纳其中。基本操作部分选择了九个进行有机化学实验所必须掌握的基本操作技能。单独安排了实验。在选编合成实验时，首先考虑到有机反应类型的重要性和代表性，同时也兼顾到一些新的、发展迅速的合成方法和实验技术。在合成实验中注意到了基本操作的重复次数，以使學生能牢固、熟练地掌握操作技能。书后附录中介绍了一些有机化学方面的手册、辞典和实验参考书，还介绍了常用试剂的配制方法及实验报告格式。

本书可供医药院校药学类专业学生及教师使用，对学生提高专业英语技能肯定会有一定帮助，各校可根据具体情况选用有关内容。

我们在突出本书中英文特色方面做了一定的努力，在某些方面可能是成功的，在某些方面可能还不令人满意，有待于今后进一步改进。由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处和错误在所难免，恳请读者批评指正。

本实验教材是教学经验的集体总结，在编写过程中得到了学校、教务处和有机化学教研室全体同志的关心和支持，具体参加编写和校对工作的有

陆涛、陈继俊、张焱和陈德英，王礼琛教授负责主审，并提出了许多宝贵的修改意见，在此谨向他们表示衷心的感谢。

编者

2003年2月

目 录

Contents

| | |
|---|---------|
| 第一部分 有机化学实验的一般知识..... | (1) |
| 一、实验室规则..... | (1) |
| 二、实验室的安全..... | (1) |
| 三、实验室常用仪器和设备..... | (5) |
| 四、产率的计算..... | (14) |
| 五、常用有机溶剂及纯化..... | (15) |
| 六、钠的使用及处理..... | (19) |
| Part I Introduction, Laboratory Safety and Recording Keeping Laboratory rules | (20) |
| 1.1 Introduction..... | (20) |
| 1.2 Laboratory Safety..... | (22) |
| 1.3 Advance Preparation and Laboratory Records..... | (26) |
| 1.4 Apparatus and Techniques..... | (30) |
| 1.5 Common Organic Solvents..... | (46) |
| 第二部分 基本操作实验..... | (51) |
| 实验一 熔点测定..... | (51) |
| Part II Basic Techniques | (55) |
| Experiment 1 Melting Point Determination..... | (55) |
| 实验二 沸点测定..... | (61) |
| Experiment 2 Boiling Point Determination..... | (63) |
| 实验三 重结晶..... | (66) |
| Experiment 3 Recrystallization..... | (73) |
| 实验四 常压蒸馏..... | (82) |
| Experiment 4 Simple Distillation..... | (86) |
| 实验五 分馏..... | (91) |
| Experiment 5 Fractional Distillation..... | (95) |
| 实验六 水蒸气蒸馏..... | (100) |
| Experiment 6 Steam Distillation..... | (105) |
| 实验七 减压蒸馏..... | (112) |
| Experiment 7 Vacuum Distillation..... | (117) |
| 实验八 分液漏斗萃取..... | (123) |
| Experiment 8 Extractions using separatory funnels..... | (128) |

| | |
|---|-------|
| 实验九 薄层色谱 | (136) |
| Experiment 9 Thin-layer Chromatography | (140) |
| 第三部分 有机化合物的合成实验 | (145) |
| 实验十 溴乙烷制备 | (145) |
| Part III Preparative Experiments | (148) |
| Experiment 10 Preparation of Ethyl Bromide | (148) |
| 实验十一 环己烯的制备 | (151) |
| Experiment 11 Preparation of Cyclohexene | (153) |
| 实验十二 乙酰苯胺制备 | (156) |
| Experiment 12 Preparation of Acetanilide | (158) |
| 实验十三 乙酸丁酯的制备 | (161) |
| Experiment 13 Preparation of <i>n</i> -Butyl Acetate | (163) |
| 实验十四 乙酰乙酸乙酯的制备 | (165) |
| Experiment 14 Preparation of ethyl acetoacetate | (168) |
| 实验十五 溴苯制备 | (171) |
| Experiment 15 Preparation of Bromobenzene | (174) |
| 实验十六 苯甲酸乙酯的制备 | (177) |
| Experiment 16 Preparation of Ethyl Benzoate | (180) |
| 实验十七 三苯甲醇的制备 | (183) |
| Experiment 17 Preparation of Triphenylmethanol | (186) |
| 实验十八 2-硝基雷琐酚的制备 | (190) |
| Experiment 18 Preparation of 2-Nitroresorcinol | (192) |
| 实验十九 呋喃甲酸和呋喃甲醇的制备 | (195) |
| Experiment 19 Preparation of 2-Furancarboxylic Acid and 2-Furylcarbinol | (197) |
| 实验二十 喹啉的制备 | (199) |
| Experiment 20 Preparation of Quinoline | (202) |
| 实验二十一 二苯羟乙酸的制备 | (205) |
| Experiment 21 Preparation of Benzilic Acid | (209) |
| 实验二十二 亚苄基乙酰苯的制备及其与溴的反应 | (214) |
| Experiment 22 Preparation of Benzalacetophenone and Reaction with Bromine | (217) |
| 实验二十三 环己酮肟的贝克曼重排 | (219) |
| Experiment 23 Beckmann Rearrangement of Cyclohexanone Oxime | (221) |
| 实验二十四 7,7-二氯双环[4, 1, 0]庚烷的制备——相转移法 | (224) |
| Experiment 24 Preparation of 7,7-Dichlorobicyclo [4.1.0] heptane | (227) |
| 实验二十五 甲基橙的制备 | (230) |
| Experiment 25 Preparation of Methyl Orange | (232) |
| 实验二十六 二苯甲酮的制备 | (235) |
| Experiment 26 Preparation of Benzophenone | (237) |
| 实验二十七 尼可刹米的制备 | (240) |