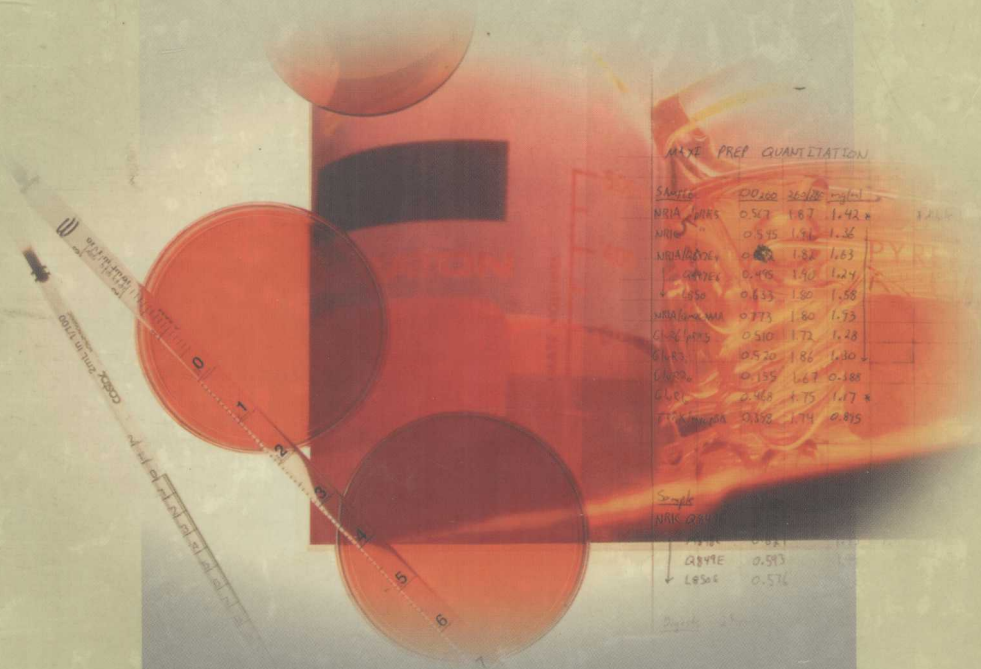


# 生物化学

S H E N G W U   H U A X U E

# 第二版

刘祥云 覃广泉 张云贵 主编



中国农业出版社



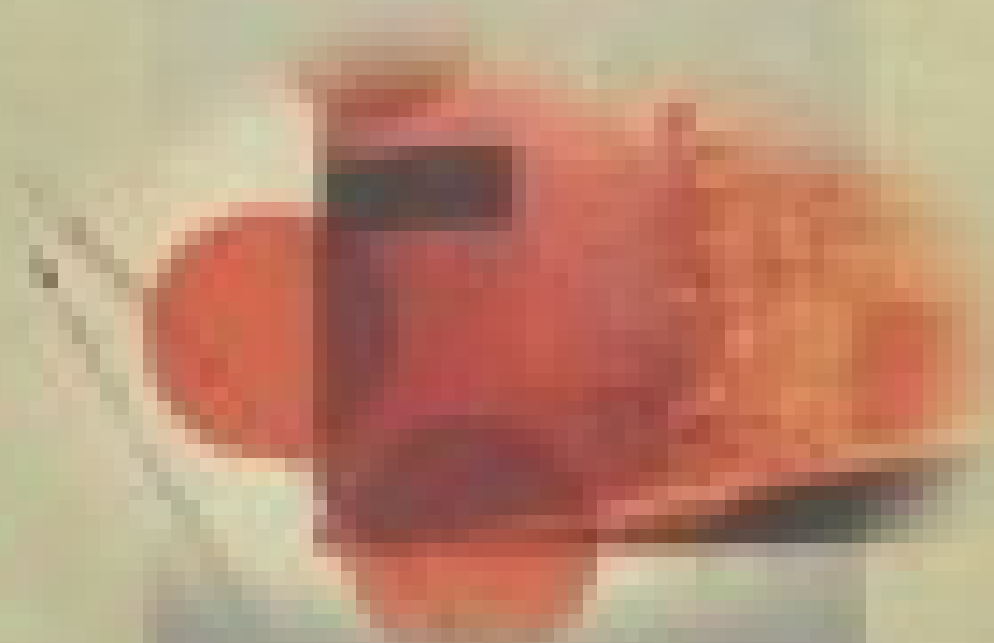
普通高等教育生物类教材

# 生物化学

普通高等教育生物类教材 第二版

第二版

主编：王德成 副主编：王德成 王德成



中国医药出版社



全国高等农业院校教材

主编：刘祥云 副主编：覃广泉 张云贵

中国农业出版社

ISBN 7-109-03403-2

刘祥云 覃广泉 张云贵 主编

# 生物化学

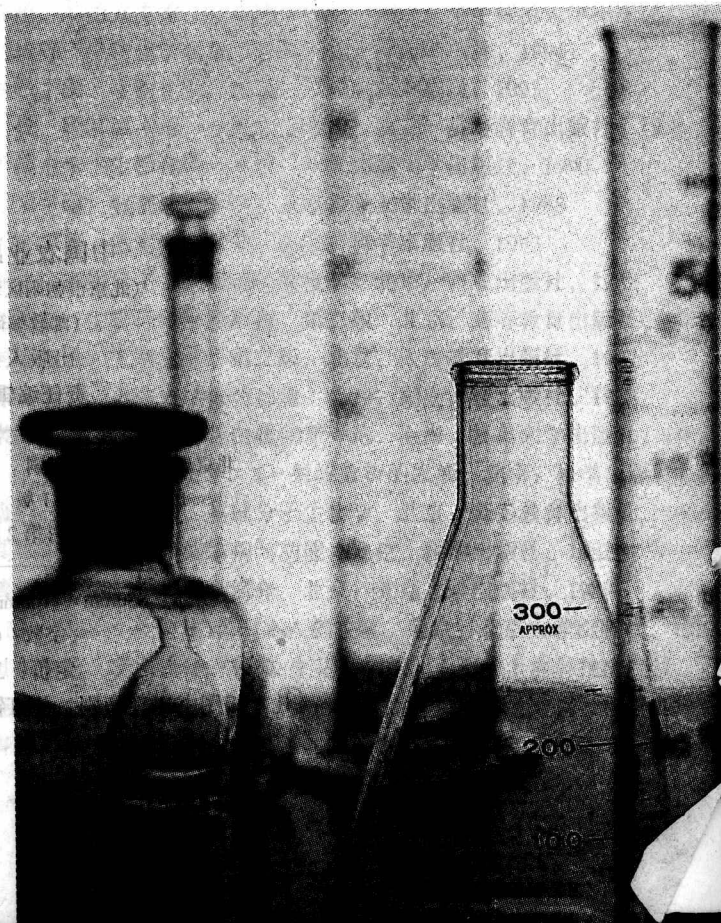
第二版

刘祥云 覃广泉 张云贵 主编

Q5  
L698=2



中国农业出版社



# 图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学 / 刘祥云等主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2002.3

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-07462-5

I. 生... II. 刘... 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 (2002) 第 005636 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 李国忠

北京忠信诚胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行

1985 年 5 月第 1 版 2002 年 4 月第 2 版

2002 年 4 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 27.5

字数: 653 千字

定价: 38.30 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

本书的突出特点是适应面宽，它适用于农学、园艺、植保、农副产品加工、畜牧兽医、水产等专业的生化教学需要，也可供有关生化工作者参考。

生化工作者参考。

(科学出版社) 大风报

(宗学外事) 贵云泥

(科学出版社) 泉一覃

(湖北木鼓业贸易中心) 三 蔡

主 审 王 玉 杰

泉九覃 云并收 贵五泥 审主隔

## 编者名单

主 编 刘祥云 覃广泉 张云贵

副主编 罗淑萍 李 海

编 者 (按姓氏笔画顺序排列)

刘祥云 (天津农学院)

李 海 (塔里木农垦大学)

罗淑萍 (新疆农业大学)

柳 荣 (天津农学院)

张凤才 (天津农学院)

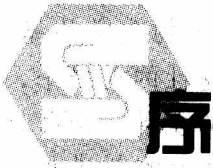
张云贵 (天津农学院)

覃广泉 (广州仲恺农业技术学院)

蔡 马 (广州仲恺农业技术学院)

主 审 汪沛洪

副主审 张云贵 刘祥云 覃广泉



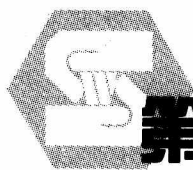
现代科学发展的一个重要特点就是各学科分工愈来愈细，相互间的交叉渗透日趋深入。生物化学最初是化学与生理学之间的边缘学科，它一经问世，立即显示出强大的活力和发展前景。尤其是近几十年来，生物化学为生命科学最主要、最活跃的基础和带头学科之一，取得了令世人瞩目的巨大进步。据美国 Science Citation Index 统计，世界各国自然科学基础及应用各领域的 4 000 多种期刊，无论是发表论文篇数还是被引用次数，生物化学方面的期刊均占领先地位。生物化学不仅广泛渗透到生物学、医学和农业科学各领域，成为连接普通基础课与生命科学的纽带，而且在医药卫生、工农业生产、环境保护等方面有巨大的应用价值。就农业科学而言，作物遗传育种、作物栽培、植物保护、动物营养、畜禽水产养殖、良种繁育、疾病防治、农副产品贮运加工等方面，愈来愈多地应用生物化学的基本理论、基础知识和实验技术。以生物化学、遗传学、微生物学为基础发展起来的分子生物学和生物工程技术被誉为现代“点金术”，代表 21 世纪生命科学发展的方向。因此，各发达国家和许多发展中国家对生物化学的研究、发展和普及都给予很大关注，适用于不同层次、不同专业的生物化学教材纷纷问世并不断更新，甚至还有为工科、文科等非生命专业编写的生化教材。

我国高等农业院校各专业相继开设生物化学课虽仅十多年，已经对提高学生的理论水平、改善知识构成、增强能力和发挥后劲，产生了良好的作用。但由于起步较晚，适用于农、牧、水产各专业使用的生物化学教材不多。天津农学院、广州仲恺农业技术学院、新疆农业大学、塔里木农垦大学 4 所院校，根据 1993 年

修订的《基础生物化学教学大纲》和《动物生物化学教学大纲》，结合各自的专业特点，编写了这本教材。本教材以主要篇幅系统地介绍了生物大分子的结构、功能、代谢，突出了生物化学的基本理论和基础知识。在强调生命活动基本规律的普遍性的前提下，掺入了比较生物化学的观点，介绍了不同生物之间的差异。同时，注意适当地介绍当代生物化学和分子生物学某些重大的新进展。此外，本书突出了理论联系实际，根据各有关专业的特点，增加了一些应用方面的知识，不仅扩大了知识范围，还可以培养学生应用生物化学基础知识解决一些实际问题的能力。本书编者都是教学第一线有经验的教师，全书内容丰富，层次清晰，文字叙述力求深入浅出，简明扼要，言之有据，适合于农业院校本科、专科学生使用。因此，欣然从命为本书作序，祈盼本教材能起到传播知识和激励学习的作用，特别是使学生结合各自专业知识在工农业生产上发挥一定效能，为高等农业院校教学质量的提高作出贡献。

**汪沛洪**

2001年9月于天津



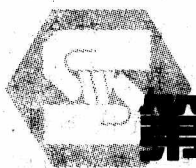
## 第二版前言

本教材于第一版 1995 年 8 月问世,至今已过去多年。在这些年里,生物化学和分子生物学的发展极为迅速。这不仅表现在研究内容的深入和拓宽,而且在概念上也有了相应的更替和创新。鉴于上述情况,我们感到原教材的修订、更新势在必行。本书在章、节安排上沿用第一版顺序,具体内容大部分进行了重新编写。新教材删除了水盐代谢和酸碱平衡,其余十七章内容由参编者分头编写。绪论、第五、第十五、第十六章由刘祥云编写;第一、第十章由蔡马编写;第二、第三、第七章由覃广泉编写;第四章由张云贵、张凤才编写;第六、第八章由罗淑萍编写;第九章由李海编写;第十一、第十二、第十四章由张云贵编写;第十三、第十七章由柳荣编写。

我们荣幸地再次请到了西北农林科技大学汪沛洪教授担任本书的主审,汪先生对全书做了认真的审阅并提出了许多宝贵的意见,对此我们表示衷心的感谢。中国农业出版社教材出版中心对本教材的出版做了大量的工作,这里我们同样也表示谢意。

**编 者**

2001 年 10 月于天津



# 第一版前言

生物化学是从分子水平研究生命现象化学本质的一门科学。近百年来生物化学的研究进展之快，涉及范围之广，影响之大，内容之丰富，在生命科学领域中是少见的。其发展史雄辩地证明：生物化学不仅是生命科学的带头学科之一，而且在医学、工农业生产、生物工程等领域也得到广泛的应用。生物化学已成为农业院校必修的专业基础课。

本书根据作者多年教学实践的经验，参照农业院校农学类专业《基础生物化学教学大纲》（1993年修订稿）、《动物生物化学教学大纲》编写而成。全书共19章，包括蛋白质化学、核酸化学、酶、维生素与辅酶、生物膜结构与功能等静态生化；能量代谢、糖类、脂、氨基酸和核苷酸代谢及代谢的调节和控制；遗传信息代谢；激素、水盐代谢及部分组织器官生物化学4部分内容。全书所用术语、译名以1990年全国自然科学名词审定委员会公布的《生物化学名词生物物理学名词》为根据，重要的术语第一次出现附有英文。全书在编写过程中注意选材，力求简明扼要。本书可作农业院校农学类各专业本、专科教材和从事实际工作的生化工作者阅读参考。

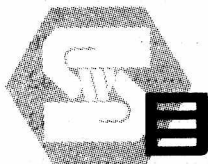
本书绪论、第一章由高必成编写；第二、第三章由覃广泉编写；第四章由张云贵、张凤才编写；第五、第十八章由刘祥云编写；第六、第八章由罗淑萍编写；第七、第十七章由杨丽娥编写；第九、第十章由沈明泉编写；第十一、第十二章由张云贵编写；第十三、第十九章由柳荣编写；第十四章由曹盛丰编写（鱼类及植物、昆虫激素由张云贵编写），第十五、第十六章由张占芳编写。全书初稿由参编人员分头执笔，刘祥云、张云贵完成全书的统稿、定稿工作。

参加审稿的有汪沛洪、文树基、刘祥云、高必成、张云贵、覃广泉。西北农业大学汪沛洪、文树基担任本书的主审，对全书的编写给予了及时的指导和极大的帮助，其中文树基教授负责动物生化部分的审订。中国农业出版社李耀辉担任本书责任编辑，对全书的一些章节内容作了补充、修订，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间紧迫，错漏之处在所难免，望同行和读者批评指正。

**编 者**

1994年7月于天津



# 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 绪论 .....                         | 1  |
| 一、什么是生物化学 .....                  | 1  |
| 二、生物化学的发展史 .....                 | 1  |
| 三、生物化学的研究内容 .....                | 3  |
| 四、学习生物化学的目的 .....                | 5  |
| 第一章 蛋白质化学 .....                  | 7  |
| 第一节 蛋白质的结构单位——氨基酸 .....          | 8  |
| 一、蛋白质的水解 .....                   | 8  |
| 二、氨基酸的结构特点 .....                 | 8  |
| 三、氨基酸的两性解离与等电点 .....             | 13 |
| 四、氨基酸的理化性质 .....                 | 15 |
| 第二节 肽 .....                      | 17 |
| 一、肽和肽键的结构 .....                  | 17 |
| 二、重要的天然寡肽 .....                  | 18 |
| 第三节 蛋白质的分子结构 .....               | 19 |
| 一、蛋白质的一级结构——氨基酸残基在肽链中的排列顺序 ..... | 19 |
| 二、构象和维持蛋白质构象的作用力 .....           | 21 |
| 三、蛋白质的二级结构 .....                 | 25 |
| 四、蛋白质的超二级结构和结构域 .....            | 27 |
| 五、蛋白质的三级结构 .....                 | 28 |
| 六、蛋白质的四级结构 .....                 | 29 |
| 第四节 蛋白质结构与功能的关系 .....            | 29 |
| 一、一级结构的局部断裂与蛋白质的激活 .....         | 29 |
| 二、同源蛋白质的种属差异与生物进化的关系 .....       | 31 |
| 第五节 蛋白质的理化性质 .....               | 33 |
| 一、蛋白质的两性解离和等电点 .....             | 33 |
| 二、蛋白质的分子量 .....                  | 34 |
| 三、蛋白质的胶体性质 .....                 | 36 |
| 四、蛋白质的沉淀 .....                   | 36 |
| 五、蛋白质的变性 .....                   | 37 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 六、蛋白质的颜色反应 .....                    | 38 |
| 第六节 蛋白质分离纯化的一般原则 .....              | 39 |
| 第七节 蛋白质的分类 .....                    | 40 |
| 习题 .....                            | 42 |
| <b>第二章 酶</b> .....                  | 43 |
| 第一节 酶的概念 .....                      | 43 |
| 一、酶是生物催化剂 .....                     | 43 |
| 二、酶的催化特点 .....                      | 44 |
| 三、酶的组成 .....                        | 44 |
| 第二节 酶的命名和分类 .....                   | 46 |
| 一、酶的命名 .....                        | 46 |
| 二、酶的分类 .....                        | 46 |
| 第三节 酶的作用机制 .....                    | 48 |
| 一、酶的专一性 .....                       | 48 |
| 二、酶的活性中心 .....                      | 49 |
| 三、酶与底物的结合 .....                     | 51 |
| 四、活化分子与降低酶促反应活化能的因素 .....           | 52 |
| 五、酶原及其激活 .....                      | 55 |
| 第四节 影响酶促反应速度的因素 .....               | 56 |
| 一、底物浓度对酶促反应速度的影响 .....              | 56 |
| 二、酶浓度对酶促反应速度的影响 .....               | 61 |
| 三、pH 值对酶促反应速度的影响 .....              | 62 |
| 四、温度对酶促反应速度的影响 .....                | 63 |
| 五、激活剂对酶促反应速度的影响 .....               | 64 |
| 六、抑制剂对酶促反应速度的影响 .....               | 64 |
| 第五节 别构酶和同工酶 .....                   | 69 |
| 一、别构酶 .....                         | 69 |
| 二、同工酶 .....                         | 70 |
| 第六节 酶的分离提纯与活力测定 .....               | 71 |
| 一、酶活力的测定与酶活力单位 .....                | 71 |
| 二、酶分离提纯的一般原则 .....                  | 73 |
| 习题 .....                            | 74 |
| <b>第三章 维生素与辅酶</b> .....             | 75 |
| 第一节 维生素 B <sub>1</sub> 和羧化辅酶 .....  | 75 |
| 第二节 维生素 B <sub>2</sub> 和黄素辅酶 .....  | 76 |
| 第三节 泛酸和辅酶 A .....                   | 78 |
| 第四节 维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II .....        | 78 |
| 第五节 维生素 B <sub>6</sub> 和磷酸吡哆醛 ..... | 80 |
| 第六节 生物素与羧化辅基 .....                  | 81 |



|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 第七节 叶酸和叶酸辅酶                                     | 82  |
| 第八节 维生素 B <sub>12</sub> 和维生素 B <sub>12</sub> 辅酶 | 83  |
| 第九节 硫辛酸与脱羧辅酶                                    | 84  |
| 第十节 维生素 C                                       | 85  |
| 第十一节 维生素 A 族                                    | 85  |
| 第十二节 维生素 D 族                                    | 87  |
| 第十三节 维生素 E 族                                    | 87  |
| 第十四节 维生素 K 族                                    | 88  |
| 习题                                              | 89  |
| 第四章 生物膜的结构与功能                                   | 90  |
| 第一节 生物膜的组成和结构                                   | 90  |
| 一、生物膜的化学组成                                      | 90  |
| 二、生物膜的分子结构                                      | 95  |
| 第二节 生物膜的功能                                      | 96  |
| 一、信息的传递                                         | 96  |
| 二、生物膜与物质运输                                      | 98  |
| 三、生物膜和能量转换                                      | 102 |
| 四、识别作用                                          | 103 |
| 习题                                              | 104 |
| 第五章 核酸化学                                        | 105 |
| 第一节 核酸的种类、分布与化学组成                               | 106 |
| 一、核酸的种类与分布                                      | 106 |
| 二、核酸的化学组成                                       | 106 |
| 三、细胞内的游离核苷酸及其衍生物                                | 108 |
| 第二节 核酸的分子结构                                     | 109 |
| 一、DNA 的分子结构                                     | 109 |
| 二、RNA 的分子结构                                     | 119 |
| 第三节 核酸的理化性质及分离提纯                                | 124 |
| 一、核酸的两性解离、等电点及电泳                                | 124 |
| 二、核酸的紫外吸收                                       | 124 |
| 三、核酸的变性、复性与分子杂交                                 | 125 |
| 四、核酸的酸水解和碱水解                                    | 127 |
| 五、核酸的分离提纯及测序                                    | 128 |
| 第四节 病毒与核蛋白                                      | 131 |
| 一、病毒                                            | 131 |
| 二、核蛋白                                           | 134 |
| 习题                                              | 137 |
| 第六章 生物氧化与氧化磷酸化                                  | 138 |
| 第一节 生物氧化概述                                      | 138 |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 一、生物氧化的特点和方式 .....                                     | 138 |
| 二、生物氧化中 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 的生成 ..... | 139 |
| 三、自由能与氧化还原电位 .....                                     | 140 |
| 四、高能磷酸化合物 .....                                        | 143 |
| 第二节 电子传递链 .....                                        | 145 |
| 一、电子传递链的概念 .....                                       | 145 |
| 二、电子传递链的组成 .....                                       | 145 |
| 三、电子传递链 .....                                          | 148 |
| 四、电子传递抑制剂 .....                                        | 149 |
| 第三节 氧化磷酸化 .....                                        | 150 |
| 一、氧化磷酸化的概念及类型 .....                                    | 150 |
| 二、氧化磷酸化的偶联部位和 P/O 比 .....                              | 151 |
| 三、氧化磷酸化的解偶联作用 .....                                    | 152 |
| 四、氧化磷酸化的机理 .....                                       | 152 |
| 五、线粒体穿梭系统 .....                                        | 155 |
| 六、能荷 .....                                             | 157 |
| 第四节 其他生物氧化体系 .....                                     | 158 |
| 一、需氧脱氢酶 .....                                          | 158 |
| 二、加氧酶 .....                                            | 159 |
| 三、超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶 .....                            | 159 |
| 习题 .....                                               | 160 |
| 第七章 糖类代谢 .....                                         | 161 |
| 第一节 淀粉、糖原、纤维素和双糖的酶促降解 .....                            | 161 |
| 一、淀粉的酶促降解 .....                                        | 161 |
| 二、糖原的酶促降解 .....                                        | 163 |
| 三、纤维素的酶促降解 .....                                       | 164 |
| 四、双糖的酶促降解 .....                                        | 164 |
| 第二节 糖酵解 .....                                          | 164 |
| 一、糖酵解的生化历程 .....                                       | 164 |
| 二、糖酵解中能量的释放及生物学意义 .....                                | 170 |
| 三、糖酵解途径的调控 .....                                       | 170 |
| 四、丙酮酸的去路 .....                                         | 171 |
| 五、其他单糖进入糖酵解途径 .....                                    | 171 |
| 第三节 三羧酸循环 .....                                        | 172 |
| 一、丙酮酸的氧化脱羧 .....                                       | 173 |
| 二、三羧酸循环 .....                                          | 174 |
| 三、三羧酸循环中 ATP 的生成 .....                                 | 177 |
| 四、草酰乙酸的回补反应 .....                                      | 178 |
| 五、三羧酸循环的调控 .....                                       | 178 |
| 六、三羧酸循环的生理意义 .....                                     | 179 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第四节 磷酸戊糖途径 .....              | 179 |
| 一、磷酸戊糖途径的生化历程 .....           | 179 |
| 二、磷酸戊糖途径的特点及生理意义 .....        | 182 |
| 三、磷酸戊糖途径的调控 .....             | 183 |
| 第五节 单糖的生物合成 .....             | 183 |
| 一、还原性磷酸戊糖途径 ( $C_3$ 途径) ..... | 184 |
| 二、糖异生作用 .....                 | 186 |
| 第六节 蔗糖、淀粉、糖原和纤维素的生物合成 .....   | 190 |
| 一、蔗糖的生物合成 .....               | 191 |
| 二、淀粉的生物合成 .....               | 192 |
| 三、糖原的生物合成 .....               | 194 |
| 四、纤维素的生物合成 .....              | 196 |
| 习题 .....                      | 196 |
| 第八章 脂类代谢 .....                | 198 |
| 第一节 生物体内的脂类 .....             | 198 |
| 第二节 脂肪的降解 .....               | 199 |
| 一、脂肪的酶促水解 .....               | 199 |
| 二、甘油的降解及转化 .....              | 199 |
| 三、饱和脂肪酸的氧化分解 .....            | 199 |
| 四、不饱和脂肪酸的氧化 .....             | 205 |
| 五、乙醛酸循环 .....                 | 206 |
| 第三节 脂肪的生物合成 .....             | 207 |
| 一、磷酸甘油的生物合成 .....             | 207 |
| 二、脂肪酸的生物合成 .....              | 208 |
| 三、脂肪的生物合成 .....               | 214 |
| 第四节 磷脂和糖脂的代谢 .....            | 214 |
| 一、甘油磷脂的分解与生物合成 .....          | 214 |
| 二、糖脂的降解与生物合成 .....            | 216 |
| 第五节 胆固醇的生物合成 .....            | 218 |
| 一、胆固醇的合成 .....                | 218 |
| 二、胆固醇的生物转变 .....              | 219 |
| 第六节 前列腺素和有关化合物的合成 .....       | 219 |
| 一、前列腺素、环前列腺素和凝血噁烷酸的生物合成 ..... | 219 |
| 二、白三烯的生物合成 .....              | 221 |
| 习题 .....                      | 223 |
| 第九章 蛋白质的酶促降解和氨基酸代谢 .....      | 224 |
| 第一节 蛋白质的酶促降解 .....            | 224 |
| 第二节 氨基酸的分解和转化 .....           | 225 |
| 一、氨基酸的脱氨基作用 .....             | 226 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 二、脱羧基作用            | 230 |
| 三、氨基酸代谢与一碳单位       | 233 |
| 四、氨基酸分解产物的去向       | 235 |
| 第三节 氨基酸的生物合成       | 238 |
| 一、自然界的氮素循环         | 238 |
| 二、生物固氮作用           | 239 |
| 三、硝酸还原作用           | 244 |
| 四、氨的同化             | 246 |
| 五、氨基酸的生物合成         | 248 |
| 习题                 | 254 |
| 第十章 核酸的降解和核苷酸的代谢   | 255 |
| 第一节 核酸的酶促降解        | 255 |
| 一、核酸外切酶            | 255 |
| 二、核酸内切酶            | 256 |
| 三、限制性核酸内切酶         | 256 |
| 第二节 核苷酸降解          | 257 |
| 一、核苷酸的降解           | 257 |
| 二、嘌呤的降解            | 257 |
| 三、嘧啶的降解            | 258 |
| 第三节 核苷酸的生物合成       | 259 |
| 一、核糖核苷酸的生物合成       | 260 |
| 二、脱氧核糖核苷酸的生物合成     | 264 |
| 习题                 | 266 |
| 第十一章 核酸的生物合成       | 267 |
| 第一节 生物遗传信息的传递      | 267 |
| 第二节 DNA 的生物合成      | 268 |
| 一、复制               | 268 |
| 二、逆转录              | 284 |
| 第三节 DNA 损伤、修复和基因突变 | 286 |
| 一、DNA 损伤           | 286 |
| 二、DNA 修复           | 288 |
| 三、基因突变             | 290 |
| 第四节 RNA 的生物合成      | 291 |
| 一、转录               | 291 |
| 二、RNA 转录后的加工修饰     | 298 |
| 第五节 基因工程简介         | 301 |
| 一、目的基因的分离与鉴定       | 302 |
| 二、基因载体的分离          | 303 |
| 三、目的基因与基因载体的重组     | 304 |