

全国高等医药院校药学类规划教材

QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO

YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

有机化学

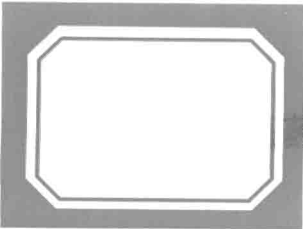
(药学类专业通用)

YOUJI HUAXUE
DIERBAN

(第二版)

主编 胡春

中国医药科技出版社



药院校药学类规划教材

有机化学

(药学类专业通用)

(第二版)

主 编 胡 春

副主编 申东升 唐伟方

编 者 (以姓氏笔画为序)

石秀梅 (牡丹江医学院)

申东升 (广东药学院)

沙 玫 (福建中医药大学)

张付利 (河南大学)

张振涛 (内蒙古医科大学)

尚先梅 (华中科技大学)

房 方 (南京中医药大学)

胡 春 (沈阳药科大学)

赵正保 (山西医科大学)

顾生玖 (桂林医学院)

徐莉英 (沈阳药科大学)

学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

根据全国医药院校面向培养 21 世纪药学专业人才要求, 本书在上版的基础上进行了修订。本书共分二十章, 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》。

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科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/胡春主编. —2 版. —北京: 中国医药科技出版社,
2013. 7

全国高等医药院校药学类规划教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 6093 - 5

I. 有… II. 胡… III. 有机化学 - 医学院校 - 教材 IV. 1062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 073655 号

美术编辑 陈君杞

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 100082

电话 发行: 010 - 62227427 邮购: 010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092mm $\frac{1}{16}$

印张 34 $\frac{3}{4}$

字数 735 千字

初版 2006 年 8 月第 1 版

版次 2013 年 7 月第 2 版

印次 2013 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

印刷 北京宝旺印务有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 6093 - 5

定价 65.00 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常务编委会

名誉主任委员	邵明立 林蕙青
主任委员	吴晓明 (中国药科大学)
副主任委员	(按姓氏笔画排序)
	刘俊义 (北京大学药学院)
	匡海学 (黑龙江中医药大学)
	朱依淳 (复旦大学药学院)
	朱家勇 (广东药学院)
	毕开顺 (沈阳药科大学)
	吴少楨 (中国医药科技出版社)
	吴春福 (沈阳药科大学)
	张志荣 (四川大学华西药学院)
	姚文兵 (中国药科大学)
	高思华 (北京中医药大学)
	彭 成 (成都中医药大学)
委 员	(按姓氏笔画排序)
	王应泉 (中国医药科技出版社)
	田景振 (山东中医药大学)
	李 高 (华中科技大学同济药学院)
	李元建 (中南大学药学院)
	李青山 (山西医科大学)
	杨 波 (浙江大学药学院)
	杨世民 (西安交通大学药学院)
	陈思东 (广东药学院)
	侯爱君 (复旦大学药学院)
	娄红祥 (山东大学)
	宫 平 (沈阳药科大学)
	祝晨蓀 (广州中医药大学)
	柴逸峰 (第二军医大学药学院)
	黄 园 (四川大学华西药学院)
	韩立民 (江西中医学院)
秘 书	夏焕章 (沈阳药科大学)
	徐晓媛 (中国药科大学)
	王益玲 (广东药学院)
	浩云涛 (中国医药科技出版社)
	高鹏来 (中国医药科技出版社)

出版说明

全国高等医药院校药学类专业规划教材是目前国内体系最完整、专业覆盖最全面、作者队伍最权威的药学类教材。随着我国药学教育事业的快速发展,药学及相关专业办学规模和水平的不断扩大和提高,课程设置的不断更新,对药学类教材的质量提出了更高的要求。

全国高等医药院校药学类规划教材编写委员会在调查和总结上轮药学类规划教材质量和使用情况的基础上,经过审议和规划,组织中国药科大学、沈阳药科大学、广东药学院、北京大学药学院、复旦大学药学院、四川大学华西药学院、北京中医药大学、西安交通大学医学院、华中科技大学同济药学院、山东大学药学院、山西医科大学药学院、第二军医大学药学院、山东中医药大学、上海中医药大学和江西中医学院等数十所院校的教师共同进行药学类第三轮规划教材的编写修订工作。

药学类第三轮规划教材的编写修订,坚持紧扣药学类专业本科教育培养目标,参考执业药师资格准入标准,强调药学特色鲜明,体现现代医药科技水平,进一步提高教材水平和质量。同时,针对学生自学、复习、考试等需要,紧扣主干教材内容,新编了相应的学习指导与习题集等配套教材。

本套教材由中国医药科技出版社出版,供全国高等医药院校药学类及相关专业使用。其中包括理论课教材 82 种,实验课教材 38 种,配套教材 10 种,其中有 45 种入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全国高等医药院校药学类规划教材

编写委员会

2009 年 8 月 1 日

第二版前言

《有机化学》第二版是以王礼琛主编的全国高等医药院校药学类规划教材《有机化学》为基础进行修订的。在编写过程中，吸纳了近几年来国内外在有机化学教学方面取得的教学成果，吸取了广大读者对上版《有机化学》的意见和建议，贯彻以有机化学的基础知识、基本反应和基本理论为指导思想，采取脂肪族和芳香族混合编写的方式，基本保留了上版章节编排次序和相关内容，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，改正了上版存在的错误，删除了一些陈旧内容。考虑到有机合成在新药发现和新药研究与开发中具有举足轻重的地位，增加了“有机合成”一章，同时对有机合成新方法和新技术进行了适当介绍。

在编写过程中，继续遵循上版的编写原则，力求取材恰当、内容精炼、通俗易懂；同时注意内容有一定的广度和深度，使得本书能够体现自身特点，满足药学教学需要，符合学生的认知规律。

本书仍出版配套的辅导书《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。

参加本书编写的有沈阳药科大学胡春教授、广东药学院申东升教授、中国药科大学唐伟方副教授、山西医科大学赵正保教授、华中科技大学同济医学院尚先梅副教授、沈阳药科大学徐莉英教授、南京中医药大学药学院房方教授、福建中医药大学沙玫教授、河南大学张付利教授、内蒙古医科大学张振涛教授、桂林医学院顾生玖教授、牡丹江医学院石秀梅副教授。

本书在编写过程中得到《有机化学》上版主编、中国药科大学王礼琛教授的鼎力支持和帮助。同时沈阳药科大学有机化学教研室宋宏锐教授、张丽娟副教授、刘晓平副教授、张辉副教授、张美慧副教授、沈鸿雁副教授审读了本书的初稿，提出了不少宝贵意见，并参加了书稿的校对工作。此外，黄二芳老师、徐赫男老师、李凤荣老师、鲍莹老师参加了书稿的校对工作，在此一并感谢。

限于编者的水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年2月



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)
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、共价键的属性	(13)
七、有机酸碱理论简介	(16)
习题	(18)
第二章 烷烃	(21)
一、通式和同系列	(21)
二、构造异构	(21)
三、饱和碳原子和氢原子的类型	(22)
四、命名	(23)
五、结构	(26)
六、物理性质	(30)
七、化学性质	(34)
习题	(43)
第三章 立体化学基础	(45)
一、同分异构现象	(45)
二、对映异构体和手性分子	(46)
三、对映异构体的表示方法与构型标记	(49)
四、对映异构体的光学性质	(54)
五、含有一个手性碳原子化合物的对映异构	(57)
六、含有多个手性碳原子化合物的对映异构	(58)

七、不含手性碳原子化合物的对映异构	(60)
八、有机反应中的立体化学	(60)
九、获得单一光学异构体的方法	(63)
习题	(66)
第四章 烯烃	(68)
一、结构	(68)
二、顺反异构体	(70)
三、命名	(71)
四、物理性质	(74)
五、化学性质	(74)
习题	(96)
第五章 炔烃和二烯烃	(98)
第一节 炔烃	(98)
一、分类	(98)
二、结构	(98)
三、同分异构和命名	(99)
四、物理性质	(100)
五、化学性质	(101)
第二节 二烯烃	(107)
一、分类和命名	(107)
二、共轭二烯烃的结构	(108)
三、共轭二烯烃的反应	(112)
四、聚集二烯烃	(115)
五、共轭体系和共轭作用小结	(116)
习题	(118)
第六章 脂环烃	(120)
一、分类	(120)
二、命名	(121)
三、单环烷烃的结构	(123)
四、单环烷烃的构象	(124)
五、物理性质	(129)
六、化学性质	(129)

七、多取代脂环化合物的立体异构现象	(130)
习题	(135)
第七章 芳烃	(136)
第一节 苯及其同系物	(136)
一、分类	(136)
二、苯的结构	(137)
三、苯衍生物的同分异构和命名	(140)
四、苯及其同系物的物理性质	(142)
五、苯及其同系物的化学性质	(143)
六、芳环上亲电取代反应的定位规律	(151)
第二节 多环芳烃和非苯芳烃	(158)
一、稠环芳烃	(158)
二、联苯	(163)
三、多苯代脂烃	(165)
四、非苯芳烃	(166)
习题	(169)
第八章 波谱知识基础	(172)
第一节 红外光谱	(172)
一、基本原理	(172)
二、分子的振动和红外吸收频率	(173)
三、振动自由度和红外吸收峰	(174)
四、红外光谱图	(174)
五、化学键的特征吸收峰	(175)
六、烷烃、烯烃、炔烃和芳烃的红外光谱	(176)
七、红外光谱在有机化学中的应用	(178)
第二节 核磁共振谱	(179)
一、基本原理	(180)
二、化学位移	(181)
三、自旋偶合和自旋裂分	(183)
四、峰面积——积分曲线	(184)
五、 $^1\text{H-NMR}$ 在有机化学中的应用	(185)
六、碳谱简介	(186)
第三节 质谱	(188)

一、基本原理	(188)
二、质谱图	(189)
三、烃类的质谱特征	(191)
四、质谱在有机化学中的应用	(191)
第四节 紫外光谱	(193)
一、基本原理	(193)
二、电子跃迁	(194)
三、紫外光谱在有机化学中的应用	(195)
习题	(196)
第九章 卤代烃	(198)
一、卤代烃的分类	(198)
二、卤代烃的命名	(199)
三、卤代烃的结构	(200)
四、卤代烃的物理性质	(201)
五、卤代烃的化学性质	(203)
六、卤代烃的制备	(235)
七、多卤代烃和氟代烃	(237)
习题	(238)
第十章 醇、酚和醚	(242)
第一节 醇	(242)
一、分类和命名	(242)
二、结构	(244)
三、物理性质	(244)
四、化学性质	(246)
五、制备	(258)
六、硫醇	(259)
第二节 酚	(260)
一、分类和命名	(261)
二、结构	(261)
三、物理性质	(262)
四、化学性质	(263)
五、制备	(272)
第三节 醚	(273)

一、分类和命名	(273)
二、结构	(274)
三、物理性质	(274)
四、化学性质	(275)
五、制备	(278)
六、冠醚	(278)
七、硫醚	(279)
第四节 环氧化合物	(280)
一、环氧化合物的结构	(280)
二、环氧化合物的反应	(281)
习题	(282)
第十一章 醛、酮和醌	(286)
第一节 醛和酮	(286)
一、羰基的结构	(286)
二、分类和命名	(287)
三、物理性质	(289)
四、化学性质	(291)
第二节 不饱和醛酮	(310)
一、 α, β -不饱和醛、酮	(310)
二、烯酮	(314)
第三节 醌类化合物	(315)
一、分类和命名	(315)
二、化学性质	(315)
三、制备	(317)
习题	(318)
第十二章 羧酸和取代羧酸	(321)
第一节 羧酸	(321)
一、分类和命名	(321)
二、结构	(322)
三、物理性质	(323)
四、化学性质	(324)
五、制备	(331)
第二节 取代羧酸	(333)

一、卤代酸	(333)
二、羟基酸	(334)
三、酚酸	(335)
习题	(336)
第十三章 羧酸衍生物和碳酸衍生物	(339)
第一节 羧酸衍生物	(339)
一、结构	(339)
二、命名	(340)
三、物理性质	(342)
四、化学性质	(343)
五、制备	(351)
第二节 羧酸衍生物涉及碳负离子的反应及其在合成中的应用	(352)
一、酯缩合反应	(352)
二、酯缩合反应在有机合成中的应用	(354)
三、乙酰乙酸乙酯及其在合成中的应用	(355)
四、丙二酸二乙酯及其在合成中的应用	(357)
第三节 碳酸衍生物、油脂和原酸酯	(359)
一、碳酸衍生物	(359)
二、油脂	(361)
三、原酸酯	(362)
习题	(362)
第十四章 有机含氮化合物	(366)
第一节 硝基化合物	(366)
一、结构和命名	(366)
二、物理性质	(367)
三、化学性质	(367)
第二节 胺	(370)
一、分类	(370)
二、结构	(371)
三、命名	(371)
四、物理性质	(372)
五、化学性质	(374)
六、制备	(384)

第三节 季铵盐和季铵碱	(387)
一、命名	(387)
二、性质	(387)
第四节 重氮化合物和偶氮化合物	(392)
一、命名	(392)
二、芳香重氮盐的反应及其在合成中的应用	(392)
三、重氮甲烷	(396)
习题	(398)
第十五章 杂环化合物	(401)
第一节 分类和命名	(401)
一、分类	(401)
二、命名	(401)
第二节 六元杂环化合物	(406)
一、含一个杂原子的六元杂环	(406)
二、含两个杂原子的六元杂环	(417)
第三节 五元杂环化合物	(420)
一、含一个杂原子的五元杂环	(420)
二、含两个杂原子的五元杂环化合物	(425)
第四节 杂环化合物的合成	(429)
一、喹啉及其衍生物的合成	(429)
二、嘧啶环的合成	(430)
三、吡咯及其衍生物的合成	(430)
习题	(431)
第十六章 糖类化合物	(433)
第一节 单糖	(434)
一、链状结构和命名	(434)
二、环状结构及哈沃斯透视式	(436)
三、化学性质	(440)
四、重要的单糖及其衍生物	(445)
第二节 双糖	(446)
一、麦芽糖	(447)
二、乳糖	(447)
三、纤维二糖	(448)

四、蔗糖	(448)
第三节 多糖	(449)
一、淀粉	(449)
二、纤维素	(451)
三、肝糖	(451)
四、其他多糖	(452)
第四节 糖的代谢和化学	(453)
一、糖的消化和吸收	(453)
二、糖蛋白	(453)
三、糖与血型	(454)
习题	(455)
第十七章 氨基酸、多肽、蛋白质和核酸	(457)
第一节 氨基酸	(457)
一、结构、分类和命名	(457)
二、偶极离子	(460)
三、等电点	(460)
四、化学性质	(461)
第二节 多肽和蛋白质	(463)
一、多肽的结构和命名	(463)
二、肽的结构测定	(464)
三、多肽的合成	(465)
四、蛋白质	(469)
第三节 核酸	(474)
一、组成	(474)
二、结构和分类	(476)
三、性质	(479)
四、三磷酸腺苷	(480)
五、核酸的生物功能	(482)
习题	(484)
第十八章 萜类和甾体化合物	(485)
第一节 萜类化合物	(485)
一、结构与分类	(485)
二、单萜类化合物	(486)

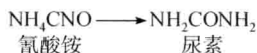
三、其他萜类化合物	(490)
第二节 甾体化合物	(492)
一、结构	(492)
二、命名	(492)
三、甾体化合物的构型和构象	(495)
习题	(499)
第十九章 周环反应	(502)
第一节 电环化反应	(502)
一、反应特点	(502)
二、理论解释	(504)
三、反应举例	(506)
第二节 环加成反应	(507)
一、反应特点	(507)
二、理论解释	(508)
三、反应举例	(509)
第三节 σ -迁移反应	(511)
一、反应特点	(511)
二、理论解释	(511)
三、反应举例	(513)
习题	(514)
第二十章 有机合成基础	(517)
一、碳架的建立	(517)
二、官能团的引入和转换	(518)
三、官能团的保护	(519)
四、立体化学控制	(520)
五、有机合成策略	(521)
六、绿色有机合成	(530)
七、绿色化学原理在药学中的应用举例	(535)
习题	(536)
参考文献	(539)
人名索引	(540)

绪 论

一、有机化学和有机化合物

人类对有机化合物 (organic compound) 的认识,最初主要基于实用的目的。例如,用谷物酿酒和食醋;从植物中提取染料、香料和药物等。到 18 世纪末,已经得到了一系列纯的化合物,例如酒石酸、柠檬酸、乳酸、苹果酸等。这些从动植物来源得到的化合物具有许多共同的性质,但与当时从矿物来源得到的化合物有明显的区别。由于受到生产力水平的限制,在 18 世纪末到 19 世纪初,曾认为这些来源于动植物的化合物是由动植物有机体内的“生命力”影响而形成的,故有别于从没有生命的矿物中得到的化合物。前者称有机化合物,后者称无机化合物。“生命力”学说曾一度阻碍了有机化学的发展,尤其是减缓了有机合成的前进步伐。

1828 年德国年轻的化学家乌勒 (Wöhler F, 1802 ~ 1882) 首次从无机化合物氰酸铵合成了有机化合物——尿素,给予了“生命力”学说的第一次沉重打击,这也是有机合成的开端。



尿素的人工合成,突破了无机化合物与有机化合物之间的绝对界限,不仅动摇了“生命力”学说的基础,开创了有机合成的道路,而且启迪了人们的哲学思想,有助于生命科学的发展。

1878 年德国化学家拜尔 (Baeyer A, 1835 ~ 1917) 首次合成了靛蓝,并由于他对靛蓝及其衍生物的深入研究而荣获 1905 年诺贝尔化学奖。与此同时,人们又合成了大量的有机化合物。至此,“生命力”学说才被彻底推翻。

此后,人们还合成了成千上万种与日常生活密切相关的染料、药品、香料、炸药等有机物。在一个“老的自然界”旁,再放上一个远远超过它的“新的自然界”。因此,有机化学是直到 18 世纪末才开始发展起来的一门学科。

在 19 世纪初期,由于建立和发展了测定物质组成的方法,并在测定许多有机化合

物的组成时发现它们都含有碳，因此人们认为有机化合物是碳的化合物。绝大多数有机化合物都含有氢，有的还含有氧、氮、硫和卤素等。现在，有机化合物已不是原来的涵义，但由于习惯的原因，有机化合物一词一直沿用至今。有机化学（organic chemistry）则是研究有机化合物的结构、性质、合成、分离纯化、反应机制以及化合物之间相互转变规律的一门学科。

进入 20 世纪，有机合成化学发展迅速，许多新方法、新技术、新试剂、新材料和新理念不断涌现。20 世纪 70 年代以来在天然产物银杏内酯、大环内酯、紫杉醇等的全合成方面的成就使有机合成进入化学生物学时期；不对称合成方面的新技术、新方法更是层出不穷。此外，还有固相合成技术、组合合成法以及超临界有机合成和等离子体有机合成等的应用，使有机合成进入了高速发展的阶段。20 世纪 90 年代起，为适应人类社会可持续发展的需要而诞生了一门新兴交叉学科——“绿色化学（green chemistry）”。它吸收了当代物理、生物、材料、信息等学科的最新理论和技术，是当今国际科学研究的前沿。实现绿色化学的关键是实现绿色有机合成，因此，有机化学在解决社会可持续发展和生命运动等问题中，将发挥越来越重要的作用。

二、有机化合物的一般特性

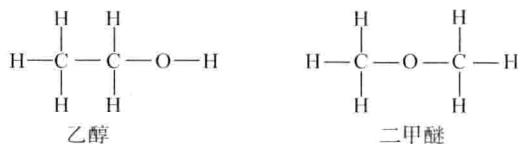
虽然有机化合物的数目、种类繁多，性质各异，但大多数有机化合物具有共同的特性，大致表现在以下几个方面。

物理性质：绝大多数有机化合物可以燃烧，并炭化变黑，最终生成二氧化碳和水。利用这一性质可以区别典型的有机化合物和典型的无机化合物；对热稳定性较差，固体有机物的熔点一般在 400℃ 以下；在水中溶解度较小，而易溶于有机溶剂。

化学反应性：有机化合物的反应速度较慢，常需采用加热、搅拌甚至催化剂等措施来加速反应；此外，由于大多数有机分子较复杂，在发生化学反应时，常常不是局限在某一特定部位，这就使反应结果较复杂。往往在发生主要反应的同时还伴随着一些副反应而使副产物较多，收率较低。有机化合物反应后常需采用蒸馏、重结晶等操作进行分离提纯。

结构：同分异构现象（isomerism）存在较普遍。有机化合物的结构（structure）是指分子中原子间的排列次序、原子相互间的立体位置、化学键的结合状态以及分子中电子的分布状态等各项内容在内的总称。

同分异构体（isomer）是指具有相同组成而结构不同的化合物。例如：乙醇和二甲醚的分子式都是 C_2H_6O 。在通常条件下乙醇是液体，沸点（boiling point，简写作 bp）为 78.3℃；而二甲醚是气体，沸点 -23℃。显然，二者是不同的物质，乙醇和二甲醚互为同分异构体，这种现象称作同分异构现象。



分子中原子相互连接的顺序和方式称构造（constitution）。乙醇和二甲醚的分子式