



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

生物化学

古练权 主编
许家喜 段玉峰 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

生物化学

古练权 主编

许家喜 段玉峰 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

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”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部理科化学“九五”规划教材。是编者多年讲授生物化学课程基础上完成的。本书较系统地介绍了生物化学的基本内容,对生物化学的发展趋势也做了介绍,并针对化学专业教学实际增加了生物技术在化学研究中的应用内容。

本书可作为化学专业的教材,也可供有关研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/古练权主编:许家喜,段玉峰编. —北京:
高等教育出版社,2000.7 (2002 重印)
ISBN 7-04-008610-7

I. 生... II. ①古...②许...③段... III. 生物化学 IV.Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 23131 号

生物化学

古练权 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 22.25
字 数 410 000

版 次 2000 年 7 月第 1 版
印 次 2002 年 9 月第 5 次印刷
定 价 18.90 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

化学与生命科学的相互交叉和渗透,是现代化学和生命科学发展的需要和必然结果。化学是在分子水平上阐明物质运动和变化的科学。生命现象是生物体内各种物质分子运动和变化的结果。因此,化学的基本理论和技术是研究生命现象本质的基础。生命科学发展的历史证明,几乎所有生命科学中的重要发现和突破,都包含了大量化学研究工作的贡献。另一方面,化学家们在研究和阐明生命现象中的化学问题过程中,也极大地促进了化学学科本身的深化和发展。目前,随着生命科学的迅速发展,对许多生命现象的研究已经进入分子水平。生物大分子的结构与功能、生物分子之间的相互识别和作用机制、生命过程中复杂的变化及其调控机制等许多根本性问题,已经摆在生物学家和化学家的面前。毫无疑问,这将使化学和生命科学在更深的层次上密切结合,相互促进,共同发展。

为了适应这种新的学科发展趋势,作为新一代的化学家,学习和掌握生物化学的基本内容和发展方向,了解化学与生命科学的关系,特别是生命现象中的基本化学问题是很有必要的。因此,近年来国内外越来越多的大学为化学专业的学生开设了生物化学课程。

目前,化学专业生物化学课程主要是选用生物专业通用的生物化学教材。许多从事教学的教师都深感生物专业使用的生物化学教材虽然内容丰富,系统性强,但是,由于化学专业学生学习生物化学的目的、兴趣以及知识基础不同,在使用这类教材时常常会感到不适应,给教和学都带来一定的困难。为此,编写一本适合化学专业学生用的生物化学教材是十分必要的。

本书就是为化学专业而编写的,因此,编写的基本原则是:①全面反映生物化学的基本内容,介绍学科的前沿和发展趋势。在阐明重要生命现象的化学本质的同时,也介绍生物技术在化学研究中的应用。②根据化学专业学生的需要和知识基础,更多地应用化学的观点和理论来讨论生命过程中的化学问题。③恰当地应用图表,用读者比较容易理解的方式进行讨论和叙述,使本书容易理解和掌握。本书编写大纲得到了教育部有机化学和高分子化学教学指导组的指导和审定。

本书的第2章、第5章由陕西师范大学段玉锋写出初稿,第3章、第8章(部分)由北京大学许家喜写出初稿,其余由中山大学古练权写出初稿。最后由古练权修改并定稿。

本书初稿经化学专业《生物化学》教材审稿会审查。北京大学金声教授和兰州大学郑荣梁教授担任本书的主审。西北大学常建华、陕西师范大学熊正英和武汉大学傅恩琴参加了审稿会。根据审稿会提出的意见,又做了全面的修改和补充。

由于编者水平限制,难免会有错误和疏漏,诚恳希望得到读者的批评指正。

编 者

1999年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物化学的概念	1
1.2 生命现象中的化学问题与现代化学发展的关系	2
1.3 生物体的化学组成	2
1.3.1 生物体的元素组成	2
1.3.2 生物分子	4
1.4 生物分子的相互作用	9
1.4.1 生物分子之间的作用力	9
1.4.2 分子识别和超分子	11
1.5 生物体内的水	12
1.5.1 水的结构和特性	12
1.5.2 水分子对生物大分子的结构和性质的影响	15
1.5.3 缓冲溶液及生物体的缓冲体系	15
习题	18
第 2 章 细胞和生物膜	20
2.1 细胞是生物体的基本结构单元	20
2.1.1 细胞的分类和结构	20
2.1.2 细胞是生物分子发生化学变化的场所	21
2.2 生物膜	23
2.2.1 生物膜的组成和结构	23
2.2.2 生物膜的功能	26
2.2.3 生物膜的模拟——人工膜	28
习题	30
第 3 章 蛋白质	32
3.1 氨基酸、多肽和蛋白质	32
3.2 氨基酸	32
3.2.1 氨基酸的结构和分类	33
3.2.2 氨基酸的解离性质	34
3.2.3 几种重要的不常见氨基酸	36
3.2.4 氨基酸的化学性质	37
3.2.5 氨基酸的化学合成	45
3.3 多肽	49
3.3.1 多肽	49

3.3.2 肽键	50
3.3.3 多肽的性质	50
3.3.4 天然存在的重要多肽	53
3.4 蛋白质	54
3.4.1 蛋白质的分类和性质	54
3.4.2 蛋白质的分离和纯化	56
3.5 蛋白质的结构	61
3.5.1 蛋白质的一级结构	61
3.5.2 蛋白质的三维结构	66
3.5.3 几种重要的蛋白质类型	70
3.6 多肽的化学合成	74
3.6.1 氨基的保护方法	75
3.6.2 羧基的保护方法	76
3.6.3 肽键形成方法	77
习题	81
第4章 酶化学	83
4.1 酶——生物催化剂	83
4.1.1 酶的概念	83
4.1.2 酶的命名及分类	83
4.1.3 酶催化作用的特性	85
4.2 酶的非蛋白组分——辅酶和金属离子	87
4.2.1 辅酶	87
4.2.2 酶分子中的金属离子	96
4.3 酶促反应的速率和影响因素	96
4.3.1 底物浓度对酶促反应速率的影响——米氏方程	97
4.3.2 影响酶促反应速率的其它因素	98
4.4 酶的结构和酶的催化作用机制	99
4.4.1 酶分子的结构特点	99
4.4.2 酶活性中心的测定方法	100
4.4.3 酶与底物分子相互作用	101
4.4.4 酶的催化作用机制	105
4.4.5 丝氨酸蛋白酶水解机制	110
4.5 酶的抑制作用和抑制剂	115
4.5.1 抑制剂的作用方式	115
4.5.2 可逆抑制作用的动力学特征	117
4.6 人工合成酶的新进展	119
4.6.1 抗体酶	119
4.6.2 杂化酶	121

4.6.3 酶模型	123
4.7 酶在化学研究中的应用	126
4.7.1 酶制剂和酶促反应介质	126
4.7.2 酶在有机化学中的应用	126
4.7.3 酶在高分子合成中的应用	130
4.7.4 酶在环境化学中的应用	131
4.7.5 酶标法	131
4.8 非水溶剂中的酶促反应	132
4.8.1 有机溶剂中的酶学性质	132
4.8.2 有机溶剂中的酶促反应及其应用	134
4.9 酶工程	139
4.9.1 化学酶工程	139
4.9.2 生物酶工程	140
习题	141
第5章 核酸	143
5.1 核酸与生命遗传	143
5.2 核酸的分类和组成	143
5.2.1 核酸的分类	143
5.2.2 核酸的组成	144
5.3 核酸的结构	151
5.3.1 核酸的一级结构——核酸碱基顺序及其生物学意义	151
5.3.2 DNA 的双螺旋结构及其生物学意义	152
5.3.3 DNA 的三螺旋结构	153
5.3.4 RNA 的结构特点	154
5.4 核酸的性质	155
5.4.1 含氮碱基的性质	155
5.4.2 核酸的性质	159
5.5 核酸碱基顺序的测定	162
5.5.1 DNA 碱基顺序测定方法	162
5.5.2 RNA 碱基顺序测定方法	169
5.6 核酸的生物功能	170
5.6.1 DNA 的复制与生物遗传信息的保持	170
5.6.2 RNA 与生物遗传信息的表达	171
5.6.3 生物遗传变异的化学本质——DNA 结构变化	175
5.6.4 核酸的催化性质	178
5.7 核酸的体外生物合成法	180
5.7.1 DNA 的体外生物合成	180
5.7.2 RNA 的体外生物合成	181

5.8 多聚核苷酸的化学合成	182
5.8.1 保护基	182
5.8.2 磷酸二酯键的形成和多聚核苷酸的合成	186
5.9 核酸化学中的几种重要新技术	191
5.9.1 DNA 重组技术和基因工程	192
5.9.2 PCR 技术	193
5.9.3 基因定点突变技术	195
5.9.4 定向分子进化	196
习题	197
第 6 章 生物氧化和生物能	198
6.1 生物氧化的方式和特点	198
6.1.1 生物氧化的方式	198
6.1.2 生物氧化的特点	199
6.2 生物能及其存在形式	200
6.2.1 生物能和 ATP	200
6.2.2 生物体系中的高能磷酸酯类化合物	202
6.3 线粒体呼吸链和 ATP 合成	203
6.3.1 线粒体膜的结构特点	203
6.3.2 线粒体呼吸链的组成	204
6.3.3 线粒体吸收链的电子传递	205
6.3.4 ATP 合成	211
6.4 线粒体呼吸链的电子传递与自由基的产生	213
习题	215
第 7 章 代谢	217
7.1 糖代谢	217
7.1.1 糖的酶水解	217
7.1.2 葡萄糖的分解代谢	220
7.1.3 其它单糖的分解代谢	239
7.1.4 糖原的合成代谢	240
7.1.5 糖代谢的紊乱	241
7.2 光合作用	242
7.2.1 叶绿体及光合色素	243
7.2.2 光合作用机制	244
7.3 脂类代谢	253
7.3.1 脂类的消化和吸收	253
7.3.2 脂肪的分解代谢	254
7.3.3 脂肪的合成代谢	260
7.3.4 磷脂代谢	263

7.4 蛋白质降解和氨基酸代谢.....	265
7.4.1 蛋白质的消化和吸收.....	265
7.4.2 氨基酸的分解代谢.....	266
7.4.3 氨基酸的合成代谢.....	278
7.4.4 氮循环和生物固氮作用.....	280
7.5 核酸的降解和核苷酸的代谢.....	282
7.5.1 核酸的降解.....	282
7.5.2 核苷酸的分解代谢.....	282
7.5.3 核苷酸的合成代谢.....	285
习题	291
第8章 生物化学过程的调控	293
8.1 生物调控的概念.....	293
8.2 生物调控的基本物质.....	294
8.2.1 生物调控的信号物质.....	294
8.2.2 激素及激素的调控作用机制.....	298
8.3 细胞-酶水平的调控.....	316
8.3.1 细胞膜结构的调控作用.....	316
8.3.2 酶活性的调控.....	317
8.4 化学调控与生物活性分子的设计.....	322
8.4.1 酶的化学激活和抑制.....	322
8.4.2 酶活性的化学调控与生物活性分子的设计.....	325
习题	330
索引	332

第 1 章 绪 论

1.1 生物化学的概念

生物体是由各种不同的化学物质组成的。这些物质极其复杂的化学组成、结构及化学变化,就构成了千姿百态的生命现象。

生物化学主要是应用化学的理论和方法来研究生命现象,阐明生命现象的化学本质。

生物化学的基本内容包括:发现和阐明构成生命物体的分子基础——生物分子的化学组成、结构和性质;生物分子的结构、功能与生命现象的关系;生物分子在生物机体中的相互作用及其变化规律。

生物化学是在分子水平上研究生命科学的一门学科,是生命科学的重要基础学科之一。

生物化学成为目前最活跃、发展最迅速的学科之一,主要有如下几方面原因。

(1) 生命现象基本的化学本质已经开始被揭示。近 50 年来,科学家们发现了具有划时代意义的脱氧核糖核酸(DNA)双螺旋结构,发展了 DNA 重组技术,揭示了生命遗传的化学本质。在此期间,蛋白质三维结构、酶作用机制、生物能量转换机制以及神经传导物质等的发现和阐明,使人们看到了最终揭示生命奥秘的前景。

(2) 发现和阐明了构成生命现象的共同基础和原则。从大肠杆菌到人类,从藻类到高等植物,虽然表面上看千差万别,但是,都存在一些最基本的共同点:所有的生命物体都由糖、脂、核酸和蛋白质等生物分子以及水和无机离子组成;所有的生命物体的遗传信息物质都是 DNA(极少数是 RNA),并且具有基本相同的遗传信息传递模式;所有生命物体都具有相似的能量转换机制,ATP 是所有生物的能量转换中间体。

(3) 现代生物化学的发展深刻地影响着医学科学和农业科学的发展。

(4) 化学和物理科学的理论和技术的迅速发展,为生物化学的研究提供了先进的方法和手段,使人类有可能对生命现象中的前沿问题进行深入的研究。

(5) 生物化学中提出的化学问题和物理问题,吸引了越来越多的化学家和物理学家的参与。生物无机化学、生物有机化学、生物电化学和生物物理等交叉

学科的产生和发展,表明生命科学已经成为现代自然科学发展的重要动力之一。同时,生物化学的理论和技術,也对其它相关科学,特别是化学的发展有着重要影响。

1.2 生命现象中的化学问题与现代化学发展的关系

生物化学发展的历史告诉我们,生物化学是在不断地研究和阐明生命现象中的化学问题过程中发展起来的。几乎所有生物化学的重要发现和突破,都包含了大量化学方面的研究工作。例如,三羧酸循环的发现和阐明,遗传物质DNA的确定以及DNA双螺旋结构的发现,蛋白质的组成和结构测定等,都是生物化学家和化学家们共同努力的结果。

生物化学与化学科学之间的相互渗透、相互促进,对于生物化学和化学的发展都起着极其重要作用。

现代生物化学的发展,需要化学学科更深入的渗透和融合。生命科学中化学问题的研究已经成为化学学科的重要研究内容。对这些问题的深入研究和阐明,不仅对于生命科学的发展具有重要意义,而且必将对化学学科本身的发展产生深远影响。例如,酶为什么具有催化作用,而且具有特殊的选择性和高效性?为了阐明酶的这一特性,就需要详细研究酶分子的化学组成、特殊的立体结构、酶分子中各种基团的相互影响,以及酶分子与底物分子之间的相互作用等。在此基础上,发展和建立了两个新的化学研究领域:①模型酶的研究,已经成为现代有机化学、无机化学和理论化学的重要发展方向。②分子识别和超分子的研究,极大地丰富了人们对于非共价作用力在复杂的分子体系中重要作用的认识。可以预期,随着生物化学前沿问题的深入研究,一些新的化学现象和规律将被发现,新的研究领域也将出现。

1.3 生物体的化学组成

自然界所有的生命物体都由三类物质组成:水、无机离子和生物分子。水约占生物体质量的三分之二,生物分子约占三分之一,无机离子约占百分之一。例如,大肠杆菌的化学组成见表1.1。

1.3.1 生物体的元素组成

组成生命体的物质是极其复杂的,但是它们的元素组成则比较简单。在地球上存在的92种天然元素中,只有28种元素在生物体内被发现。根据各种元素的重要性和存在情况,可以将28种元素分成四类(见表1.2)。

表 1.1 大肠杆菌的化学组成

化 学 成 分	质量分数/%	所含不同类型分子或离子大概数目
水	70	1
蛋白质	15	3 000
核酸		
DNA	1	1
RNA	6	> 3 000
多糖	3	5
脂	2	20
氨基酸、核苷酸和维生素等	2	500
无机离子	1	20

表 1.2 生物体的元素组成

元 素	存在于所有 生物组织	存在于某些 生物组织	说 明	元 素	存在于所有 生物组织	存在于某些 生物组织	说 明
碳 (C)	×		第一类	铝 (Al)		×	第四类
氢 (H)	×		第一类	砷 (As)		×	第四类
氮 (N)	×		第一类	硼 (B)		×	第四类
氧 (O)	×		第一类	溴 (Br)		×	第四类
硫 (S)	×		第二类	铬 (Cr)		×	第四类
磷 (P)	×		第二类	氟 (F)		×	第四类
氯 (Cl)	×		第二类	镓 (Ga)		×	第四类
钙 (Ca)	×		第二类	碘 (I)		×	第四类
钾 (K)	×		第二类	钼 (Mo)		×	第四类
钠 (Na)	×		第二类	硒 (Se)		×	第四类
镁 (Mg)	×		第二类	硅 (Si)		×	第四类
铁 (Fe)	×		第三类	矾 (V)		×	第四类
铜 (Cu)	×		第三类				
钴 (Co)	×		第三类				
锰 (Mn)	×		第三类				
锌 (Zn)	×		第三类				

第一类元素:包括 C, H, O 和 N 四种元素,是组成生命体最基本的元素。这四种元素约占了生物体总质量的 99% 以上。更重要的是这类元素之间能够形成稳定的共价键,如 C—C, C=C, C≡C, C—O, C—N, C=N, C—H, N—H 和 O—H 键等。其中 C 原子能够形成四面体价键结构以及形成单键、双键和三键

等。这些重要的特性,对于形成复杂的生物体的结构和表现出多种多样的功能是非常重要的。

第二类元素:包括 S, P, Cl, Ca, K, Na 和 Mg。这类元素也是组成生命体的基本元素。S 是蛋白质的重要组成元素之一。P 是核酸和 ATP 的基本组成元素,在生命遗传和生物能量转变中,具有重要意义。Ca, K, Na 和 Mg 是生物体内存在的主要无机离子。

第三类元素:包括 Fe, Cu, Co, Mn 和 Zn。是生物体内存在的主要微量元素。它们均为过渡金属元素,主要是作为酶的辅助成分。

第四类元素:包括 Al, As, B, Br, Cr, F, Ga, I, Mo, Se, Si 和 V。它们属于生物体内存在的微量元素。其功能还未完全明白。

1.3.2 生物分子

生物分子是生物体最重要的组成部分,约占生物体质量的三分之一以上。生物分子是生物体和生命现象的结构基础和功能基础,是生物化学研究的基本对象。

虽然自然界中存在着千千万万各种不同的生物,但是组成这些生物体的生物分子类型并不多。生物分子的主要类型包括:糖、脂、核酸和蛋白质等生物大分子以及维生素、辅酶、激素、核苷酸和氨基酸等。

1. 生物分子中的主要基团

生物分子都是有机化合物。生物分子中常见的基团见表 1.3。

生物大分子中一般都含有多个不同类型的基团。每个基团具有不同的性质和反应,各个基团之间的相互影响作用(非共价力)也将产生某些新的特性。所以,生物大分子所含的基团种类和性质,是生物分子具有复杂的生理功能的基础。

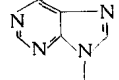
2. 生物大分子基本特征

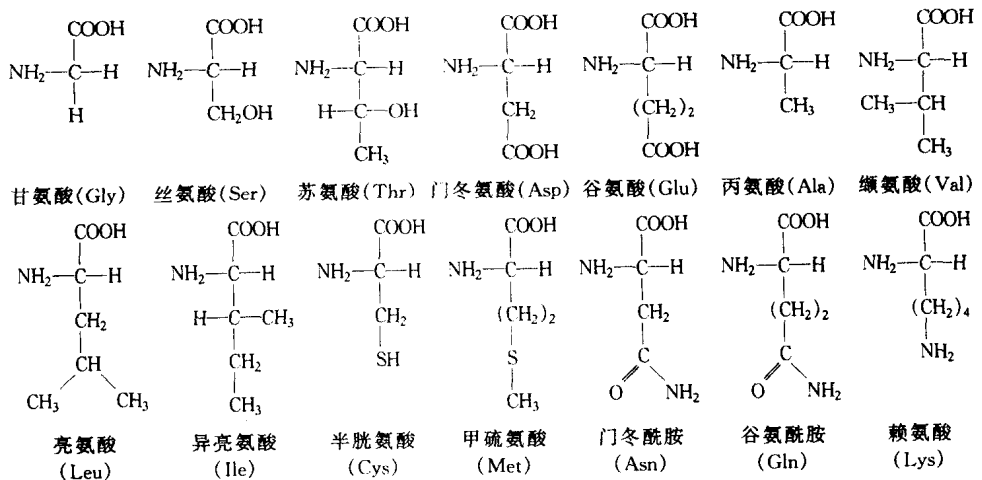
生物分子中最重要的是糖、脂、核酸和蛋白质,它们是构成生命体和维持生命现象最基本的物质。由于这四类生物分子的相对分子质量一般都很大,所以又称为生物大分子。生物大分子具有如下特征。

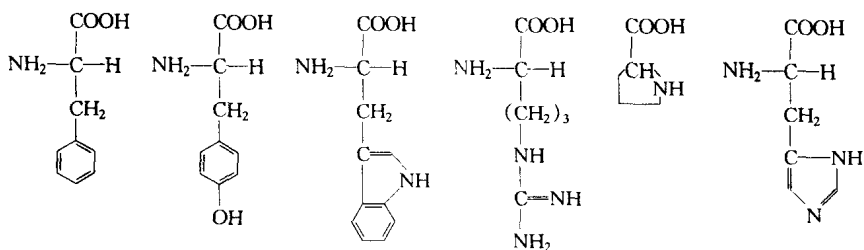
(1) 生物大分子都是由结构比较简单的小分子——结构单元分子——所组成。虽然生物体中含有许多不同类型的生物分子,例如大肠杆菌的细胞中含有 6000 多种不同的生物分子,其中大约有 3000 种不同的蛋白质和 3000 种不同的核酸以及其它的生物分子。对这些生物分子的结构进行分析,发现它们都是由为数不多、结构比较简单的小分子以某种方式连接而成。这些小分子化合物被称为结构单元分子。最重要的结构单元分子主要有以下几类。

① 构成蛋白质的结构单元分子——20 种基本氨基酸:

表 1.3 生物分子中常见的基团

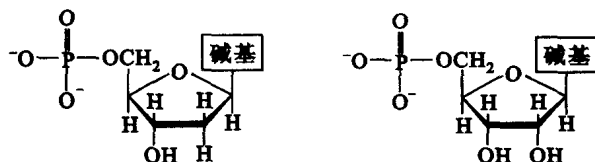
基团名称	结 构	基团名称	结 构
羟基	$-\text{O}-\text{H}$	苯基	
醛基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	咪唑基	
酮基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{R} \end{array}$	嘌呤基	
羧基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	嘧啶基	
氨基	$-\text{NH}_2$	吡啶基	
酰氨基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	二硫基	$-\text{S}-\text{S}-$
巯基	$-\text{SH}$	胍基	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ -\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$
酯基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	磷酸基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{O}^- \end{array}$
醚基	$-\text{O}-\text{R}$		
甲基	$-\text{CH}_3$		
乙基	$-\text{CH}_2\text{CH}_3$		





苯丙氨酸(Phe) 酪氨酸(Tyr) 色氨酸(Trp) 精氨酸(Arg) 脯氨酸(Pro) 组氨酸(His)

② 构成核酸的结构单元分子——核苷酸：



脱氧核糖核苷酸

碱基 = A, dAMP

G, dGMP

C, dCMP

T, dTMP

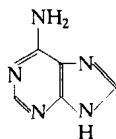
核糖核苷酸

碱基 = A, AMP

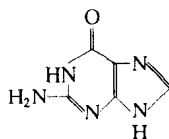
G, GMP

C, CMP

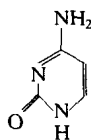
U, UMP



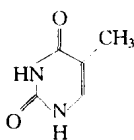
腺嘌呤(A)



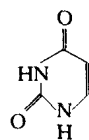
鸟嘌呤(G)



胞嘧啶(C)

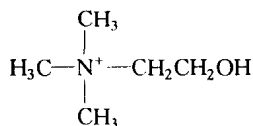


胸腺嘧啶(T)



尿嘧啶(U)

③ 构成脂的结构单元分子——甘油、脂肪酸和胆碱：如胆碱结构式为



胆碱

④ 构成糖的结构单元分子——单糖：如D-葡萄糖。

(2) 生物大分子都具有非常复杂的结构。生物大分子的结构可分为两种类型。

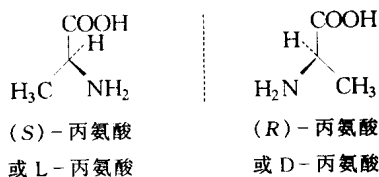
生物大分子的一级结构：构成生物分子的结构单元分子按不同的排列组合，

形成数量庞大、结构复杂的线形分子或环状分子。通常将只涉及结构单元的排列顺序的结构类型称为一级结构。例如由四种核苷酸构成含有 8 个核苷酸单元的 DNA, 可以有 $4^8(65\,536)$ 个不同一级结构的分子(异构体)。由 20 种氨基酸构成含有 8 个氨基酸的 8 肽, 则有 $20^8(2.56 \times 10^{10})$ 个不同一级结构的分子(异构体)。

生物大分子的立体结构:生物大分子在线形或环状结构基础上, 通过分子内或分子之间的基团(包括极性、非极性和带电荷基团)相互作用, 可以进一步形成非常复杂的立体结构。例如盘绕成螺旋形, 折叠成片层状。有的以线状存在, 而有的则形成球状等。根据生物分子的立体结构特性, 可以分为二级结构、三级结构和四级结构。生物大分子的这种复杂的立体结构, 是生物分子具有复杂生理功能的重要原因。

(3) 生物分子的手性。由于构成生物大分子的结构单元分子大多数都是手性分子, 例如, 构成蛋白质的氨基酸都是 L-型(非手性甘氨酸例外), 构成多糖的单糖都是 D-型。因此, 生物大分子中存在许多手性中心(主要是手性碳原子)。生物分子的手性特性对于生物分子之间的相互识别、酶分子的选择性催化性质等具有重要意义。

① 手性分子和前手性分子: 化合物分子中, 如果一个碳原子的四个价键分别与不同的原子或基团相连, 这种碳原子称为手性碳原子(或不对称碳原子), 而这种分子则称为手性分子(或不对称分子)。例如丙氨酸分子, 含有一个手性碳原子, 所以它是一个手性分子。丙氨酸有两个手性异构体(对映异构体), 即 L-丙氨酸和 D-丙氨酸:



如果一个碳原子与四个原子或基团 a_1, a_2, b 和 d 相连[图 1.1(a)], 其中 a_1 和 a_2 相同, 显然这是一个非手性分子。但是如果其中的一个 a 被另一个原子或基团 e 取代, 则变成一个手性分子。这种类型的分子称为前手性分子。假设上述各个基团按“次序规则”排列的次序为 $e > d > b > a$, 那么当 e 取代 a_1 或 a_2 后, 将产生两种不同的构型: S-构型[图 1.1(b)]或 R-构型[图 1.1(c)]。

② 前手性碳原子、前手性氢原子和前手性面: 乙醇分子是一个典型的前手性分子。乙醇分子的亚甲基碳原子分别与一个甲基、一个羟基和两个氢原子相连, 这种亚甲基碳被称为前手性碳原子。当前手性碳原子上的一个氢被氘取代后, 即变成手性乙醇, 这种氢原子被称为前手性氢原子。