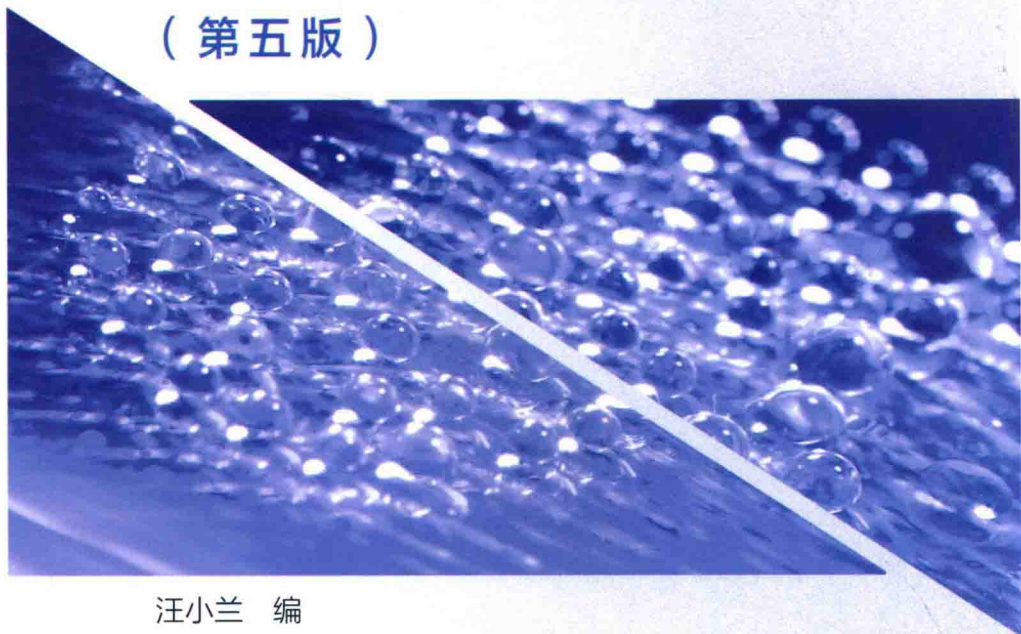


● 高 等 学 校 教 材

有机化学

(第五版)



汪小兰 编
蒋腊生 修订

高等教育出版社

有机化学

(第五版)

汪小兰 编
蒋腊生 修订

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为综合性大学和师范院校生物学类专业编写的有机化学教科书。根据近年来有机化学和生物学科的发展,本书在第四版的基础上作了适当修改和增删,对个别章节的安排有所调整,增加了一些反应实例、重大新进展介绍,以及一些习题及部分参考答案,并保持第四版“少而精,使用面广,便于自学”的特色。

本书也可供其他专业用于少学时有机化学教材。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学 / 汪小兰编. -- 5 版. -- 北京: 高等教育出版社, 2017.3

ISBN 978-7-04-047331-5

I. ①有… II. ①汪… III. ①有机化学-高等学校-教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 020781 号

YOUJI HUAXUE

策划编辑 郭新华
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 曹 瑛
责任校对 刘春萍

封面设计 于文燕
责任印制 耿 轩

版式设计 马 云

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 27
字 数 650 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 1979 年 6 月第 1 版
2017 年 3 月第 5 版
印 次 2017 年 3 月第 1 次印刷
定 价 45.00 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 47331-00



第五版前言

进入 21 世纪以来,全球化学发现呈大幅增长趋势,有机化学学科也得到持续飞速发展,有机化合物的种类更以惊人的速度增长。为适应当前学科的发展和我国高等教育改革与人才培养的需要,受汪小兰教授的委托,对《有机化学》(第四版)进行修订。

本次修订,在保持原书特色与风格的基础上,结合现代教学的发展与特点,进行了适当的修改、删减和调整:

1. 对一些在有机合成中有重要应用的有机反应,在原反应通式的基础上,增加了反应实例,如 Diels-Alder 反应、羰基化合物及羧酸衍生物与格氏试剂等的反应。

2. 根据原书的特色,鉴于一些有机化合物在生命科学和生活中的重要性,通过文献调研,对合成橡胶、有机磷农药、染料和糖精等内容进行了更新,增加了对水果催熟剂——乙烯利,抗氧化剂——BHT 及酚类抗氧化剂的介绍。

3. 增加了有机化学方面具有重要意义的新进展的介绍,如石墨烯、青蒿素和不对称合成。

4. 为方便学生检验自己对有机化学知识的理解与掌握,适当增加了习题的答案与提示。

本次修订得到了汪小兰教授的精心指导;华南师范大学有机化学研究所全体同事对本次修订提出了许多宝贵的意见与建议;修订稿经北京师范大学尹冬冬教授审阅,并提出修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

鉴于本人水平所限,书中错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

蒋腊生

2016 年 9 月



第四版前言

根据化学与相关学科的发展及深化教学改革,培养高素质人才的需要,对本书第三版再次进行修订。

此次修订在保留本书原有特色及不增加过多篇幅的原则上,进行了修改、删减、增加及调整,并增加了部分习题的参考答案或提示。

鉴于光谱法的应用已非常广泛,故将“光谱法在有机化学中的应用”一章提前至第七章,并对内容进行了调整。在该章中,对红外光谱、紫外光谱及 ^1H 核磁共振谱进行了一般讨论。对羟基、羰基、羧基、氨基等官能团的红外光谱分别在有关章节再作具体讨论以加深印象;并在这些章中附有习题以巩固所学知识。

随着有机化学学科的发展及生物学科的实际需要,删去了一些应用已逐渐减少的反应,增加了一些立体化学的内容。

为适应双语教学的需要,将有机化学中最基本的名词、术语以及与生物密切相关的化合物等的英文名称,均附在正文中。并增加了以小字编排的几类主要化合物的最基本的英文命名原则。

为拓宽知识面,增加了一些近年来有机化学与相关学科间的联系及有机化学在生产与生活中应用方面的内容,这些内容大都可以自学。

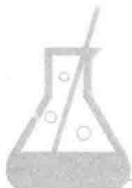
由于有机化学的习题常常不只有一种解法,故书后所附习题答案仅为参考答案。此次修订对习题作了少量的增删。如果希望做更多的习题,可以参阅由高等教育出版社出版,王长凤、曹玉蓉编写的《有机化学例题与习题》第二版。

北京师范大学尹冬冬教授、首都师范大学吴毅为教授、天津师范大学冯金城教授、南开大学曹玉蓉教授等,对本书的修订提出过许多宝贵的意见与建议;修订稿经南开大学唐士雄及曹玉蓉二位教授审阅,并提出修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

书中错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

汪小兰

2004年岁末



第三版前言

本书第一版是为生物系非生化专业编写的少学时的有机化学教科书,但多年来,第一版及第二版除生物系外,还被许多院校的非生物专业采用,许多院校的老师曾对本书提出过不少很好的建议与意见。

近年来有机化学的发展是惊人的,但作为非化学专业的基础课,只需要掌握有机化学的最基本知识点。此次修订,虽对第二版的内容未做过多的变动,但更新一些知识是必要的。为了基本保持原来的篇幅,根据学科的发展及当前教育教学改革的形势,删去了一些与无机化学重复的内容,或不属于有机化学的基本知识点的内容,或现今已显得有些过时的内容。而对某些理论问题、反应机理等有所修改或加深;用较少的篇幅增加了一些对拓宽知识面可能是有益的内容;对文字叙述进行了全面、仔细的修订;某些化合物的物理性质等,按 The Merck Index 10 th Ed 进行了校正。

由于从生化角度考虑,将第二版中的第十五章及第十六章合并为类脂化合物,基本内容未做变动。

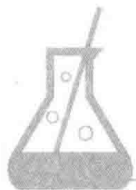
每章之后附有相当数量的习题,难易程度不同,以便根据需要选择。在学习上潜力较大的学生,如希望做更多的习题,可以选用王长风、曹玉蓉编写的《有机化学例题与习题》。

本修订稿经唐士雄教授审阅、习题经曹玉蓉副教授审阅,提出了很多宝贵意见。在此对他们以及过去对本书提出过意见与建议的老师们表示由衷的谢意。

错误及不妥之处,恳切希望读者批评指正。

汪小兰

1996. 7.



第二版前言

近年来有机理论方面的发展极为迅速。有机理论已不再只是用来解释已知的实验事实,而是可以用来指导实践,探索新的合成途径,设计新的分子,因此有机理论在有机化学中应该占有相当的地位。再者,生物学科的发展对有机化学的要求也愈来愈深,仅仅掌握各类官能团的性质,显然已不能适应发展的需要,而必须对反应机理、立体化学等方面的内容有较为深入的了解,才能更好地理解与研究生物体内的化学变化。因此,这次修改的一个方面是,增加或加深了与生化过程有关的某些反应机理的论述。但这本教材是为非生化专业编写的,而且由于学时所限,这部分内容不可能过多,过深。

分子轨道理论问题在有机化学理论中日趋重要,学习一些简单的概念,看来是有必要的。因此增加了“分子轨道理论简介”一章。考虑到目前的实际需要及学时,该章的内容是基于在无机及分析化学中已学过一些有关价键理论的基本知识的基础上,仅对乙烯、1,3-丁二烯及苯的结构作一些定性的介绍。

应用近代物理方法研究有机分子的结构,已是有机化学中极为重要的一个方面。此次修订,增加了“光谱法在有机化学中的应用”一章,简单地介绍了紫外、红外及核磁共振谱。

为了使不同学校便于根据自己的具体情况灵活处理,所以将分子轨道理论及光谱法作为单独的两章,而没有分散在有关章节中。同时在本章的偶氮化合物及染料一节中仍保留了与光谱法一章有些重复的内容。

各类有机化合物的制备是有机化学中极为重要的一个方面,但鉴于某一类化合物的性质,往往就是另一类化合物的制备方法,又由于考虑到生物系的实际需要及篇幅,所以第一版以至此次修订,都没有将制备列入。但在习题中将尽可能地反映这方面的内容,并且也为此增加了一些有机合成中极为重要的反应。

书中所编内容,较目前教学学时为多,可根据情况自行取舍,或做学生自学内容。

为有助于加深理解并牢固掌握所学内容,多做习题是极为必要的。由于本书修订后习题增量较多,故不再附于本书末。已由王长凤及曹玉蓉编写了与本书配合的《有机化学例题与习题》,另行出版。

书中所列出的物理常数,绝大部分摘自 CRC Handbook of Chemistry and Physics, 63rd Ed,

1982~1983, CRC Press, Inc. 其他一些摘自顾庆超等编. 化学用表. 江苏科学技术出版社, 1979; Heilbron 等. Dictionary of Organic Compounds, 4th Ed; The Merck Index, 9th Ed 以及 [英]斯塔克 J G, 华莱士 H G 著. 化学数据手册. 杨厚昌译. 石油工业出版社, 1980 年版。

本书在编写过程中, 得到我校王积涛、唐士雄、刘靖疆、王长凤、曹玉蓉等老师的指导与帮助。由北京大学等十六所院校组成的审稿小组对修改稿提出了许多宝贵意见, 在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平, 错误之处, 恳切希望读者批评指正。

汪小兰

1985.



第一版《序》

本书是根据 1977 年 10 月在武昌召开的全国高等学校理科化学类教材编写会议上制订的生物系各专业用的有机化学教材编写大纲编写的。

由于近年来有机化学及分子生物学的迅速发展,1965 年所编的生物系用《有机化学简明教程》已不能满足当前的需要,也不是在原基础上稍加修改就能适用的,因而,此次编写作了较大的变动。

书中突出了结构与性质的关系,由结构的角​​度阐述各类化合物的物理化学性质。对于一些成熟的电子理论、反应机理如共轭效应、诱导效应、亲电加成、亲核加成、亲电取代、亲核取代等都做了一定的介绍;增加了瓦尔登转化、外消旋化、构象等立体化学的内容并且尽量联系到有机物或有机反应与生物体间的关系。关于有机物的合成方法,除在讲述某些反应时适当提及外,没有单独讨论。

考虑到教材除应适应教学计划的需要外,还应对学生有一定参考价值,因此书中所编内容较目前教学学时为多,各校可根据需要自行取舍。

本书在编写过程中得到北京大学张滂教授,南开大学高振衡教授、王积涛教授,南开大学有机化学教研室周秀中、唐士雄、薛价猷、苏正元、蒿怀桐、王长凤以及生物系的许多老师的指导与帮助。由复旦大学丁新腾、孙猛,中山大学郑懿雅、胡蕲慧,四川大学陈翌清、陈希颖,武汉大学张静卿,南京大学区兆华等老师组成的审稿小组对本书初稿进行了仔细的审阅。此外,山东大学、山西大学、新疆大学、内蒙古大学、厦门大学、辽宁大学、暨南大学、天津师范学院、河北师范大学、无锡轻工业学院以及厦门水产学院的许多老师也参加了审稿会,并提出了许多宝贵的修改意见,谨在这里向他们表示衷心的感谢。

限于水平,加之时间紧迫,书中难免存在错误及不足之处,望读者提出批评指正。

汪小兰

1978.12 天津



目录

第一章 绪论 1

有机化学的研究对象与任务	1
化学键与分子结构	2
共价键的键参数	3
分子间的力	5
有机化合物的一般特点	6
有机反应的基本类型	7
研究有机化学的方法	8
有机化合物的分类	9

习题 11

第二章 饱和烃(烷烃) 12

同系列和同分异构	12
命名	14
烷烃的结构	17
乙烷和丁烷的构象	19
物理性质	22
化学性质	23
1. 氯化	23
2. 氧化和燃烧	27
自然界的烷烃	28

习题 28

第三章 不饱和烃 31

I. 烯烃 31

乙烯的结构	31
命名和异构	32
物理性质	34
化学性质	35

1. 加成反应	35
(1) 催化加氢	35
(2) 与卤素加成	36
(3) 与卤化氢加成	37
(4) 与水加成	38
(5) 与硫酸加成	38
(6) 与次卤酸加成	39
(7) 与烯烃加成	39
(8) 硼氢化反应	40

2. 氧化	40
(1) 与高锰酸钾的反应	40
(2) 臭氧化	41
(3) 环氧乙烷的生成	41
3. 聚合	41
4. α -氢的卤化	42

自然界的烯烃 42

II. 炔烃 43

乙炔的结构	43
命名和异构	44
物理性质	44
化学性质	45

1. 加成反应	45	1. 卤化	70
(1) 催化氢化	45	2. 硝化	70
(2) 与卤化氢加成	46	3. 磺化	71
(3) 与水加成	46	4. 傅氏反应	71
(4) 与氢氰酸加成	46	苯环上取代基的定位规律(定位	
2. 金属炔化物的生成	46	效应或称取向效应)	72
III. 双烯烃	47	1. 邻对位定位基(第一类	
1,3-丁二烯的结构	47	定位基)	72
1,3-丁二烯的化学性质	48	2. 间位定位基(第二类定位基)	72
1. 1,4-加成作用	48	定位规律与电子效应	74
2. 双烯合成反应	49	1. 诱导效应	74
异戊二烯和橡胶	50	2. 共轭效应	75
习题	51	二、稠环芳香烃	76
第四章 环烃	54	萘	77
I. 脂环烃	54	1. 萘的取代反应举例	77
环烷的结构	56	2. 加氢	78
环己烷及其衍生物的构象	57	3. 氧化	79
脂环烃的性质	58	蒽和菲	79
1. 催化氢化	59	致癌烃	80
2. 与溴的反应	59	石墨、C ₆₀ 与石墨烯	80
金刚烷	60	III. 煤焦油和石油	81
II. 芳香烃	60	习题	82
芳香烃的分类及命名	61	第五章 旋光异构	85
一、单环芳香烃	63	偏振光和旋光活性	85
苯的结构	63	比旋光度	86
物理性质	65	分子的对称性、手性与旋光	
化学性质	66	活性	87
1. 取代反应	66	含一个手性碳原子的化合物	88
(1) 卤化	66	构型的表示方法	89
(2) 硝化	66	费歇尔投影式	90
(3) 磺化	67	含两个不相同手性碳原子的	
(4) 傅氏反应	67	化合物	91
2. 加成反应	68	含两个相同手性碳原子的	
3. 氧化	68	化合物	92
4. 烷基侧链的卤化	69	不含手性碳原子的化合物的旋光	
亲电取代反应的机理	69	异构现象	93

环状化合物的立体异构·····	93	第七章 光谱法在有机化学中的	
旋光异构体的性质·····	94	应用·····	117
不对称合成,立体选择反应与立体		I. 红外光谱·····	118
专一反应·····	95	II. 紫外光谱·····	122
分子的前手性和前手性碳原子···	98	III. 核磁共振谱·····	124
外消旋体的拆分·····	98	化学位移·····	125
1. 化学分离法·····	98	自旋耦合,裂分·····	128
2. 生物分离法·····	99	习题·····	133
3. 柱层析法·····	99	第八章 醇、酚、醚·····	138
习题·····	100	I. 醇·····	138
第六章 卤代烃·····	103	命名·····	138
命名·····	103	物理性质·····	139
物理性质·····	104	化学性质·····	141
化学性质·····	105	1. 似水性·····	141
1. 亲核取代反应·····	105	2. 与无机酸的作用·····	142
(1) 被羟基取代·····	106	3. 脱水反应·····	144
(2) 被烷氧基取代·····	106	(1) 分子内脱水·····	144
(3) 被氨基取代·····	106	(2) 分子间脱水·····	145
(4) 被氰基取代·····	106	4. 氧化或脱氢·····	145
2. 消除反应·····	106	5. 邻二醇与高碘酸的作用·····	145
3. 与金属的反应·····	107	重要代表物·····	147
脂肪族亲核取代反应的机理·····	108	1. 甲醇·····	147
1. 单分子机理·····	108	2. 乙醇·····	147
2. 双分子机理·····	108	3. 正丁醇·····	148
不同卤代烃对亲核取代反应的		4. 乙二醇·····	148
活性比较·····	109	5. 丙三醇·····	148
亲核取代反应的立体化学·····	110	6. 环己六醇·····	149
亲核取代与消除反应的关系·····	110	7. 苯甲醇·····	149
多卤代烃的性质·····	112	II. 酚·····	149
卤代烃的生理活性·····	112	命名·····	150
重要代表物·····	113	物理性质·····	151
1. 三氯甲烷·····	113	化学性质·····	151
2. 四氯化碳·····	113	1. 酸性·····	151
3. 氯乙烯及聚氯乙烯·····	114	2. 酚醚的生成·····	152
4. 几种重要的含氟化合物·····	114	3. 与三氯化铁的显色反应·····	153
习题·····	114		

4. 氧化	153	(1) α -氢的活性	176
5. 芳环上的取代反应	154	(2) 芳香环的取代反应	179
(1) 卤化	154	5. 歧化反应	179
(2) 硝化	154	亲核加成的立体化学	180
重要代表物	155	α, β -不饱和羰基化合物的亲核	
1. 苯酚	156	加成	180
2. 甲苯酚	156	重要代表物	181
3. 苯二酚	156	1. 甲醛	182
4. 萘酚	156	2. 乙醛及三氯乙醛	183
5. 抗氧化剂 BHT	157	3. 丙酮	184
醇和酚的红外光谱	157	4. 苯甲醛	184
III. 醚	158	醛和酮的红外光谱	184
命名	158	II. 醌	186
物理性质	159	命名与结构	186
化学性质	160	对苯醌的化学性质	187
1. 醚键的断裂	160	1. 羰基的加成	187
2. 形成锌盐与络合物	161	2. 烯键的加成	187
3. 形成过氧化物	161	3. 1,4-加成作用	187
环醚	162	4. 还原	188
1. 环氧乙烷	162	自然界的醌	188
2. 1,4-二氧六环与四氢呋喃	162	习题	189
3. 冠醚	163	第十章 羧酸及其衍生物	194
习题	163	I. 羧酸	194
第九章 醛、酮、醌	167	命名	194
I. 醛和酮	167	物理性质	197
命名	168	化学性质	197
物理性质	169	1. 酸性	197
化学性质	171	2. 羧基中羟基的取代反应	199
1. 羰基上的加成反应	171	(1) 酸酐的生成	199
(1) 与氢氰酸的加成	171	(2) 酰卤的生成	199
(2) 与格氏试剂的加成	172	(3) 酯的生成	199
(3) 与氨的衍生物的加成缩合	172	(4) 酰胺的生成	200
(4) 与醇的加成	173	3. 还原	200
2. 还原	175	4. 烃基上的反应	201
3. 氧化	175	(1) α -卤化作用	201
4. 烃基上的反应	176	(2) 芳香环的取代反应	201

5. 二元羧酸的受热反应	201	自然界的醇酸	225
羧酸的结构对酸性的影响	202	1. 乳酸	225
重要代表物	204	2. 苹果酸	225
1. 甲酸	204	3. 酒石酸	226
2. 乙酸	205	4. 柠檬酸	226
3. 苯甲酸	205	二、酚酸	227
4. 乙二酸	205	1. 水杨酸	227
5. 丁二酸	206	2. 五倍子酸和五倍子丹宁	227
6. 邻苯二甲酸及对苯二甲酸	206	II. 羧基酸	228
7. 丁烯二酸	207	1. 乙醛酸	228
II. 羧酸的衍生物	208	2. 丙酮酸	229
命名	208	3. 乙酰乙酸及其酯	229
物理性质	209	(1) 乙酰乙酸乙酯的分解反应	230
化学性质	209	(2) 互变异构现象	230
1. 水解	210	(3) 乙酰乙酸乙酯在有机合成	
2. 醇解	210	中的应用	232
3. 氨解	211	4. 丙二酸二乙酯在有机合成	
4. 酯缩合反应	212	中的应用	233
5. 与格氏试剂反应	212	习题	234
6. 酰胺的酸碱性	213	第十二章 含氮有机化合物	236
自然界的羧酸衍生物	213	I. 硝基化合物	237
羧酸及其衍生物的红外光谱	215	物理性质	237
III. 碳酸的衍生物	216	化学性质	238
1. 光气	216	1. 还原	238
2. 尿素	217	2. 脂肪族硝基化合物的酸性	238
3. 胍	218	3. 硝基对芳环上邻、对位基团	
习题	218	的影响	238
第十一章 取代酸	222	(1) 对于邻、对位上卤原子的	
I. 羟基酸	222	影响	238
一、醇酸	222	(2) 对酚的酸性的影响	239
物理性质	223	II. 胺	239
化学性质	223	结构与命名	239
1. 酸性	223	物理性质	241
2. α -羟基酸的氧化	224	化学性质	242
3. α -羟基酸的分解反应	224	1. 碱性	242
4. 失水反应	224	2. 氧化	243

3. 烷基化	244	化学性质	265
4. 酰基化	244	1. 磺酸基中羟基的取代反应 ..	265
5. 磺酰化	245	2. 磺酸基的取代反应	265
6. 与亚硝酸作用	246	磺胺类药物	265
(1) 伯胺	246	离子交换树脂	266
(2) 仲胺	246	II. 含磷有机化合物	267
(3) 叔胺	247	有机磷农药简介	269
7. 芳香胺的取代反应	247	1. 敌百虫	270
重要代表物	248	2. 敌敌畏	270
1. 甲胺、二甲胺、三甲胺	248	3. 对硫磷	270
2. 己二胺	249	4. 久效磷	271
3. 胆碱	249	5. 乐果	271
4. 苯胺	249	6. 马拉硫磷	271
胺的红外光谱	249	7. 草甘膦	271
III. 偶氮化合物及染料	250	8. 异稻瘟净	272
物质的颜色与结构的关系	251	习题	272
染料和指示剂举例	253	第十四章 糖类	274
1. 甲基橙	253	相对构型与绝对构型	275
2. 刚果红	254	I. 单糖	276
3. 酚酞	254	单糖的构型	277
4. 结晶紫和甲基紫	255	单糖的环形结构	280
5. 孔雀(石)绿	255	物理性质	284
6. 曙红	256	化学性质	285
7. 亚甲基蓝	256	1. 氧化	285
习题	256	2. 还原	286
第十三章 含硫和含磷有机		3. 成脎反应	286
化合物	260	4. 差向异构化	287
I. 含硫有机化合物	260	5. 莫利施反应	288
一、硫醇、硫酚、硫醚及二硫化物 ..	261	6. 形成缩醛	288
物理性质	262	半缩醛环的大小的测定	289
化学性质	262	1. 甲基化法	289
1. 硫醇、硫酚的酸性	262	2. 高碘酸法	290
2. 氧化	263	重要的单糖及其衍生物	290
自然界的含硫化合物	264	1. D-核糖及 D-2-脱氧	
二、磺酸	264	核糖	290
物理性质	264	2. D-葡萄糖	291

3. D-果糖	291	II. 多肽	314
4. D-半乳糖	291	多肽结构的测定	316
5. D-甘露糖	292	1. 2,4-二硝基氟苯法	316
6. 维生素 C	292	2. 异硫氰酸酯法	316
7. 氨基己糖	292	多肽的合成	317
II. 糖苷	293	III. 蛋白质	319
III. 双糖	295	习题	321
还原性双糖	296	第十六章 类脂化合物	323
1. 麦芽糖和纤维二糖	296	I. 油脂	323
2. 乳糖	297	物理性质	325
非还原性双糖	297	化学性质	326
IV. 多糖	298	1. 皂化	326
1. 淀粉	298	2. 加成	326
2. 糖原	301	(1) 氢化	327
3. 纤维素	301	(2) 加碘	327
4. 半纤维素	302	3. 干性	327
习题	302	4. 酸败	327
第十五章 氨基酸、多肽与蛋白质 ...	306	II. 肥皂及合成表面活性剂	327
I. 氨基酸	306	肥皂的组成及乳化作用	327
氨基酸的构型	308	合成表面活性剂举例	328
物理性质	308	1. 阴离子型表面活性剂	328
化学性质	308	2. 阳离子型表面活性剂	329
1. 两性	309	3. 非离子型表面活性剂	329
2. 与亚硝酸的作用	310	III. 蜡	330
3. 与甲醛作用	310	IV. 磷脂	330
4. 络合性能	310	V. 萜类化合物	332
5. 氨基酸的受热反应	310	单萜	333
6. 茛三酮反应	311	1. 开链萜	333
7. 失羧作用	311	2. 单环萜	334
8. 失羧和失氨作用	312	3. 双环萜	334
个别 α -氨基酸举例	312	倍半萜	336
1. 甘氨酸	312	二萜	337
2. 半胱氨酸和胱氨酸	313	三萜	338
3. 色氨酸	313	四萜	339
4. 谷氨酸	313	VI. 甾族化合物	340
5. 蛋氨酸	313	1. 胆固醇	342

2. 7-脱氢胆固醇、麦角固醇和 维生素 D	342	及雷米封	359
3. 胆酸	343	4. 维生素 B ₁	361
4. 甾族激素	344	5. 吡啶及 β -吡啶乙酸	361
(1) 肾上腺皮质激素	344	6. 花色素	362
(2) 性激素	344	7. 嘌呤及核酸	362
5. 强心苷、蟾毒与皂角苷	345	8. 维生素 B ₂ 及叶酸	365
VII. 萜类与甾族化合物的生物 合成	346	生物碱	366
习题	348	1. 烟碱	367
第十七章 杂环化合物	351	2. 颠茄碱	367
分类和命名	352	3. 麻黄碱	367
1. 五元杂环	352	4. 金鸡纳碱	368
2. 六元杂环	353	5. 喜树碱	368
3. 稠杂环	353	6. 吗啡碱	369
几种重要环系的结构与性质	353	7. 小檗碱	369
1. 呋喃、噻吩、吡咯、吡啶的 结构	353	8. 咖啡碱	369
2. 呋喃、噻吩、吡咯、吡啶的 性质	354	习题	370
(1) 亲电取代反应	354	第十八章 分子轨道理论简介	373
(2) 氧化	355	量子力学与原子轨道	373
(3) 还原	355	共价键的理论	374
(4) 吡咯及吡啶的碱性	356	1. 价键法	374
与生物有关的杂环及其衍生物 举例	356	2. 分子轨道法	374
1. 呋喃及 α -呋喃甲醛	356	(1) 乙烯	376
2. 吡咯、叶绿素、血红素及 维生素 B ₁₂	357	(2) 1,3-丁二烯	377
3. 吡啶、维生素 PP、维生素 B ₆ 及雷米封	359	(3) 苯	378
		分子轨道对称性与协同反应的 关系	378
		部分习题参考答案或提示	380
		索引	392