

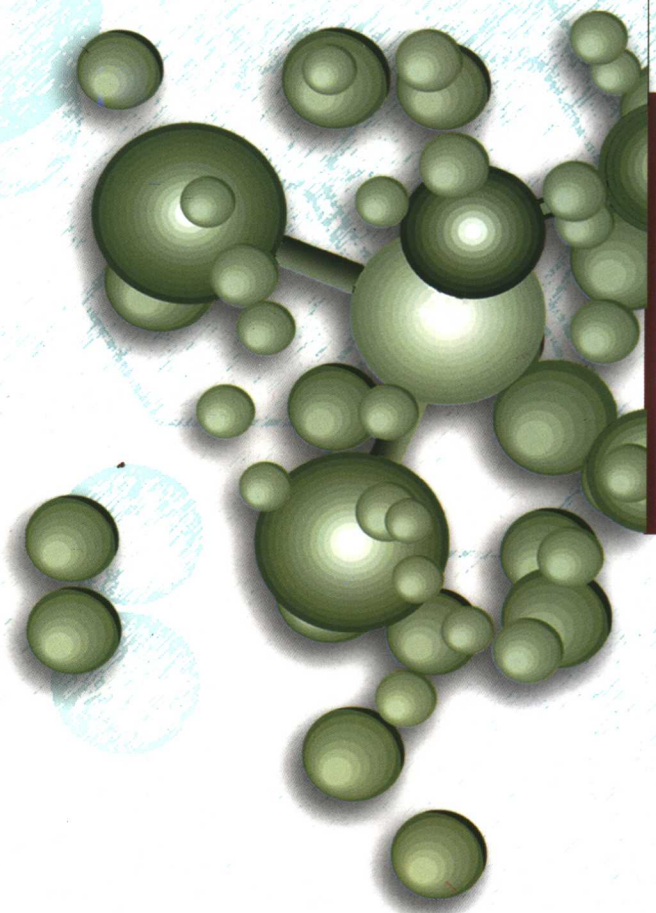


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学原理

PRINCIPLE OF BIOCHEMISTRY

张洪渊 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学原理

PRINCIPLE OF BIOCHEMISTRY

张洪渊 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

生物化学是探索生命本质的重要微观学科之一。作为大学生物学科学本科生使用的基础教材,本书既传承了生物化学基本理论,又展示了生物化学发展的最新成就。

全书共由五个部分、二十三章组成。第一部分介绍生化系统的环境条件,第二部分介绍生命的化学物质,第三部分介绍物质与能量代谢,第四部分介绍信息传递与调控,第五部分介绍与生物化学研究相关的新技术与新学科。

本书内容全面、系统,深入浅出地介绍了生物化学的教学内容。

本书适合高等院校生物化学专业以及相关专业的本科生作为教材使用。同时,本书也可作为有关专业的教材和科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学原理/张洪渊主编. —北京:科学出版社, 2006

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 7-03-017680-4

I. 生… II. 张… III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第080850号

责任编辑:甄文全 卜 新/责任校对:李奕莹

责任印制:张克忠/封面设计:卢秋红

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年9月第一版 开本:850×1168 1/16

2006年9月第一次印刷 印张:34 1/2

印数:1—3 000 字数:947 000

定价:50.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《生物化学原理》编委会

主 编 张洪渊

副主编 刘克武 孟延发

参加编写人员 (按汉语拼音排序)

- 黄新河 (四川大学) (编写第二十章)
- 李光辉 (四川轻化工学院) (编写第九章)
- 李 佳 (四川大学) (编写第十七、十八章)
- 李遂焰 (西南交通大学) (编写第六、十五章)
- 刘克武 (四川大学) (编写第五、十章)
- 刘 鑫 (四川大学) (编写第十一、十三章)
- 陆 珊 (四川大学) (编写第十四章)
- 孟延发 (四川大学) (编写第二十一、二十二章)
- 万海清 (四川大学) (编写第七章)
- 魏 炜 (四川大学) (编写第二、三、四章)
- 严 伟 (四川师范大学) (编写第十二章)
- 张洪渊 (四川大学) (编写第二十三章)
- 张廷华 (西南科技大学) (编写第十六章)
- 赵 巍 (四川大学) (编写第十九章)
- 赵欣平 (四川大学) (编写第一、八章)

前 言

当今生命科学存在诸多研究热点，人类基因组的测序与分析仍旧是其中最受关注的领域。人类完整基因组草图的公布并不意味着这项划时代宏伟科研计划的终结，它只不过是科学家以空前有效的方式诠释生命科学奥秘的开始。DNA 芯片或 DNA 微阵列作为基因研究应用的一种重要形式受到生物学界的广泛关注。继基因组学 (genomics) 之后，蛋白质组学 (proteomics)、视网膜色素高分辨率晶体结构、人和动物机体固有的免疫系统引发糖尿病的机制、抵抗素与肥胖之间的关联、睡眠基因、肿瘤细胞产生的机制、蛋白质与小分子之间的相互作用等已成为当前的热点领域。这些热点问题的解决均有赖于生物化学理论和技术的支撑。

生物技术的发展及其研究内容与生物化学的关系非常密切，而生命科学各经典学科和新产生的各分支学科无不以生物化学为基础或需要生物化学的知识，以促进各自学科的发展和更新。事实上，生物化学已成为生物、医学、农业、化学、轻工业、制药、国防等门类愈来愈多专业的必修课或选修课。此外，回顾近 20 年来生物化学和分子生物学的发展速度，令人瞠目。其文献和成果的翻新速度是前所未有的。为满足多种专业学生学习生物化学的需求，我们组织了四川地区几所高校多年在教学第一线从事生物化学教学的教师共同编写了本书，在统一、协调的基础上也融入了他们个人的教学经验，使其内容更加丰富和精彩。

本书在内容选择上按照“三基”（即基本理论、基础知识和基本技能）和“五性”（科学性、思想性、先进性、启发性和创新性）的要求，重点放在“基础”上，同时也涉及生物化学研究的新成果和新动向。本书第二十三章对生命科学新产生的一些分支学科和新技术做了简要介绍，主要涉及系统生物学的基本内容，包括基因组学和后基因组学、蛋白质组学、生物信息学和生物芯片等，并扼要阐明生物化学与这些新学科、新技术的关系。我们希望读者在读完本书后会有一些新的领悟。

在编写过程中，我们力求内容由浅入深，删繁就简，循序渐进，易懂易学，使其既可作为多种相关专业的教材或参考书，又可成为函授、自学的好帮手。

由于参与本书编写的作者较多，因此，在个别章节难免存在风格或逻辑上的不协调性，甚至有疏漏、重复或不当，敬请读者指正。

在本书的编写过程中，得到了编者所在学校有关领导的支持和帮助，我们表示衷心感谢！科学出版社甄文全博士为本书组稿、编辑、策划做了大量工作，四川大学李佳博士、刘鑫博士做了大量计算机录入工作，对此我们表示衷心的感谢！

张洪渊

2006 年 2 月

四、生物膜的功能	57	三、蛋白质的胶体性质	103
五、膜生物工程	59	四、蛋白质的沉淀作用	103
习题	60	五、蛋白质的变性作用	104
第五章 蛋白质化学	61	六、蛋白质的颜色反应	105
第一节 导言	61	第十三节 蛋白质及氨基酸的纯化和鉴定	
第二节 氨基酸	61	技术原理	105
一、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	61	一、蛋白质分离纯化的一般原则	106
二、氨基酸的性质	65	二、蛋白质分离纯化的方法	106
三、氨基酸的化学反应	68	三、蛋白质的分析测定	109
第三节 肽	72	习题	112
一、肽的结构	72	第六章 核酸化学	113
二、天然活性肽	73	第一节 导言	113
第四节 蛋白质的分类	75	一、核酸是遗传物质变异的物质基础	113
一、单纯蛋白质	75	二、核酸的分类	114
二、结合蛋白质	75	三、核酸的生物功能	115
第五节 蛋白质的共价结构	76	第二节 核酸的组成成分	118
一、蛋白质的氨基酸组成	76	一、元素组成	118
二、蛋白质分子结构中的化学键	77	二、糖组分	118
三、蛋白质一级结构的测定	79	三、碱基	119
四、几种典型蛋白质的一级结构	83	四、核苷	122
第六节 蛋白质的二级结构	83	五、核苷酸	124
一、构型与构象	83	第三节 RNA 的结构	127
二、蛋白质的二级结构	84	一、RNA 的种类与分布	127
三、超二级结构和结构域	87	二、RNA 的一级结构	129
第七节 蛋白质的三级结构	88	三、RNA 的高级结构	135
第八节 蛋白质的四级结构	88	第四节 DNA 的结构	140
第九节 蛋白质的构效关系	89	一、DNA 的一级结构	140
一、蛋白质一级结构对高级结构的影响	89	二、DNA 的二级结构	144
二、一级结构与功能的关系	90	三、DNA 的三级结构	148
三、高级结构与功能的关系	92	第五节 病毒核酸	150
第十节 几种典型蛋白质的结构与功能	93	一、病毒的大小、形态与结构	150
一、纤维状蛋白质 (fibrous proteins)	93	二、病毒核酸	151
二、球状蛋白	94	第六节 核酸及核苷酸的性质	155
三、糖蛋白	96	一、性状和溶解度	155
四、脂蛋白	97	二、核酸及其组分的两性性质	155
第十一节 蛋白质构象分析原理	98	三、核酸及其组分的紫外吸收	157
一、蛋白质溶液构象分析的光谱技术原理	98	四、核酸的变性与复性	159
二、多维核磁共振基本原理	99	第七节 核酸研究技术原理	160
三、蛋白质构象的理论预测	100	一、核酸及其组分的分离纯化	160
第十二节 蛋白质的性质	100	二、核酸及其组分含量的测定	162
一、蛋白质的两性解离和等电点	100	三、核酸及其组分的分析鉴定方法	163
二、蛋白质分子的大小	101	四、DNA 聚合酶链反应技术	165
		五、核酸的分子杂交与印迹技术	166
		习题	166
		第三部分 物质代谢与能量代谢	
		第七章 代谢系统必需的催化剂——酶	169

第一节 引言	169	九、维生素 C	199
一、酶的概念	169	十、硫辛酸	201
二、酶的催化特性	170	第四节 脂溶性维生素	202
三、酶的组成	171	一、维生素 A	202
第二节 酶的分类	172	二、维生素 D	204
第三节 酶结构与功能的关系	173	三、维生素 E	205
一、酶的一级结构与催化功能的关系	173	四、维生素 K	206
二、酶的活性与其高级结构的关系	174	第五节 铁卟啉及辅基	207
第四节 酶催化反应的机理	176	一、铁卟啉辅基	207
一、酶促反应的本质	176	二、金属辅基	207
二、酶反应机制	176	习题	208
第五节 酶反应动力学	178	第九章 激素	209
一、酶促反应的基本动力学	178	第一节 引言	209
二、酶浓度对酶反应速率的影响	182	一、激素的概念	209
三、温度对酶反应速率的影响	182	二、激素的类别	209
四、pH 对酶反应速率的影响	183	三、激素的作用机理	210
五、激活剂对酶反应速率的影响	183	第二节 高等动物激素	211
六、抑制剂对酶反应速率的影响	183	一、含氮激素	212
第六节 酶的多样性及活性调节	185	二、类固醇激素	219
一、核酶	186	三、脂肪酸衍生物激素——前列腺素	222
二、调节酶	186	第三节 植物激素	223
三、多功能酶	186	一、生长素	223
四、人工酶	186	二、赤霉素	224
第七节 酶活性测定	187	三、细胞分裂素	224
一、定性测定——根据酶催化的反应判断	187	四、脱落酸	225
二、活力单位——表示酶量的指标	187	五、乙烯	225
三、比活力——表示酶纯度的指标	188	六、其他植物激素	225
四、转换数——另一种表示酶催化能力大小的方法	188	第四节 昆虫激素	226
五、酶活力的定量测定方法——不同酶选用不同方法	188	一、昆虫内激素	226
习题	188	二、昆虫外激素	227
第八章 代谢系统必需的辅助因子	190	习题	228
第一节 引言	190	第十章 能量代谢与生物能的利用	229
第二节 维生素的命名及分类	190	第一节 引言	229
一、维生素的命名	190	第二节 生物氧化的方式和特点	230
二、分类	190	一、生物氧化中 CO ₂ 的生成方式	230
第三节 水溶性维生素与辅酶	191	二、生物氧化中物质氧化的方式	230
一、硫胺素与脱羧辅酶	191	三、生物氧化的特点	231
二、核黄素和黄素辅酶	192	第三节 呼吸酶类	231
三、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II	194	一、脱氢酶	231
四、吡哆素与维生素 B ₆	195	二、氧化酶	233
五、泛酸和辅酶 A	196	三、加氧酶	233
六、叶酸和叶酸辅酶	197	四、传递体	233
七、生物素	198	第四节 线粒体氧化体系	234
八、维生素 B ₁₂ 和辅酶 B ₁₂	198	一、呼吸链的概念	234
		二、呼吸链的组成成分	234
		三、呼吸链中各组分的排列顺序	236

第五节 非线粒体氧化体系·····	238	二、磷酸己糖旁路的生理意义·····	276
一、微粒体氧化体系(加氧体系)·····	238	第五节 其他己糖和戊糖的分解·····	277
二、过氧化体氧化体系·····	239	第六节 乙醛酸循环·····	277
第六节 植物细胞中的生物氧化体系·····	240	第七节 糖代谢异常·····	279
一、多酚氧化酶体系·····	240	一、低血糖·····	279
二、抗坏血酸氧化酶体系·····	240	二、高血糖·····	279
三、乙醇酸氧化酶体系·····	241	三、糖尿病·····	280
第七节 高能磷酸键的生成机制·····	241	习题·····	280
一、生化反应中的自由能及自由能变化·····	241	第十二章 糖的合成代谢 ·····	281
二、氧化还原电位与自由能变化·····	242	第一节 导言·····	281
三、线粒体膜结构的特点·····	244	第二节 光合作用的一般论述·····	282
四、高能磷酸键的生成机制·····	247	一、光合作用的器官——叶绿体·····	283
五、氧化磷酸化的机制·····	248	二、光合色素·····	283
第八节 穿梭作用实现线粒体与胞浆间的能量传递·····	249	第三节 光反应·····	285
一、磷酸甘油穿梭作用·····	249	一、类囊体膜(光合膜)中的两个色素系统·····	285
二、苹果酸穿梭作用·····	250	二、光反应的电子传递链·····	286
第九节 生物能量的储存和转移利用·····	250	三、光合磷酸化·····	286
一、ATP 末端磷酸基转移给醇型羟基、酰基或胺基, 本身变成 ADP·····	251	第四节 暗反应·····	288
二、ATP 将其焦磷酸基转移给其他化合物, 本身变为 AMP·····	251	一、卡尔文循环·····	288
三、ATP 将其 AMP 转移给其他化合物, 本身变为焦磷酸·····	252	二、暗反应的代谢调控·····	292
四、ATP 将其腺苷转移给其他化合物, 本身转变为焦磷酸和正磷酸·····	252	三、C ₄ 途径·····	293
第十节 氧化与磷酸化的解偶联·····	252	四、景天酸代谢途径·····	295
习题·····	253	第五节 光呼吸·····	295
第十一章 糖的分解代谢 ·····	254	第六节 蔗糖与淀粉的合成·····	297
第一节 糖的消化、吸收和转运·····	254	一、蔗糖的合成·····	297
一、糖的酶促降解·····	254	二、淀粉的合成·····	297
二、糖的吸收·····	255	第七节 糖原生成作用·····	298
三、糖的转运·····	256	一、糖原的结构·····	298
第二节 糖的无氧分解·····	258	二、糖原的合成·····	298
一、糖酵解途径——糖分解代谢的共同阶段·····	258	第八节 糖异生作用·····	299
二、EMP 途径的调节·····	263	一、糖异生的途径·····	299
三、无氧分解中丙酮酸的去向·····	264	二、糖异生的生理意义·····	301
四、糖无氧分解的生理意义·····	265	三、糖异生的调节·····	301
第三节 糖的需氧分解·····	266	第九节 糖原代谢的调节·····	302
一、糖的有氧氧化的反应历程·····	266	一、糖原代谢的变构调节·····	302
二、三羧酸循环的调节·····	270	二、激素的调节·····	302
三、糖需氧分解的生理意义·····	271	习题·····	303
第四节 磷酸己糖旁路·····	273	第十三章 脂质代谢 ·····	304
一、磷酸己糖旁路的反应历程·····	273	第一节 脂质的消化吸收和转运·····	304
		一、脂类的消化·····	304
		二、脂质的吸收·····	305
		三、血脂的转运·····	305
		第二节 脂肪的分解代谢·····	306
		一、甘油的分解与合成代谢·····	306
		二、脂肪酸的分解代谢·····	307

第三节 酮体代谢	313	第八节 生物固氮作用	356
一、酮体的生成	313	一、固氮生物的类型	356
二、酮体的氧化	314	二、生物固氮	357
第四节 脂肪的合成代谢	315	习题	358
一、 α -磷酸甘油的生成	315	第十五章 糖、脂类、蛋白质三大物质代谢的	
二、脂肪酸的合成代谢	315	关系	359
三、脂肪酸合成的调节	320	第一节 导言	359
四、三酰甘油的合成	321	第二节 糖的有氧代谢与无氧代谢的关系	
第五节 磷脂代谢	321	360
一、磷脂的分解代谢	321	一、糖代谢的概述	360
二、磷脂的合成代谢	323	二、糖各条分解代谢途径间的关系	360
第六节 胆固醇代谢	324	第三节 糖代谢与脂类代谢的关系	361
一、胆固醇的合成代谢	324	一、糖转变为脂类	361
二、胆固醇合成的调节	326	二、脂类转变为糖	362
三、胆固醇的转化	327	第四节 糖代谢与蛋白质代谢的关系	362
习题	328	一、糖转变为蛋白质	362
第十四章 氮代谢	329	二、蛋白质转变为糖	363
第一节 导言	329	第五节 脂类代谢与蛋白质代谢的关系	
一、蛋白质的消化	329	363
二、蛋白质的吸收	330	一、脂肪转变为蛋白质	363
三、蛋白质的转运	331	二、蛋白质转变为脂类	364
第二节 氨基酸的分解代谢	331	第六节 三大物质代谢的协调	364
一、氨基酸的脱氨基作用	331	习题	366
二、氨基酸的脱羧基作用	335		
第三节 鸟氨酸循环	336	第四部分 信息传递系统与调控系统	
一、氨的转运	336	第十六章 DNA 的生物合成——复制	369
二、氨的排泄	336	第一节 导言	369
三、尿素合成——鸟氨酸循环 (Ornithine cycle)	337	第二节 参与 DNA 复制的酶	369
第四节 氨基酸的合成代谢	340	一、DNA 聚合酶	369
一、 α -酮戊二酸衍生型 (谷氨酸型)	340	二、DNA 连接酶	373
二、草酰乙酸衍生型 (天冬氨酸型)	342	三、与解除 DNA 高级结构有关的酶及蛋白因子	373
三、丙酮酸衍生型	343	四、引物酶	375
四、3-磷酸甘油酸衍生型 (丝氨酸型)	345	第三节 DNA 半保留复制	376
五、磷酸烯醇丙酮酸衍生物	346	第四节 DNA 半不连续复制	377
六、组氨酸生物合成	347	第五节 DNA 复制过程	378
第五节 氨基酸代谢的调节	347	一、复制的起始	378
一、氨基酸生物合成的反馈抑制调节	347	二、新链的延伸 (elongation)	380
二、酶生成量的改变对氨基酸生物合成的调节	347	三、复制的终止	381
第六节 核苷酸的分解代谢	348	第六节 原核与真核生物 DNA 的复制特点	382
一、嘌呤核苷酸分解代谢	348	一、原核生物 DNA 的复制	382
二、嘧啶核苷酸分解代谢	349	二、真核生物 DNA 的复制	383
第七节 核苷酸的合成代谢	350	三、新链 5'末端的复制	384
一、嘌呤核苷酸的合成	350	第七节 DNA 重组	385
二、嘧啶核苷酸的合成	354	一、同源重组	386
三、脱氧核糖核苷酸的合成	355		

二、特异位点重组 (site-specific recombination)	389	一、遗传密码的破译	427
三、转座重组	391	二、遗传密码的特性	429
第八节 DNA 的反转录合成	395	第三节 核糖体	430
一、反转录酶	395	一、核糖体的组成	431
二、反转录病毒的基因组	395	二、核糖体的功能	431
三、反转录过程	396	三、多聚核糖体	432
四、反转录的生物学意义	396	第四节 氨基酸的活化——氨酰 tRNA 的合成	433
第九节 DNA 损伤修复	397	一、氨基酸与 tRNA 连接的反应	433
一、DNA 损伤	397	二、氨酰 tRNA 合成酶	433
二、错配修复	397	三、氨酰 tRNA 合成酶可识别特定底物	435
三、直接修复	397	第五节 起始密码子与起始 tRNA	436
四、切除修复	398	一、起始密码子	436
五、重组修复	398	二、起始 tRNA	436
六、应急反应和易错修复	399	第六节 翻译过程	437
习题	399	一、密码子的识别	437
第十七章 RNA 的生物合成——转录	401	二、蛋白质合成的起始	437
第一节 导言	401	三、肽链延伸 (elongation)	439
第二节 参与 RNA 合成的酶	401	四、肽链合成终止	441
一、RNA 聚合酶	401	第七节 翻译后修饰加工	442
二、RNA 复制酶	403	一、N 末端甲硫氨酸的切除	442
三、多核苷酸磷酸化酶	405	二、氨基酸残基的修饰	443
第三节 转录机制	405	三、肽链的水解修饰	443
一、转录起始	405	第八节 蛋白质的分泌及转运	443
二、转录延伸——依赖于 DNA 的合成	410	一、信号肽引导蛋白质的转运	443
三、转录终止	410	二、线粒体和叶绿体蛋白质的运输	445
第四节 转录方式	411	三、细菌蛋白质的运输	445
一、对称转录——DNA 两条链都作为模板	411	第九节 基因表达的抑制剂	445
二、不对称转录——DNA 两条链中仅一条链作为模板	411	一、抗生素	445
第五节 转录后加工	412	二、毒素	446
一、RNA 的催化剪切	412	三、抗代谢物	446
二、mRNA 的转录后加工	416	习题	447
三、rRNA 的转录后加工	420	第十九章 代谢调控	449
四、tRNA 的转录后加工	421	第一节 导言	449
五、RNA 生物功能的多样性	422	第二节 能量代谢的调节	449
第六节 核酸生物合成的抑制剂	423	一、能荷调节	450
一、核苷酸合成抑制剂	423	二、糖代谢的调节	450
二、与 DNA 模板结合的抑制剂	424	三、脂代谢的调节	451
三、作用于 RNA 聚合酶的抑制剂	424	第三节 物质代谢调节的方式和水平	452
习题	425	一、细胞水平的调节	452
第十八章 蛋白质的生物合成	426	二、激素的调节作用	453
第一节 导言	426	三、神经系统的调节	454
第二节 遗传密码	427	第四节 酶活性的调节和反馈调节	455
		一、酶的共价修饰	455

二、酶亚基的聚合和解聚·····	456	第六节 生物工程的应用·····	495
三、反馈调节·····	457	一、化工及冶金工业·····	495
四、激活剂和抑制剂对酶活性的影响·····	459	二、轻工和食品工业·····	495
第五节 酶量的调节·····	460	三、生物工程用于农业和畜牧业·····	495
一、酶的诱导合成·····	460	四、生物工程与医药·····	496
二、酶合成的阻遏作用·····	461	五、生物工程在环境保护中的应用·····	496
三、诱导与阻遏的机制·····	461	习题·····	497
第六节 基因表达的调控·····	461	第二十二章 基因工程和蛋白质工程 ·····	498
一、原核生物基因表达的调节·····	461	第一节 导言·····	498
二、真核生物基因表达的调节·····	464	第二节 基因工程的工具酶·····	498
习题·····	466	一、限制性内切酶的发现与分类·····	498
第二十章 细胞化学信号转导 ·····	467	二、甲基化酶·····	500
第一节 导言·····	467	三、T ₄ -DNA 连接酶·····	500
第二节 细胞间化学信号的种类·····	467	四、核酸酶·····	500
一、细胞间化学信号·····	468	五、聚合酶·····	501
二、细胞内化学信号·····	469	六、反转录酶·····	501
第三节 受体的调控及转导·····	470	七、DNA 加工酶·····	501
一、膜受体·····	470	第三节 目的基因的获得·····	502
二、胞内受体·····	473	一、通过分离法获得目的 DNA·····	502
三、受体的性质·····	473	二、通过合成法获得目的基因·····	502
四、受体的调节·····	474	第四节 基因载体·····	503
五、受体调节的特点·····	474	一、载体的功能及其特征·····	503
第四节 cAMP 及 cGMP 转导系统·····	476	二、质粒·····	504
一、cAMP-蛋白激酶 A 途径·····	476	三、噬菌体·····	505
二、cGMP-蛋白激酶 G 途径·····	479	第五节 外源 DNA 片段与载体的连接·····	506
第五节 IP ₃ 及 DG 转导途径·····	481	一、连接方法·····	506
一、IP ₃ 和 DG 的产生与灭活·····	481	二、重组率·····	507
二、IP ₃ 的第二信使作用·····	481	第六节 重组 DNA 导入宿主细胞与筛选·····	507
三、DG-蛋白激酶 C 途径·····	482	一、转化：带有目的基因的载体进入受体细胞·····	507
第六节 钙离子转导途径·····	483	二、筛选：从大量受体细胞中选出带有重组体的细胞·····	507
一、Ca ²⁺ 的第二信使作用·····	483	第七节 克隆基因的表达·····	509
二、Ca ²⁺ -钙调蛋白途径·····	484	第八节 蛋白质工程·····	510
第七节 酪氨酸激酶及磷酸酶转导系统·····	485	一、蛋白质工程的概念·····	510
一、酪氨酸蛋白激酶·····	485	二、基因定点突变·····	510
二、酪氨酸蛋白磷酸酶·····	486	三、蛋白质设计·····	511
习题·····	489	第九节 蛋白质工程的一般技术·····	511
第五部分 与生物化学研究相关的新技术与新学科		一、蛋白质工程的理论设计·····	511
第二十一章 生物工程概论 ·····	493	二、定点突变技术·····	512
第一节 导言·····	493	第十节 蛋白质工程酶·····	514
第二节 基因工程·····	493	一、改变酶的催化活性·····	514
第三节 细胞工程·····	494	二、改变酶的底物专一性·····	514
第四节 酶工程·····	494	三、提高酶的稳定性·····	514
第五节 生化工程·····	494	四、改变酶的反应特性·····	514

五、产生新酶·····	514	第三节 蛋白质组学·····	523
第十一节 蛋白质药物研制·····	514	一、蛋白质组学概述·····	523
一、 β -干扰素·····	514	二、蛋白质组研究的技术体系·····	524
二、白细胞介素2·····	514	三、蛋白质组学的应用前景·····	527
三、胰岛素·····	515	第四节 生物信息学·····	527
习题·····	515	一、生物信息学的含义·····	527
第二十三章 生物化学与现代新生物技术		二、生物信息学的基本研究方法·····	528
·····	517	三、生物信息学的主要研究内容·····	528
第一节 引言·····	517	第五节 生物芯片·····	531
第二节 基因组学和后基因组学·····	517	一、生物芯片的类别和特点·····	531
一、基因组和基因组学的概论·····	517	二、生物芯片技术·····	532
二、基因组图谱·····	519	三、生物芯片的应用·····	535
三、人类基因组研究 (study of the human genome)·····	521	习题·····	537
		主要参考文献 ·····	538

第一部分 生化系统的环境条件

第一章 水、pH 和缓冲剂

内容简介：水是地球上分布最广的物质，生物体质量的 70%~90% 是水。水是一种极性分子，水分子呈微偏斜的四面体结构，电荷不均匀地分布在水分子周围。水对于细胞内的极性物质和离子物质是一种极好的溶剂。由于水分子间存在氢键，水的比热容和蒸发热都较高。生物体内提供质子的物质是酸，接受质子的物质是碱，酸与碱决定溶液的 pH，纯水的 pH 为 7.0。生物有各种保持细胞内和细胞外液体 pH 基本恒定的机制。水参与了生命活动所必需的许多生物化学过程。

第一节 导 言

一、生物体中水的重要性

水是地球上分布最广的物质，是生命所必需的。生物体内水含量的多少以及水的存在状态的变化，都影响着新陈代谢的进行。一般情况下，生物体质量的 70%~90% 是水，正常的代谢活动只有当细胞含 65% 的水时才能进行，含水量在 70% 以上时生物体代谢活跃。含水量降低则代谢进入休眠状态。水的结构与性质、水与生物分子之间的相互作用直接影响生物分子在溶液中的形态结构、性质和细胞内的化学反应。水是生命存在的环境条件。

二、水分子的结构

两个氢原子和一个氧原子组成水分子。O—H 的键长为 0.958\AA ^①。氧原子与两个氢原子形成的键角为 104.5° ，略小于正四面体键角 109.5° 。氧原子形成四个 sp^3 杂化轨道，大致伸

向四面体的四个角。两个氢原子分别占据了四面体的两个角，其排列是非线性的，氧原子的未成键的电子对占据了四面体的另外两个角，所以水是一个微偏斜的四面体分子（图 1-1）。水分子的三维结构是一不规则的四面体，氧原子居于四面体的中心。

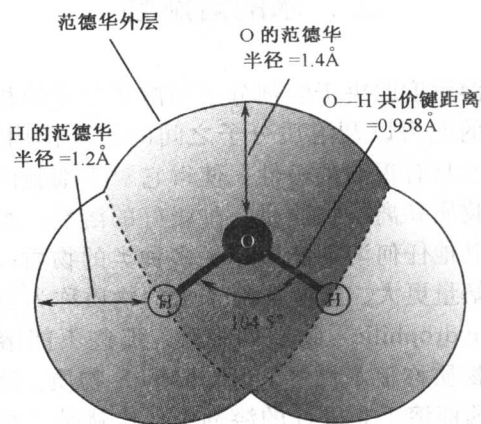


图 1-1 水分子的结构

第二节 水的性质

一、水的极性

水是一种极性分子。由于水分子呈微偏斜

的四面体结构，电荷不是均匀地分布在水分子周围。氧原子一侧，电子相对富余，带有部分负电荷。氢原子核便成为局部带有正电荷的区域。“偶极”就是指像水这样电荷不均匀地分布

^① $1\text{\AA} = 0.1\text{nm}$

在其结构周围的分子。水分子偶极间的静电吸引，对水本身的性质及其作为生化溶剂都至关重要。

相邻的水分子趋向于自我定向，结果是一个水分子的 O—H 键（电正性末端）指向另一个水分子的负电子对（电负性末端），由此产生有方向性的分子间的结合，称为氢键（hydrogen bond）。分子呈现不同的极，这种结构非常适合氢键的形成。氢键比范德华距离（van der Waals distance）（两个非成键原子间的最近距离）短 0.5 Å。例如，在水中，O…H 氢键的距离约 1.8 Å，而相应的范德华距离约 2.6 Å。单个水分子具有两个可提供氢原子和两对可作为受体的未共用电子对，即水偶极既能作为氢原子的供体，也可以作为氢原子的接纳体。所以每个水分子能够与其他水分子最多形成四个氢键。单个氢键能相对较小，约 20kJ/mol，而一个 O—H 共价键能为 460kJ/mol。水中氢键的数目极多，其绝对数量是其重要性质的关键。

二、水的溶解性

溶解度取决于溶剂分子与溶质分子的相互作用的能力以及溶质分子之间的相互作用力。由于水具有很高的极性，使得它对于细胞内的极性物质和离子物质是一种极好的溶剂。水确实比其他任何溶剂能溶解更多种类的物质；并且溶解量更大。这些能溶于水的物质称为亲水性（hydrophilic）物质；相反，那些不能溶于水的物质称疏水性（hydrophobic）物质。疏水性物质能溶于非极性的溶剂中，这就是“相似相溶”的原理。

为什么盐能溶解于水？因为偶极水分子与 Na^+ 和 Cl^- 具有很强的静电作用，导致在这些离子的周围形成一层水化膜（hydration shell），削弱了氯化钠相反电荷离子间的相互吸引力，因而能使离子分开。水化膜是稳定的结构，但却是动态的， Na^+ 周围水化膜内部的水分子不断地进行重新排列。

不带电荷的极性分子的键合偶极使得它们能溶于水溶液，其原因与离子物质溶于水相同。当这些极性物质和离子物质带有羟基（—OH）、羰基（C=O）、羧基（—COOH）、氨基（—NH₂）时，它们的溶解度可以增加，因为这些基团都能与水形成氢键。实际上，水溶性的生物分子如蛋白质、核酸、糖都具有许多这样的基团。例如，蛋白质的极性残基主要位于分子的表面，它们广泛地与水分子相互作用，而 DNA 经折叠使其极性糖基和磷酸基团暴露于水分子中。相反，非极性物质缺少形成氢键的供体和受体基团。

三、水的比热容、蒸发热

单位质量的水升高 1℃ 所吸收的热量，叫作水的比热容。水的比热容为 $4.184 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，而空气的比热容为 $1.046 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。水的比热容比别的液体都大。由于水分子有很强的极性，能通过氢键结合成缔合分子。同时，拆散缔合分子需要消耗一定的能量，这也足以说明为什么水有较大的比热容。由于水能在温度升高时吸收较多的热量，这就使细胞的温度和代谢的速率得以保持相对稳定。水生生物由于水的这一特性而不致遭到水温急剧变化的冲击。

在一定温度下单位质量的水完全变成同温度的气态水（水蒸气）所需要的热量，叫作水的汽化热。水从液态转变成气态的过程叫作汽化，水表面的汽化现象叫作蒸发，蒸发在任何温度下都能够进行。水的蒸发热也较高，在 100℃ 时，1g 液态水变为气态（蒸气）需能 2259.36J。这一特性对生物也是有利的。动物夏天出汗，汗水蒸发吸热多，有利于维持体温。植物在高温的夏季仍然能保持低体温，就是由于水分大量蒸发之故。

水的高比热容和高蒸发热都是由于水分子间存在氢键的缘故。使水温升高和使水汽化，都必须打开氢键，使分子能自由活动，而打开氢键是需能的。