

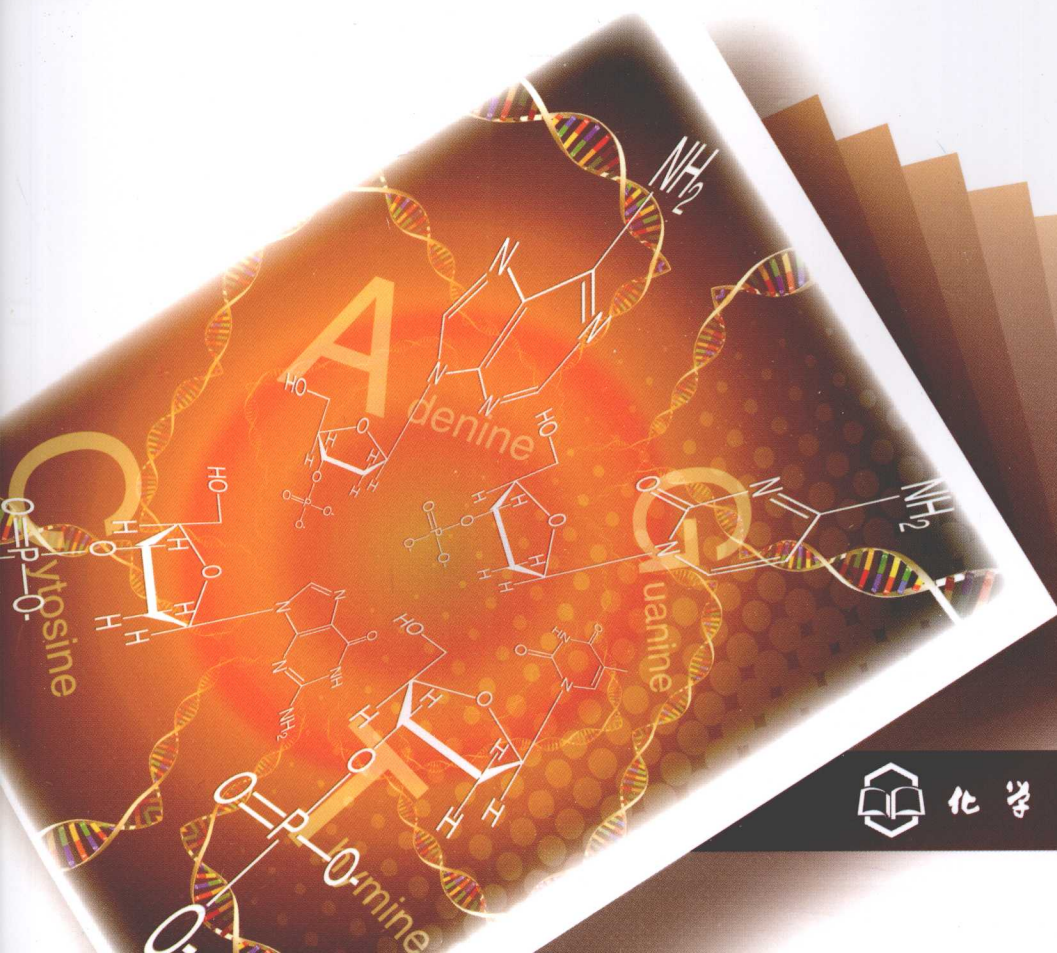
YOUJI JI SHENGWU HUAXUE



高职高专“十一五”规划教材

有机及生物化学

宋金耀 郝涤非 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

有机及生物化学

宋金耀 郝涤非 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以生物体的化学物质组成为基础,系统介绍了其化学结构、化学性质、代谢过程和生理作用等内容,从而把传统的有机化学和生物化学知识有机地融合在一起,基本解决了以往教学中普遍存在的两门课内容重叠和遗漏现象,使学生在建立有机体化学本质的基础概念,从而融会贯通地理解有机化学和生物化学中基本概念、基本理论和基本技术,为后续课程的学习打下良好的基础。

本书可作为高职高专院校食品加工、生物制药、生物技术及应用、农业、轻工等相关专业学生的教材,同时也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机及生物化学/宋金耀,郝涤非主编. —北京:化学工业出版社,2009.8
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-06444-8

I. 有… II. ①宋…②郝… III. ①有机化学-高等学校:技术学院-教材②生物化学-高等学校:技术学院-教材
IV. O62 Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第135007号

责任编辑:旷英姿
责任校对:李林

文字编辑:李姿娇 何芳
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张23¼ 字数592千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.50元

版权所有 违者必究

前 言

随着高等职业教育的不断改革与进步,对课程设置与教学内容提出新的更高要求,在“拓宽基础,强化实践”和“实用、够用”的教学方针指导下,相关课程改革势在必行。

有机化学和生物化学是高职高专院校生物技术与应用、食品加工、农副产品质量检测、生物制药、生物化工等诸多专业的必修基础课程。但在以往的教学中一直存在着分界不清、融合不够等问题。为了更好地做到两门课程教学内容的融会贯通,我们尝试将两门课程内容完全融合,在统一的纲领指导下实施教学,减少一些不必要的重复,补充一些可能的遗漏,使学生对有机化学和生物化学的理论与技术要点有一个清晰的、完整的认识。这就是我们组织编写此书的目的。

本书以生物体的化学物质组成为基础,系统介绍其化学结构、化学性质、代谢过程和生理作用等内容,把传统的有机化学和生物化学知识有机地结合在一起,基本解决了以往教学中普遍存在的两门课程内容重叠和遗漏现象,使学生在在学习中建立起有机体化学本质的基础概念,较好地理解有机化学和生物化学中基本概念、基本理论和基本技术,为后续课程的学习打下良好的基础。本书可作为高职高专院校食品加工、生物制药、生物技术及应用、农业、林业、轻工等相关专业学生的教材,同时也可供相关专业科技人员参考。

全书共分 16 章,包括有机化合物与生物分子、自然界较简单的有机物、生物体中重要的代谢中间体、重要的基本生物分子、生物体内高能化合物、生物次生物质、生命必需物质、生物大分子、生物代谢与调节物质、生物代谢中能量的吸收转换与利用、生物代谢中物质的合成分解与转换、生物代谢中遗传信息的转换与传递及生物代谢的调节与控制等,并在书末附加推荐实训内容和常用参考数据等。其中,第一、第五章和附录由江苏农林职业技术学院宋金耀编写;第二章由吉林农业科技学院牛春燕编写;第三、第四章由江苏农林职业技术学院李树炎编写;第六、第七、第八章由吉林农业科技学院刘艳霞编写;第九章由沧州职业技术学院罗永华编写;第十章由沧州职业技术学院张山起编写;第十一、第十五章由浙江医药高等专科学校张立飞编写;第十二、第十四、第十六章由江苏食品职业技术学院郝涤非编写,第十三章由江苏农林职业技术学院黄小忠编写。实训部分由相关章节编写者提供,汇总而成。

本书由具有多年教学经验的杨晓玲教授和贾君教授审稿。宋金耀、郝涤非根据审稿人和出版社意见对全书进行了整理和补充。黄小忠、李树炎进行了校对。

本教材编写过程中得到了江苏农林职业技术学院和相关院校领导的大力支持,化学工业出版社给予了多方帮助,同时参考了多位专家同仁的专论或资料,在此一并致谢。

本书编著者本着求真务实、锐意改革的态度,认真听取各方面的意见,广泛吸收国内外相关教材之优点,力求有所创新、有所突破,为学生提供一本合适的学习教材,同时也为相关教学、研究和技术人员提供一本有用的参考资料。但由于编者水平和时间限制,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2009 年 6 月

目 录

第一章 有机化合物与生物分子概述	1
第一节 自然界中的有机物	1
一、有机物及有机化学和生物化学 的认知过程	1
二、有机化合物的特点	2
三、有机化合物的分类、性质及反应 基本类型	2
第二节 生物分子与生命组织	5
一、生命活动的物质基础——原生质	5
二、生命活动的基本单位——细胞	6
三、生命活动的基本形式——新陈代谢	6
四、生命的表现于生物分子高度有序 的组合	7
第三节 研究有机化学和生物化学的意义	8
一、有机化学和生物化学的定义	8
二、有机及生物化学的基本内容	8
三、有机及生物化学在实际中的应用	8
复习思考题	9
第二章 自然界较简单的有机物——烃 类化合物	10
第一节 饱和烃——烷烃	10
一、烷烃的分子结构	10
二、烷烃的构造异构	10
三、乙烷的构象	11
四、烷烃的命名	12
五、烷烃的物理性质	13
六、烷烃的化学性质	14
七、自然界的烷烃	15
第二节 不饱和链烃——烯烃和炔烃	16
一、乙烯和乙炔的分子结构	16
二、烯烃和炔烃的同分异构现象	17
三、烯烃和炔烃的命名	17
四、烯烃和炔烃的物理性质	18
五、烯烃和炔烃的化学性质	19
六、重要的不饱和烃	22
第三节 环烃	22
一、环烷烃	23
二、芳香烃	25
三、重要的环烃	32
第四节 卤代烃	33
一、卤代烃的分类和命名	33
二、卤代烃的物理性质	34
三、卤代烃的化学性质	34
四、重要的卤代烃	36
复习思考题	37
第三章 生物体中重要的代谢中间体—— 醇、酚、醚、醛、酮、醌	38
第一节 羟基化合物及其衍生物——醇、 酚、醚	38
一、醇	38
二、酚	43
三、醚	47
第二节 羰基化合物——醛、酮、醌	49
一、醛	49
二、酮	52
三、醌	54
复习思考题	56
第四章 重要的基本生物分子——羧 酸及其衍生物	57
第一节 羧酸	57
一、羧酸的分类与命名	57
二、羧酸的理化性质	58
三、脂肪酸	61
第二节 羧酸衍生物	63
一、羧酸衍生物的分类与命名	63
二、羧酸衍生物的理化性质	64
三、重要的羧酸衍生物	65
第三节 取代酸	66
一、羟基酸	66
二、羧基酸	68
三、氨基酸	69
复习思考题	70
第五章 生物体内的高能化合物——含 氮、含磷、含硫有机化合物	71
第一节 含氮化合物	71
一、自然界中氮素的循环	71
二、胺类化合物	72
三、硝基化合物	78
四、偶氮化合物及染料	81
五、腈、丙烯腈和三聚氰胺	83
第二节 含磷化合物	84
一、含磷化合物的分类与命名	84

二、高能磷酸化合物	85	第三节 寡糖和多糖	137
三、有机磷农药	86	一、寡糖	137
第三节 含硫化合物	87	二、多糖	140
一、含硫化合物的类型与结构	87	复习思考题	143
二、硫醇、硫酚、硫醚和二硫化物	88	第九章 生物大分子(2)——脂类	
三、磺酸	89	化合物	144
复习思考题	89	第一节 脂类化合物概述	144
第六章 生物次生物质——杂环、萜类		一、脂类化合物的分类	144
和甾体化合物	90	二、脂类化合物在生物体中作用	144
第一节 杂环化合物	90	第二节 简单脂类	145
一、杂环化合物的分类与命名	90	一、脂肪(甘油三酯)的结构	145
二、几种重要环系的结构与性质	92	二、脂肪(甘油三酯)的理化性质	147
三、生物碱	99	三、蜡	149
第二节 萜类化合物	101	第三节 复合脂类	150
一、单萜	102	一、磷脂	150
二、倍半萜	103	二、糖脂	151
三、二萜	104	三、硫脂	152
四、三萜	105	复习思考题	153
五、四萜	105	第十章 生物大分子(3)——蛋白质	154
第三节 甾体化合物	106	第一节 蛋白质中常见的氨基酸	154
复习思考题	109	一、常见氨基酸的结构与分类	154
第七章 生命必需物质——维生素	111	二、常见氨基酸的理化性质	156
第一节 脂溶性维生素	111	三、氨基酸的生产与应用	161
一、维生素 A	111	第二节 多肽	162
二、维生素 D	113	一、肽键	162
三、维生素 E	114	二、肽的命名	163
第二节 水溶性维生素	115	三、肽的性质	163
一、维生素 B ₁	115	四、生物活性肽	164
二、维生素 B ₂	116	第三节 蛋白质	165
三、维生素 B ₅	117	一、蛋白质的分类与功能	165
四、维生素 B ₆	118	二、蛋白质的结构	166
五、维生素 B ₇	118	三、蛋白质的理化性质	174
六、维生素 B ₁₁	119	四、蛋白质分离纯化与测定	176
七、维生素 B ₁₂	120	复习思考题	179
八、维生素 C	122	第十一章 生物大分子(4)——核酸	180
复习思考题	123	第一节 核苷酸	180
第八章 生物大分子(1)——糖类		一、核酸的元素组成	180
化合物	124	二、核苷酸的结构与分类	180
第一节 糖类概述	124	三、核苷酸的性质	183
一、糖类化合物的分类	124	四、体内重要的核苷酸及其衍生物	183
二、糖类化合物在生物体中的作用	125	第二节 核酸	184
第二节 单糖	125	一、核酸的种类及功能	184
一、单糖的结构与分类	125	二、核酸的一级结构	185
二、单糖的物理性质	128	三、核酸的高级结构	185
三、单糖的化学性质	129	四、核酸的理化性质	190
四、重要的单糖	133	第三节 核酸的提取与含量测定	192
五、单糖的重要衍生物	135	一、核酸的提取、分离与纯化	192

二、核酸含量测定的原理	194	二、遗传信息传递的中心法则	269
复习思考题	195	第二节 DNA 的生物合成(复制)	269
第十二章 生物代谢与调节物质	196	一、DNA 的半保留复制	269
第一节 新陈代谢	196	二、DNA 的复制过程	269
一、新陈代谢的概念和意义	196	三、DNA 的逆转录合成	272
二、生物代谢的特点	196	第三节 RNA 的生物合成(转录)	273
第二节 生物催化剂——酶	197	一、转录的概念	273
一、酶的概念与特性	197	二、转录过程	274
二、酶的结构与功能	201	三、RNA 的复制	277
三、酶的催化机制	203	第四节 蛋白质的生物合成(翻译)	277
四、酶促反应动力学	205	一、遗传密码	277
五、酶的活性及其测定	213	二、蛋白质生物合成的分子基础	278
六、酶的应用	214	三、蛋白质生物合成(翻译)的过程	279
七、几种特殊的酶	215	四、翻译后加工	282
第三节 高效调节物质——激素	218	复习思考题	283
一、激素的作用原理	218	第十六章 生物代谢的调节与控制	284
二、动物激素	218	第一节 代谢调节概述	284
三、植物激素	221	一、代谢调节的概念和意义	284
复习思考题	223	二、代谢调节的方式	284
第十三章 生物代谢中能量的吸收、		三、各物质代谢之间的关系	285
转换与利用	224	第二节 代谢调节的机制	286
第一节 生物能量	224	一、酶活性调节	286
一、生物代谢中的能量	224	二、基因调节——操纵子学说	288
二、生物能量的流向与形式	224	三、细胞信号的传递系统	290
第二节 生物氧化	225	复习思考题	292
一、生物氧化的概念、意义及特点	225	实验部分	293
二、呼吸作用的场所及一般生化过程	226	实验一 烃的性质	293
复习思考题	229	实验二 卤代烃的性质	296
第十四章 生物代谢中物质的合成、		实验三 醇和酚的性质	297
分解与转换	230	实验四 醛和酮的性质	298
第一节 糖类代谢	230	实验五 羧酸及其衍生物的性质	299
一、糖的分解代谢	231	实验六 胺的性质	300
二、糖的合成代谢	237	实验七 溴乙烷的制备	302
第二节 脂类代谢	242	实验八 乙酸乙酯的制备	303
一、脂肪的分解代谢	242	实验九 苯甲醇和苯甲酸的制备	305
二、脂肪的合成代谢	245	实验十 从茶叶中提取咖啡因	306
三、磷脂代谢	249	实验十一 从黄连中提取黄连素	309
第三节 含氮化合物代谢	251	实验十二 糖的分离鉴定	310
一、氮素代谢概述	251	实验十三 生物材料中还原糖和总糖含量	
二、氨基酸代谢	252	的测定	314
三、核苷酸代谢	261	实验十四 生物材料中粗脂肪的提取	
四、蛋白质和核酸的分解	266	与定量	316
复习思考题	267	实验十五 从牛奶中分离制备酪蛋白	317
第十五章 生物代谢中遗传信息的		实验十六 氨基酸的分离与鉴定——	
转换与传递	268	纸色谱法	318
第一节 中心法则	268	实验十七 凯氏定氮法测定蛋白质含量	320
一、基因和基因组的概念	268	实验十八 酶的基本性质	321

实验十九	糖化酶活力的测定	323	实验二十六	转氨基反应及其产物 的鉴定	337
实验二十	蛋白酶活力的测定	325	实验二十七	植物过氧化物酶同工酶电泳酶谱 分析	338
实验二十一	血清蛋白的醋酸纤维薄膜 电泳分离	329	附录		341
实验二十二	酵母 RNA 的提制与纯度 分析	331	附录 I	实验室基本知识	341
实验二十三	核酸含量的测定	333	附录 II	试剂配制的基本知识	346
实验二十四	多酚氧化酶的性质鉴定	334	附录 III	常用数据表	355
实验二十五	血清谷丙转氨酶 (GPT) 的 活性测定	335	参考文献		361

第一章 有机化合物与生物分子概述

• 应知

1. 自然界化学物质的分类；
2. 有机化合物的概念、特点及理化性质；
3. 生命的物质基础——生物分子；
4. 有机化学与生物化学的定义和意义。

第一节 自然界中的有机物

一、有机物及有机化学和生物化学的认知过程

就其组成和性质而言，可以把自然界的物质分为无机物和有机物两大类。

无机物也叫无机化合物，是不含有碳的化合物，例如水 (H_2O)、氨 (NH_3)、硫酸 (H_2SO_4) 等。研究无机化合物的化学称为无机化学。

有机物也叫有机化合物，是含有碳的化合物，例如甲烷 (CH_4)、乙烯 (C_2H_4)、苯 (C_6H_6) 等。研究有机物的化学称为有机化学，所以有机化学也称为“含碳化合物的化学”。不过，由于历史的原因，像一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO_2)、碳酸盐等这些来源于无生命矿物的含碳化合物也称为无机化合物，而不称为有机物。有机化合物大量存在于自然界，如粮食、油脂、丝、毛、麻、糖、药材等。

两千多年以前，人们就知道利用和加工这些取自自然界的有机物。例如我国古代就有关于酿酒、制醋、制糖及造纸术等的记载。公元前 20 世纪（夏禹），我国人民已经掌握了酿酒技术；公元前 12 世纪（周），已会制酱；春秋战国时期，发展起来了酿醋技术。古埃及、古巴比伦、古希腊都有一些这方面的例证。

19 世纪初期，当化学刚刚成为一门科学的时候，由于那时的有机物都是从动植物——有生命的物体中获得的，且与由矿物界得到的矿石、金属、盐类等物质在组成和性质上具有较大的区别，更主要的是当时人们对生命现象的本质认识不足，因而便赋予有机化合物一种神秘的色彩，认为它们是不能用人工的方法合成的，而是“生命力”所创造的。“有机”这个名称即由此而来，意思是指“有生机之物”。这就是当时在欧洲流行的束缚科学家思想的“生机论”，其论点是：“生命物质之所以异于非生命物质，是因为生命物质含有一种非生命物质所没有的生命力，生命现象是神秘的和不可研究的。”这大大妨碍了科学的发展。

1828 年，德国化学家 Friedrich Wöhler (1800—1882) 用无机化合物氰酸铵 (NH_4CNO) 合成了有机物尿素 (NH_2CONH_2)，证明生物体内的物质转化同样是遵守化学规律的，从而推翻了生机论的错误观点。

在 Wöhler 以后，德国化学家 J. J. Libig (1803—1873) 进一步阐明了动物机体的发热是因为所吃食物在体内的“燃烧”。他首次把机体内物质的合成与分解的化学过程称为代谢，并且出版了两本最早的类似生物化学的专著——《化学在农业和生理学上的应用》和《动物化学或有机化学在生理学上和病理学上的应用》，因此，有人认为 Libig 实际上也是农艺化学和医药化学的主要奠基人。

与 Libig 同时代的另外一个重要人物是法国的微生物学家 Louis Pasteur (1822—1895, 现代微生物学之父)。他在研究酵母发酵的工作中, 发现酵母细胞中存在一种物质可以促进发酵过程, 他将其称为酵素, 认为酵素只能在活细胞中才能起作用。Libig 反对这一观点, 认为其作用不必依赖细胞的完整性。

1877 年, Hoppe 第一次提出“生理化学”这一名词, 并创办了世界上第一本生物化学刊物——《生理化学杂志》。

1903 年, Carl A. Neuberg 首先使用了“生物化学”一词, 他还提出了糖酵解学说, 阐明了糖分解代谢的基本过程。

Emil Fischer 是使生物化学成为独立学科最有功劳的人物之一, 人们把他誉为生物化学之父。1894 年, 他首先提出酶的专一性理论和“锁-钥学说”。20 世纪初, 他就证明蛋白质是由不同的氨基酸连接而成的长链, 发明了肽的合成。

进入 20 世纪, 生物化学步入快速发展的轨道。50 年代以前的主要工作是酶的纯化与结晶、中间代谢途径的阐明和生物能量学的发展; 50 年代以后, 研究方向主要集中在生物大分子 (主要是蛋白质和核酸) 的结构和功能上, 分子生物学随之兴起。

二、有机化合物的特点

从组成上看, 有机化合物一般都含有碳、氢两种元素, 所以可以把只含有碳、氢两种元素的化合物看成是有机物的母体, 而众多的有机物则是碳氢化合物分子中的氢原子被其他原子或原子团取代生成的衍生物。从这个角度看, 有机化合物就是烃 (又称碳氢化合物) 及其衍生物。

从本质上讲, 有机物最大的特点是: 数目巨大; 异构现象普遍。已知的含碳化合物的数量远远超过其他 100 多种元素形成的化合物的总和。

这是由碳原子独特的成键性质所决定的。碳原子与碳原子可以以强的共价键相连接形成碳链和碳环, 从而形成无以计数的有机物及其衍生物。而其他原子一般没有这样的成键能力。

其实, 有机物与无机物之间并没有一个不可逾越的界限。Wöhler 及他人的实验已经证明, 有机物可以从无机物合成而来。不过, 二者之间还是有明显的性质差异的。

三、有机化合物的分类、性质及反应基本类型

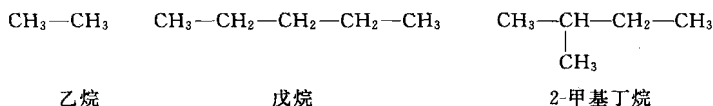
(一) 有机化合物的分类

数量众多的有机物, 可以按照它们的结构分成若干类型。一般有机物的分类方法有两种, 即根据分子中碳原子的连接方式 (即碳骨架) 来分类, 或按照决定分子主要化学性质的特殊原子或基团 (即官能团) 来分类。

1. 按碳骨架的分类

按碳骨架的连接方式, 通常把有机物分成以下四大类。

(1) 开链化合物 (脂肪族化合物) 这类化合物的碳链是直链 (不带支链), 或为带有支链的开链。如:



这类化合物最初是在动植物油脂中发现的, 所以也叫脂肪族化合物。

(2) 脂环化合物 这类化合物的特点是, 在它们的分子中具有由碳原子连接而成的环状

结构（苯环结构除外）。如：



环戊烷



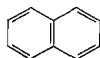
环己烷

这类化合物的性质与脂肪族化合物相似，可以看成是开链化合物闭环而成的，所以叫做脂环化合物。

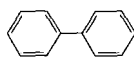
(3) 芳香族化合物 这类化合物的共同特点是，在它们的分子中一般具有苯环结构。如：



苯



萘



联苯

这类化合物在性质上与脂肪族化合物有较大的区别。

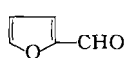
(4) 杂环化合物 这类化合物的分子中也具有环状结构，但在环中除碳原子外，还有其他原子（如氧、硫、氮等）。如：



噻吩



吡啶

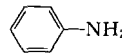
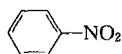


糠醛

2. 按官能团的分类

所谓官能团，是指有机分子中决定其化学性质的原子或基团。按官能团分类是将含有相同官能团的化合物归为一类。一般来说，含有同样官能团的化合物在化学性质上是基本相同的。表 1-1 列出了几类比较重要的化合物及其官能团。

表 1-1 几类比较重要的化合物及其官能团

化合物类别	官能团	具体化合物举例
烯烃	碳-碳双键	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
炔烃	碳-碳三键	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$
卤代烃	卤素原子	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
醇及酚	羟基	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 
醚	醚键	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
醛	醛基	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
酮	酮基	CH_3COCH_3
羧酸	羧基	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
胺	氨基	CH_3NH_2 、 
硝基化合物	硝基	CH_3NO_2 、 

一般来说，分类时都是先按照碳骨架来分，然后再按官能团进行分类。后面第二至七章将按这样的分类方法逐类介绍各种有机化合物，以反映各类化合物之间的相互联系。

(二) 有机物的共价结构与理化性质

1. 共价键

有机化合物分子中各原子之间一般是以共价键连接起来的。

按照价键理论，共价键的形成是来自原子轨道的重叠。在重叠的轨道上有两个自旋相反的电子，这称为电子“配对”。轨道重叠得越多，共价键就越牢固。

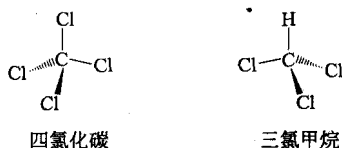
由于某一原子核外未成对电子的数目是一定的，所以该原子可能形成的共价键数目也是一定的。例如，氢原子外层只有一个未成对的电子，所以它只能与另一个氢原子形成一条共价键而成双原子分子，而不可能再与另一个氢原子结合，这称为共价键的饱和性。

由于参与成键的原子轨道不都是球形对称的，具有方向性，所以原子轨道必须在一定方向上才能实现最大程度的重叠，这就是共价键的方向性。

共价键的饱和性和方向性决定了每一个有机分子都是由一定数目的某几种原子按特定的方式结合而成的，都有其特定的大小和立体形状。分子的立体形状与分子的物理、化学性质乃至生理活性都有密切的关系。

2. 分子极性

各种元素的电负性不同。相同元素的原子形成的共价键电性平衡，没有极性。但不同元素的原子形成的共价键由于共用的电子对偏向于电负性较强的原子而具有极性。对于双原子分子来说，键的极性就是分子的极性，而在多原子分子中，由极性共价键形成的化合物，整个分子并不一定具有极性，这与分子的立体形状有关。例如， CCl_4 分子中的 $\text{C}-\text{Cl}$ 键虽然有极性，但由于分子呈对称的正四面体，所以整个分子是非极性的，而 CHCl_3 则是极性分子。



当两种元素的电负性相差较大时，则形成离子化合物较形成共价化合物容易。所以极性共价键实际上是离子键与共价键之间的一种过渡性的化学键。离子化合物与共价化合物的化学键本质不同，所以在性质上有较大的差异；同样在共价化合物中，极性化合物和非极性化合物在理化性质上也有一定的差异。

3. 有机化合物的理化性质

以共价键形成的化合物，虽然有的具有极性，但不是离子型的物质，而是中性分子。分子之间只存在较弱的范德华力，而不是正负离子间较强的静电引力。基于这样的结构差异，有机物与无机物在理化性质上具有较大的差异。总的来看，由无机离子形成的结晶具有较大的硬度、相当高的熔点及良好的水溶性，这是一般无机盐的通性。有机物与之具有较大的差别，体现在以下几个方面。

(1) 熔点 无机离子化合物如氯化钠的晶体中，结构单元（质点）是 Na^+ 和 Cl^- ，其中每个离子都被 6 个具有相反电荷的离子包围着，彼此依靠较强的静电引力相互约束在一定的位置上。显然要克服离子间这种约束力需要相当高的温度，如氯化钠的熔点高达 800°C 。

对于非离子型的有机化合物晶体来说，质点是分子，分子之间只有相对较弱的范德华力，克服这种分子间作用力不需很高的能量，所以一般有机物的熔点较低，大多在 300°C 以下。

(2) 沸点 液态的离子化合物的结构单元仍是离子，虽然它们排列得并不规则，而且能够自由运动，但是正负离子间仍然相互制约着，所以要克服这种作用仍然需要相当的能量，如氯化钠的沸点高达 1440°C 。

非离子型化合物在液态时其结构单元是分子，其沸点要比离子型化合物低得多。在非离子型化合物中，极性分子间的作用力比非极性分子强，所以其沸点也较高。如甲醇 (CH_3OH) 的沸点为 65°C ，比非极性的甲烷 (CH_4 ，沸点 -161.7°C) 要高 226°C 。有机物

的沸点最高不过 350℃左右, 温度再高时, 分子内部的共价键便开始断裂, 分子发生分解。

(3) 溶解性 “相似相溶”是物质溶解性能中的一条经验规律, 其本质是结构相似的分子之间的作用力比结构完全不同的分子之间的作用力强。例如, 氯化钠易溶于水而不溶于汽油, 但石蜡则不溶于水而溶于汽油。这是因为水是极性分子, 它可以借助偶极的力量去拆散氯化钠的晶格, 而汽油是非极性分子, 不具有拆散离子晶格的能力。但汽油分子之间的作用力与石蜡分子之间的作用力相似, 所以石蜡分子之间的作用力可以被汽油与石蜡之间的作用力所取代, 从而可以使石蜡分子分散在汽油中。由此可见, 有机物的溶解性主要取决于它们的极性, 极性强的化合物易溶于极性强的溶剂中, 极性弱或非极性化合物则易溶于弱极性或非极性溶剂中。

(4) 反应性 典型的离子化合物在水溶液中以离子存在, 离子之间的反应速率快; 而大多数有机物以分子状态存在, 分子之间发生化学反应, 必须使分子中的某个键断裂才能进行。所以大多数有机反应速率慢, 需要一定的时间, 有的甚至可达几十个小时才能完成。

另外, 由于有机物分子大多是由多个原子形成的复杂分子, 所以当与另一试剂作用时, 可能有多个部位受到影响, 而不只局限于某一特定部位。因此, 在主反应之外, 常常伴随着不同的副反应, 所得到的产物为混合物。

(5) 热稳定性与可燃性 与无机物相比, 有机物通常对热不稳定, 受热后容易分解以至炭化变黑, 而多数无机物加热至几百度高温也无变化。

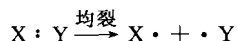
另外, 绝大部分有机物可以燃烧。燃烧时, 分子中的碳变成二氧化碳, 氢生成水; 不含金属元素的有机物燃烧后不留残渣。常用这种性质来区别无机物与有机物。

4. 有机化学反应的基本类型

化合物分子之间发生化学反应, 必然涉及这些分子中的某些化学键的断裂和新的化学键的形成, 从而形成新的分子。

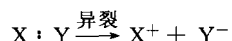
有机化合物绝大多数是共价化合物。共价键的断裂方式有两种: 均裂和异裂。

(1) 均裂 均裂是指在共价键断裂时, 组成该键的一对电子由键合的两个原子各留一个。



共价键均裂的结果生成两个带有单电子的原子(或基团)。带有单电子的原子(或基团)称为自由基(或游离基)。此类反应称为均裂反应, 也叫自由基反应。

(2) 异裂 所谓异裂是指键断裂时, 成键的一对电子保留在一个原子上。



共价键异裂的结果是生成正、负离子或者分子。此类反应叫做异裂反应, 也叫离子反应。需要指出的是, 与无机物瞬间的离子反应不同, 有机物的离子反应一般是发生在极性分子之间, 通过共价键的异裂形成离子型的中间体而完成的。

第二节 生物分子与生命组织

生命是物质的, 是物质运动的特殊方式, 生命活动的物质基础是原生质, 基本单位是细胞。

一、生命活动的物质基础——原生质

所谓生物, 是指大自然中存在的各种具有生命活动能力的客观物体, 包括动物、植物、

微生物等。它们千差万别、种类繁多、形态各异，小到以微米计的病毒、细菌，大如数十米至百米高的参天大树和几十吨重的大型动物。所有生物的物质组成成分以及这些物质的转化过程具有相同或相似的规律性。

生命有机体是由无生命的有机化合物所组成的，而这些化合物与一般的有机分子并无二样，同样绝对遵循着普通的物理化学规律，所以说，生物体其实就是众多有机分子的集合体，当然这一集合体有其内在的、特殊的集合规律和组织方式。

构成细胞的物质总称原生质，它是细胞结构和生命活动的物质基础。

1. 生物分子

所谓生物分子，泛指生物体内任何的有机分子，这些分子全部属于一般有机化合物的范畴，只是聚合程度和衍生方式不同而已。

生物分子极其复杂多样，据估计，大肠杆菌中含有 5000 种有机分子，而高等动植物更是不可估量，如人体中仅蛋白质就有 100000 种之多。然而，仔细分析起来，这些分子都来源于 30 种分子，这 30 种分子被称为基本生物分子。它们是 20 种氨基酸、5 种生物碱（3 种嘧啶、2 种嘌呤）、2 种糖（葡萄糖和核糖）、1 种脂肪酸（棕榈酸）、1 种多元醇（甘油）和 1 种胺类化合物（胆碱），就是这些分子通过聚合或进一步衍生转化为具有生物功能的生物大分子。

2. 生物大分子

生物体内的生物大分子包括下面四类。

（1）糖类 又称碳水化合物。这些物质通常是作为生物生命活动的能源供应者和建筑元件，常见的有葡萄糖、淀粉、纤维素等。

（2）脂类 这是由脂肪酸和醇类组成的酯类化合物。其功能是多种多样的，例如：脂肪是能量贮存物质，磷脂和固醇是生物膜的组分。

（3）蛋白质 这是一类非常复杂的大分子聚合物，由 20 种氨基酸聚合而成，是维持生物生命活性的基本分子，可以说没有蛋白质便不会有生物。一般生物细胞干重的 50% 是蛋白质。

（4）核酸 这是一类结构复杂程度及重要性与蛋白质一样的大分子，由核苷酸单位聚合而成，其功能主要是作为遗传信息的传递者和贮存者。

本章将在第八至十一章分别讨论各类生物大分子及其组成单元的结构、性质及生物学功能。

二、生命活动的基本单位——细胞

1. 细胞是一切生物机体的构造单位

各种生物无一例外地都是由细胞所构成，其中微生物大多是单细胞，而高等动植物则是由分工巨细的多细胞构成。病毒、类病毒是非细胞结构的生物，所以有人认为病毒不是完全的生物，而是生物和非生物之间的联系点。

2. 细胞是生物活动的基本功能单位

各种生物功能都是在细胞中完成的，由特殊的生物催化剂——酶催化进行。细胞的区域分割保证了各种代谢反应存在于相对稳定的细胞区域内，这样便使得代谢反应多而不乱、有条不紊。

细胞的基本构造有三大部分：细胞外周构造、细胞核和细胞质区（细胞器）。

三、生命活动的基本形式——新陈代谢

生物代谢也叫新陈代谢，是最基本的生命特征之一，是维持生物体一切生命活动过程中

化学变化的总称。生物代谢是生命存在的前提，生物代谢一旦停止，生命也就随之停止。

一般生物体从外界吸收的是低能量的小分子化合物，在体内转变为高能量的复杂的生物大分子，作为细胞结构和能源组分，这称为合成代谢，又称为同化作用，是吸能反应。与此同时，生物体通过呼吸作用，不断将自身的组分分解以释放能量，并把分解产生的废物排出体外，这称为分解代谢，又称为异化作用，属于放能反应。可以看出，物质代谢的同时伴随着能量的代谢。

生命最重要的特征之一是有组织的能量转移。生物是复杂的、自我繁殖的化学单元，它能有效控制分子间的能量转移。如果细胞或个体不再能进行有组织的能量交换，它就会死亡。

除少数例外，所有生命的能量都是由捕获和转移太阳能得到的。光合色素中的低能电子捕获太阳能，转变成高能电子；通过高能电子的传递将此能量从一个分子传给另一个分子。

能量传递可用于生物合成（包括植物的光合作用）、分子在细胞内转运（特别是跨膜运输）以及生物的各种生命活动。

这部分的内容将在本书第十二至十六章详细讨论。

四、生命的表现在于生物分子高度有序的组合

现代自然研究表明，生命的表现完全在于生物分子高度有序的组合，当达到一定的复杂程度以后，便具备了自己独特的一整套运动规律，这些规律决定着各类分子的性质和运动规律，支配着各类分子间的相互作用，使其具有了自我组织和自我复制能力，这便是生命了。生物化学或者更扩展一些说，整个生物科学的目的便是揭示这些规律的奥秘。

把生物体粗略地剖析开来，可以清楚地认识到，生物体的构建便是生物分子有序排列、复杂程度不断增加的完美系统。

归根到底，全部有机分子都来自于自然环境中的简单的无机前体，特别是 CO_2 、 H_2O 、 N_2 等。它们经过一系列的化学转变而成为生物基本分子，如氨基酸、糖、核苷酸等；这些

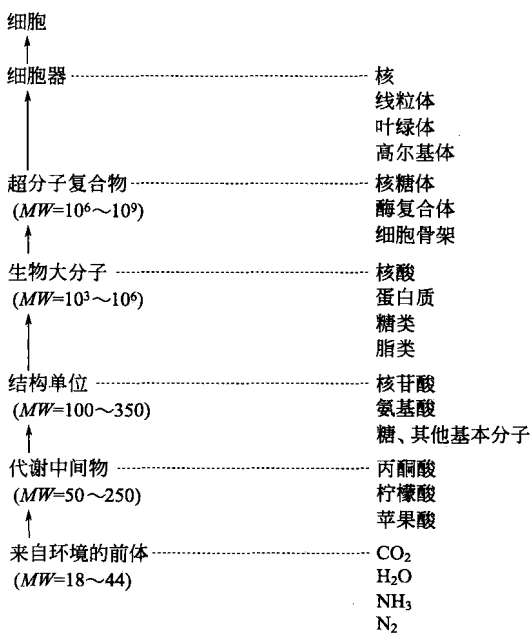


图 1-1 生物组织层次

基本单位再转化为生物大分子，如蛋白质、糖类、核酸等；然后这些大分子相互缔合形成超分子复合物或称超分子体系，如核糖体、病毒等；更进一步，超分子复合物组成细胞器，如线粒体、叶绿体、高尔基体等；最后形成具有生命力的细胞。上述生物组织层次见图 1-1。

第三节 研究有机化学和生物化学的意义

一、有机化学和生物化学的定义

综合前述，有机化学是专门研究有机化合物的组成、结构、性质及其变化的学科。因为有机物都含有碳原子，所以现代有机化学的定义是“含碳的化合物的化学”。

生物化学也称生命的化学，是介于生物学和化学之间的边缘学科，它是利用化学的原理和方法作为主要手段来研究生物的学科。其主要任务是阐述构成生物体的基本物质的结构、性质及其在生命活动中的功能，弄清各种生命活动（如生长、发育、生殖、代谢、运动等）过程中化学变化的基本规律。也就是说，生物化学是研究生命现象本质的学科。

生物化学的研究对象包括所有的有机体。根据研究对象的不同，生物化学可分为动物生物化学、植物生物化学和微生物生物化学，如以一般生物为研究对象而不局限于动物或植物，则称为普通生物化学或基础生物化学。另外，根据研究服务领域不同，又可分为医学生物化学、农业生物化学、工业生物化学、土壤生物化学等；还有如比较生物化学、进化生物化学等。

由此可见，有机化学与生物化学两门学科具有不可分割的天然联系，所有有机化学的内容都会直接应用于生物化学的研究之中。可以说，生物化学是有机化学在生物学领域的深入与发展，有机化学是生物化学研究的理论支撑。这也是本书将两门学科合二为一、统一讲述的基础与起因。

二、有机及生物化学的基本内容

根据研究内容，将有机及生物化学的基本内容归纳如下。

（1）静态生物化学 研究生物体内各种组分的化学结构、性质及基本反应，主要包括四种生物大分子（蛋白质、核酸、碳水化合物和脂类）以及相关的重要有机化合物等。这也是有机化学的主要研究内容。

（2）动态生物化学 主要讨论生物体内各种物质的形成与分解以及物质、能量的相互转化等内容，即新陈代谢及其规律。这是有机反应在生物体内的表现形式与基本应用。

（3）机能生物化学 所讨论的是生命物质与生命现象之间的关系，包括各种生命物质在生命活动中所起的作用及其结构变化对生命活动的影响。包括生物代谢的作用、生物信息的传递以及生物繁殖与进化的原理等。可以说是有机化学更深层次的生物表现。

三、有机及生物化学在实际中的应用

有机化学是化学工业的基础。任何化工合成过程都是以有机反应为基础的，特别是石油化工、煤炭化工，现今各种生活日用品几乎都离不开它们；医药工业、食品工业、生物化工工业都直接或间接地应用着有机化学的理论与技术。

有机化学又是生物化学的基础。生物化学的独立分科离不开 19 世纪有机化学的大发展。只有阐明了有机化合物的结构、有机合成分解反应，特别是氧化还原反应的机制，才能真正明白生物氧化以及各种代谢的相关机制和生理功能。因此，有机化学与生物化学密不可分。

但是，生物化学本身仍是以生物体为研究对象的生物科学的一个分支，与生物学的许多

分支学科均有密切关系。

生物化学与生理学是关系特别密切的姊妹学科。动植物生命活动中物质与能量代谢正是生物化学的重要内容，而这种代谢过程是生命活动的物质基础和能量保障。

生物化学与分子生物学可以说是“父子”关系。现代分子生物学是发现了DNA的结构与功能后得以建立起来的，而号称“分子生物学之父”的沃森（James Dewey Watson）正是DNA双螺旋模型的建立者之一。

生物化学与遗传学关系密切。现在已经知道核酸是一切生物遗传信息的载体，而遗传信息的表达，则是通过核酸所携带的遗传信息翻译为蛋白质来实现的。所以，这部分内容是遗传学（分子遗传学）和生物化学的共同内容。

生物化学与微生物学相互支撑。现代微生物学之父、法国微生物学家巴斯德（Louis Pasteur）是酵母发酵的发现者和阐明者之一，而糖酵解过程可以说是整个生物代谢的基础。同时，现代生物化学和分子生物学的诸多内容都是以相对简单的微生物为材料研究清楚后，进而弄清高等动植物的相关过程的。

生物化学与农业关系密切。农业生产各环节无疑都是为增加经济产量而努力，而生物化学为栽培、育种、土壤、肥料以及植物保护提供了必要的理论基础和实践指导。

生物化学与医药工业密切相关。无论疾病的诊疗还是药物的生产，无不直接应用着有机和生物化学的知识，有机及生物化学是医药科学的基础学科。化学工业中的酿造、皮革、制糖以及食品加工等，都要运用有机及生物化学的理论和技術。近年来蓬勃发展的生物化工工程主要是应用生物化学中关于物质转化、酶促过程和提取分离的相关内容。

另外，有机及生物化学也与国防建设密切关联。现代战争中的化学战或生物战都是从化学、生物学的角度出发研究的。

总之，有机及生物化学是现代科技发展中的一门重要学科，也是今后各相关课程学习的理论基础和技术支撑。

复习思考题

1. 有机物与无机物的区别是什么？
2. 有机物的特点有哪些？
3. 有机物的种类有哪些？
4. 有机化学反应的基本类型有哪些？
5. 生物分子与生物大分子的种类有哪些？
6. 为什么说生命是物质的，是物质运动的特殊方式？
7. 原生质是什么？如何理解生命活动是在细胞原生质中进行的？
8. 为什么说生物分子高度有序性是生命表现的基础？
9. 简述有机化学与生物化学在社会生产生活中的实际意义。