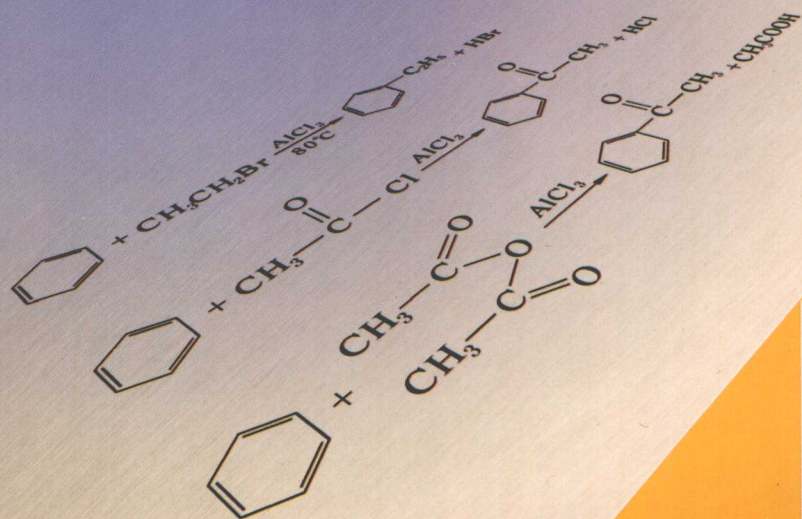


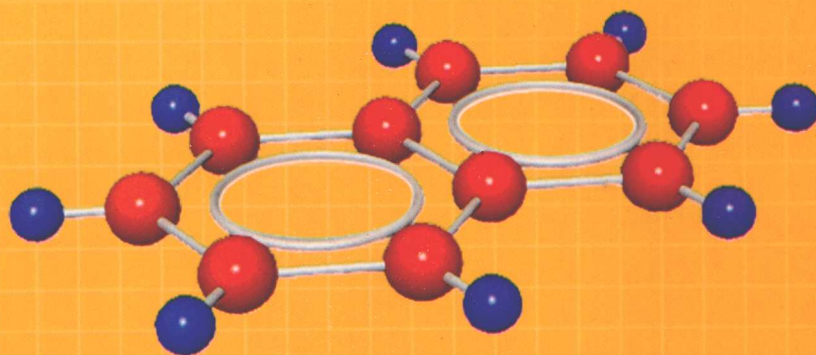
高等学校理工科基础化学“十一五”规划教材



有机化学

Organic Chemistry

刘 军 主编



武汉理工大学出版社

普通高等教育理工科专业化学“十一五”规划教材



有机化学

Organic Chemistry

胡英 主编



高等教育出版社

有 机 化 学

刘 军 主 编

武汉理工大学出版社

内 容 简 介

本书共 16 章,主要论述饱和烃、不饱和烃、芳烃、卤代烃、醇、酚、醚、醛和酮、羧酸及衍生物、含氮化合物、杂环化合物、碳水化合物、氨基酸、蛋白质及核酸等的结构、性质、重要的化学反应及机理。对立体化学、周环反应、波谱技术在有机化学中的应用及绿色化学和有机合成基础等也进行了论述。每章有习题,书后附索引。

本书可作为高等学校材料、生物、制药、化工、环境等工科近化学类专业有机化学基础课教材,也可供相关专业选用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/刘军主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009. 8
ISBN 978-7-5629-3040-2

I. 有… II. 刘… 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(2009)第 152942 号

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070
<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

印 刷 厂:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:25.25

字 数:646 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:38.00 元

凡使用本教材的教师,可通过 E-mail 索取电子教案或邮件包。

E-mail: Liujun8629@126.com

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

前 言

有机化学是材料、生物、制药、化工、环境等学科的重要基础。本书以材料、生物、制药、化工、环境等工科近化学类专业应掌握的有机化学基本概念、基本方法和基本理论为框架,在内容上则力求体系完整、适用面广。编排上采用按官能团编排的方式,突出有机化合物官能团对化合物性质的重要性。对于难点,选编了适当的例题,帮助学生理解基本概念并运用知识解决实际问题。

波谱技术及其在有机结构分析中的应用在各类化合物之后集中介绍,以方便学生应用波谱技术解决实际问题。鉴于生命科学、材料科学、环境科学等学科的发展对有机合成化学所带来的机遇和挑战,以及建设可持续发展和谐社会对有机化学的要求,本书专门编写了“绿色化学与有机合成基础”一章。

有机化学与人类的生活息息相关,本书适当地关注了近期社会现实生活中一些重大的化学事件,以培养学生的社会责任感。

21 世纪是一个信息时代,网络成为获取信息的一个重要手段,为了激发学生的学习兴趣和培养学生的创新能力,本书对一些化学发展的前沿问题、有机化学在专业中的应用以及一些知识类的问题采用了在习题中以查阅资料来获取知识的方式,这种学习方式体现了现代教学理念中以学生为主体的自主学习模式,是本书的一个特色。使用本书的教师可根据学生的专业特点,布置此类习题,让学生以小论文的形式完成作业。

为方便教学,本书的电子教案和习题答案将会附赠给使用本书的教师。

参加本书的编写人员(按编写内容先后次序)有:武汉理工大学刘军教授(第 1、6、7、8、11、16 章);中国地质大学刘恒胜副教授(第 2、4 章);湖北工业大学庞海霞讲师(第 3 章);中南民族大学周忠强教授(第 5 章);武汉理工大学袁泉副教授(第 9、15 章);中南民族大学陈连清副教授(第 10 章);中南民族大学洪宗国教授(第 12 章);中南民族大学陈玉副教授(第 13 章);湖北工业大学周宝焘讲师(第 14 章)。全书由刘军统稿并修改审定。

限于编者的水平,书中可能会有些疏漏和错误,欢迎读者对本书提出意见,有问题请致函编者:liujun8629@126.com,编者将非常感谢。

编 者

2009 年 6 月

写给学生

当你打开此书,你将步入一个丰富多彩、有趣又充满了创造性与挑战的有机化学世界。希望你能喜欢它。

有机化学为提高人类的生活质量,改善人类的生存环境,促进社会进步以及其他学科的发展做出了巨大贡献。沿着有机化学发展的历史走来,每一次重大的发现,无不浸透着科学家们的艰辛和汗水,但每一次的成功,同样也带来欢欣和喜悦。在百年诺贝尔化学奖获奖者中,有近百位来自有机化学或与其相关的领域,他们的努力与成就,成为我们学习的楷模与动力。

有机化学是有趣的,但有机化学的学习并不是轻而易举的,要掌握有机化学知识并能运用知识解决实际问题,同样也需要艰辛和汗水。有机化学的学习并无捷径可走,但有方法可循。希望大家在学习时,把握有机化学学习的特点。下面几个方法,对你可能有所裨益。(1)以化合物的官能团为核心,把握结构与性质的关系。有机化合物的结构特征是全部有机化学的基础,从化合物的结构特征出发,可以很好地理解有机化合物的主要性质特征包括物理的和化学性质。学习从结构出发分析有机化合物的性质,进一步掌握有机化合物的相互转化是学好有机化学中心内容的关键。认真学习有机反应机理,将有助于从本质上更好地理解结构与性质的关系。(2)加强理解基础上的记忆。化合物性质以及各种类型反应的熟练程度直接影响到是否能运用知识解决实际问题,如化合物的鉴别、合成、结构解析等,学习有机化学,从课程的一开始就必须加强记忆力的训练。每个化学反应就好比是一块砖,要想建立起有机化学的大厦,必须准备很多的砖。(3)经常进行纵向和横向的对比小结,不同官能团的性质是相互关联的,经常从官能团出发对比化合物的性质,从反应类型出发小结不同化合物的特性,将有助于从结构本质更好地理解有机化学的基本问题,也有助于系统地把握不同官能团化合物以及不同反应之间的区别与联系。(4)多做习题勤练习。勤做练习有助于检查自己对基本问题的掌握,并发现自己学习的盲点。此外,还希望大家能充分运用网络资源,了解有机化学信息,开展专题讨论,了解学科应用和前沿发展状况,这对于提高学习兴趣和创新能力的培养大有好处。

预祝你取得优异成绩。

编者
2009年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 总论	(1)
1.2 有机化合物的特点及其分类	(1)
1.2.1 有机分子的碳架	(1)
1.2.2 有机化合物的官能团	(2)
1.3 有机化合物的结构	(2)
1.3.1 有机化合物的结构特点	(2)
1.3.2 有机化合物构造式的表示方法	(3)
1.3.3 共价键及其属性	(3)
1.4 共价键的断裂与有机反应类型	(7)
1.4.1 游离基反应	(7)
1.4.2 离子型反应	(7)
1.4.3 协同反应	(8)
1.4.4 有机人名反应	(8)
1.4.5 溶剂解反应	(8)
1.5 有机酸碱及亲电和亲核试剂	(8)
1.5.1 布伦斯特酸碱	(8)
1.5.2 路易斯酸碱	(9)
1.5.3 亲电试剂和亲核试剂	(9)
习题	(10)
第 2 章 饱和烃	(11)
2.1 烷烃和环烷烃的通式、同系列和构造异构	(11)
2.2 烷烃和环烷烃的命名	(12)
2.2.1 伯、仲、叔、季碳原子	(12)
2.2.2 烷基	(13)
2.2.3 普通命名法	(13)
2.2.4 衍生命命名法	(14)
2.2.5 系统命名法	(14)
2.2.6 环烷烃的命名	(16)
2.3 烷烃的结构	(17)
2.3.1 碳原子的 sp^3 杂化轨道	(17)
2.3.2 甲烷的结构	(18)
2.3.3 其他烷烃的结构	(19)
2.4 烷烃的构象	(19)
2.4.1 乙烷的构象	(19)
2.4.2 丁烷的构象	(20)
2.5 环烷烃的结构与环的稳定性	(22)
2.5.1 张力理论与燃烧热	(22)

2.5.2 小环烷烃的结构与环的不稳定性	(22)
2.5.3 环烷烃的顺反异构	(23)
2.6 环己烷及其衍生物的构象	(23)
2.6.1 环己烷的椅式构象	(24)
2.6.2 环己烷的船式构象	(25)
2.6.3 取代环己烷的构象	(25)
2.7 烷烃和环烷烃的物理性质	(26)
2.7.1 物态	(26)
2.7.2 沸点	(26)
2.7.3 熔点	(27)
2.7.4 相对密度	(27)
2.7.5 溶解度	(27)
2.8 烷烃和环烷烃的化学性质	(27)
2.8.1 氧化反应	(27)
2.8.2 异构化反应	(28)
2.8.3 裂化反应	(28)
2.8.4 环烷烃的开环加成反应	(29)
2.8.5 取代反应	(30)
2.9 烷烃的天然来源	(33)
习题	(34)
第3章 不饱和烃	(36)
3.1 烯烃和炔烃的结构	(36)
3.1.1 烯烃的结构	(36)
3.1.2 炔烃的结构	(36)
3.2 烯烃和炔烃的构造异构及命名	(37)
3.3 烯烃的顺反异构及顺反异构体的命名	(38)
3.4 烯烃和炔烃物理性质	(39)
3.5 烯烃和炔烃化学性质	(40)
3.5.1 加成反应	(41)
3.5.2 氧化反应	(49)
3.5.3 聚合反应	(51)
3.5.4 烯烃 α -H的反应	(51)
3.5.5 炔烃的亲核加成反应	(52)
3.5.6 叁键碳上氢原子的反应	(52)
3.6 二烯烃的分类及命名	(53)
3.7 共轭二烯烃的结构和共轭效应	(54)
3.7.1 共轭二烯烃的结构	(54)
3.7.2 共轭体系的分类	(56)
3.7.3 共轭效应	(57)
3.8 共轭二烯烃的化学性质	(58)
3.8.1 1,2-加成和1,4-加成	(58)
3.8.2 双烯合成反应	(59)
3.8.3 聚合反应	(60)
习题	(60)

第4章 芳烃	(64)
4.1 苯的结构	(64)
4.1.1 凯库勒结构式	(64)
4.1.2 苯分子的离域结构	(65)
4.1.3 苯分子的共振结构	(66)
4.2 单环芳烃的构造异构与命名	(67)
4.3 单环芳烃的物理性质	(68)
4.4 单环芳烃的化学性质	(68)
4.4.1 加成反应	(69)
4.4.2 氧化反应	(69)
4.4.3 取代反应	(70)
4.5 苯环上亲电取代反应机理	(74)
4.5.1 苯环上亲电取代反应机理	(74)
4.5.2 苯环上亲电取代反应定位规律	(76)
4.6 稠环芳烃	(80)
4.6.1 萘的结构和命名	(80)
4.6.2 萘的化学性质	(80)
4.6.3 蒽和菲	(82)
4.6.4 致癌烃	(83)
4.6.5 富勒烯	(84)
4.7 芳烃的来源	(85)
4.7.1 煤的干馏	(85)
4.7.2 石油裂解及芳构化	(85)
4.8 多环芳烃	(86)
4.8.1 联苯	(86)
4.8.2 多苯代脂烃、三苯甲烷及其衍生物	(87)
4.9 非苯芳烃	(88)
习题	(89)
第5章 对映异构	(92)
5.1 偏振光的产生和应用	(92)
5.1.1 平面偏振光和旋光性	(92)
5.1.2 旋光仪和比旋光度	(93)
5.2 有机化合物的手性和对称因素	(94)
5.2.1 对映异构和手性	(94)
5.2.2 分子的手性与对称性	(95)
5.3 含有手性碳原子的对映异构	(97)
5.3.1 含一个手性碳原子化合物的对映异构	(97)
5.3.2 含两个手性碳原子化合物的对映异构	(100)
5.4 不含手性碳原子的对映异构	(102)
5.4.1 含有其他手性原子化合物的对映异构	(102)
5.4.2 不含手性原子化合物的对映异构	(102)
习题	(104)
第6章 卤代烃	(107)
6.1 卤代烃的分类和命名	(107)

6.1.1 卤代烃分类	(107)
6.1.2 卤代烃的命名	(107)
6.2 卤代烃的制备	(108)
6.2.1 炔类的卤化	(108)
6.2.2 由醇制备	(109)
6.3 卤代烃的物理性质	(109)
6.4 卤代烃的化学性质	(111)
6.4.1 亲核取代反应	(111)
6.4.2 消除反应	(113)
6.4.3 与金属的反应	(113)
6.5 亲核取代反应机理及消除反应机理	(114)
6.5.1 亲核取代反应机理	(114)
6.5.2 消除反应机理	(119)
6.5.3 消除反应和亲核取代反应的竞争	(121)
6.6 卤代烯烃	(121)
6.6.1 乙烯型的卤代烯烃	(122)
6.6.2 烯丙型的卤代烯烃	(122)
6.7 卤代芳烃的亲核取代反应	(122)
习题	(124)
第7章 醇、醚、酚	(128)
7.1 醇	(128)
7.1.1 醇的结构	(128)
7.1.2 醇的分类和命名	(128)
7.1.3 醇的制备	(130)
7.1.4 醇的物理性质	(131)
7.1.5 醇的化学性质	(132)
7.1.6 硫醇	(140)
7.2 醚	(141)
7.2.1 醚的构造、分类和命名	(141)
7.2.2 醚的制备	(142)
7.2.3 醚的物理性质	(142)
7.2.4 醚的化学性质	(143)
7.2.5 环氧乙烷	(145)
7.2.6 冠醚	(147)
7.3 酚	(147)
7.3.1 酚的结构	(147)
7.3.2 酚的分类和命名	(148)
7.3.3 酚的制备	(149)
7.3.4 酚的物理性质	(149)
7.3.5 酚的化学性质	(150)
习题	(155)
第8章 醛和酮	(160)
8.1 醛和酮的结构、分类和命名	(160)
8.1.1 醛、酮的构造	(160)

8.1.2 醛、酮的分类	(161)
8.1.3 醛、酮的命名	(161)
8.2 醛和酮的制法	(162)
8.2.1 炔烃的水合	(162)
8.2.2 羰基合成	(162)
8.2.3 芳烃的付-克酰基化反应	(162)
8.2.4 醇的氧化和脱氢	(163)
8.3 醛和酮的物理性质	(163)
8.4 醛和酮的化学性质	(164)
8.4.1 亲核加成反应	(164)
8.4.2 与氨衍生物的反应	(170)
8.4.3 α -氢原子的活泼性	(170)
8.4.4 氧化反应	(174)
8.4.5 羰基的还原	(175)
8.4.6 康尼扎罗反应	(176)
习题	(177)
第9章 羧酸及其衍生物	(181)
9.1 羧酸及其衍生物的分类和命名	(181)
9.1.1 羧酸的分类和命名	(181)
9.1.2 羧酸衍生物的分类和命名	(183)
9.2 羧酸及其衍生物的物理性质	(184)
9.3 羧酸的制备	(186)
9.3.1 烃的氧化	(187)
9.3.2 伯醇、醛和酮的氧化	(187)
9.3.3 金属有机化合物与 CO_2 的羧化反应	(187)
9.3.4 腈的水解	(187)
9.4 羧酸的结构和化学性质	(188)
9.4.1 羧酸的结构	(188)
9.4.2 羧酸的化学性质	(188)
9.5 取代羧酸的化学性质	(194)
9.5.1 卤代酸	(194)
9.5.2 羟基酸	(195)
9.6 羧酸衍生物的结构及化学性质	(197)
9.6.1 羧酸衍生物的结构	(197)
9.6.2 羧酸衍生物的化学性质	(198)
9.7 β -二羰基化合物	(205)
9.7.1 乙酰乙酸乙酯	(205)
9.7.2 丙二酸二乙酯	(207)
9.7.3 活泼亚甲基化合物重要的缩合反应	(208)
9.8 碳酸衍生物	(210)
9.8.1 碳酰氯(光气)	(210)
9.8.2 碳酰胺	(210)
习题	(212)

第 10 章 含氮化合物	(216)
10.1 硝基化合物	(216)
10.1.1 硝基化合物的分类、结构和命名	(216)
10.1.2 硝基化合物的制法	(217)
10.1.3 硝基化合物的物理性质	(218)
10.1.4 脂肪族硝基化合物的化学性质	(219)
10.1.5 芳香硝基化合物的化学性质	(220)
10.2 胺	(222)
10.2.1 胺的分类和命名	(222)
10.2.2 胺的结构	(224)
10.2.3 胺的制法	(225)
10.2.4 胺的物理性质	(227)
10.2.5 胺的化学性质	(228)
10.2.6 季铵盐和季铵碱	(237)
10.3 重氮化合物和偶氮化合物	(240)
10.3.1 重氮甲烷	(240)
10.3.2 芳香族重氮盐	(244)
10.3.3 偶氮化合物	(249)
10.4 腈和异腈	(250)
10.4.1 构造和命名	(250)
10.4.2 制备方法	(250)
10.4.3 腈和异腈的性质	(251)
习题	(253)
第 11 章 有机化合物的光谱分析	(258)
11.1 光谱分析概述	(258)
11.2 红外光谱(IR)	(259)
11.2.1 红外光谱的基本原理	(259)
11.2.2 分子结构与红外光谱	(260)
11.2.3 简单红外光谱解析	(267)
11.3 核磁共振谱	(269)
11.3.1 核磁共振现象	(269)
11.3.2 化学位移和核磁共振谱	(269)
11.3.3 相对化学位移	(270)
11.3.4 影响化学位移的因素	(271)
11.3.5 自旋-自旋偶合和峰的裂分	(272)
11.3.6 峰的面积	(273)
11.3.7 简单核磁共振谱的解析	(274)
11.4 紫外光谱	(275)
11.4.1 紫外光谱基本原理	(275)
11.4.2 分子结构与紫外光谱	(276)
11.5 质谱	(278)
11.5.1 质谱原理	(278)
11.5.2 分子离子的裂解规律	(279)

习题	(281)
第 12 章 杂环化合物	(285)
12.1 杂环化合物的分类与命名	(285)
12.2 五元杂环化合物	(286)
12.2.1 呋喃、吡咯与噻吩	(286)
12.2.2 五元杂环衍生物	(291)
12.3 六元杂环化合物	(293)
12.3.1 吡啶	(293)
12.3.2 其他六元杂环化合物	(297)
12.4 生物碱	(301)
12.4.1 吡啶类生物碱	(301)
12.4.2 吲哚类生物碱	(302)
12.4.3 喹啉类生物碱	(302)
12.4.4 嘌呤类生物碱	(303)
12.4.5 苯乙胺类生物碱	(303)
12.4.6 颠茄类生物碱	(303)
习题	(304)
第 13 章 周环反应	(306)
13.1 电环化反应	(307)
13.1.1 含 $4n$ 个 π 电子的体系	(308)
13.1.2 含 $4n+2$ 个 π 电子的体系	(310)
13.1.3 电环化反应的立体选择性规律	(311)
13.2 环加成反应	(312)
13.2.1 $[2+2]$ 环加成反应	(313)
13.2.2 $[4+2]$ 环加成反应	(313)
13.2.3 环加成反应的对称性选择规律	(316)
13.3 σ 迁移反应	(316)
13.3.1 H 的 $[1,j]\sigma$ 迁移反应	(317)
13.3.2 C 的 $[1,j]\sigma$ 迁移反应	(319)
13.3.3 $[3,3]\sigma$ 迁移反应	(320)
习题	(322)
第 14 章 碳水化合物	(324)
14.1 单糖	(324)
14.1.1 单糖的分类	(324)
14.1.2 葡萄糖的结构	(325)
14.1.3 果糖的结构	(328)
14.1.4 单糖的环状结构	(328)
14.1.5 单糖的反应	(332)
14.2 低聚糖	(337)
14.2.1 二糖的可能连接方式	(337)
14.2.2 非还原性二糖和还原性二糖	(338)
14.2.3 蔗糖	(338)
14.2.4 麦芽糖	(338)
14.2.5 纤维二糖	(339)
14.2.6 乳糖	(339)

14.3 多糖	(339)
14.3.1 淀粉	(339)
14.3.2 纤维素	(340)
14.3.3 糖原	(341)
14.4 环糊精	(341)
习题	(342)
第15章 氨基酸、蛋白质和核酸	(344)
15.1 氨基酸	(344)
15.1.1 α -氨基酸的构型、分类和命名	(344)
15.1.2 α -氨基酸的物理性质	(347)
15.1.3 α -氨基酸的化学性质	(347)
15.1.4 氨基酸的合成	(351)
15.2 蛋白质与肽	(353)
15.2.1 多肽及其命名	(353)
15.2.2 肽链的命名	(353)
15.2.3 多肽结构的测定	(353)
15.2.4 肽的合成	(354)
15.2.5 蛋白质	(356)
15.2.6 蛋白质的理化性质	(358)
15.2.7 酶	(359)
15.3 核酸	(360)
15.3.1 核酸的组成	(360)
15.3.2 核苷和核苷酸	(361)
15.3.3 核酸的结构	(362)
15.3.4 核酸的性质	(364)
习题	(364)
第16章 绿色化学和有机合成基础	(367)
16.1 绿色化学和有机合成	(367)
16.2 有机合成基础	(367)
16.2.1 有机合成设计原则及逆合成分析法	(367)
16.2.2 碳骨架的建立	(368)
16.2.3 官能团的转换	(371)
16.2.4 选择性试剂的应用	(371)
16.2.5 官能团的保护	(372)
16.2.6 有机合成路线设计实例	(373)
16.3 现代有机合成技术简介	(375)
16.3.1 微波辐照有机合成	(375)
16.3.2 有机声化学合成	(376)
16.3.3 使用环境友好溶剂及无溶剂有机合成	(377)
习题	(379)
附录	(381)
附录一 常用有机化学词汇中英文对照及索引	(381)
附录二 有机化学领域历届诺贝尔化学奖获奖者名单	(387)
参考文献	(391)

第 1 章 绪 论

1.1 总 论

有机化学是研究有机化合物的来源、制备、结构、应用以及有关理论和方法学的科学,也称碳化合物化学。近两个世纪来,有机学科的发展,揭示了构成物质世界的有机化合物分子中原子键合的本质以及有机分子转化的规律,并设计、合成了具有特定性能的有机分子,它也为相关学科如材料科学、生命科学、环境科学等的发展提供了理论、技术和材料。有机化学价键理论、构象理论及反应机理成为现代生物化学和化学生物学的理论基础。有机化学在蛋白质和核酸的组成与结构的研究,序列测定方法的建立,合成方法的创建等方面的成就为分子生物学的建立和发展奠定了基础。自由基化学及金属有机化学等的发展,促进了高分子材料,特别是新的功能材料的发展。有机化合物结构种类繁多,为新材料的发现提供更多机遇。运用现代合成化学理论和方法,能够有目的的改变功能分子的结构,调控材料的性能。有机化学也是一系列相关工业的基础,在能源、信息、材料、人口与健康、环境、国防计划的实施中,在为科技发展、社会进步,提高人类的生活质量,改善人类的生存环境的努力中,已经并将继续显现出它的高度开创性和解决重大问题的巨大能力。有机化学新理论、新方法、新反应的发展促进了与生命科学、材料科学和环境科学更大程度的交叉,并在交叉中进一步推动有机化学的发展。

1.2 有机化合物的特点及其分类

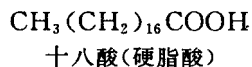
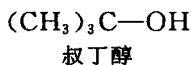
有机化合物泛指碳氢化合物及其衍生物。大多数有机化合物具有以下特点:熔点、沸点较低,通常不溶于水,容易燃烧,反应速度慢,常伴随有副反应发生。

有机化合物的分类有多种方法,但主要的分类方法是按分子的碳架结构和有特征反应的官能团进行分类。

1.2.1 有机分子的碳架

有机分子的碳架是指分子中碳原子的连接方式。按分子的碳架结构,有机化合物可分为开链化合物、碳环化合物以及杂环化合物。开链化合物也称脂肪族化合物。碳环化合物按其环的特征不同分为脂环族化合物和芳香族化合物。杂环化合物组成环的原子除碳原子外,还有 N、O、S 等原子。例如:

开链(脂肪族)化合物:



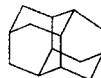
脂环族化合物:



环己烯



螺[4.5]癸烷

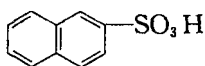


立方烷

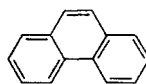
芳香族化合物：



苯



β-萘磺酸

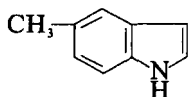


菲

杂环化合物：



呋喃



5-甲基吲哚



茶碱

1.2.2 有机化合物的官能团

官能团是指分子中比较活泼、容易发生化学反应的原子和基团。官能团对化合物的性质起着决定性作用。含有相同官能团的化合物具有相似的性质，因此把它们归为同类化合物。表 1-1 列出了有机化合物中一些常见的官能团及名称。

表 1-1 有机化合物常见官能团及名称

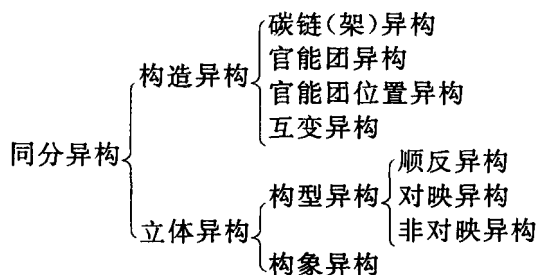
化合物类别	官能团	官能团名称	化合物类别	官能团	官能团名称
烯烃	$>C=C<$	双键	醛或酮	$>C=O$	羰基
炔烃	$-C\equiv C-$	叁键	羧酸	$-COOH$	羧基
卤代烃	$-X$	卤基	胺	$-NH_2$	氨基
醇或酚	$-OH$	羟基	腈	$-CN$	氰基
醚	$C-O-C$	醚键	磺酸	$-SO_3H$	磺酸基

1.3 有机化合物的结构

1.3.1 有机化合物的结构特点

组成有机分子的原子种类不多(C、H、O、N、S、P等)，但组成的化合物数目庞大，自然界存在及人工合成的化合物已达几千万个，其中90%为有机化合物。有机化合物原子之间的连接方式多种多样，可以形成结构非常复杂的化合物，并广泛存在同分异构现象。

有机分子中原子间的连接次序称为构造，原子在空间的排列方式称为分子的构型或构象。同分异构现象可分为以下几种类型：



1.3.2 有机化合物构造式的表示方法

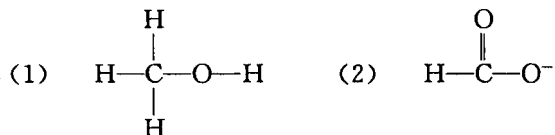
表示分子构造的化学式称为构造式。构造式有几种表示方法,如表 1-2 所示。

表 1-2 有机化合物构造式的表示方法

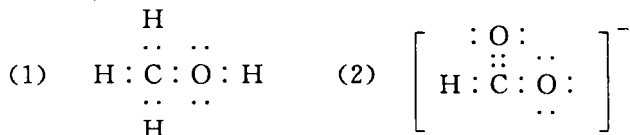
凯库勒式	构造简式	键线式	路易斯式
$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{Br} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} $		$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{H} & \text{H} & \text{Br} & \text{H} \end{array} $
$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ & & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $		$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : & \text{C} : & \text{C} : \text{H} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} : \text{C} : \text{H} & \text{H} \\ & & \\ & & \text{H} \end{array} $
$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$		$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array} $
$ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} $		$ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ \vdots & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots & \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots & \vdots \\ \text{H} & \text{H} \end{array} $

凯库勒式中,短线代表形成化学键的一对共用电子。用电子对表示共价键的结构式称为路易斯结构式。书写路易斯结构式时要把所有的价电子都表示出来。周期表第二周期元素的每一个原子周围最多只能有 8 个电子。共价键上的电子分属于所连接的两个原子,孤电子对则属于某一个原子,这样计算出来的每一个原子周围的电子总数与原子状态的原子比较,如果少一个电子,就在元素符号上加一个正号,多一个电子则加一个负号,表示形成电荷。

【例 1-1】 将下列分子结构的凯库勒式改为路易斯结构式。



解:路易斯结构式为



1.3.3 共价键及其属性

1.3.3.1 有机分子中的共价键

有机化合物分子中的主要化学键是共价键。价键理论认为共价键是以原子间的原子轨道相互重叠共享电子对的方式来成键的。碳原子的价电子构型为: $2s^2 2p^2$, 在形成化学键时, $2s$ 轨道