



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学教程

ESSENTIAL BIOCHEMISTRY

王镜岩 朱圣庚 徐长法 编著



高等教育出版社
Higher Education Press

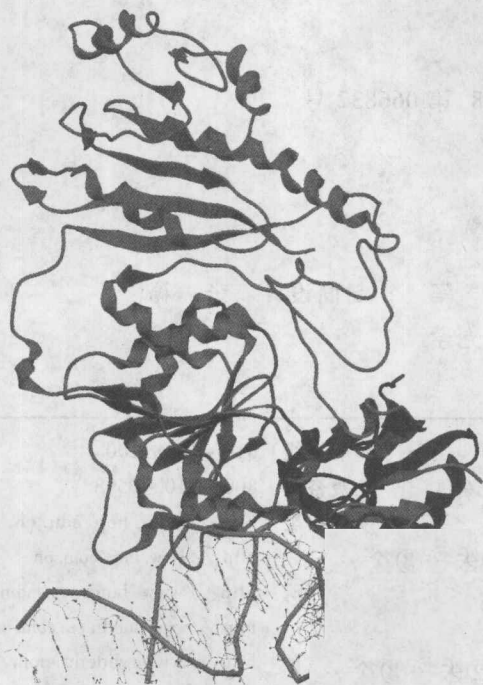


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学教程

ESSENTIAL BIOCHEMISTRY

王镜岩 朱圣庚 徐长法 编著



Q5

W7



高等教育出版社

Higher Education Press

图书在版编目(CIP)数据

生物化学教程/王镜岩,朱圣庚,徐长法编著. —北京:
高等教育出版社,2008.6

ISBN 978 - 7 - 04 - 018363 - 4

I. 生… II. ①王…②朱…③徐… 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(2008)第 066832 号

策划编辑 王 莉 责任编辑 田 军 封面设计 张 楠
责任绘图 尹 莉 责任印制 宋克学

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
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京新华印刷厂

开 本 889 × 1194 1/16
印 张 46
字 数 1 400 000

购书热线 010 - 58581100

免费咨询 800 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 6 月第 1 版

印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价 72.00 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 18363 - 00

前 言

生命科学已被公认为 21 世纪的带头学科之一。生命科学的发展离不开生物化学及分子生物学,它们既是生命科学的基础,又是生命科学的前沿。当前不仅学习生命科学和与其密切有关的学科,如医药、农林、食品、发酵等领域的学生需要学习生物化学及分子生物学,就是学习化学、物理学、信息科学、材料科学等学科的学生也常需要对生物化学及分子生物学有所了解。总之,学习生物化学的学生越来越多,有的把它当作主修课,有的当作副课。他们都想学好这门功课,只是苦于课程内容多,分量重,安排的课时有限。鉴于此,兄弟院校和出版社的同行们建议在我们主编的《生物化学》(第三版)(上、下册)的基础上,编写一本适合生命科学及其相关学科本科生的较简明的生化教材。为此我们编写了这本《生物化学教程》。

生物化学及分子生物学的发展非常迅速,新概念、新知识层出不穷。这种情况反映在教材上就是生物化学课本内容越来越多,程度越来越深,篇幅自然也越来越大,动辄上千页。要想编写一本取材新颖,内容精炼,篇幅适中,符合当前生化教学需要的教本,实属不易。我们这次编写的教程与原《生物化学》(第三版)(上、下册)相比,首先,篇幅“砍”去了约一半。“砍”是一个取舍过程。“取”就是确认关键性的概念,包括基本概念、基本原理、当代成就、重要的探究方法和富有启发性的例证。“舍”就是摒弃“多余的”资料,“舍”有时是勉为其难甚至是“忍痛割爱”的。这是编写时的首要任务。第二,对确认的内容进行适当的安排。考虑到生物化学是一门系统、完整的科学,我们仍按惯例,把内容组织成 3 篇共 35 章。第 1 篇是生物分子的结构和化学,第 2 篇是新陈代谢,第 3 篇是遗传信息,即基础分子生物学。第三,考虑到不同专业的学生先修课不一,我们在书中的适当章节对化学和生物学的某些基础知识进行简要的复习或提示,如立体异构体的构型、化学反应中的自由能概念、氧化还原电势、孟德尔遗传学、进化理论等。这些问题往往也是学生学习生化时的难点。第四,凡讲到生物化学和分子生物学的重大事件,都要提到它的当事人的名字,表示对历史、对知识和劳动的尊重。第五,书中适当地联系人类的健康与疾病以及医药和工农业的实际,以开阔学生的眼界,提高学生学习的兴趣。第六,为了巩固和扩大学生所学知识,本书在每章后附有习题供练习和主要参考书目供参阅。并在书后附有索引,以便读者查阅关键词的释义和有关内容。

本书内容虽已作了精简,但仍不能全部用于课堂讲授。教师需要根据实际情况组织讲授内容,譬如重点讲解难点,增添最新进展,有些部分可以不讲让学生自学等。

我们怀念我们的导师沈同先生、张龙翔先生。我们感谢兄弟院校的同行对编写本书的支持。感谢高等教育出版社协助提供资料、组织本书书稿的审阅和进行有关编辑出版的各项工作。感谢责任编辑在排版过程中的精心校对,并提出不少宝贵修改意见。我们也感谢王兰仙、黄仪秀等同志对本书的支持和付出。由于编者水平所限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第 1 篇 生物分子的结构和化学

第 1 章 生物分子导论 (3)	
一、生命物质的化学组成 (3)	
(一) 生命元素 (3)	
(二) 生物分子 (4)	
二、生物分子的三维结构 (5)	
(一) 生物分子的大小 (5)	
(二) 立体异构与构型 (6)	
(三) 生物分子间相互作用的立体专一性 (7)	
(四) 构象与三维结构 (8)	
(五) 三维结构的分子模型 (8)	
三、生物结构中的非共价力 (9)	
(一) 静电相互作用 (9)	
(二) 氢键 (9)	
(三) 范德华力 (9)	
(四) 疏水相互作用(焓效应) (10)	
四、水和生命 (10)	
(一) 水的结构和性质 (10)	
(二) 水是生命的介质 (11)	
五、细胞的分子组织层次 (12)	
六、生物分子的起源与进化 (12)	
(一) 化学进化的理论 (12)	
(二) 实验室中化学进化的演示 (12)	
(三) 原始生物分子 (13)	
习题 (13)	
主要参考书目 (13)	
第 2 章 蛋白质的构件——氨基酸 (15)	
一、蛋白质的化学组成和分类 (15)	
二、蛋白质的水解 (16)	
三、 α -氨基酸的一般结构 (16)	
四、氨基酸的分类 (16)	
(一) 常见的蛋白质氨基酸 (17)	
(二) 不常见的蛋白质氨基酸 (17)	
(三) 非蛋白质氨基酸 (19)	
五、氨基酸的酸碱性质 (19)	
(一) 氨基酸的解离 (20)	
(二) 氨基酸的等电点 (22)	
六、氨基酸的化学反应 (22)	
(一) α -羧基反应 (22)	
(二) α -氨基反应 (23)	
(三) 茚三酮反应 (23)	
(四) 侧链官能团的特异反应 (23)	
七、氨基酸的旋光性和光谱性质 (25)	
(一) 氨基酸的旋光性和立体化学 (25)	
(二) 氨基酸的光谱性质 (25)	
八、氨基酸混合物的分离和分析 (26)	
(一) 分配层析 (26)	
(二) 离子交换层析 (28)	
习题 (29)	
主要参考书目 (29)	
第 3 章 蛋白质的通性、纯化和表征 (30)	
一、蛋白质的酸碱性质 (30)	
二、蛋白质的胶体性质与蛋白质的沉淀 (31)	
(一) 蛋白质胶体性质 (31)	
(二) 蛋白质沉淀 (31)	
三、蛋白质分离纯化的一般原则 (32)	
四、蛋白质的分离纯化方法 (33)	
(一) 透析和超过滤 (33)	
(二) 凝胶过滤 (33)	
(三) 盐溶和盐析 (35)	
(四) 有机溶剂分级分离法 (35)	
(五) 凝胶电泳和等电聚焦 (36)	
(六) 离子交换层析 (37)	
(七) 亲和层析 (37)	
(八) 高效液相层析 (38)	
五、蛋白质相对分子质量的测定 (38)	
(一) 凝胶过滤法测定相对分子质量 (38)	
(二) SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳法测定相对分子质量 (38)	
(三) 沉降速度法测定相对分子质量 (40)	
六、蛋白质的含量测定与纯度鉴定 (40)	
(一) 蛋白质含量测定 (41)	
(二) 蛋白质纯度鉴定 (41)	
习题 (41)	
主要参考书目 (42)	
第 4 章 蛋白质的共价结构 (43)	
一、蛋白质的分子大小 (43)	

二、蛋白质结构的组织层次	(44)	(一) 蛋白质变性与功能丢失	(68)
三、肽	(44)	(二) 氨基酸序列规定蛋白质的三维结构	(69)
(一) 肽和肽键的结构	(44)	(三) 多肽链是逐步快速折叠的	(69)
(二) 肽的物理和化学性质	(46)	习题	(70)
(三) 天然存在的活性肽	(46)	主要参考书目	(71)
四、蛋白质测序的策略	(47)	第6章 蛋白质的功能与进化	(72)
五、蛋白质测序的一些常用方法	(48)	一、蛋白质功能的多样性	(72)
(一) 末端分析	(48)	二、血红蛋白的结构	(73)
(二) 二硫键的断裂	(48)	(一) 血红素	(73)
(三) 氨基酸组成的分析	(48)	(二) 珠蛋白的三级结构	(74)
(四) 多肽链的部分裂解	(49)	(三) 与 O ₂ 结合的机制	(75)
(五) 肽段氨基酸序列的测定	(50)	(四) 血红蛋白的四级结构	(75)
(六) 肽段在原多肽链中的次序的确定(氨基 酸全序列的重建)	(51)	三、血红蛋白的功能:转运氧	(76)
(七) 二硫键位置的确定	(51)	(一) 肌红蛋白是氧的贮库	(76)
六、根据基因的核苷酸序列推定多肽的氨基酸 序列	(51)	(二) 血红蛋白氧合的协同性和别构效应	(77)
七、蛋白质一级结构的举例	(52)	(三) 血红蛋白的两种构象状态:R 态和 T 态	(77)
八、蛋白质序列数据库	(52)	(四) 血红蛋白协同性氧结合的定量分析	(78)
九、肽与蛋白质的化学合成:固相肽的合成	(53)	(五) BPG 调节 Hb 对 O ₂ 的亲合力	(79)
习题	(54)	(六) H ⁺ 和 CO ₂ 调节 Hb 对 O ₂ 的亲合力:Bohr 效应	(80)
主要参考书目	(55)	四、血红蛋白分子病	(81)
第5章 蛋白质的三维结构	(56)	(一) 镰状细胞贫血病	(81)
一、研究蛋白质构象的方法	(56)	(二) α -和 β -地中海贫血	(82)
二、稳定蛋白质三维结构的力	(56)	五、免疫球蛋白	(83)
三、多肽主链折叠的空间限制	(57)	(一) 免疫系统	(83)
(一) 肽平面与 α -碳的二面角(φ 和 ψ)	(57)	(二) 免疫球蛋白的结构和类别	(83)
(二) 可允许的 φ 和 ψ 值:拉氏图	(58)	(三) 基于抗体-抗原相互作用的生化分析 方法	(84)
四、二级结构:多肽主链的局部规则构象	(59)	六、氨基酸序列与生物学功能	(85)
(一) α 螺旋	(59)	(一) 同源蛋白质的物种差异与生物进化	(85)
(二) β 片或 β 折叠	(60)	(二) 同源蛋白质具有共同的进化起源	(86)
(三) β 转角	(61)	习题	(86)
五、纤维状蛋白质	(61)	主要参考书目	(87)
(一) α -角蛋白	(61)	第7章 糖类和糖生物学	(88)
(二) 丝心蛋白	(62)	一、引言	(88)
(三) 胶原蛋白	(62)	(一) 糖类的生物学作用	(88)
六、超二级结构和结构域	(63)	(二) 糖类的化学本质	(88)
(一) 超二级结构	(63)	(三) 糖类的命名和分类	(88)
(二) 结构域	(64)	二、单糖的结构和性质	(89)
七、球状蛋白质与三级结构	(65)	(一) 单糖的链状结构	(89)
(一) 球状蛋白质及其亚基的分类	(65)	(二) 单糖的环状结构	(90)
(二) 球状蛋白质三维结构的特征	(66)	(三) 单糖的构象	(92)
八、亚基缔合与四级结构	(67)	(四) 单糖的物理和化学性质	(93)
(一) 有关四级结构的一些概念	(67)	三、重要的单糖和单糖衍生物	(94)
(二) 四级缔合在结构和功能上的优越性	(67)	(一) 单糖	(94)
九、蛋白质的变性与折叠	(68)		

(二) 糖醇	(96)	(四) 生物膜的流动性	(128)
(三) 糖酸	(96)	(五) 生物膜的流动镶嵌模型	(129)
(四) 脱氧糖	(97)	六、脂质的提取与分析	(129)
(五) 氨基糖	(97)	(一) 脂质的有机溶剂提取	(129)
四、寡糖	(98)	(二) 脂质的吸附层析分离	(129)
(一) 寡糖的结构	(99)	(三) 混合脂肪酸的气液色谱分析	(130)
(二) 常见的二糖	(99)	(四) 脂质结构的测定	(130)
(三) 其他简单寡糖	(100)	习题	(130)
(四) 环糊精	(100)	主要参考书目	(131)
五、多糖	(101)	第9章 酶引论	(132)
(一) 贮存同多糖	(101)	一、酶研究的简史	(132)
(二) 结构同多糖	(103)	二、酶是生物催化剂	(132)
(三) 结构杂多糖	(104)	(一) 反应速率理论与活化能	(132)
六、糖缀合物	(106)	(二) 酶通过降低活化自由能提高反应	
(一) 糖蛋白	(106)	速率	(134)
(二) 寡糖链的生物学功能	(106)	(三) 酶还是偶联反应的介体	(136)
(三) 蛋白聚糖	(108)	(四) 酶作为生物催化剂的特点	(136)
(四) 脂多糖	(108)	三、酶的化学本质	(137)
七、寡糖结构的分析	(109)	(一) 酶的化学组成	(137)
(一) 寡糖结构分析的策略	(109)	(二) 酶的四级结构	(138)
(二) 用于寡糖结构分析的一些方法	(110)	四、酶的命名和分类	(139)
习题	(110)	(一) 酶的命名	(139)
主要参考书目	(111)	(二) 酶的分类和编号	(139)
第8章 脂质与生物膜	(112)	五、酶的专一性	(140)
一、三酰甘油和蜡	(112)	(一) 酶对底物的专一性	(140)
(一) 脂肪酸	(112)	(二) 关于酶专一性的假说	(141)
(二) 酰基甘油	(114)	六、酶活力的测定	(141)
(三) 蜡	(116)	(一) 酶活力、活力单位和比活力	(142)
二、磷脂和鞘脂	(117)	(二) 反应速率、初速率和酶活力测定	(142)
(一) 甘油磷脂的结构	(117)	七、非蛋白质生物催化剂——核酶	(143)
(二) 甘油磷脂的一般性质	(118)	(一) 核酶的发现	(143)
(三) 几种常见的甘油磷脂	(118)	(二) L19 RNA 是核酶	(144)
(四) 醚甘油磷脂	(119)	(三) RNase P 的 RNA 组分是核酶	(144)
(五) 鞘脂	(119)	(四) 锤头核酶	(145)
三、萜和类固醇	(121)	八、酶分子工程	(145)
(一) 萜	(121)	(一) 固定化酶	(145)
(二) 类固醇	(122)	(二) 化学修饰酶	(145)
(三) 胆固醇和其他固醇	(123)	(三) 抗体酶——人工模拟酶	(146)
(四) 固醇衍生物	(124)	(四) 酶的蛋白质工程	(146)
四、血浆脂蛋白	(124)	习题	(146)
(一) 血浆脂蛋白的分类	(125)	主要参考书目	(147)
(二) 血浆脂蛋白的结构与功能	(125)	第10章 酶动力学	(148)
五、膜的分子组成和超分子结构	(126)	一、有关的化学动力学概念	(148)
(一) 生物膜的分子组成	(126)	(一) 基元反应和化学计量方程	(148)
(二) 脂双层的自装配	(127)	(二) 化学反应的速率方程	(148)
(三) 膜组分的不对称分布	(128)	(三) 反应分子数和反应级数	(149)

(151) (四) 一级、二级和零级反应的特征	(150)	(198) (一) 维生素 B ₁ (硫胺素) 和辅酶硫胺素焦磷	(198)
(151) 二、底物浓度对酶促反应速率的影响	(151)	(198) 酸 (TPP)	(198)
(151) (一) 酶促反应动力学的基本公式——		(199) (二) 维生素 B ₂ (核黄素) 和黄素辅酶 (FMN	(199)
(151) 米-曼氏方程	(152)	(199) 和 FAD)	(199)
(151) (二) 米-曼氏方程所确定的图形是一直角		(200) (三) 维生素 PP (烟酸和烟酰胺) 和烟酰胺辅	(200)
(151) 双曲线	(154)	(200) 酶 (NAD 和 NADP)	(200)
(151) (三) 米-曼氏动力学参数的意义	(155)	(201) (四) 泛酸和辅酶 A	(201)
(151) (四) 米-曼氏方程的线性化作图求 K _M 和		(202) (五) 维生素 B ₆ 和辅酶磷酸吡哆醛	(202)
(151) V _{max} 值	(158)	(204) (六) 生物素和辅酶生物胞素	(204)
(151) 三、多底物的酶促反应	(159)	(204) (七) 叶酸和辅酶 F (四氢叶酸)	(204)
(151) 四、影响酶促反应速率的其他因素	(161)	(206) (八) 维生素 B ₁₂ (氰钴氨素) 和辅酶 5'-脱	(206)
(151) (一) pH 对酶促反应的影响	(161)	(206) 氧腺苷钴胺素	(206)
(151) (二) 温度对酶促反应的影响	(161)	(208) (九) 硫辛酸	(208)
(151) (三) 激活剂对酶促反应的影响	(162)	(209) (十) 维生素 C (抗坏血酸)	(209)
(151) 五、酶的抑制作用	(162)	(210) 三、脂溶性维生素	(210)
(151) (一) 抑制作用的概念	(162)	(210) (一) 维生素 A (视黄醇)	(210)
(151) (二) 抑制作用的类型	(162)	(211) (二) 维生素 D (钙化醇)	(211)
(151) (三) 可逆抑制的动力学	(164)	(212) (三) 维生素 E (生育酚)	(212)
(151) (四) 酶抑制剂应用举例	(168)	(212) (四) 维生素 K (萘醌)	(212)
(151) 习题	(170)	(214) 习题	(214)
(151) 主要参考书目	(171)	(214) 主要参考书目	(214)
第 11 章 酶作用机制和酶活性调节	(172)	第 13 章 核酸通论	(215)
(172) 一、酶的活性部位及其确定方法	(172)	(215) 一、核酸的发现和研究的简史	(215)
(172) 二、酶促反应机制	(173)	(215) (一) 核酸的发现	(215)
(172) (一) 基元催化的分子机制	(173)	(215) (二) 核酸的早期研究	(215)
(172) (二) 酶具有高催化能力的原因	(176)	(216) (三) DNA 双螺旋结构模型的建立	(216)
(172) 三、酶促反应机制的举例	(178)	(217) (四) 生物技术的兴起	(217)
(172) (一) 丝氨酸蛋白酶	(178)	(217) (五) 人类基因组计划开辟了生命科学新纪	(217)
(172) (二) 烯醇化酶	(182)	(217) 元	(217)
(172) 四、酶活性的别构调节	(183)	(218) 二、核酸的种类和分布	(218)
(172) (一) 酶的别构效应和别构酶	(183)	(218) (一) 脱氧核糖核酸 (DNA)	(218)
(172) (二) 别构酶的动力学特点	(183)	(220) (二) 核糖核酸 (RNA)	(220)
(172) (三) 协同性配体结合的模型	(184)	(220) 三、核酸的生物功能	(220)
(172) (四) 别构酶的举例	(188)	(221) (一) DNA 是主要的遗传物质	(221)
(172) 五、酶活性的共价调节	(190)	(221) (二) RNA 参与蛋白质的生物合成	(221)
(172) (一) 酶的可逆共价修饰	(190)	(222) (三) RNA 功能的多样性	(222)
(172) (二) 酶原激活——不可逆共价调节	(192)	(222) 习题	(222)
(172) 六、同工酶	(194)	(222) 主要参考书目	(222)
(172) 习题	(195)	第 14 章 核酸的结构	(223)
(172) 主要参考书目	(195)	(223) 一、核苷酸	(223)
第 12 章 维生素与辅酶	(196)	(223) (一) 碱基	(223)
(196) 一、引言	(196)	(225) (二) 核苷	(225)
(196) (一) 维生素的概念	(196)	(226) (三) 核苷酸	(226)
(196) (二) 维生素的发现	(196)	(227) 二、核酸的共价结构	(227)
(196) (三) 维生素-辅酶的关系	(197)	(227) (一) 核酸中核苷酸的连接方式	(227)
(196) 二、水溶性维生素	(198)	(227) (二) DNA 的一级结构	(227)

(三) RNA 的一级结构	(228)	(二) DNA 芯片的制作	(262)
三、DNA 的高级结构	(230)	(三) 核酸杂交的检测	(263)
(一) DNA 的双螺旋结构	(230)	(四) DNA 芯片的应用	(264)
(二) DNA 的三股螺旋和四股螺旋	(233)	习题	(264)
(三) DNA 的超螺旋	(234)	主要参考书目	(265)
(四) DNA 与蛋白质复合物的结构	(236)	第 16 章 激素	(266)
四、RNA 的高级结构	(239)	一、引言	(266)
(一) tRNA 的高级结构	(239)	(一) 激素的定义	(266)
(二) rRNA 的高级结构	(241)	(二) 激素的分类	(266)
(三) 其他 RNA 的高级结构	(242)	(三) 人和脊椎动物的内分泌腺及其分泌的 激素	(266)
习题	(244)	(四) 激素和其他化学信号的区别	(269)
主要参考书目	(244)	(五) 激素分泌的等级控制和反馈调节	(270)
第 15 章 核酸的物理化学性质和研究方法	(245)	二、激素作用的机制	(271)
一、核酸的水解	(245)	(一) 类固醇激素和甲状腺激素的作用 机制	(272)
(一) 酸水解	(245)	(二) 肽激素和肾上腺儿茶酚胺激素的作用 机制	(272)
(二) 碱水解	(245)	三、人和脊椎动物激素举例	(277)
(三) 酶水解	(246)	(一) 胺(氨基酸衍生物)激素	(277)
二、核酸的酸碱性质	(246)	(二) 肽和蛋白质激素	(278)
三、核酸的紫外吸收	(249)	(三) 类固醇(甾类)激素	(280)
四、核酸的变性、复性及杂交	(250)	(四) 类二十烷酸或类前列腺酸(脂肪酸衍 生物)	(281)
(一) 变性	(250)	四、昆虫激素	(282)
(二) 复性	(251)	(一) 脑激素	(283)
(三) 核酸分子杂交	(252)	(二) 保幼激素	(283)
五、核酸的分离和纯化	(253)	(三) 蜕皮激素	(283)
(一) 核酸的超速离心	(253)	(四) 性信息素	(284)
(二) 核酸的凝胶电泳	(254)	五、植物激素	(284)
(三) 核酸的柱层析	(256)	(一) 生长素	(284)
(四) DNA 的提取和纯化	(257)	(二) 细胞分裂素	(284)
(五) RNA 的提取和纯化	(257)	(三) 赤霉素	(285)
六、核酸序列的测定	(258)	(四) 脱落酸	(285)
(一) DNA 的酶法测序	(258)	(五) 乙烯	(286)
(二) DNA 的化学法测序	(259)	习题	(286)
(三) RNA 的测序	(260)	主要参考书目	(286)
(四) DNA 序列分析的自动化	(260)	第 2 篇 新陈代谢	
七、核酸的化学合成	(260)	第 17 章 新陈代谢总论	(289)
八、DNA 微阵技术	(262)	一、新陈代谢概述	(289)
(一) DNA 芯片的类型	(262)	二、新陈代谢中常见的有机反应机制	(290)
		(一) 基团转移反应	(292)
		(二) 氧化反应和还原反应	(294)
		(三) 消除、异构化及重排反应	(294)
		(四) 碳-碳键的形成与断裂反应	(296)
		三、新陈代谢的研究方法	(300)
		习题	(301)
		主要参考书目	(301)
		第 18 章 生物能学	(302)
		一、有关热力学的一些基本概念	(302)
		(一) 体系的概念、性质和状态	(302)
		(二) 能的两种形式——热与功	(302)

(302)	(三) 内能和焓的概念	(302)	(325)	(二) 果糖-2,6-二磷酸对糖酵解的调节作用	(325)
(303)	(四) 热力学的两个基本定律和熵的概念	(303)	(326)	(三) 己糖激酶和丙酮酸激酶对糖酵解的调节作用	(326)
(304)	(五) 自由能的概念	(304)	(326)	七、其他六碳糖的分解途径	(326)
	二、自由能变化、标准自由能变化及其与平衡常数的关系	(304)	(326)	(一) 六碳糖进入细胞	(326)
	(一) 化学反应的标准自由能变化及其与平衡常数的关系	(304)	(327)	(二) 六碳糖进入糖酵解途径分解	(327)
	(二) 能量学用于生物化学反应中一些规定的概括	(306)	(330)	习题	(330)
	(三) 标准自由能变化的可加性	(307)	(331)	主要参考书目	(331)
	(四) $\Delta G'^{\ominus}$, $\Delta G'$ 和平衡常数计算的举例	(307)		第 20 章 柠檬酸循环	(332)
	三、高能磷酸化合物	(308)		一、丙酮酸进入柠檬酸循环的准备阶段——形成乙酰-CoA(乙酰-S-CoA)	(332)
	(一) 高能磷酸化合物的概念	(308)		(一) 丙酮酸脱羧反应	(333)
	(二) ATP 以基团转移形式提供能量	(309)		(二) 乙酰基转移到 CoA-SH 分子上形成乙酰-CoA 的反应	(334)
	四、其他高能化合物	(310)		(三) 还原型二氢硫辛酰转乙酰基酶氧化, 形成氧化型的硫辛酰转乙酰基酶	(335)
	习题	(313)		(四) 还原型 E_3 的再氧化	(335)
	主要参考书目	(314)		二、柠檬酸循环的全貌	(335)
	第 19 章 六碳糖的分解和糖酵解作用	(315)		三、柠檬酸循环的各个反应步骤	(335)
	一、糖酵解作用	(315)		(一) 草酰乙酸与乙酰-CoA 缩合形成柠檬酸	(335)
	二、糖酵解第一阶段的 5 步反应	(315)		(二) 柠檬酸异构化形成异柠檬酸	(337)
	(一) 葡萄糖磷酸化形成葡萄糖-6-磷酸	(315)		(三) 异柠檬酸氧化形成 α -酮戊二酸	(337)
	(二) 葡萄糖-6-磷酸异构化形成果糖-6-磷酸	(317)		(四) α -酮戊二酸氧化脱羧形成琥珀酰-CoA	(338)
	(三) 果糖-6-磷酸形成果糖-1,6-二磷酸	(318)		(五) 琥珀酰-CoA 转化为琥珀酸并使 GDP 磷酸化形成高能 GTP(哺乳类)或使 ADP 成为 ATP(植物或细菌)	(338)
	(四) 果糖-1,6-二磷酸转变为甘油醛-3-磷酸和二羟丙酮磷酸	(318)		(六) 琥珀酸脱氢形成延胡索酸	(339)
	(五) 二羟丙酮磷酸转变为甘油醛-3-磷酸	(319)		(七) 延胡索酸水合形成 L-苹果酸	(339)
	三、糖酵解第二阶段的 5 步反应	(320)		(八) 苹果酸氧化形成草酰乙酸	(340)
	(一) 甘油醛-3-磷酸形成 1,3-二磷酸甘油酸	(320)		四、柠檬酸循环的化学总结算	(340)
	(二) 1,3-二磷酸甘油酸转移高能磷酸基团形成 ATP	(321)		五、柠檬酸循环的调节	(342)
	(三) 3-磷酸甘油酸转变为 2-磷酸甘油酸	(321)		六、柠檬酸循环的双重作用	(343)
	(四) 2-磷酸甘油酸脱水形成磷酸烯醇式丙酮酸	(322)		七、乙醛酸途径	(344)
	(五) 磷酸烯醇式丙酮酸转变为丙酮酸并产生一个 ATP 分子	(323)		习题	(346)
	四、由葡萄糖转变为 2 分子丙酮酸的能量估算	(323)		主要参考书目	(346)
	五、丙酮酸在无氧条件下的去路	(324)		第 21 章 氧化磷酸化和光合磷酸化作用	(348)
	(一) 生成乳酸	(324)		一、氧化磷酸化作用	(348)
	(二) 生成乙醇	(324)		(一) 和电子传递相关的氧化还原电势	(348)
	六、糖酵解作用的调节	(325)		(二) 用标准还原势计算自由能变化	(350)
	(一) 磷酸果糖激酶是关键酶	(325)		(三) 线粒体的电子传递链	(350)
				(四) 氧化磷酸化作用的机制	(355)
				(五) 氧化磷酸化的解偶联	(357)
				(六) 质子动力为主动转运提供能量	(358)

(104)	(七) 电子传递和氧化磷酸化中的 P/O 比	(358)	第 25 章 脂质的代谢	(401)
(104)	(八) 细胞溶胶内 NADH 的再氧化	(358)	一、脂肪酸的分解代谢	(401)
(104)	(九) 氧化磷酸化作用的调节	(359)	(一) 三酰甘油的消化、吸收和转运	(401)
(104)	二、光合磷酸化作用 (photophosphorylation)	(359)	(二) 脂肪酸的氧化分解	(402)
(104)	(一) 光合作用 (photosynthesis)	(359)	二、脂肪酸的生物合成	(406)
(104)	(二) 叶绿体的结构	(360)	(一) 乙酰 - CoA 从线粒体到细胞溶胶的	
(104)	(三) 叶绿体中捕获光的叶绿素和其他		转运	(407)
(104)	色素	(360)	(二) 脂肪酸的合成步骤	(407)
(104)	(四) 光合作用中的电子传递	(361)	三、脂肪酸代谢的调节	(411)
(104)	(五) 光合磷酸化作用	(364)	四、三酰甘油的生物合成	(412)
(104)	(六) CO ₂ 的固定 (暗反应)	(365)	五、磷脂的分解代谢与合成	(413)
(104)	(七) 由 Rubisco 酶的加氧活性引起的光 (合)		(一) 甘油磷脂的分解代谢	(413)
(104)	呼吸	(367)	(二) 磷脂的生物合成	(414)
(104)	习题	(368)	六、类二十烷酸的生物合成	(418)
(104)	主要参考书目	(370)	七、胆固醇的代谢	(421)
	第 22 章 戊糖磷酸途径	(371)	(一) 胆固醇代谢的特点	(421)
(104)	一、戊糖磷酸途径的发现	(371)	(二) 胆固醇的生物合成	(423)
(104)	二、戊糖磷酸途径的主要反应	(371)	八、脂蛋白的代谢	(424)
(104)	三、戊糖磷酸途径反应速率的调控	(376)	习题	(427)
(104)	四、戊糖磷酸途径的生物学意义	(377)	主要参考书目	(427)
(104)	习题	(378)	第 26 章 蛋白质降解和氨基酸的分解代谢	(429)
(104)	主要参考书目	(379)	一、蛋白质的降解	(429)
	第 23 章 葡糖异生和糖的其他代谢途径	(380)	(一) 蛋白质降解的特性	(429)
	一、葡糖异生作用	(380)	(二) 蛋白质降解的反应机制	(429)
	(一) 葡糖异生作用的途径	(380)	(三) 机体对外源蛋白质的需要及其消化	
	(二) 葡糖异生途径总览	(383)	作用	(430)
	(三) 由丙酮酸形成葡萄糖的能量消耗及		二、氨基酸的分解代谢	(431)
	意义	(383)	(一) 氨基酸的转氨基作用	(431)
	(四) 葡糖异生作用的调节	(383)	(二) 葡萄糖 - 丙氨酸循环将氨运入肝脏	(433)
	(五) 乳酸的再利用和可立氏循环	(384)	(三) 谷氨酸脱氢酶催化的氧化脱氨基	
	二、糖的其他代谢途径	(384)	作用	(433)
	三、葡萄糖出入动物细胞的特殊运载机构	(386)	(四) 氨的命运	(433)
	四、糖蛋白的生物合成	(387)	三、尿素的形成——尿素循环	(434)
	五、糖蛋白糖链的分解代谢	(389)	(一) 尿素循环过程	(434)
	习题	(389)	(二) 尿素循环的调节	(436)
	主要参考书目	(389)	四、氨基酸碳骨架的分解代谢	(438)
	第 24 章 糖原的分解与合成代谢	(390)	(一) 经丙酮酸形成乙酰 - CoA	(438)
	一、糖原的分解代谢	(390)	(二) 部分碳骨架形成乙酰 - CoA 或乙酰乙	
	二、糖原的生物合成	(393)	酰 - CoA	(440)
	三、糖原代谢的调控	(396)	(三) 形成 α - 酮戊二酸	(440)
	(一) 糖原磷酸化酶的别构调节因素	(396)	(四) 形成琥珀酰 - CoA	(442)
	(二) 糖原合酶的调节因素	(397)	(五) 形成草酰乙酸的途径	(443)
	(三) 激素对糖原代谢的调节	(397)	(六) 分支氨基酸脱氨基和脱羧基的特	
	四、糖原累积症	(399)	殊性	(443)
	习题	(400)	(七) 生糖氨基酸和生酮氨基酸	(443)
	主要参考书目	(400)	(八) 氨基酸与一碳单位	(446)

(九) 氨基酸与生物活性物质	446
(十) 氨基酸代谢缺陷症	448
习题	449
主要参考书目	450
第 27 章 氨基酸的生物合成和生物固氮	451
一、生物固氮	451
二、氮的同化作用——氮通过谷氨酸和谷氨酰胺掺入生物分子	452
三、氨基酸的生物合成	453
(一) 由 α -酮戊二酸形成的氨基酸——谷氨酸、谷氨酰胺、脯氨酸、精氨酸、赖氨酸	453
(二) 由草酰乙酸形成的氨基酸——天冬氨酸、天冬酰胺、甲硫氨酸、苏氨酸、赖氨酸(细菌、植物)、异亮氨酸	455
(三) 由丙酮酸形成的氨基酸——亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、丙氨酸	456
(四) 由甘油酸-3-磷酸形成的氨基酸——丝氨酸、甘氨酸、半胱氨酸	458
(五) 以磷酸烯醇式丙酮酸和赤藓糖-4-磷酸为前体形成的氨基酸——色氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸	458
(六) 组氨酸的生物合成	461
四、氨基酸生物合成的调节	461

第 3 篇 遗传信息

第 29 章 遗传信息概论	493
一、DNA 是遗传信息的携带分子	494
(一) 细胞含有恒定量的 DNA	494
(二) DNA 是细菌的转化因子	495
(三) 病毒是游离的遗传因子	495
(四) 基因是 DNA 的一段序列	496
(五) DNA 重组技术为基因组的研究提供了最有力的手段	496
二、RNA 使遗传信息得以表达	497
(一) RNA 参与蛋白质的合成	497
(二) RNA 进行信息加工	497
(三) RNA 干扰	499
(四) RNA 的表型效应	499
(五) RNA 对基因的解读	500
三、遗传密码的破译	501
四、遗传密码的基本特性	503
(一) 密码的基本单位	504
(二) 密码的简并性	504
(三) 密码的变偶性	504
(四) 密码的通用性	506

五、由氨基酸合成的其他特殊生物分子	464
(一) 卟啉的生物合成	464
(二) 谷胱甘肽的生物合成	465
(三) 肌酸的生物合成	466
(四) 氧化氮的生物合成	467
习题	467
主要参考书目	468
第 28 章 核酸的降解和核苷酸代谢	469
一、核酸和核苷酸的分解代谢	469
(一) 核酸的解聚作用	469
(二) 核苷酸的降解	470
(三) 嘌呤碱的分解	470
(四) 嘧啶碱的分解	471
二、核苷酸的生物合成	473
(一) 嘌呤核糖核苷酸的合成	473
(二) 嘧啶核糖核苷酸的合成	479
(三) 脱氧核糖核苷酸的合成	481
三、辅酶核苷酸的生物合成	486
(一) 烟酰胺核苷酸的合成	486
(二) 黄素核苷酸的合成	487
(三) 辅酶 A 的合成	487
习题	488
主要参考书目	489

(五) 密码的防错系统	507
五、遗传物质的进化	507
(一) 生物进化的热力学和动力学	507
(二) 生命的起源和进化	508
(三) 生物的进化:驱动力、多样性和适应性	510
习题	512
主要参考书目	513
第 30 章 DNA 的复制和修复	514
一、DNA 的复制	514
(一) DNA 的半保留复制	514
(二) DNA 的复制起点和复制方式	516
(三) DNA 聚合反应和有关的酶	519
(四) DNA 的半不连续复制	523
(五) DNA 复制的拓扑性质	524
(六) DNA 的复制过程与复制体变化	527
(七) 真核生物 DNA 的复制	529
二、DNA 的损伤修复	533
(一) 错配修复	533
(二) 直接修复	533

(三) 切除修复	(534)	(二) 多肽链合成的起始	(605)
(四) 重组修复	(535)	(三) 多肽链合成的延伸	(607)
(五) 应急反应(SOS)和易错修复	(536)	(四) 多肽链合成的终止	(610)
三、DNA 的突变	(537)	(五) 多肽链的折叠与加工	(610)
(一) 突变的类型	(537)	三、蛋白质合成的忠实性	(613)
(二) 诱变剂的作用	(538)	(一) 蛋白质合成的忠实性需要消耗能量	(613)
(三) 诱变剂和致癌剂的检测	(539)	(二) 合成酶的校对功能提高了忠实性	(613)
习题	(540)	(三) 核糖体对忠实性的影响	(613)
主要参考书目	(541)	四、蛋白质的运输和定位	(614)
第 31 章 DNA 的重组	(542)	(一) 蛋白质的信号肽与跨膜运输	(614)
一、同源重组	(542)	(二) 糖基化在蛋白质定位中的重要作用	(616)
(一) Holliday 模型	(542)	(三) 线粒体和叶绿体蛋白质的定位	(617)
(二) 细菌的基因转移与重组	(543)	(四) 核的运输和定位	(618)
(三) 重组有关的酶	(545)	五、蛋白质生物合成的抑制物	(620)
二、特异位点重组	(547)	习题	(621)
三、转座重组	(551)	主要参考书目	(622)
(一) 细菌的转座因子	(551)	第 34 章 细胞代谢与基因表达调控	(623)
(二) 真核生物的转座因子	(554)	一、细胞代谢的调节网络	(623)
习题	(556)	(一) 代谢途径交叉形成网络	(623)
主要参考书目	(556)	(二) 分解代谢和合成代谢的单向性	(624)
第 32 章 RNA 的生物合成和加工	(557)	(三) ATP 是通用的能量载体	(624)
一、DNA 指导下 RNA 的合成	(557)	(四) NADPH 以还原力形式携带能量	(625)
(一) DNA 指导的 RNA 聚合酶	(557)	(五) 代谢的基本要略在于形成 ATP、还原力	
(二) 启动子和转录因子	(561)	和构造单元以用于生物合成	(625)
(三) 终止子和终止因子	(565)	二、酶活性的调节	(626)
(四) 转录的调节控制	(567)	(一) 酶促反应的前馈和反馈	(626)
(五) RNA 生物合成的抑制剂	(567)	(二) 产能反应与需能反应的调节	(627)
二、RNA 的转录后加工	(570)	(三) 酶活性的特异激活剂和抑制剂	(628)
(一) 原核生物中 RNA 的加工	(570)	(四) 蛋白酶解对酶活性的影响	(628)
(二) 真核生物中 RNA 的一般加工	(572)	(五) 酶的共价修饰与连续激活	(629)
(三) RNA 的剪接、编辑和再编码	(574)	三、细胞对代谢途径的分隔与控制	(630)
(四) RNA 生物功能的多样性	(585)	(一) 细胞结构和酶的空间分布	(630)
(五) RNA 的降解	(586)	(二) 细胞膜结构对代谢的调节和控制	
三、在 RNA 指导下 RNA 和 DNA 的合成	(587)	作用	(630)
(一) RNA 的复制	(587)	四、细胞信号传递系统	(632)
(二) RNA 的逆转录	(589)	(一) 激素和递质受体的信号转导系统	(632)
(三) 逆转座子的种类和作用机制	(594)	(二) 细胞增殖的调节	(636)
习题	(595)	(三) 门控离子通道和神经信号的传导	(638)
主要参考书目	(596)	五、基因表达的调节	(639)
第 33 章 蛋白质的生物合成	(597)	(一) 原核生物基因表达的调节	(640)
一、参与蛋白质生物合成的 RNA 和有关装置	(597)	(二) 真核生物基因表达的调节	(645)
(一) 核糖体	(597)	习题	(657)
(二) 转移 RNA 和氨酰-tRNA 合成酶	(600)	主要参考书目	(659)
(三) 信使 RNA	(602)	第 35 章 基因工程及蛋白质工程	(660)
二、蛋白质生物合成的步骤	(603)	一、DNA 克隆的基本原理	(660)
(一) 氨酰-tRNA 的合成	(604)	(一) DNA 限制酶与片段连接	(660)

二、基因文库的构建 (668)

(一) 基因文库的构建 (668)

(二) cDNA 文库的构建 (669)

(三) 克隆基因的分离与鉴定 (672)

(四) 聚合酶链(式)反应扩增基因 (674)

(五) DNA 的化学合成 (677)

(六) 基因定位诱变 (677)

(七) DNA 序列的测定 (678)

三、克隆基因的表达 (679)

(一) 外源基因在原核细胞中的表达 (679)

(二) 基因表达产物的分离和鉴定 (681)

(三) 外源基因在真核细胞中的表达 (682)

四、蛋白质工程 (686)

(一) 蛋白质的分子设计和改造 (686)

(二) 蛋白质的实验进化 (686)

(三) 蛋白质工程的进展 (687)

五、基因工程的应用与展望 (689)

(一) 基因工程开辟了生物学研究的新纪元 (689)

(二) 基因工程促进了生物技术产业的兴起 (690)

(三) 基因工程研究的展望 (692)

习题 (693)

主要参考书目 (694)

索引 (695)

二、基因文库的构建 (668)

(一) 基因文库的构建 (668)

(二) cDNA 文库的构建 (669)

(三) 克隆基因的分离与鉴定 (672)

(四) 聚合酶链(式)反应扩增基因 (674)

(五) DNA 的化学合成 (677)

(六) 基因定位诱变 (677)

(七) DNA 序列的测定 (678)

三、克隆基因的表达 (679)

(一) 外源基因在原核细胞中的表达 (679)

(二) 基因表达产物的分离和鉴定 (681)

(三) 外源基因在真核细胞中的表达 (682)

四、蛋白质工程 (686)

(一) 蛋白质的分子设计和改造 (686)

(二) 蛋白质的实验进化 (686)

(三) 蛋白质工程的进展 (687)

五、基因工程的应用与展望 (689)

(一) 基因工程开辟了生物学研究的新纪元 (689)

(二) 基因工程促进了生物技术产业的兴起 (690)

(三) 基因工程研究的展望 (692)

习题 (693)

主要参考书目 (694)

索引 (695)

第 1 篇

生物分子的结构和化学

第1章 生物分子导论

地球上生物种类繁多,数量巨大,生命现象错综复杂,要给生命下一个确切的定义是很难的。然而与非生物比较,活生物(living organism)有着显著的共同特征或称生命属性。这些属性中最重要的是①化学成分的同源性:所有生物都具有大体相同的元素组成(C、H、O、N、P和S等)和分子组成(蛋白质、核酸、糖类、脂质、无机离子和水等);②严整有序的结构:这些化学成分在生物中组织成多层次的有序结构;③新陈代谢:生物是一个开放系统,与周围环境不断地进行物质交换和能量的交流;生物通过合成代谢和分解代谢利用环境的自由能也即增加环境的熵值以建造和维持自身的有序结构和有序过程;④自我复制的能力:生物通过繁殖产生新一代,繁殖过程中,生物特性传递给后代,称为遗传,生物性状发生改变,谓之变异;遗传和变异都是由基因(DNA)决定的,两者相伴而行,通过优胜劣汰的自然选择,生物不断地进化。

生物化学(biochemistry)就是研究这些生命属性的科学,包括本书所述的三大部分内容。其目的是在分子水平上阐明生物的结构与功能,揭示生命的本质。生物化学有机地融合了微生物学、遗传学和细胞学的有关知识,形成今日的分子生物学(molecular biology)。在某种意义上说分子生物学是生物化学发展的一个新阶段。

本书第1篇讲述参与生物组成的有机分子的结构和化学。遵照一般的化学原理和方法考察生物分子的结构以及物理和化学性质,根据生物分子是进化选择的产物的观点审视生物分子结构对功能的适合性,分子间相互作用的专一性和协同性等。第1章作为本书第1篇的导论,将介绍生物分子的一般概念包括化学组成、三维结构、生物结构中的非共价力、水和生命、细胞的分子组织层次以及生物分子的起源和进化等。

一、生命物质的化学组成

(一) 生命元素

18世纪后叶开始,化学家对生命物质(living matter)的化学组成逐渐有所了解。至今已知地壳中存在的90多种天然化学元素约有30种是活生物所必需的,这30种元素也称为生命元素(bioelement)(表1-1)。生命元素的原子序数都比较低,也即比较轻的元素,高于Zn(原子序数30)的只有7种:As、Se、Mo、Sn、Br、I和Ba。生命物质中的元素组成与生物圈(生物可接近的地壳和大气层)的元素组成既相似又有显著差异。看来化学元素不是随机参入生物的,是在进化过程中被选择出来的。某些生命元素决定于环境中原料的可得性(availability),某些元素决定于其原子或分子对生命过程中专一作用的适合性(fitness)。

表1-1 生物中发现的元素

形成共价键的主要元素 (所有生物)	单原子离子 (所有生物)	痕量元素	
		(所有生物)	(某些生物)
H(1)*	Na ⁺ (11)	Mn(25)	B(5) As(33)
C(6)	Mg ²⁺ (12)	Fe(26)	F(9) Se(34)
N(7)	Cl ⁻ (17)	Co(27)	Al(13) Br(35)
O(8)	K ⁺ (19)	Cu(29)	Si(14) Mo(42)
P(15)	Ca ²⁺ (20)	Zn(30)	V(23) Sn(50)
S(16)			Cr(24) I(53)
			Ni(28) Ba(56)

* 括号内的数字是原子序数。