

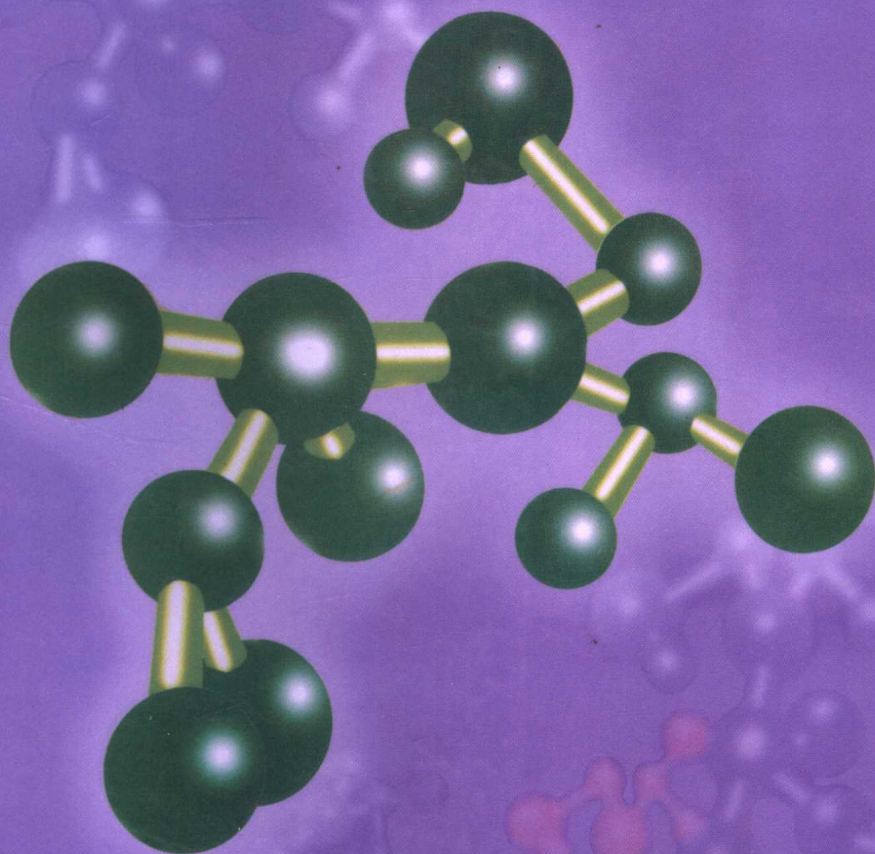


面向21世纪课程教材

有机化学

(第2版)

赵殊 廖蓉苏 鞠昭年 主编



中国林业出版社

面向 21 世纪课程教材

有 机 化 学

(第 2 版)

赵 殊 廖蓉苏 鞠昭年 主编

中 国 林 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/赵殊, 廖蓉苏, 鞠昭年主编. —2 版. —北京: 中国林业出版社, 2003. 7
面向 21 世纪课程教材
ISBN 7 5038 3459 8

I. 有… II. ①赵… ②廖… ③鞠… III. 有机化学 高等学校 教材 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 048682 号

主 编 赵 殊 廖蓉苏 鞠昭年
编 者 赵 殊 廖蓉苏 鞠昭年
杨雅琴 房耀仁 孙才英
主 审 杨涵贞

出版 中国林业出版社 (北京西城区刘海胡同 7 号 100009)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京林业大学印刷厂

版次 2001 年 7 月第 1 版 (共印 1 次)

2003 年 7 月第 2 版

印次 2003 年 7 月第 2 次

开本 787mm×960mm 1/16

印张 25.5

字数 450 千字

印数 1~10000 册

定价 29.00 元

再版前言

本教材经两年多的教学实践，受到了教师和学生的好评。教材充分体现了编者的主导思想，结构新颖、内容少而精、逻辑性强，力求达到深入浅出的效果。

在使用过程中，编者注意征求教师和学生的建议与要求，再版对以下内容进行了调整和修改：

(1) 第 6 章波谱知识简介加强了红外光谱、核磁共振谱及质谱的谱图解析。

(2) 各章增加了反应机理或波谱分析等内容的习题。

(3) 对原有习题做了修订。

(4) 对全书进行了认真的审核修改，删减了个别内容，替换了个别反应，对难于理解的内容增加了文字说明。

由于时间紧，修改之处较多，这次再版后仍难免有误，恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 6 月

前 言

本教材是根据“高等农林院校本科化学系列课程面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目组拟定的有机化学教学基本要求，在参加本课题教学改革的重点林业院校试用的有机化学教学大纲的基础上，重新编写的有机化学教材。可供高等林业院校林学、生物学、动物科学、木材科学等专业作为教材使用，各专业可根据需求选择教学内容，也可作为农、牧、渔等专业的教学参考书。

本教材在内容上遵循了经典内容少而精、推陈出新的原则。调整了教材结构，如将旋光异构和波谱学编排在前面，便于应用。增加了教材的深度和广度，提高了教学起点和水平。在照顾有机化学系统性的同时，注意与相关学科的交叉与渗透。增加了一些新内容，如富勒烯、有机金属化合物及与生态环境、材料科学相关的知识。教材贯穿有机化合物结构与性质的关系这条主线，通过反应机理掌握有机化合物之间的转化规律，力求能够培养学生逻辑思维能力、自学能力、分析解决问题的能力。

本教材共分 14 章。第 1、2、10、12 章及第 6 章第 3 节由东北林业大学赵殊编写，第 3、4 章由东北林业大学孙才英编写，第 5、13 章由南京林业大学鞠昭年编写，第 6 章由北京林业大学房耀仁编写，第 7、8 章由南京林业大学杨雅琴编写，第 9、11、14 章由北京林业大学廖蓉苏编写。全书由赵殊、廖蓉苏定稿，由北京林业大学杨涵贞教授主审。

在本教材的编写过程中，课题组主持人、中国农业大学朱寿珩教授给予了很大的关心与支持，中国农业大学张曙生副教授审阅了全稿，并提出了宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有误，恳请读者予以指正。

编 者

2001 年 5 月

PREFACE

This book is an Organic Chemistry teaching material newly compiled according to the basic requirements of organic chemistry teaching drafted by the task group of *research and practice of teaching contents and courses systems reform for the undergraduate chemistry series of courses facing the 21st century in the agriculture and forestry colleges and universities*, and based on the organic chemistry teaching program tried out in key forestry universities taking part in the task group. It is a 21st century textbook for specialities of forestry, biology, zoology, and wood science and so on in forestry colleges and universities. Every speciality can select the contents according to their requirements. It could also serve as a teaching reference book for the specialities of agriculture, stock raising, and fishing.

The contents of the book follows the principle of fewer but better in classic contents and weeding through the old to bring forth the new. The organization of the textbook is regulated, for example, optical isomerism and spectroscopy are arranged ahead for the convenience of application. The quality and scope of the book are increased and the starting point and level of teaching and study are improved. We give consideration to the systematicness of the book, and at the same time, pay attention to its intersection and infiltration with other disciplines. Some new contents are added, such as, fullerenes, organometallic compounds and the knowledge related to ecology, environment, and materials science. The textbook runs through the main clue of relationship of the properties with structures of the organic compounds, the patterns of transformation within compounds could be mastered through the reactions mechanisms. We have made great efforts to enable this book to cultivate the students' abilities to think logically, to study independently, and to analyse and solve problems.

The book consists of 14 chapters. Chapters 1, 2, 10, 12 and the 3rd section of Chapter 6 are compiled by Zhao Shu of Northeast Forestry University; Chapters 3 and 4, by Sun Caiying of Northeast Forestry University; Chapters 5 and 13, by Ju Zhaonian of Nanjing Forestry University; Chapter 6, by Fang Yaoren of Beijing Forestry University; Chapters 7 and 8, by Yang Yaqin of Nanjing Forestry University; Chapters 9, 11, and 14, by Liao Rongsu of Beijing Forestry University. The whole textbook is finalized by Zhao Shu and Liao Rongsu, and is examined by Yang Hanzhen, Professor of Beijing Forestry University.

We thank Zhu Shouhang, the chairman of the task group, Professor of China Agriculture University, for supporting and concerning with us very much. Also we thank Zhang Shusheng, Associate Professor of China Agriculture University, for checking and approving all the manuscripts, and making valuable suggestions.

Authors

May 2001

目 录

第1章 绪 论	(1)
1 有机化学及其与生物科学的关系	(1)
2 有机化合物的特点	(2)
2.1 组成与结构方面的特点	(2)
2.2 性质方面的特点	(3)
3 有机化合物的结构	(3)
3.1 有机化学结构理论	(3)
3.2 共价键参数	(9)
3.3 研究有机化合物结构的一般程序	(11)
4 有机化合物的反应类型	(12)
4.1 自由基(游离基)反应	(12)
4.2 离子型反应	(12)
4.3 协同反应	(13)
5 酸碱概念	(13)
6 有机化合物的分类	(13)
6.1 按官能团分类	(13)
6.2 按碳骨架分类	(13)
习 题	(15)
第2章 开链烃和脂环烃	(16)
1 烷 烃	(16)
1.1 烷烃的命名	(16)
1.2 烷烃的结构	(19)
1.3 烷烃的物理性质	(21)
1.4 烷烃的化学性质	(23)
1.5 烷烃的卤代反应机理	(25)
2 烯烃和炔烃	(28)
2.1 烯烃和炔烃的命名	(28)
2.2 烯烃和炔烃的结构	(28)
2.3 烯烃和炔烃的物理性质	(31)

2.4 烯烃和炔烃的化学性质	(32)
2.5 烯烃亲电加成反应机理	(39)
3 共轭二烯烃	(43)
3.1 二烯烃的分类和命名	(43)
3.2 共轭二烯烃的结构	(44)
3.3 共轭效应	(45)
3.4 共轭二烯烃的化学性质	(49)
4 富勒烯	(50)
4.1 C_{60} 的结构	(50)
4.2 富勒烯的性质和应用	(51)
5 脂环烃	(51)
5.1 脂环烃的分类和命名	(51)
5.2 脂环烃的结构	(52)
5.3 脂环烃的化学性质	(56)
习 题	(57)
第3章 芳香烃	(63)
1 芳香烃的分类和命名	(63)
1.1 单环芳香烃	(63)
1.2 联苯类	(64)
1.3 稠环芳香烃	(64)
2 芳香烃的结构	(64)
2.1 苯的结构	(64)
2.2 共振论简介和苯的共振能	(66)
3 芳香烃的物理性质	(68)
4 芳香烃的化学性质	(69)
4.1 取代反应	(69)
4.2 加成反应	(73)
4.3 氧化反应	(73)
5 芳香烃的亲电取代反应机理及定位规律	(74)
5.1 亲电取代反应机理	(74)
5.2 定位效应(定位规律)	(75)
6 芳香性与休克尔规则	(79)
习 题	(80)
第4章 旋光异构	(83)
1 偏振光和比旋光度	(83)
1.1 偏振光	(83)
1.2 旋光仪	(83)

1.3 比旋光度	(84)
2 物质旋光性与分子结构的关系	(85)
3 旋光异构体及其构型标记	(86)
3.1 含一个手性碳原子的化合物	(86)
3.2 构型标记	(87)
3.3 含两个不相同手性碳原子的化合物	(88)
3.4 含两个相同手性碳原子的化合物	(89)
3.5 环状化合物的立体异构	(90)
3.6 其他类型的旋光异构	(91)
4 外消旋体的拆分	(91)
习 题	(92)
第5章 卤代烃	(94)
1 卤代烷烃	(94)
1.1 卤代烷烃的分类和命名	(94)
1.2 卤代烷烃的结构	(95)
1.3 卤代烷烃的物理性质	(95)
1.4 卤代烷烃的化学性质	(96)
1.5 亲核取代反应与消除反应机理	(99)
1.6 重要的卤代烷烃	(106)
2 卤代烯烃和卤代芳烃	(107)
2.1 卤代烯烃和卤代芳烃的分类和命名	(107)
2.2 卤代烯烃和卤代芳烃的结构与反应活性	(108)
2.3 重要的卤代烯烃和卤代芳烃	(109)
习 题	(110)
第6章 波谱知识简介	(114)
1 紫外光谱和红外光谱	(114)
1.1 吸收光谱的基本原理	(114)
1.2 紫外光谱	(116)
1.3 红外光谱	(121)
2 核磁共振谱	(125)
2.1 基本原理	(125)
2.2 化学位移	(127)
2.3 自旋偶合和自旋裂分	(129)
3 质 谱	(133)
3.1 质谱的基本原理	(133)
3.2 质谱图	(134)
3.3 质谱的应用	(134)

习 题	(138)
第7章 醇、酚、醚	(140)
1 醇	(140)
1.1 醇的分类和命名	(140)
1.2 醇的结构	(142)
1.3 醇的物理性质	(143)
1.4 醇的化学性质	(145)
1.5 重要的醇	(152)
2 酚	(153)
2.1 酚的分类和命名	(153)
2.2 酚的结构	(154)
2.3 酚的物理性质	(155)
2.4 酚的化学性质	(157)
2.5 重要的酚	(160)
3 醚	(160)
3.1 醚的分类和命名	(160)
3.2 醚的物理性质	(161)
3.3 醚的化学性质	(161)
3.4 重要的醚	(164)
4 硫醇、硫醚	(168)
4.1 硫醇、硫醚的命名	(168)
4.2 硫醇、硫醚的结构	(168)
4.3 硫醇、硫醚的物理性质	(169)
4.4 硫醇、硫醚的化学性质	(169)
习 题	(171)
第8章 醛、酮、醌	(174)
1 醛、酮	(174)
1.1 醛、酮的分类和命名	(174)
1.2 醛、酮的结构	(176)
1.3 醛、酮的物理性质	(177)
1.4 醛、酮的化学性质	(179)
1.5 重要的醛、酮	(190)
2 醌	(191)
2.1 醌的结构和命名	(191)
2.2 醌的化学性质	(191)
2.3 重要的醌	(193)
习 题	(194)

第 9 章 羧酸及其衍生物、取代酸	(198)
1 羧 酸	(198)
1.1 羧酸的分类和命名	(198)
1.2 羧酸的物理性质	(199)
1.3 羧酸的化学性质	(201)
1.4 重要的羧酸	(206)
2 羧酸衍生物	(208)
2.1 羧酸衍生物的命名	(209)
2.2 羧酸衍生物的物理性质	(209)
2.3 羧酸衍生物的化学性质	(211)
2.4 重要的羧酸衍生物	(216)
3 取代酸	(216)
3.1 羟基酸和羧基酸的命名	(217)
3.2 羟基酸的性质	(217)
3.3 羧基酸的化学性质	(219)
3.4 乙酰乙酸乙酯的互变异构及化学性质	(219)
3.5 重要的羟基酸、羧基酸	(222)
4 脂 类	(225)
4.1 油 脂	(226)
4.2 类 脂	(230)
4.3 表面活性剂	(232)
习 题	(233)
第 10 章 含氮和含磷有机化合物	(237)
1 胺	(237)
1.1 胺的分类和命名	(237)
1.2 胺的结构	(238)
1.3 胺的物理性质	(239)
1.4 胺的化学性质	(241)
1.5 重要的胺	(247)
2 重氮、偶氮化合物和染料	(249)
2.1 重氮、偶氮化合物的性质	(250)
2.2 物质的颜色和染料	(252)
3 脲	(255)
3.1 脲的结构和物理性质	(255)
3.2 脲的化学性质	(255)
4 异氰酸酯	(258)
4.1 异氰酸酯的命名	(258)

4.2 异氰酸酯的化学性质	(258)
5 氨基甲酸酯类化合物	(260)
6 含磷有机化合物	(261)
6.1 含磷有机化合物的分类和命名	(261)
6.2 重要的含磷化合物	(263)
习 题	(264)
第 11 章 杂环化合物和生物碱	(269)
1 杂环化合物	(269)
1.1 杂环化合物的分类和命名	(269)
1.2 杂环化合物的结构	(272)
1.3 杂环化合物的物理性质	(273)
1.4 杂环化合物的化学性质	(274)
1.5 重要的杂环化合物	(278)
2 生物碱	(284)
2.1 生物碱的一般性质	(284)
2.2 生物碱的提取方法	(284)
2.3 重要的生物碱	(285)
习 题	(287)
第 12 章 糖 类	(290)
1 单 糖	(290)
1.1 单糖的结构	(291)
1.2 单糖的化学性质	(295)
1.3 重要的单糖	(303)
2 低聚糖	(305)
2.1 蔗 糖	(305)
2.2 麦芽糖和纤维二糖	(306)
2.3 乳 糖	(307)
2.4 棉子糖	(308)
3 多 糖	(308)
3.1 淀粉和糖原	(308)
3.2 纤维素和半纤维素	(312)
3.3 甲壳质和海洋生物多糖	(313)
3.4 真菌多糖	(314)
习 题	(314)
第 13 章 氨基酸和蛋白质	(316)
1 氨基酸	(316)
1.1 氨基酸的分类和结构	(316)

1 2 氨基酸的物理性质	(318)
1 3 氨基酸的化学性质	(318)
2 蛋白质	(324)
2 1 蛋白质的组成和分类	(324)
2 2 蛋白质的结构	(325)
2 3 蛋白质的性质	(326)
3 核 酸	(329)
3 1 核酸的组成	(329)
3 2 核酸的结构	(332)
习 题	(333)
第 14 章 萜类和甾体化合物	(336)
1 萜 类	(336)
1 1 单 萜	(337)
1 2 倍半萜	(341)
1 3 二 萜	(342)
1.4 四 萜	(343)
2 甾体化合物	(345)
2 1 甾体化合物的结构	(345)
2 2 甾 醇	(346)
2 3 胆 酸	(347)
2.4 甾体激素	(348)
习 题	(349)
部分习题参考答案	(352)
参考文献	(383)

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	(1)
1 Organic Chemistry and Its Relationship with Biology	(1)
2 Characteristics of Organic Compounds	(2)
2.1 Characteristics in Composition and Structure	(2)
2.2 Characteristics in Properties	(3)
3 The Structures of Organic Compounds	(3)
3.1 The Structural Theories of Organic Chemistry	(3)
3.2 The Parameters of Covalent Bonds	(9)
3.3 Common Sequence of Studying Structures of Organic Compounds	(11)
4 Reaction Types of Organic Compounds	(12)
4.1 Free Radical Reaction	(12)
4.2 Ionic Reaction	(12)
4.3 Concerted Reaction	(13)
5 The Concepts of Acids and Bases	(13)
6 Classification of Organic Compounds	(13)
6.1 Classification According to Functional Groups	(13)
6.2 Classification According to Carbon Skeletons	(13)
Problems	(15)
Chapter 2 Open Chain Hydrocarbons and Alicyclic Hydrocarbons	(16)
1 Alkanes	(16)
1.1 Nomenclature of Alkanes	(16)
1.2 The Structures of Alkanes	(19)
1.3 Physical Properties of Alkanes	(21)
1.4 Chemical Properties of Alkanes	(23)
1.5 The Mechanism of Halogenation Reactions of Alkanes	(25)
2 Alkenes and Alkynes	(28)

2.1	Nomenclature of Alkenes and Alkynes	(28)
2.2	The Structures of Alkenes and Alkynes	(28)
2.3	Physical Properties of Alkenes and Alkynes	(31)
2.4	Chemical Properties of Alkenes and Alkynes	(32)
2.5	The Mechanism of Electrophilic Addition Reaction of Alkenes	(39)
3	Conjugated Dienes	(43)
3.1	Classification and Nomenclature of Dienes	(43)
3.2	The Structure of Conjugated Diene	(44)
3.3	Conjugative Effects	(45)
3.4	Chemical Properties of Conjugated Dienes	(49)
4	Fullerenes	(50)
4.1	The Structure of C ₆₀	(50)
4.2	Properties and Application of Fullerenes	(51)
5	Alicyclic Hydrocarbons	(51)
5.1	Classification and Nomenclature of Alicyclic Hydrocarbons	(51)
5.2	The Structures of Alicyclic Hydrocarbons	(52)
5.3	Chemical Properties of Alicyclic Hydrocarbons	(56)
	Problems	(57)
	Chapter 3 Aromatic Hydrocarbons	(63)
1	Classification and Nomenclature of Aromatic Hydrocarbons	(63)
1.1	Mononuclear Aromatic Hydrocarbons	(63)
1.2	Biphenyls	(64)
1.3	Condensed Ring Aromatic Hydrocarbons	(64)
2	The Structures of Aromatic Hydrocarbons	(64)
2.1	The Structure of Benzene	(64)
2.2	Introduction to Resonance Theory and the Resonance Energy of Benzene	(66)
3	Physical Properties of Aromatic Hydrocarbons	(68)
4	Chemical Properties of Aromatic Hydrocarbons	(69)
4.1	Substitution Reactions	(69)
4.2	Addition Reactions	(73)
4.3	Oxidation Reactions	(73)
5	The Mechanism of Electrophilic Aromatic Substitution Reactions and Orientation Effects	(74)
5.1	The Mechanism of Electrophilic Substitution Reactions	(74)
5.2	Orientation Effects	(75)

6 Aromaticity and Huckel's rule	(79)
Problems	(80)
Chapter 4 Optical Isomerism	(83)
1 Polarized Light and Specific Rotation	(83)
1 1 Polarized Light	(83)
1 2 The Polarimeter	(83)
1 3 Specific Rotation	(84)
2 The Relationship of Substance Opticity with the Molecule Structure	(85)
3 Optical Isomers and Its Configuration Designation	(86)
3 1 Compounds with One Chiral Carbon	(86)
3 2 Configuration Designation	(87)
3 3 Compounds with Two Different Chiral Carbons	(88)
3 4 Compounds with Two Same Chiral Carbons	(89)
3 5 Stereoisomerisms of Cyclic Compounds	(90)
3 6 Other Optical Isomerism	(91)
4 Separation of Racemate	(91)
Problems	(92)
Chapter 5 Halohydrocarbons	(94)
1 Alkyl Halides	(94)
1 1 Classification and Nomenclature of Alkyl Halides	(94)
1 2 The Structure of Alkyl Halides	(95)
1 3 Physical Properties of Alkyl Halides	(95)
1 4 Chemical Properties of Alkyl Halides	(96)
1 5 The Reaction Mechanisms of Nucleophilic Substitution and Elimination	(99)
1 6 The Important Alkyl Halides	(106)
2 Alkenyl and Aromatic Halides	(107)
2 1 Classification and Nomenclature of Alkenyl and Aromatic Halides	(107)
2 2 The Structures and Reactivity of Alkenyl and Aromatic Halides	(108)
2 3 The Important Alkenyl and Aromatic Halides	(109)
Problems	(110)
Chapter 6 Introduction to Spectroscopy	(114)
1 Ultraviolet Spectroscopy and Infrared Spectroscopy	(114)
1 1 The Fundamental Principle of Absorption Spectroscopy	(114)
1 2 Ultraviolet Spectroscopy	(116)