

全国高等医药院校药学类规划教材

有机化学

Youji Huaxue

王礼琛 主编



中国医药科技出版社

全国高等医药院校药理学类规划教材

有机化学

主 编 王礼琛

副主编 胡 春 唐伟方

编 者 (以姓氏笔画为序)

王玉玲 (沈阳药科大学)

王礼琛 (中国药科大学)

江 波 (遵义医学院)

伍焜贤 (广东药学院)

吴秋业 (上海第二军医大学)

胡 春 (沈阳药科大学)

项光亚 (华中科技大学)

张付利 (河南大学)

赵正保 (山西医科大学)

唐伟方 (中国药科大学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书根据高等教育应面向培养 21 世纪人才的要求而编写的大学本科教材,共分二十章。采用脂肪族和芳香族化合物混合编排的方式。以官能团为主线,较系统地阐明有机化学的基本知识、基本反应和基本理论;强化化合物的结构与性质之间的关系,并注意联系医药、化工和环境保护等实际;适当介绍本学科前沿及学科交叉的知识以体现现代有机化学的特征。

每章(拓展学生知识面的章节除外)均附有练习题和习题,供读者复习用。本书还配有辅导教材《有机化学学习指导》。内容由以下几部分组成:教材各章的内容提要,例题解析,习题和参考答案,教材中的练习题和习题的参考答案。

本书不仅可作为高等医药院校药学专业本科的教科书,还可作为相关专业的本科教材以及有关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/王礼琛主编. —北京:中国医药科技出版社, 2006.1

全国高等医药院校药理学类规划教材

ISBN 7-5067-3316-1

I. 有... II. 王... III. 有机化学-医学院校-教学参考资料 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 149672 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 $\frac{1}{16}$

印张 36 $\frac{1}{4}$

字数 765 千字

印数 1—5000

版次 2006 年 7 月第 1 版

印次 2006 年 7 月第 1 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 7-5067-3316-1/G·0469

定价 55.00 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 (郧阳医学院药学系)
 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 副 主	任	姚文兵 (中国药科大学)
	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

前 言

有机化学是药学专业的基础课，本教材是根据四年制本科药学专业的培养目标以及 21 世纪高等药学人才的培养要求而编写的。

在本书的编写中，贯彻以有机化学的基本知识、基本反应和基本理论为指导思想，采取脂肪族和芳香族化合物混合编排的方式。以官能团为纲，以结构和反应为主线，阐明各类官能团化合物的结构与性质之间的关系。在内容安排上，注意重点突出、难点分散和循序渐进。一些基本概念和理论尽可能较早介绍，以便在后叙相关章节中进一步加强和应用。例如，将有机化合物中共价键断裂的方式和有机酸碱理论安排在第一章介绍；将顺反异构安排在环烷烃中介绍；将立体化学一章安排在第三章介绍，并将丙二烯型和联苯型的对映异构分散到第五章（炔烃和二烯烃）和第六章芳烃中介绍；共振论安排在第五章中介绍。将波谱知识基础安排在第七章介绍，以便在后叙章节中应用。

本书编写时力求取材恰当、内容精练、通俗易懂；同时注意内容具有一定的广度和深度。

书中对一些较重要的反应进行介绍时，在列举实验事实的同时，通过分析结构特点、逻辑推理以及反应机理的讨论，培养学生从反应机理来理解、掌握和记忆反应规律的基本思想，避免死记硬背。这样不仅有利于培养学生分析问题和解决问题的能力，而且可增强他们的学习兴趣。

为了配合双语教学，书中各类化合物的命名举例、一些重要的名词术语和人名反应均用中、英文表示。

考虑到化学与人们日益关注的“生态平衡和环境保护关系”十分密切，编写了第二十章“绿色化学简介”，对绿色化学有关知识作了简单介绍。21 世纪是生命科学主导的世纪，为此，本书在第十七章“糖类”中，编写了“糖的代谢和化学”有关内容，在第十八章“氨基酸、多肽、蛋白质和核酸”中，对“核酸的生物功能”进行了适当介绍。在其他章节中的相关实例中也尽量注意介绍它们的生理作用。书中还适当联系一些医药日用化工等方面的实际，拓展读者的知识面。这些作为拓展性的内容，用小字表示，供学有余力和感兴趣的同学参考。

本书还有配套的辅导书《有机化学学习指导》。其内容包括：教材各章内容提要、例题解析、习题及参考答案；并给出教材中的练习题和习题的参考

答案，供读者复习参考。

参加本书编写的有中国药科大学王礼琛教授（主编并编写第一章和第二十章）、沈阳药科大学胡春教授（副主编并编写第十一章和第十九章）、中国药科大学唐伟方副教授（副主编并编写第十二章和第十三章）、广东药学院伍焜贤教授（编写第二章和第八章）、山西医科大学赵正保教授（编写第九章和第十章）、华中科技大学项光亚副教授（编写第三章和第四章）、沈阳药科大学王玉玲副教授（编写第十五章和第十六章）、上海第二军医大学吴秋业副教授（编写第十七章和第十八章）、河南大学张付利副教授（编写第五章、第六章和第七章）、遵义医学院江波副教授（编写第十四章）。

本书在编写过程中得到中国药科大学有机化学教研室各位老师的支持和帮助。施欣忠副教授、芦金荣副教授、任进知副教授、陈继军副教授、周萍副教授、陈德英副教授、余永强老师和董颖老师阅读了本书的初稿，提出了不少宝贵意见，并参加了书稿的校对工作。此外，金熔副教授、王德传副教授、陈明老师、王朝晖老师、张炎老师、顾从英老师、谢程老师、李月珍老师、杜劲松老师以及韩彬老师参加了书稿的校对工作，在此一并致谢。

限于编者的水平，加之时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编 者

2005 年 12 月

目录

第一章 绪论	(1)
一、有机化学和有机化合物	(1)
二、有机化合物的一般特性	(2)
三、结构概念和结构理论	(3)
(一) 碳原子的四面体结构	(3)
(二) 共价键	(3)
(三) 原子轨道	(5)
(四) 共价键的本质	(6)
(五) 价键理论	(6)
(六) 分子轨道理论	(7)
(七) 碳原子的三种杂化	(8)
(八) 有机化合物构造式的表示方法	(10)
四、有机化合物的分类	(10)
五、有机化合物中共价键断裂的方式	(12)
六、共价键的几个重要参数	(13)
七、诱导效应	(16)
八、有机酸碱理论简介	(17)
第二章 烷烃和环烷烃	(22)
第一节 烷烃	(22)
一、通式和同系物	(22)
二、构造异构	(22)
三、饱和碳原子和氢原子的分类	(23)
四、命名	(23)
(一) 普通命名法	(23)
(二) 系统命名法	(24)
五、结构	(27)
(一) 烷烃中碳碳单键和碳氢单键的形成	(27)
(二) 构象	(28)
六、物理性质	(31)
(一) 分子间作用力	(31)

(二) 物理性质	(32)
七、化学性质	(34)
(一) 卤代反应	(35)
1. 甲烷的氯代反应	(35)
2. 卤代反应机理	(35)
3. 自由基的结构	(37)
4. 反应热	(37)
5. 活化能、过渡态和决定反应速度的步骤	(37)
6. 卤素的相对反应活性	(40)
7. 其他烷烃的卤代反应和烷基自由基的相对稳定性	(40)
8. 卤素对氢的反应选择性	(43)
(二) 氧化与燃烧	(44)
(三) 热裂反应	(45)
八、生物自由基	(45)
第二节 环烷烃	(45)
一、分类、同分异构和命名	(46)
二、单环烷烃的结构	(49)
(一) 稳定性	(49)
(二) 拜尔张力学说	(49)
三、单环烷烃的构象	(50)
(一) 环丙烷、环丁烷和环戊烷的构象	(50)
(二) 环己烷的构象	(51)
(三) 一元取代环己烷的构象	(53)
四、物理性质	(55)
五、化学性质	(55)
第三章 立体化学基础	(58)
一、同分异构现象	(58)
二、对映异构体和手性分子	(58)
(一) 对映异构体和手性分子	(58)
(二) 手性中心	(59)
(三) 分子的对称性与手性	(60)
三、对映异构体的表示方法与构型标记	(62)
(一) 对映异构体的表示方法	(62)
(二) 对映异构体的构型标记	(64)
1. <i>D, L</i> 构型标记法	(64)
2. <i>R, S</i> 构型标记法	(65)
四、对映异构体的光学性质	(67)
(一) 平面偏振光	(68)

(二) 旋光度	(68)
(三) 旋光仪	(69)
(四) 比旋光度	(69)
五、含有一个手性碳原子化合物的对映异构	(70)
六、含有多个手性碳原子化合物的对映异构	(70)
(一) 含有两个不相同的手性碳原子的化合物	(70)
(二) 含有两个相同手性碳原子的化合物	(72)
(三) 含有三个手性碳原子的化合物	(73)
七、不含手性碳原子化合物的对映异构	(73)
八、多取代脂环烷烃的立体异构	(74)
(一) 构型异构和对映异构	(74)
(二) 多取代环己烷的构象	(75)
(三) 十氢萘的构象	(76)
九、有机反应中的立体化学	(78)
(一) 不涉及手性碳原子的反应	(78)
(二) 涉及手性碳原子的反应	(78)
(三) 产生手性碳原子的反应	(79)
十、获得单一光学异构体的方法	(81)
第四章 烯烃	(85)
一、结构	(85)
二、几何异构体	(86)
三、命名	(87)
1. 顺、反构型标示法	(89)
2. <i>Z</i> 、 <i>E</i> 构型标示法	(89)
四、物理性质	(90)
五、化学性质	(91)
(一) 催化氢化	(91)
(二) 亲电加成反应	(94)
1. 与卤化氢加成	(94)
2. 与硫酸加成	(100)
3. 与水的反应	(101)
4. 与卤素加成	(102)
5. 与次卤酸加成	(105)
(三) 自由基加成反应	(106)
(四) 硼氢化 - 氧化反应	(108)
(五) 氧化反应	(109)
1. 用高锰酸钾和四氧化钼氧化	(109)
2. 用臭氧氧化	(111)

3. 用过氧酸氧化	(111)
(六) α -氢的卤代反应	(112)
(七) 聚合反应	(113)
第五章 炔烃和二烯烃	(116)
第一节 炔烃	(116)
一、分类	(116)
二、结构	(116)
三、同分异构和命名	(117)
四、物理性质	(118)
五、化学性质	(119)
(一) 加成反应	(119)
1. 加氢与还原	(119)
2. 亲电加成反应	(120)
3. 亲核加成	(123)
4. 硼氢化反应	(123)
(二) 氧化反应	(124)
(三) 炔氢的反应	(124)
(四) 乙炔的聚合	(125)
第二节 二烯烃	(126)
一、分类和命名	(126)
二、共轭二烯烃的结构	(127)
(一) 共轭二烯烃的特性	(127)
(二) $\pi-\pi$ 共轭	(128)
(三) 分子轨道理论的解释	(128)
(四) 共振论的解释	(129)
三、共轭二烯烃的反应	(131)
(一) 亲电加成	(131)
(二) 狄尔斯-阿尔德反应	(133)
四、聚集二烯烃	(134)
五、共轭体系和共轭作用小结	(135)
第六章 芳烃	(139)
第一节 苯及其同系物	(139)
一、分类	(139)
二、苯的结构	(140)
三、苯衍生物的同分异构和命名	(143)
四、苯及其同系物的物理性质	(145)
五、苯及其同系物的化学性质	(146)
(一) 亲电取代反应	(147)

(二) 加成反应	(153)
(三) 氧化反应	(153)
(四) 烷基苯的反应	(153)
六、芳环上亲电取代反应的定位规律	(155)
(一) 定位规律	(155)
(二) 定位规律的理论解释	(156)
(三) 定位规律的应用	(160)
第二节 多环芳烃和非苯芳烃	(162)
一、稠环芳烃	(162)
(一) 萘	(162)
(二) 蒽和菲	(166)
(三) 其他稠环芳烃	(167)
二、联苯	(168)
三、多苯代脂烃	(169)
四、非苯芳烃	(170)
(一) 休克尔规则	(170)
(二) 非苯芳烃的芳香性	(171)
第七章 波谱知识基础	(177)
第一节 红外光谱	(177)
一、基本原理	(177)
二、分子的振动和红外吸收频率	(178)
三、振动自由度和红外吸收峰	(179)
四、红外光谱图	(179)
五、化学键的特征吸收频率	(180)
六、烷烃、烯烃、炔烃和芳烃的红外光谱	(181)
七、红外图谱的应用简介	(184)
第二节 核磁共振谱	(185)
一、基本原理	(185)
二、化学位移	(186)
(一) 化学位移	(186)
(二) 影响化学位移的因素	(187)
三、自旋偶合和自旋裂分	(188)
四、峰面积 - 积分曲线	(190)
五、核磁共振氢谱在有机化合物结构测定中的应用	(191)
六、碳谱简介	(192)
第三节 质谱	(193)
一、基本原理	(193)
二、质谱图	(195)

三、烃类的质谱特征	(196)
四、质谱图解析	(197)
第四节 紫外-可见光谱	(199)
一、基本原理	(199)
二、电子跃迁	(200)
三、紫外光谱在有机化合物结构测定中的应用	(201)
第八章 卤代烃	(205)
一、分类	(205)
二、命名	(206)
三、结构	(207)
四、物理性质	(207)
五、化学性质	(210)
(一) 亲核取代反应	(210)
1. 常见亲核取代反应	(210)
2. 反应机理	(212)
3. 反应的立体化学	(216)
4. 影响反应机理的因素	(217)
5. 离子对机理简介	(227)
6. 邻基参与简介	(227)
(二) 消除反应	(228)
1. 消除反应及消除方向	(228)
2. 反应机理	(229)
3. E2 反应的立体化学	(233)
4. 消除反应和取代反应的竞争	(235)
(三) 与金属反应	(237)
1. 与金属镁反应	(238)
2. 与金属锂反应	(240)
3. 与金属锌反应	(240)
(四) 还原反应	(240)
六、制备	(241)
1. 烃的卤代	(241)
2. 醇的卤代	(242)
3. 烯烃或炔烃的加成	(242)
4. 卤素交换反应	(242)
5. 氯甲基化	(242)
七、多卤代烃和氟卤代烃	(243)
第九章 醇和酚	(247)
第一节 醇	(247)

一、分类和命名	(247)
二、结构	(249)
三、物理性质	(249)
四、化学性质	(251)
(一) 一元醇的化学性质	(252)
1. 氧氢键断裂的反应	(252)
2. 碳氧键断裂的反应	(253)
3. 氧化和脱氢反应	(259)
(二) 二元醇的特性	(261)
1. 脱水反应	(261)
2. 频哪醇重排	(262)
3. 氧化反应	(263)
4. 与氢氧化铜反应	(264)
五、制备	(264)
(一) 由烯烃制备	(264)
(二) 由卤烃制备	(265)
(三) 由格氏试剂制备	(265)
六、硫醇	(266)
第二节 酚	(267)
一、分类和命名	(267)
二、结构	(268)
三、物理性质	(268)
四、化学性质	(270)
(一) 酚羟基的反应	(270)
1. 酸性	(270)
2. 酚醚的生成及克莱森重排	(272)
3. 酚酯的生成和傅瑞斯重排	(274)
4. 与三氯化铁的显色反应	(275)
(二) 芳环上的亲电取代反应	(275)
1. 卤代反应	(275)
2. 磺化反应	(276)
3. 硝化反应	(276)
4. 傅 - 克反应	(277)
5. 瑞穆尔 - 梯曼反应	(277)
6. 酚醛树脂的生成	(278)
(三) 氧化反应	(279)
五、制备	(279)
(一) 芳磺酸盐碱熔法	(279)