



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

有机化学

杨 红 主 编

中 国 农 业 出 版 社

面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

有 机 化 学

杨 红 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/杨红主编. —北京: 中国农业出版社,
2002. 6
面向 21 世纪课程教材
ISBN 7-109-07512-5

I. 有... II. 杨... 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 (2002) 第 025692 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
出版人: 傅玉祥
责任编辑 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 6 月第 1 版 2003 年 2 月北京第 2 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 23.75
字数: 420 千字
定价: 31.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”高等农林院校本科化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(04-8)课题和“新世纪高等教育教学改革工程”高等农林院校植物生产类人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践(1291B0112)课题的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。

本教材以培养学生的科学思维能力,分析问题、解决问题的能力 and 创新能力为目标,突出高等农林院校植物生产类、动物生产类和生物科学类等专业的特点,着重介绍了有机化学的基本理论和基本知识,阐明了各类有机化合物结构和性质之间的关系。全书共有 16 章,第一章论述了有机化学的研究对象、结构理论;第五章讲述了旋光异构,第六章介绍了波谱分析法在有机化学中的应用。其余各章按照化合物的分类、命名、结构特征、理化性质、波谱学特征和重要个别化合物的顺序,分别对各种有机化合物进行了较详细地阐述。书末附有一些重要有机化合物的英文名称、英文缩写与符号和主要参考文献。

本书可作高等农林院校各专业本科生教材,也可作为农、林、水科技工作者自修的参考用书。

主 编 杨 红
副 主 编 朱凤岗 张袖丽 魏沙平 陈道文
参编人员 (按姓氏笔画顺序排列)
王鸣华 付 蕾 汪建民 宋常春
陈君华 姚建国 贾中原 黄丽琴
章维华 葛惠民 程青芳

前 言

有机化学是高等农林院校植物生产类、动物生产类和生物科学类等各专业的一门重要基础课，并与许多学科交叉渗透。有机化学与生物学科有着巨大的融合力，它已成为生物科学十分重要的基础，没有足够的有机化学知识，深入理解生命物质是很困难的。尤其是近年来，生物科学的飞速发展，对有机化学提出了更高的要求，同时也促进了有机化学的迅猛发展。

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”高等农林院校本科化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践（04-8）课题和“新世纪高等教育教学改革工程”高等农林院校植物生产类人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践（1291B 0112）课题的研究成果之一。编者在多次编写教材和多年教学实践的基础上，根据项目的研究成果及全国高等农业院校植物生产类、动物生产类和生物科学类各专业“有机化学教学大纲”的要求重新编著了这本教材。

为了适应生物科学和有机化学的迅速发展，我们在编写本教材的过程中，以培养学生的科学思维能力，分析问题、解决问题的能力 and 创新能力为目标，突出农、林、水各专业的特点，采用新的构架形式和新的内容组织方法，着力拓宽知识面，努力反映学科内容的新进展，对教材内容做了如下的改革：

(1) 始终把培养学生的能力、拓宽有机化学知识、增加其适用性放在编写的首位；

(2) 用官能团系统编排，建立结构、性质、典型反应机理为主线的有机化学理论体系，不仅增强了有机化学的科学性、规律性和系统性，而且便于学生归纳、综合和应用，提高其分析问题和解决问题的能力；

(3) 鉴于近代物理分析方法在有机化学中的广泛应用，在第六章中编写了紫外光谱、红外光谱、核磁共振谱和质谱，同时在各类有机化合物章节中增添了波谱分析的有关知识；

(4) 各章除附有综合练习外，还插有适量针对性强、富有思考性的问题，以便学生及时复习和巩固所学知识。

本书由南京农业大学、山东农业大学、安徽农业大学、西南农业大学和安徽技术师范学院五所高等院校的十几位教师共同编写。本书在编写过程中，得

到了所在各院校领导和教研室其他同仁的大力支持，谨此表示衷心的感谢。

我们希望本教材能较好地反映当前“有机化学”的基本内容、学科进展、本学科当今的热点及满足教学需要。但由于学科发展迅速，加之我们自身水平和经验有限，本书不足之处在所难免，竭诚希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2001年12月

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、有机化学的研究对象	1
二、有机化合物的特性	1
三、有机化合物的结构	2
四、有机化合物的酸碱理论	12
五、有机化合物的分类	15
六、有机化学与农业科学的关系	17
习题	18
第二章 饱和烃	19
第一节 烷烃	19
一、烷烃的同系列和同分异构	19
二、烷烃的命名	21
三、烷烃的结构与构象	23
四、烷烃的物理性质	27
五、烷烃的化学性质	29
六、烷烃的天然来源及用途	32
第二节 环烷烃	32
一、环烷烃的异构和命名	32
二、环烷烃的物理性质	35
三、环烷烃的化学性质	35
四、环烷烃的结构与稳定性	37
五、环己烷及其衍生物的构象	38
习题	41
第三章 不饱和烃	44
第一节 单烯烃	44

一、烯烃的结构	44
二、烯烃的异构现象和命名	45
三、烯烃的物理性质	48
四、烯烃的化学性质	49
五、重要烯烃代表物——乙烯	55
第二节 炔烃	56
一、炔烃的结构	56
二、炔烃的异构现象和命名	57
三、炔烃的物理性质	57
四、炔烃的化学性质	58
五、重要炔烃代表物——乙炔	61
第三节 二烯烃	61
一、1,3-丁二烯的结构和共轭效应	61
二、共轭二烯烃的化学性质	65
第四节 萜类化合物	67
一、异戊二烯规律与萜的分类	67
二、单萜	68
三、倍半萜	70
四、二萜	71
五、三萜	72
六、四萜	72
习题	73
第四章 芳香烃	76
第一节 单环芳烃	77
一、单环芳烃的命名	77
二、苯的分子结构	78
三、单环芳烃的物理性质	80
四、单环芳烃的化学性质	81
五、亲电取代反应机理	84
六、亲电取代反应的定位规律及其应用	86
第二节 稠环芳烃	91
一、萘	91
二、蒽、菲	93
三、其他稠环芳烃	95
四、C ₆₀	95

第三节 非苯芳香烃	96
一、休克尔规则	96
二、非苯芳香烃	96
三、轮烯	97
习题	97
第五章 旋光异构	100
第一节 物质的旋光性	100
一、偏振光和旋光性	100
二、旋光度和比旋光度	101
三、旋光性与分子结构的关系	102
第二节 含手性碳原子化合物的旋光异构	104
一、含一个手性碳原子化合物的旋光异构	104
二、含两个手性碳原子化合物的旋光异构	107
三、含手性碳原子环状化合物的旋光异构	109
第三节 不含手性碳原子化合物的旋光异构	110
一、丙二烯型化合物的旋光异构	111
二、联苯型化合物的旋光异构	111
三、环己六醇类的旋光异构	112
第四节 旋光异构体的性质	112
第五节 动态立体化学	113
第六节 外消旋体的拆分	114
习题	115
第六章 波谱学基础	117
第一节 波谱学概述	117
第二节 紫外光谱	119
一、紫外光谱的表示方法	119
二、紫外光谱与分子结构的关系	120
三、紫外光谱在有机化学中的应用	122
第三节 红外光谱	122
一、红外光谱的基本原理	122
二、红外光谱的表示方法	123
三、红外光谱与分子结构的关系	124
四、红外光谱的解析和应用	125
第四节 核磁共振波谱	126

一、核磁共振的基本原理	126
二、核磁共振波谱的表示方法	127
三、核磁共振波谱与有机物结构的关系	128
四、核磁共振波谱的解析和应用	130
第五节 质谱	131
一、质谱的基本原理	131
二、质谱的表示方法	132
三、质谱的解析和应用	133
习题	135
第七章 卤代烃	138
一、卤代烃的分类和命名	138
二、卤代烃的性质	139
三、卤代烃的两种反应机理	143
四、卤代烃化学结构与化学活性的关系	148
五、卤代烃的光谱学特征	150
六、卤代烃的重要化合物	152
习题	153
第八章 醇、酚、醚	157
第一节 醇	157
一、醇的分类和命名	157
二、醇的物理性质	159
三、醇的化学性质	161
四、醇的光谱学特征	167
五、醇的重要化合物	167
第二节 酚	169
一、酚的分类和命名	169
二、酚的物理性质	169
三、酚的化学性质	170
四、酚的光谱学特征	174
五、酚的重要化合物	174
第三节 醚	175
一、醚的分类和命名	176
二、醚的物理性质	177
三、醚的化学性质	178

四、醚的光谱学特征	179
五、醚的重要化合物	179
第四节 硫醇、硫酚和硫醚	180
一、硫醇、硫酚和硫醚的命名	181
二、硫醇、硫酚和硫醚的物理性质	181
三、硫醇、硫酚和硫醚的化学性质	182
习题	184
第九章 醛、酮、醌	186
第一节 醛和酮	186
一、醛、酮的分类和命名	186
二、醛、酮的物理性质	188
三、醛、酮的化学性质	188
四、醛、酮的光谱学特征	197
五、醛、酮的重要化合物	198
第二节 醌	200
一、醌的结构和命名	200
二、醌的性质	201
三、醌的重要化合物	202
习题	203
第十章 羧酸及其衍生物	206
第一节 羧酸	206
一、羧酸的分类和命名	206
二、羧酸的物理性质	208
三、羧酸的化学性质	209
四、羧酸的光谱学特征	215
五、羧酸的重要化合物	216
第二节 羧酸衍生物	217
一、羧酸衍生物的命名	217
二、羧酸衍生物的物理性质	218
三、羧酸衍生物的化学性质	220
四、羧酸衍生物的重要化合物	224
习题	224
第十一章 取代酸	227
第一节 羟基酸	227

一、羧酸的分类和命名	227
二、羧酸的性质	228
三、羧酸的重要化合物	231
第二节 羧基酸	233
一、羧基酸的分类和命名	233
二、酮酸的化学性质	234
三、羧基酸的重要化合物	235
第三节 乙酰乙酸乙酯	237
一、互变异构现象	237
二、乙酰乙酸乙酯的性质	238
习题	240
第十二章 含氮和含磷有机化合物	242
第一节 胺	242
一、胺的分类和命名	242
二、胺的结构	244
三、胺的物理性质	245
四、胺的化学性质	246
五、胺的光谱学特征	251
六、胺的重要化合物	251
第二节 重氮化合物和偶氮化合物	254
一、芳香族重氮盐	254
二、偶氮染料与指示剂	257
第三节 其他含氮有机化合物	259
一、硝基化合物	259
二、腈类化合物	261
三、碳酸酰胺	261
四、苯磺酰胺	263
第四节 含磷有机化合物	264
一、含磷有机化合物的分类和命名	265
二、磷酸和磷酸酯类化合物	266
三、磷酸酯和硫代磷酸酯类化合物	267
习题	269
第十三章 杂环化合物和生物碱	272
第一节 杂环化合物	272

一、杂环化合物的分类和命名	272
二、单杂环化合物的结构	275
三、单杂环化合物的物理性质	277
四、单杂环化合物的化学性质	277
五、杂环化合物及其衍生物	280
第二节 生物碱	286
一、生物碱概述	286
二、生物碱的提取方法	286
三、生物碱选述	287
习题	290
第十四章 脂类	292
第一节 油脂	292
一、油脂的存在和用途	292
二、油脂的结构和组成	293
三、油脂的物理性质	295
四、油脂的化学性质	295
第二节 类脂化合物	298
一、磷脂	298
二、蜡	301
三、甾族化合物	302
第三节 肥皂及表面活性剂	305
一、肥皂及其乳化作用	305
二、合成表面活性剂	307
习题	308
第十五章 糖类化合物	310
第一节 单糖	310
一、单糖的结构	311
二、单糖的物理性质	315
三、单糖的化学性质	315
四、重要的单糖及其衍生物	321
第二节 二糖	324
一、还原性二糖	324
二、非还原性二糖	326
第三节 多糖	327

一、淀粉	328
二、纤维素	330
三、其他重要的多糖	332
习题	334
第十六章 氨基酸、蛋白质和核酸	336
第一节 氨基酸	336
一、氨基酸的结构、分类和命名	336
二、氨基酸的物理性质	338
三、氨基酸的化学性质	338
四、氨基酸的光谱学特征	343
第二节 蛋白质	343
一、蛋白质的元素组成和分类	343
二、蛋白质的结构	344
三、蛋白质的性质	348
第三节 核酸	350
一、核酸的化学组成	351
二、核酸的结构	353
三、核酸的生物功能	355
习题	357
附录 I 常见有机化合物中、英文名对照	358
附录 II 常见缩写与符号	362
参考文献	364

第一章 绪 论

一、有机化学的研究对象

有机化学 (organic chemistry) 是化学的一个分支, 它是研究有机化合物的组成、结构、性质、应用及其变化规律的科学。

有机化合物 (organic compounds) 一般是指含碳原子的化合物。但是, 含碳原子的化合物并不全被认为是有机化合物, 如二氧化碳、氢氰酸、碳酸盐等仍作为无机化合物看待。早期人们认为有机化合物只能从动植物等有机体中产生, 且都与生命活动有关系, 因而称这些化合物为有机化合物。1828年, F. Wöhler 在实验室里由无机化合物制得了尿素这一有机化合物。不久, 人们不但仿制出自然界已存在的一些有机化合物, 而且能在实验中人工合成许多自然界不存在的同类物质, 使有机化合物的涵义发生了根本的变化。由于有机化合物都含有碳和氢这两种元素, 故有机化合物也可称为碳氢化合物和它们的衍生物。衍生物是指化合物的某个原子 (团) 被其他原子 (团) 取代后衍生出来的那些化合物。

有机化学是研究碳化合物的化学, 也可以说是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

然而, 有机化合物之所以与无机化合物不同, 除历史原因外, 更主要的是由其自身的结构和性质所决定的。

二、有机化合物的特性

1. 数目繁多 1999年12月, 美国化学文摘收录的从自然界得到的和用人工方法合成制备的化合物数目已经达到 2 230 万种, 其中 90% 为有机化合物。组成无机化合物的元素多达 100 多种, 但总数远不能和有机化合物相比, 且差距十分悬殊。

有机化合物之所以有如此庞大的数目, 与碳原子有特强的成键能力有关。其形成的碳链既可以是开链状的, 也可以是环状的。有机化合物所含的碳原子数目可以很多, 即使相对分子质量不大的分子, 其原子间的组合键连方式也能

有不同的形式。有相同分子式但不是同一个化合物的现象普遍存在，即同分异构物现象。

2. 结构复杂 无机化合物多数只由几个原子组成，而有机化合物要复杂得多。如维生素 B₁₂ 的分子式为 C₆₃H₉₀O₁₄N₁₄PCo；新型、优良的抗生素类杀虫剂阿维菌素的主要活性组分 B1_a 的分子式为 C₄₉H₇₄O₁₄。

3. 易燃性 因有机化合物含有碳、氢等可燃元素，故绝大多数的有机化合物都可以燃烧。有些有机化合物本身是气体或是挥发性较大、低沸点的液体，这就要求我们在处理或使用这些有机化合物时要特别注意消防安全。

4. 熔点低 组成有机化合物晶体的单位是分子，通常分子与分子之间的作用力较小，所以有机化合物的熔点较低，一般不超过 400℃。

5. 水溶性小 有机化合物大多数难溶于水，易溶于非极性或极性小的有机溶剂，而无机化合物则相反，一般较易溶于水，可用“相似相溶”的经验规律来解释有机化合物的溶解度问题。

6. 反应慢、副反应多 绝大多数有机化合物的反应都较慢，完成反应需要几个到几十个小时。为了加快反应，采用加热、搅拌、加催化剂等手段来促进反应的发生和进行。有机反应涉及键的断裂和生成，但专一性的断键较难控制，即可能发生副反应，产生副产物。如何提高反应产率、遏制不需要的副反应仍是有机化学家们一直在努力的目标。

三、有机化合物的结构

(一) 结构理论 有机化合物为什么有着与无机化合物不同的特性呢？根本的原因在于有机化合物中各原子是以共价键键合而成的。原子如何通过共价键形成稳定的分子呢？甲烷具有正四面体构型，而乙烯为平面型分子，这又是为什么呢？可用价键理论、杂化轨道理论和分子轨道理论来加以说明。

1. 价键理论 1927 年，海特勒 (W. Heitler) 及伦敦 (F. London) 首先应用量子力学成功地解释了 2 个氢原子以共价键的形式形成氢分子的问题。当 2 个氢原子相互接近时，若它们各自带有的单电子是自旋反平行的，那么 2 个原子间的作用是互相吸引而且能量下降。当 2 个氢原子核间的距离缩小到一定程度，即吸引力与排斥力达到平衡时，体系能量降低，这时 2 个氢原子成键，形成稳定的氢分子。价键理论将对氢分子形成共价键的解释推广到双原子或多原子分子的共价键中，其主要内容如下：