



新世纪课程教材

Textbook Series of New Century

全国高等医药院校教材 • 供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

有机化学

第五版 主 编 吕以仙

副主编 陆 阳



人民卫生出版社

新世纪课程教材
全国高等医药院校教材
供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

有机化学

第五版

主 编 吕以仙

副主编 陆 阳

编 者(以姓氏笔画为序)

龙盛京(广西医科大学)

李平亚(吉林大学白求恩医学部)

刘文燊(中山医科大学)

陆 阳(上海第二医科大学)

刘俊义(北京大学医学部)(兼秘书)

陈洪超(四川大学华西药学院)

吕以仙(北京大学医学部)

唐玉海(西安交通大学理学院)

余 瑜(重庆医科大学)

夏淑贞(华中科技大学同济医学院)

张鲁雁(复旦大学医学院)

魏百琪(南京医科大学)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/吕以仙主编. - 5版. - 北京:人民卫生出版社, 2001

ISBN 7-117-04247-8

I. 有… II. 吕… III. 有机化学-医学院校-教材 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043108 号

有机化学

第五版

主 编: 吕以仙

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 24

字 数: 519 千字

版 次: 1978 年 10 月第 1 版 2002 年 1 月第 5 版第 35 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04247-8/R·4248

定 价: 29.30 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

全国高等医药院校五年制临床医学专业

第五轮教材修订说明

为适应我国高等医学教育改革和发展的需要,经卫生部临床医学专业教材评审委员会审议,卫生部教材办公室决定从1998年开始进行临床医学专业教材第五轮修订。在总结第四轮教材编写质量、使用情况的基础上,提出第五轮修订要面向21世纪,遵循培养目标,适用于本科五年制教学需要;突出教材三基(基础理论、基本知识和基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)的特点,注重教材的整体优化及编写的标准化、规范化。同时决定第五轮教材的修订分两批进行,第二批修订是由全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室共同组织的。全套教材共50种,第五轮修订40种,新增10种,并有26种是五、七年制共用教材。随着学科发展的需要,教材名称以及必修课与选修课的科目也有所调整。

五年制五轮教材目录

必修课教材

- | | | | |
|------------------|---------|-----------------|---------|
| △1. 《医用高等数学》第三版 | 主编 张选群 | 15. 《病理生理学》第五版 | 主编 金惠铭 |
| △2. 《医学物理学》第五版 | 主编 胡新珉 | 16. 《药理学》第五版 | 主编 金有豫 |
| △3. 《基础化学》第五版 | 主编 魏祖期 | △17. 《医学心理学》第三版 | 主编 姜乾金 |
| | 副主编 祁嘉义 | △18. 《法医学》第三版 | 主编 王保捷 |
| △4. 《有机化学》第五版 | 主编 吕以仙 | 19. 《诊断学》第五版 | 主编 陈文彬 |
| | 副主编 陆阳 | | 副主编 王友赤 |
| △5. 《医学生物学》第五版 | 主编 左伋 | 20. 《医学影像学》第四版 | 主编 吴恩惠 |
| △6. 《系统解剖学》第五版 | 主编 柏树令 | 21. 《内科学》第五版 | 主编 叶任高 |
| 7. 《局部解剖学》第五版 | 主编 彭裕文 | | 副主编 陆再英 |
| 8. 《组织学与胚胎学》第五版 | 主编 邹仲之 | 22. 《外科学》第五版 | 主编 吴在德 |
| △9. 《生物化学》第五版 | 主编 周爱儒 | | 副主编 郑树 |
| | 副主编 查锡良 | 23. 《妇产科学》第五版 | 主编 乐杰 |
| 10. 《生理学》第五版 | 主编 姚泰 | 24. 《儿科学》第五版 | 主编 王慕逖 |
| | 副主编 乔健天 | 25. 《神经病学》第四版 | 主编 王维治 |
| 11. 《医学微生物学》第五版 | 主编 陆德源 | | 副主编 罗祖明 |
| △12. 《人体寄生虫学》第五版 | 主编 詹希美 | 26. 《精神病学》第四版 | 主编 郝伟 |
| △13. 《医学免疫学》第三版 | 主编 陈慰峰 | 27. 《传染病学》第五版 | 主编 彭文伟 |
| 14. 《病理学》第五版 | 主编 杨光华 | 28. 《眼科学》第五版 | 主编 惠延年 |

- | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 29. 《耳鼻喉科学》第五版 | 主编 田勇泉
副主编 孙爱华 | 34. 《卫生学》第五版 | 主编 仲来福
副主编 刘移民 |
| △30. 《口腔科学》第五版 | 主编 张志愿 | 35. 《预防医学》第三版 | 主编 叶葶葶 |
| △31. 《皮肤性病学》第五版 | 主编 张学军 | △36. 《中医学》第五版 | 主编 郑守曾 |
| △32. 《核医学》第五版 | 主编 李少林
副主编 张永学 | △37. 《计算机应用基础》第二版 | 主编 邹赛德
副主编 杨长兴 |
| 33. 《流行病学》第五版 | 主编 王建华 | △38. 《体育》第二版 | 主编 裴海泓 |

选修课教材

- | | | | |
|----------------|--------|----------------|--------|
| △39. 《细胞生物学》 | 主编 凌诒萍 | 45. 《临床流行病学》 | 主编 王家良 |
| △40. 《医学分子生物学》 | 主编 冯作化 | △46. 《康复医学》第二版 | 主编 南登崑 |
| △41. 《医学遗传学》 | 主编 陈竺 | △47. 《医学文献检索》 | 主编 方平 |
| 42. 《临床药理学》第二版 | 主编 徐叔云 | △48. 《卫生法》 | 主编 赵同刚 |
| 43. 《医学统计学》第三版 | 主编 马斌荣 | △49. 《医学导论》 | 主编 文历阳 |
| △44. 《医学伦理学》 | 主编 丘祥兴 | △50. 《全科医学概论》 | 主编 杨秉辉 |

注：画△者为五、七年制共用教材

全国高等医药院校临床医学专业 第四届教材评审委员会

主任委员 裘法祖

副主任委员 杨光华

委员

(以姓氏笔画为序)

方 圻 (特邀)	卢永德	乐 杰	许积德
朱元珏	朱学骏	乔健天	吴恩惠
陈文彬	陆美芳	武忠弼 (特邀)	郑 树
周 申	周东海	金有豫	金惠铭
南 潮	钟世镇	谈一飞	彭文伟
董永绥			

第五版前言

根据全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办于2000年11月在武汉召开的临床医学专业本科生规划教材主编人会议精神,修订、编写了第五版《有机化学》规划教材。本版教材力求突出“三基”、“五性”的特点,并适当提高起点和拓宽知识面,以适应21世纪高等临床医学专业人才培养的需要。

第五版教材是在徐景达教授主编的四版教材的基础上修订、编写而成的。全书共分19章,主要在以下几个方面作了适当增删与调整:

1. 本书为临床医学专业五年制和七年制共用规划教材。为便于选择教学内容,正文的第2章~第18章中的最后一节为“综合与扩展”,此节内容主要是为七年制学生使用,也可作为五年制教学因材施教。其他内容均为五年制和七年制共用(习题中,标有星号线之后的习题,为七年制学生用)。

2. 环烷烃与烷烃合并列章;对映异构内容提前,列在第3章,目的是为了让学生尽早学习立体化学的基本知识,以便能在后续章节中得到应用,使立体化学的概念贯穿在全书的始终。

3. 五版增加共振结构的基本知识,对难以用共轭和诱导等电子理论阐述的反应机制和结构的内容,采用共振结构作简明阐述。

4. 第四版将紫外、红外和核磁共振谱以及质谱等四谱内容排在卷末,第五版删去了质谱,对其余三个波谱主要从应用方面介绍基本知识,列在第6章,并在其后的各章中列为物理性质之一,对相应化合物的红外光谱和质子核磁共振谱作一简要说明。

5. 本版教材在物理性质中列入了相应化合物的英文名称,目的是让学生掌握一些典型有机化合物的英文名称及其词尾变化规律,为今后阅读参考书和查阅文献奠定一点必要的有机化学外语基础。

6. 五版增加了“生物体内有机反应简介”一章,该章旨在作为七年制学生和五年制优秀生课外阅读材料,它是学生自我考查运用“三基”的能力,因此也可称为自测练习章。

本教材由全国11所大学12名教学第一线的有机化学教授编写。另外,吉林大学白求恩医学部魏俊杰教授、上海第二医科大学陈泽乃教授和复旦大学江世益教授分别审阅了部分书稿,并提供了许多宝贵修改意见,在此谨向他们表示诚挚的谢意。本书在编写过程中还得到卫生部教材办公室、北京大学医学部和广西医科大学及其化学教研室的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,不妥之处在所难免,诚请广大师生和读者批评指正。

编者

2001年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物和有机化学	1
第二节 共价键	2
一、经典共价键理论.....	2
二、现代共价键理论.....	3
三、杂化轨道.....	4
四、共价键的属性.....	5
第三节 分子的极性	7
第四节 有机化合物的官能团和反应类型	8
一、官能团.....	8
二、有机化合物反应类型.....	9
第五节 有机酸碱概念	9
一、勃朗斯德酸碱理论.....	10
二、路易斯酸碱.....	10
第六节 确定有机化合物结构的步骤与方法	11
一、分离纯化.....	11
二、元素分析.....	12
三、确定实验式和分子式.....	12
四、结构式的测定.....	12
第七节 分子轨道和共振结构	13
一、分子轨道.....	13
二、共振结构.....	14
习题.....	15
第二章 烷烃和环烷烃	17
第一节 烷烃	18
一、烷烃的结构.....	18
二、烷烃的构造异构和命名.....	20
三、烷烃的构象异构.....	24
四、烷烃的物理性质.....	27
五、烷烃的化学性质.....	28
第二节 环烷烃	33
一、环烷烃的分类和命名.....	33

二、环烷烃的结构与稳定性	35
三、环烷烃的性质	36
四、环烷烃的构象	37
第三节 综合与扩展	39
一、螺环烃和桥环烃的命名	39
二、烷基自由基的构型与稳定性	40
三、影响环己烷构象的稳定性因素	41
四、二取代环己烷的构象分析	42
习题	43
第三章 对映异构	45
第一节 对映体	45
一、手性	45
二、手性分子和对映体	46
三、对称面和非手性分子	47
四、判断对映体的方法	47
第二节 旋光性	48
一、平面偏振光	48
二、旋光性	48
三、旋光度与比旋光度	48
第三节 外消旋体	50
第四节 非对映体和内消旋化合物	51
一、非对映体	51
二、内消旋化合物	52
第五节 费歇尔投影式	53
第六节 构型命名	54
一、D.L命名法	54
二、R.S构型命名法	55
第七节 手性分子的形成和生物作用	56
一、手性分子的形成	56
二、手性分子的生物作用	58
第八节 综合与扩展	59
一、无手性碳原子的对映异构体	59
二、外消旋体的拆分	60
三、光学纯度	61
四、环状化合物的对映异构	61
五、前手性原子和前手性化合物	63
习题	64

第四章 烯烃和炔烃	67
第一节 烯烃	67
一、烯烃的结构	67
二、烯烃的命名和异构现象	68
三、烯烃的物理性质	72
四、电子效应	73
五、烯烃的化学性质	75
六、二烯烃的结构、分类及命名	78
七、共轭二烯烃的性质	79
八、天然存在的共轭烯烃	81
第二节 炔烃	82
一、炔烃的结构	82
二、炔烃的异构现象和命名	83
三、炔烃的物理性质	83
四、炔烃的化学性质	84
第三节 综合与扩展	85
一、烯烃和炔烃与 HBr 加成的过氧化物效应	85
二、烯烃加成的立体选择反应和立体专一反应	86
三、烯烃的聚合反应和医用高分子材料	88
四、富勒烯简介	89
习题	90
第五章 芳香烃	93
第一节 苯及其同系物	93
一、苯的结构	93
二、苯的同系物的命名	95
三、苯及其同系物的物理性质	96
四、化学性质	97
第二节 稠环芳香烃	100
一、结构和命名	100
二、萘的卤代、硝化和磺化等取代反应	101
三、萘的加成反应	101
第三节 芳香性：$4n + 2$ 规则	102
第四节 苯环取代的定位效应	103
一、定位规律	103
二、定位效应的解释	104
三、定位规律的应用	105

第五节 综合与扩展	105
一、致癌稠环芳烃	105
二、化合物的不饱和度	106
习题	107
第六章 有机波谱学基础	109
第一节 吸收光谱的一般原理	109
第二节 紫外光谱	110
一、紫外光谱的基本原理	110
二、紫外光谱的常用术语	112
三、紫外光谱在有机结构分析中的应用	112
第三节 红外光谱	113
一、红外光谱的基本原理	113
二、红外吸收峰的数目、位置和强度	113
三、各类化合物的红外光谱举例	116
四、红外光谱的解析	120
第四节 核磁共振谱	122
一、核磁共振基本原理	122
二、化学位移	124
三、吸收峰的面积——质子的数目	127
四、自旋偶合-裂分	127
五、 ^1H NMR 谱的解析	130
第五节 综合与扩展	132
习题	132
第七章 卤代烃	136
第一节 卤代烃的分类和命名	136
第二节 卤代烃的物理性质	137
第三节 卤代烃的化学性质	138
一、卤代烷的亲核取代反应	138
二、卤代烃与金属反应	142
三、卤代烷的消除反应	143
四、卤代烯烃的取代反应	146
第四节 综合与扩展	147
一、卤代烷亲核取代反应的立体化学	147
二、卤代物与环境保护	148
习题	150

第八章 醇、硫醇、酚	152
第一节 醇	152
一、结构、分类和命名	152
二、物理性质	153
三、化学性质	155
第二节 硫醇	159
一、结构与命名	159
二、物理性质	159
三、化学性质	159
第三节 酚	161
一、结构、分类和命名	161
二、物理性质	162
三、化学性质	163
第四节 综合与扩展	165
一、甲醇、乙醇的功能与毒性	165
二、二甲基亚砷的结构和性能	166
三、邻二醇类和烯醇的特性	167
四、正碳离子的重排	168
五、酚的自氧化与醌的结构	169
习题	170
第九章 醚和环氧化合物	172
第一节 醚	172
一、结构和命名	172
二、物理性质	173
三、化学性质	174
第二节 环氧化合物	175
一、结构与命名	175
二、开环反应	176
第三节 综合与扩展	177
一、环氧化合物开环反应机制	177
二、乙醚的性能与过氧化	178
三、醚类与麻醉剂	179
四、冠醚的结构与功能	179
习题	180
第十章 醛和酮	183
第一节 醛、酮的分类和命名法	183

第二节 醛、酮的结构及其物理性质	184
第三节 醛酮的化学性质	186
一、亲核加成反应	186
二、 α -碳及其氢的反应	190
三、氧化反应和还原反应	192
第四节 综合与扩展	193
一、羰基加成的立体化学	193
二、甲醛	195
三、醛酮化合物的外消旋化	195
习题	196
第十一章 羧酸和取代羧酸	199
第一节 羧酸	199
一、羧酸的结构、分类和命名	199
二、羧酸的物理性质	200
三、羧酸的化学性质	202
第二节 取代羧酸	206
一、羟基酸	206
二、酮酸	210
三、酮式-烯醇式互变异构现象	211
第三节 综合与扩展 α -酮酸的氨基化反应	213
习题	214
第十二章 羧酸衍生物	217
第一节 羧酸衍生物的命名	217
一、酰卤的命名	217
二、酸酐的命名	217
三、酯的命名	218
四、酰胺的命名	218
第二节 羧酸衍生物的性质	219
一、物理性质	219
二、化学性质	220
第三节 综合与扩展	224
一、酯的缩合反应	224
二、碳酸衍生物	225
三、聚酰胺的结构、性质和用途	228
习题	230
第十三章 胺和生物碱	232

第一节 胺	232
一、胺的分类和命名	232
二、胺的结构	233
三、胺的物理性质	235
四、胺的化学性质	237
第二节 重氮盐的性质	240
第三节 综合和扩展	242
一、生物碱的概念及临床应用	242
二、吗啡、可待因和海洛因的结构、功能和毒害	244
三、苯丙胺类药物	245
四、生源胺的概念	245
习题	246
第十四章 杂环化合物	248
第一节 杂环化合物的分类和命名	248
第二节 五元杂环化合物	250
一、吡咯、咪唑和噻吩的结构和性质	250
二、咪唑的结构与功能	252
第三节 六元杂环化合物	253
一、吡啶的结构和性质	253
二、嘧啶及其衍生物	257
第四节 稠杂环化合物	258
第五节 综合与扩展	259
一、含有“饱和原子”的杂环化合物的命名	259
二、磺胺类药物	260
三、NAD ⁺ 和NADH的结构和功能	261
习题	263
第十五章 糖类	265
第一节 单糖	265
一、糖的开链结构及构型	266
二、单糖的环状结构	268
三、单糖的物理性质	270
四、单糖的化学性质	271
第二节 双糖和多糖	274
一、双糖	275
二、多糖	277
第三节 综合与扩展	279

一、氨基糖与血型物质	280
二、环糊精	281
习题	282
第十六章 脂类	285
第一节 脂类中的脂肪酸	285
一、脂肪酸的命名、分类和结构	285
二、脂肪酸的共性	287
三、多不饱和脂肪酸的生物活性	287
第二节 三酰甘油(油脂)	288
一、三酰甘油的结构、组成和物理性质	288
二、化学性质	289
第三节 磷脂和糖脂	290
一、磷脂	290
二、糖脂	293
三、磷脂与细胞膜	294
第四节 甾族化合物	296
一、甾族化合物的基本结构	296
二、甾醇和胆甾酸	298
第五节 综合与扩展	301
一、肾上腺皮质激素	301
二、性激素	302
习题	304
第十七章 氨基酸、多肽和蛋白质	306
第一节 氨基酸	306
一、氨基酸的结构、分类和命名	306
二、营养必需氨基酸	309
三、修饰氨基酸和非蛋白质氨基酸	310
四、氨基酸的性质	311
第二节 肽	314
一、肽的结构和命名	314
二、肽键平面	316
三、生物活性肽	317
第三节 蛋白质	318
一、元素组成和分类	319
二、蛋白质的分子结构	319
三、蛋白质的性质	327

第四节 综合与扩展	331
一、氨基酸等电点的计算	331
二、多肽的末端分析和结构测定	333
三、溶菌酶的功能与结构	335
习题	336
第十八章 核酸	338
第一节 核酸的分类和化学组成	338
一、核酸的分类	338
二、核酸的化学组成	338
第二节 核苷和核苷酸的结构和命名	340
一、核苷	340
二、核苷酸	341
第三节 核酸的结构	342
一、核酸的一级结构	342
二、DNA 的双螺旋结构	342
三、RNA 的二级结构简介	344
第四节 核酸的理化性质	346
一、物理性质	346
二、酸碱性	346
三、变性和复性	346
第五节 综合与扩展	347
一、ATP 的结构与功能	347
二、基因密码	348
习题	348
第十九章 生物体内有机反应简介	350
第一节 酶的分类和特点	350
一、酶的催化特点	351
二、酶促反应过程	351
第二节 生物有机反应	352
一、酶催化的碳-碳双键加成反应	352
二、酶催化的羰基还原反应	352
三、酶催化的醇醛缩合反应	353
四、酶催化的烯醇化反应	355
五、酶催化亲核取代反应	355
六、生物体内酯的水解反应	356
七、糖原的水解反应	357

习题	358
主要参考文献	359
附录一 一些化合物的 pK_a	360
附录二 元素周期表	361
索引	362

第一章 绪 论

有机化合物分子中，原子间主要以共价键相结合。掌握共价键的本质是学习和理解有机化合物结构与性质关系和反应机制以及化合物稳定性的基础。因此本章对路易斯结构和现代价键理论作一简要回顾；有些化合物的结构用单一路易斯结构式不能准确表达，然而运用共振结构却有它的独到之处，为此对共振结构作一简介；掌握路易斯酸碱概念对理解有机反应十分有用，故将其作为一个知识点加以阐述。了解有机化合物分类和反应类型及确定结构式的步骤与方法对提高学习有机化学的综合分析能力也是十分必要的，本章对此方面内容作一扼要介绍。

第一节 有机化合物和有机化学

最初化学物质来源于两个途径：一来源于无生命的矿物质中，二取之于有生命的动植物体中。化学家发现来源不同的两类化合物有着显著不同的性质。例如来源于动植物体中的化合物，一般对热不稳定，加热易分解等特性。早期化学家就根据来源不同将化合物分为无机物和有机物两大类。把从矿物中得到的化合物称无机物；从动植物体中获得的物质叫做有机物。在化学发展史的长河中曾经有过一段时期，许多化学家一直认为有机化合物必须来源于有生命的机体，决不能由无机物合成。1828年德国的一位28岁的年轻化学家—魏勒(F. Wöler)在实验室里从典型的无机化合物——氰酸钾与氯化铵成功地合成了有机化合物——尿素。从此打破了只能从有生命的机体得到有机化合物的错误理念。此后人们又陆续地合成了成千上万的有机化合物。如今，许多生命物质，例如蛋白质、核酸和激素等也都成功地合成出来。由于历史的沿用，现在人们仍然使用“有机”两个字描述有机物和有机化学。不过它的含义与早期“有机”的含义有着本质上的差异。无机物与有机物在组成上也有着明显不同之处，构成无机化合物的元素有一百余种，而在有机化合物中只包含为数有限的几种元素。所有的有机化合物都含有碳元素，多数的含有氢，其次含有氧、氮、卤素、硫和磷等元素。尽管组成有机化合物的元素种类为数不多，但有机化合物的数目却是十分惊人的，已达到上千万。而无机化合物却只有几十万。现在，一般指含碳的化合物或碳氢化合物及其衍生物为有机化合物。不过要把CO、CO₂和碳酸以及碳酸盐等除外，因为它们的性质与无机化合物相同。有机化学的现代定义是指研究含碳化合物的化学。有机化学是医学课程中的一门重要基础课，也是生命科学学科不可缺少的化学基础。人体组织的组成成分除了水分和无机离子外，几乎都是由有机分子组成的，机体的生化代谢过程和生物转化过程实际就是机体内有机化学反应的体现。因此只有掌握了有机化合物结构与性质的关系，才能认识蛋白质、核酸和酶等生命物质的结构和功能，为探索生命的奥妙奠定基础。