

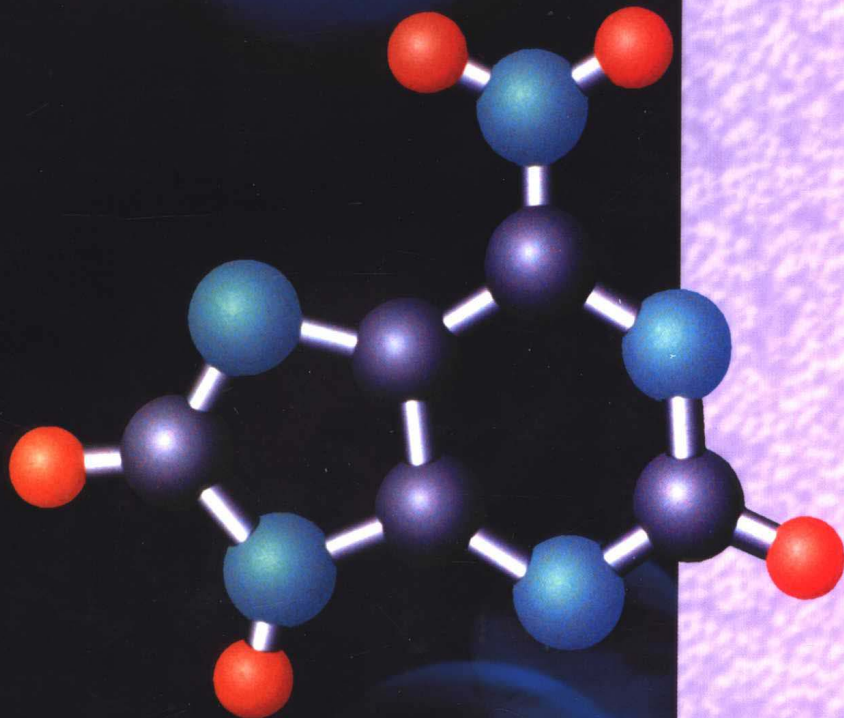



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

有机化学

(供基础、预防、临床、口腔等医学类专业用)

高等医学院校有机化学
立体化教材编写组



 高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

有机化学

(供基础、预防、临床、口腔等医学类专业用)

高等医学院校有机化学立体化教材编写组

徐春祥 徐瑞兴 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部全国高等学校教学研究中心“21世纪中国高等学校医药类专业数理化基础课程的创新与实践”国家规划课题研究成果,同时是高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划项目”成果。

本书重视内容的基础性、科学性和先进性,注意有机化学与医学的联系,注重素质教育。全书内容包括饱和烃,不饱和烃,芳香烃,对映异构,卤代烃,醇、酚、醚、醛、酮、醌,羧酸与取代羧酸,羧酸衍生物,含氮与含磷有机化合物,杂环化合物,糖类,脂类,蛋白质与核酸,紫外光谱、红外光谱、核磁共振谱和质谱。各章均有思考题、习题,书后附有索引。本书配有《有机化学电子教案》、《有机化学试题库》、《有机化学实验》和《有机化学习题解析》。

本书可作为高等学校基础、预防、临床、口腔、护理等医学专业本科化学基础课教材,也可供从事有机化学教学的教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/高等医学院校有机化学立体化教材编写组.

—北京:高等教育出版社,2004.11

ISBN 7-04-015578-8

I. 有... II. 高... 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(2004)第 101847 号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 白淑琴 封面设计 李卫青 责任绘图 杜晓丹
版式设计 王艳红 责任校对 白淑琴 责任印制 韩 刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京市鑫霸印务有限公司		
开 本	787×960 1/16	版 次	2004 年 11 月第 1 版
印 张	22	印 次	2004 年 11 月第 1 次印刷
字 数	410000	定 价	23.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号:15578-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

前 言

高等医学院校有机化学立体化教材被教育部高等教育出版社评为“普通高等教育百门精品课程教材精品项目”，在全国各高等学校推荐参评的近百本化学教材中，只有7本获此殊荣。高等医学院校有机化学立体化教材由《有机化学》、《有机化学实验》、《有机化学习题解析》、《有机化学电子教案》、《有机化学试题库》组成。

有机化学在社会的进步和医学的发展过程中发挥着巨大的作用。对于医学各专业的本科学生来说，学好有机化学这门课程是十分重要的，它可以为学习后续课程及从事医学研究打下必要的基础。为了适应高等医学教育的改革，培养21世纪的高素质创新人才，本书在编写时力争做到内容的基础性、科学性和先进性。在保证有机化学的基本原理、基本知识的基础上，紧密结合和突出有机化学与医学的联系，介绍有机化学在医学中的应用。本书可供高等医学院校的医疗、口腔、儿科、护理、卫生、影像等专业的本科学生使用，也可供从事有机化学教学的教师参考。

全书共分十六章，内容包括绪论，饱和烃，不饱和烃，芳香烃，对映异构，卤代烃，醇、酚、醚，醛、酮、醌，羧酸和取代羧酸，羧酸衍生物，含氮和含磷有机化合物，杂环化合物，糖类，脂类，蛋白质和核酸，波谱学基础。

在使用本书时，各院校可根据具体情况，在保证课程基本要求的前提下对内容斟酌取舍。本书的编写顺序只供参考，任课教师可根据需要自行调整。

本书采用中华人民共和国国家标准 GB 3100~3102-93《量和单位》所规定的符号和单位；化学名词采用全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》（科学出版社，1991年）所推荐的名称；有机化合物的命名执行中国化学会1980年颁布的《有机化学命名原则》（科学出版社，1983年）的规定。

本书由徐春祥、徐瑞兴主编，董陆陆为副主编。参加本书编写的有哈尔滨医科大学徐春祥（第一章），中国医科大学陈克明（第二章），武汉大学路平（第三章），哈尔滨医科大学安哲（第四章），西安交通大学靳菊情（第五章），首都医科大学徐瑞兴（第六章），山西医科大学卫建琮（第七章），福建医科大学李柱来（第八章），大连医科大学徐乃进（第九章），宁夏医学院王妍（第十章），内蒙古医学院罗素琴（第十一章），兰州医学院郝兰（第十二章），天津医科大学姜炜（第十三章），首都医科大学叶玲（第十四章），中山大学黄爱东（第十五章），哈尔滨医科大学董

陆陆(第十六章)。哈尔滨医科大学吴延丽编写了索引。

高等教育出版社理科分社化学化工策划部主任岳延陆编审对本书的编写给予了多方指导和帮助,也得到了各编者所在学校的大力支持,对提高本书的编写质量起了很大的作用。这里一并表示衷心的感谢。

此外,本书在编写时参考了兄弟院校的教材和正式出版的书刊中的有关内容,在此向有关的作者和出版社表示感谢。

限于编者水平,本书虽经多次修改,仍难免有错误和不当之处,恳切希望专家和同行及使用本书的教师和同学们提出宝贵的意见,以便重印或再版时改正。

编 者

2004年6月

目 录

第一章 绪论	1
一、有机化合物和有机化学	1
二、有机化合物的一般特点	1
三、共价键参数	1
四、诱导效应	3
五、共价键的断裂方式与有机反应类型	4
六、有机化合物的分类方法	5
七、有机化学与医学的关系	6
习题	7
第二章 饱和烃	9
第一节 烷烃	9
一、烷烃的通式、结构和同系列	9
二、烷烃的构造异构与命名	10
三、乙烷和丁烷的构象	13
四、烷烃的物理性质	16
五、烷烃的化学性质	18
六、重要的烷烃	23
第二节 环烷烃	24
一、单环环烷烃的结构与分类	24
二、单环环烷烃的命名与异构体	24
三、单环环烷烃的结构与稳定性	25
四、环己烷和取代环己烷的构象	26
五、环烷烃的物理性质	28
六、环烷烃的化学性质	28
七、重要的环烷烃	29
习题	30
第三章 不饱和烃	32
第一节 烯烃	32
一、烯烃的结构	32
二、烯烃的构造异构和顺反异构	33
三、烯烃的命名	33

四、顺反异构体的命名	34
五、烯烃的物理性质	35
六、烯烃的化学性质	36
第二节 炔烃	43
一、炔烃的结构	43
二、炔烃的构造异构与命名	44
三、炔烃的物理性质	44
四、炔烃的化学性质	45
第三节 二烯烃	48
一、二烯烃的分类	48
二、二烯烃的命名	48
三、1,3-丁二烯的结构	49
四、共轭体系和共轭效应	49
五、共轭二烯烃的化学性质	51
习题	53
第四章 芳香烃	55
第一节 芳香烃的分类与命名	55
一、芳香烃的分类	55
二、芳香烃的命名	56
第二节 单环芳香烃	58
一、苯分子的结构	58
二、单环芳烃的物理性质	59
三、单环芳烃的化学性质	60
四、苯环上亲电取代反应的定位规律	66
第三节 稠环芳香烃	71
一、萘	71
二、蒽和菲	74
三、其他稠环芳烃	75
第四节 非苯芳香烃	75
习题	77
第五章 对映异构	80
第一节 物质的旋光性和比旋光本领	80
一、物质的旋光性	80
二、比旋光本领	81
第二节 分子的手性与对称因素	82
一、分子的手性	82
二、对称因素	82

第三节	具有一个手性碳原子的化合物的对映异构	84
第四节	构型的表示方法与标记	85
一、	构型的表示方法	85
二、	构型的标记	86
第五节	具有两个手性碳原子的化合物的对映异构	89
一、	具有两个不同手性碳原子的化合物的对映异构	89
二、	含有两个相同手性碳原子的化合物的对映异构	89
第六节	不含手性碳原子的化合物的对映异构	90
一、	丙二烯型化合物	90
二、	联苯型化合物	91
第七节	碳环化合物的对映异构	91
第八节	手性分子与医学的关系	92
习题	93
第六章	卤代烃	95
第一节	卤代烃的分类与命名	95
一、	卤代烃的分类	95
二、	卤代烃的命名	95
第二节	卤代烃的物理性质	96
第三节	卤代烃的化学性质	97
一、	卤代烷的亲核取代反应	97
二、	卤代烷的消去反应	102
三、	与金属反应	105
第四节	不饱和卤代烃的亲核取代反应	106
一、	卤代乙烯型	106
二、	卤代烯丙型	107
三、	孤立型卤代烯烃	108
习题	108
第七章	醇、酚、醚	111
第一节	醇	111
一、	醇的分类与构造异构	111
二、	醇的命名	112
三、	醇的物理性质	113
四、	醇的化学性质	115
第二节	酚	120
一、	酚的分类与命名	120
二、	酚的结构	121
三、	酚的物理性质	122

四、酚的化学性质	122
第三节 醚	126
一、醚的结构、分类与命名	126
二、醚的物理性质	128
三、醚的化学性质	129
四、环氧化合物的开环反应	130
五、冠醚	133
第四节 硫醇和硫醚	135
一、硫醇和硫醚的结构与命名	135
二、硫醇和硫醚的物理性质	135
三、硫醇和硫醚的化学性质	136
第五节 与医学有关的化合物	137
一、甲醇	137
二、乙醇	137
三、苯甲醇	138
四、丙三醇	138
五、山梨醇和甘露醇	138
六、苯酚	138
七、甲酚	138
八、苯二酚	139
九、乙醚	139
十、聚乙二醇	139
十一、环氧乙烷	140
十二、二甲基亚砷	140
习题	140
第八章 醛、酮、醌	144
第一节 醛和酮的分类与命名	144
一、醛和酮的分类	144
二、醛和酮的命名	145
第二节 醛和酮的结构	146
一、醛和酮的同分异构	146
二、醛和酮的结构	146
第三节 醛和酮的性质	147
一、醛和酮的物理性质	147
二、醛和酮的化学性质	148
第四节 与医学有关的化合物	163
一、甲醛	163

二、丙酮	164
三、苯甲醛	164
四、环己酮	164
第五节 醌	165
一、醌的结构与命名	165
二、醌的物理性质	166
三、醌的化学性质	166
习题	168
第九章 羧酸和取代羧酸	171
第一节 羧酸	171
一、羧酸的结构	171
二、羧酸的分类与命名	172
三、羧酸的物理性质	173
四、羧酸的化学性质	175
第二节 羟基酸	179
一、羟基酸的分类与命名	179
二、羟基酸的物理性质	180
三、羟基酸的化学性质	181
第三节 酮酸	183
一、酮酸的分类与命名	183
二、酮酸的化学性质	184
三、酮式-烯醇式互变异构	185
第四节 与医学有关的化合物	186
一、羧酸	186
二、羟基酸	187
三、酮酸	190
习题	191
第十章 羧酸衍生物	195
第一节 羧酸衍生物的分类与命名	195
一、羧酸衍生物的分类	195
二、羧酸衍生物的命名	195
第二节 羧酸衍生物的性质	197
一、羧酸衍生物的物理性质	197
二、羧酸衍生物的化学性质	198
第三节 与医学有关的化合物	206
一、内酯类抗生素	206
二、局部麻醉药普鲁卡因和利多卡因	207

习题.....	208
第十一章 含氮和含磷有机化合物	212
第一节 胺	212
一、胺的分类、命名和结构.....	212
二、胺的物理性质.....	214
三、胺的化学性质.....	215
第二节 含磷有机化合物	222
一、含磷有机化合物的结构.....	222
二、含磷有机化合物的命名.....	222
第三节 与医学有关的化合物	223
一、氨鲁米特.....	223
二、氟他胺.....	223
三、氨甲基苯甲酸.....	224
四、布美他尼.....	224
五、甲氧氯普胺.....	224
六、苯扎氯铵.....	224
七、多巴胺.....	225
八、肾上腺素.....	225
九、磷甲酸钠.....	225
十、福莫司汀.....	226
十一、常见的农用有机磷酯杀虫剂和神经毒气.....	226
习题.....	227
第十二章 杂环化合物	229
第一节 杂环化合物的分类与命名	229
一、杂环化合物的分类.....	229
二、杂环化合物的命名.....	229
第二节 五元杂环化合物	232
一、五元杂环化合物的结构.....	232
二、五元杂环化合物的性质.....	233
第三节 六元杂环化合物	235
一、六元杂环化合物的结构.....	235
二、六元杂环化合物的性质.....	235
第四节 生物碱	236
一、生物碱的概念.....	236
二、生物碱的理化性质.....	237
第五节 与医学有关的化合物	238
一、吡咯的衍生物.....	238

二、吡啶的衍生物	239
三、辅酶 NAD ⁺ 和 NADH	240
四、嘌呤和嘧啶	240
五、生物碱	242
习题	243
第十三章 糖类	245
第一节 单糖	245
一、单糖的构型	245
二、葡萄糖的结构	246
三、果糖的结构	249
四、单糖的性质	249
第二节 二糖	253
一、二糖的分类	253
二、蔗糖	253
三、麦芽糖	254
四、乳糖	254
第三节 多糖	254
一、淀粉	255
二、纤维素	256
三、其他多糖	257
习题	258
第十四章 脂类	259
第一节 油脂	259
一、油脂的结构、组成和命名	259
二、油脂的物理性质	261
三、油脂的化学性质	261
第二节 磷脂和糖脂	263
一、磷脂	263
二、糖脂	266
第三节 甾族化合物	267
一、甾族化合物的结构	267
二、重要的甾族化合物	269
习题	273
第十五章 蛋白质和核酸	275
第一节 氨基酸	275
一、氨基酸的结构	275
二、氨基酸的分类与命名	275

三、氨基酸的理化性质	277
第二节 肽	280
一、肽的结构与命名	280
二、多肽结构的测定	281
三、重要的多肽	282
第三节 蛋白质	283
一、蛋白质的分类与组成	283
二、蛋白质的结构	284
三、蛋白质的化学性质	287
第四节 核酸	291
一、核酸的化学组成	291
二、核酸的结构	295
三、核酸的理化性质	300
习题	301
第十六章 波谱学基础	303
第一节 紫外光谱	304
一、基本原理	304
二、谱图示例	305
第二节 红外光谱	307
一、基本原理	307
二、谱图示例	309
第三节 核磁共振谱	313
一、基本原理	313
二、谱图示例	318
第四节 质谱	319
一、基本原理	319
二、谱图示例	321
习题	324
索引	327
主要参考文献	338

绪 论

一、有机化合物和有机化学

自然界中存在的物质虽然多达上千万种,但从化学组成上可以将它们分为无机化合物和有机化合物两大类。无机化合物是指除碳元素外,其他 100 多种元素形成的化合物,但通常把一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐及金属氰化物等含碳化合物也看作无机化合物。有机化合物就是含碳元素的化合物,绝大多数有机化合物中还含有氢元素。有些有机化合物中除含碳和氢两种元素外,还含有氧、氮、卤素、硫、磷等元素。若把碳氢化合物看作是有机化合物的母体,把碳氢化合物中的氢原子被其他原子或基团取代后生成的化合物看作碳氢化合物的衍生物,则有机化合物可定义为“碳氢化合物及其衍生物”。

有机化学是研究有机化合物的化学。有机化学的研究内容是有机化合物的组成、结构、性质及其变化规律。

二、有机化合物的一般特点

有机化合物分子中的化学键是共价键,有机化合物分子之间的相互作用力是较弱的分子间作用力。因此,有机化合物在性质上与离子型化合物有较大的区别。有机化合物的一般特点如下:

(1) 热稳定性较差、容易燃烧。有机化合物的热稳定性较差,受热容易分解。此外,绝大多数有机化合物容易燃烧,如乙醇、乙醚等。

(2) 熔点和沸点较低。有机化合物在固态时为分子晶体,因此它们的熔点和沸点较低,大都在 400 °C 以下。例如,乙酸的熔点为 16.6 °C,沸点为 118 °C。

(3) 难溶于水。大多数有机化合物难溶于水,而较易溶于非极性或弱极性的有机溶剂中。

(4) 反应速率慢。大多数有机化学反应的反应速率较慢,通常需要加热及催化剂存在下或在光照下才能发生反应,而且除主反应外,常伴随副反应,反应产物通常是混合物。

三、共价键参数

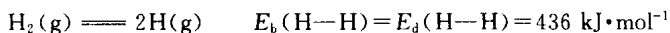
共价键参数是表征共价键性质的物理量,常见的共价键参数有键能、键长、

键角和键的极性。

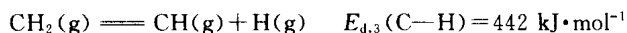
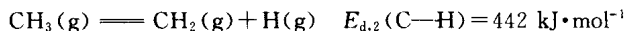
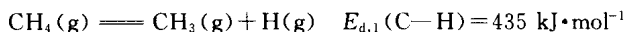
(一) 键能

在标准状态下,使单位物质的量(如 1 mol)的气态分子 A—B 解离为气态原子 A 和原子 B 所需要的能量称为 A—B 键的解离能,用符号 $E_d(\text{A—B})$ 表示。

对双原子分子,键能等于键解离能,用符号 E_b 表示。例如:



对多原子分子,键能等于键解离能的平均值。例如, CH_4 分子中有四个等同的 C—H 键,但每个 C—H 键的解离能是不相同的:



CH_4 分子中 C—H 键的键能就是四个 C—H 键的平均解离能:

$$\begin{aligned} E_b(\text{C—H}) &= \frac{E_{d,1}(\text{C—H}) + E_{d,2}(\text{C—H}) + E_{d,3}(\text{C—H}) + E_{d,4}(\text{C—H})}{4} \\ &= \frac{435 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 442 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 442 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 339 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}}{4} \\ &= 414.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

表 1-1 列出了一些常见有机化合物中共价键的键能。

表 1-1 一些常见有机化合物中共价键的键能

共价键	$E_b/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	共价键	$E_b/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
C—H	415	C—Br	285
C—C	347	C—I	218
C—N	305	C=C	611
C—O	360	C≡C	837
C—S	272	C=O	736
C—F	485	C=N	749
C—Cl	339	C≡N	880

利用键能可以衡量共价键的牢固程度,键能越大,共价键就越牢固。

(二) 键长

分子中两个成键原子的核间平衡距离称为键长,用符号 l 表示。例如, H_2 中两个 H 的核间距离为 74 pm,因此 H—H 键的键长就是 74 pm。

表 1-2 列出了一些常见有机化合物中共价键的键长。

(三) 键角

在多原子分子中,键与键之间的夹角称为键角。键角和键长是表征分子的

几何构型的重要参数。如果已知分子中共价键的键长和键角,那么分子的几何构型也就确定了。例如,CH₄ 中 C—H 键的键角为 109°28', C—H 键的键长为 109 pm,因此 CH₄ 的几何构型为正四面体。

表 1-2 一些常见有机化合物中共价键的键长

共价键	<i>l</i> /pm	共价键	<i>l</i> /pm
C—H	109	C—Br	194
C—C	154	C—I	214
C—N	147	C=C	134
C—O	143	C=O	122
C—F	141	C≡C	120
C—Cl	176	C≡N	116

(四) 键的极性

按共用电子对是否发生偏移,共价键可分为非极性共价键和极性共价键。

当两个相同元素的原子以共价键结合时,由于电负性相同,两个原子对共用电子对的吸引能力相同,共用电子对不偏向于任何一个原子,正电荷中心与负电荷中心重合,共价键没有极性。这种共价键称为非极性共价键,简称为非极性键。例如, H₂, N₂, O₂, Cl₂ 等双原子分子中的共价键都是非极性键。

当两个不同元素的原子以共价键结合时,由于元素的电负性不同,两个原子对共用电子对的吸引能力不同,共用电子对偏向于电负性较大元素的原子,使其带有部分负电荷(δ^-),而电负性较小元素的原子则带有部分正电荷(δ^+),正电荷中心与负电荷中心不重合,共价键有极性。这种共价键称为极性共价键,简称为极性键。例如,在 HCl 中,由于 Cl 吸引共用电子对的能力较强,共用电子对偏向于 Cl,因此 H—Cl 键是极性键。形成共价键的两种元素的电负性差值越大,共价键的极性就越大。

四、诱导效应

当电负性较大元素的原子与电负性较小元素的原子形成共价键时,电负性较大元素的原子带有部分负电荷,电负性较小元素的原子带有部分正电荷,从而使共价键产生极性。共价键的极性不仅存在于两个直接相连的原子之间,也影响着分子中不直接相连的其他原子,使其他原子间所形成的共价键的共用电子对或多或少向电负性较大元素的原子转移,导致不与电负性较大元素的原子直接相连的原子也带有较少的部分正电荷。例如,在 1-氯丁烷分子中,由于 Cl 的电负性较大,不仅 C—Cl 键的共用电子对偏向于 Cl,而且带有部分正电荷的 C₁ 吸引 C₁—C₂ 键的共用电子对(当然也吸引 C₁—H 键的共用电子对)或多或少偏