



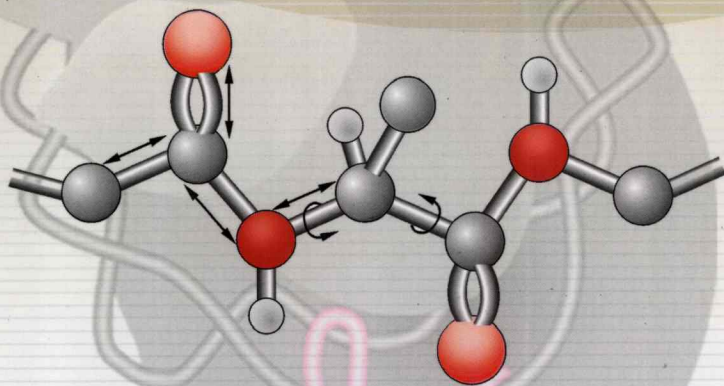
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学

BIOCHEMISTRY

刘国琴 张曼夫 **主 编**

(第2版)



中國農業大學出版社

China Agricultural University Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学

(第2版)

刘国琴 张曼夫 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

生物化学是一门在分子水平研究生命体的化学结构与化学变化、用化学术语解释生命本质的动态科学。

本书是面向生物学专业编写的理科教材。内容包括三部分:首先,重点讨论了蛋白质、核酸、酶、糖类和脂质等生物大分子的结构、功能以及结构与功能之间的关系,同时介绍了这些生物大分子的重要生物化学性质及相关分离、分析技术的基本原理和应用特点;其次,对糖类、脂质、氨基酸、核苷酸的分解代谢和合成代谢及其代谢调节进行了系统、概要介绍;最后,主要以原核生物为例讨论了从 DNA 到 RNA 再到蛋白质的遗传信息流的分子机制。

本书内容编写精炼、前后呼应、富有逻辑,且图文并茂、双色印制,实用性强,适合选作生物学专业和生物技术专业教材,也适合生命科学相关学科,如医药、食品、农林等领域本科生使用。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/刘国琴,张曼夫主编.—2版.—北京:中国农业大学出版社,2011.6
ISBN 978-7-5655-0240-8

I. ①生… II. ①刘…②张… III. ①生物化学-高等学校-教学 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 035443 号

书 名 生物化学(第 2 版)

作 者 刘国琴 张曼夫 主编

策划编辑 高欣 宋俊果

责任编辑 田树君

封面设计 郑川

责任校对 王晓凤 陈莹

动 画 纪晓峰 曹勤红

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2011 年 6 月第 2 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 24 印张 590 千字

印 数 1~4 000

定 价 59.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第 2 版编写人员

- 主 编** 刘国琴(中国农业大学)
张曼夫(中国农业大学)
- 副主编** 杨海莲(中国农业大学)
马静芳(甘肃农业大学)
李 菡(山东农业大学)
艾小杰(上海交通大学)
- 编 者** 刘国琴(中国农业大学)
杨海莲(中国农业大学)
马静芳(甘肃农业大学)
李 菡(山东农业大学)
艾小杰(上海交通大学)
张少斌(沈阳农业大学)
赵国芬(内蒙古农业大学)
朱素娟(扬州大学)
李今煜(福建农林大学)
李 燕(上海水产大学)

第 1 版编写人员

主 编 张曼夫
编 者 (按姓氏笔画)
龙良启(华中农业大学)
刘国琴(中国农业大学)
张曼夫(中国农业大学)
程国华(沈阳农业大学)
郭蔼光(西北农林科技大学)

第2版前言

进入 20 世纪,国家建设突飞猛进,生命科学快速发展,大学教材也频频出版。当今大学教材呈现多样性和高更新率的趋势,其原因众所周知。作为一部教材的编者,我们深知,写教材是一项神圣的工作,一项巨大的工程;一本合格的教材应该是:内容充实,语句通顺,形式新颖,编写精练,富有逻辑,深度适中,重点突出,难点处理合适,图文并茂且图文一致。

生物化学是一门现代科学、动态科学和交叉科学,这些特点决定了《生物化学》教材的编写难度。在本书的编写中,我们首先拟定了整本书的章节内容,然后组织 9 所大学 10 名教学第一线老师,参考国内外多部生物化学教材,对张曼夫主编的《生物化学》(中国农业大学出版社,2002)进行了重新编写。全书共 18 章:第一章(绪论)、第二章(蛋白质构件分子——氨基酸)和第三章(蛋白质结构与功能)由刘国琴编写;第四章(蛋白质的分离与鉴定)由张少斌编写;第五章(酶)由李菡编写;第六章(维生素与辅酶)和第十二章(脂质代谢)由李燕编写;第七章(糖类)和第十一章(糖代谢)由马静芳编写;第八章(核酸化学)由李今煜编写;第九章(脂类和生物膜)和第十章(生物能学与生物氧化)由朱素娟编写;第十三章(氨基酸代谢)和第十四章(核苷酸代谢)由赵国芬编写;第十五章(DNA 合成)和第十六章(RNA 转录)由杨海莲和艾小杰编写;第十七章(蛋白质生物合成)由杨海莲和马静芳编写;第十八章(代谢调节)由杨海莲和赵国芬编写。张曼夫在编写人员的组织过程中起了主导作用。

全书通稿工作由刘国琴完成。主要工作如下:对各章节从内容、文字到用图进行了认真选择和大幅度修改,努力使内容精练,语言通顺,重点突出,富有逻辑性和系统性;对众多教学难点进行了恰当处理,如氨基酸滴定、蛋白质结构与功能的关系、DNA 拓扑学、酶促反应过渡态、抗体酶、酶的转换数、生物能学理论和跨膜信号转导等;对一些高难度生物化学研究技术原理进行了深入浅出的介绍,如 X 射线衍射技术、MALDI-TOF 和串联质谱等;在恰当的知识背景下引入了一些新概念、新进展,如分子马达、分子旋转、蛋白质组学、基因芯片、小分子 RNA、免疫沉淀、蛋白质“标签”和 DNA 甲基化等。在全书的内容安排和通稿过程中,杨海莲、李菡、马静芳和艾小杰做了大量工作。

新编写的《生物化学》适合作为生物学专业理科教材,同时也适合医学和大农学类相关专业本科生使用。该书能顺利出版,得益于北京市“中国农业大学生物化学优秀教学团队”和教育部“中国农业大学生物化学双语教学示范课程”建设经费的大力支持,以及中国农业大学等所有参编单位的大力支持。参加编写的 10 位教师分别来自中国农业大学、上海交通大学、山东农业大学、内蒙古农业大学、沈阳农业大学、甘肃农业大学、扬州大学、福建农林大学和上海

水产大学。另外,此书在校稿和书图制作过程中还得到部分研究生或本科生的帮助,如王春艳、陈子激、贾薇、余跃洲和李晓等,这里一并表示感谢。

尽管作者在主观上想编写一本“合格”教材,在实际编写中也尽了很大努力,仅通稿时间就长达两年,但由于能力有限,经验不足,书中一定存在错误,竭诚希望广大读者提出批评指正。

编者

2010.12 于北京

第1版前言

20 世纪是信息与生命科学的世纪,人才是科学发展的关键。我国高等学校担当了培养高等人才的历史任务。为了适应新世纪生物科学的发展需要,各院校相继成立了细胞、分子生物学和生物技术等相关专业。国家教育部同时决定在全国高校建立生物学专业理科人才培养基地。中国农业大学生物学院于 1997 年获准建立生物学专业理科人才培养基地后进行了专业调整,重新制定了教学大纲。编者根据新教学大纲的要求和需要,参考近年国外生物化学教材的有关内容组织编写了这本书。本书专业名词根据科学出版社出版的《英汉、汉英生物化学词汇》和《英汉生物学与生物工程词汇》编写。该书也是高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目(04-10)研究的成果。

根据国家教育部关于加强基础、淡化专业的改革精神,在篇幅可能的条件下,本教材突出了水、糖、脂肪、氨基酸等生物分子的基本知识,重点加强了酶、核酸、蛋白质等生物大分子的功能与结构的描述,尽可能吸收了近代生物化学发展的知识;内容编辑方式上也做了一些新的尝试,我们希望能给读者新鲜感。这是一本生物学专业理科教材,也可作为相关专业的研究生和生物科学研究工作者的参考书。

编写《生物化学》得到了中华农业科教基金的资助,同时也得到了中国农业大学、华中农业大学、西北农林科技大学、浓阳农业大学各级领导的关怀和支持,这里特别要感谢 Western Michigan University J. Stenesh 教授和美国 Plenum, New York Press,我们在参考和引用他们出版的教材图表时,得到了他们的支持和授权。我国著名的生物化学家、中国科学院院士、中国农业大学教授阎隆飞先生生前对本书的编写给予了热情支持,并对编写大纲和内容都作了精心的指导,还亲自为本书写了推荐意见。中国农业大学生物学院生物化学与分子生物学系吴显荣教授也在百忙中审阅了大部分章节。李义平博士、袁克湖博士和乔素兰博士为本书绘制图表、校对等方面做了大量的工作。对此,我们向为这本书做过工作的老师、朋友和同学表示衷心感谢。

编者抱着一颗为教学工作尽心尽力做些工作的心情,从事了这本教材的编写工作,但主观愿望与实际能力总是有差距,教材中一定有不足甚至是错误的地方,希望广大读者不吝指出,以便再版时更正。

编者

2002 年 8 月 1 日

目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学发展简史	1
二、生物分子的特性	4
三、水——生命的介质	5
第二章 蛋白质构件分子——氨基酸	9
第一节 氨基酸	9
一、蛋白质的基本结构单元是氨基酸	9
二、蛋白质标准氨基酸	9
三、非标准氨基酸.....	12
第二节 氨基酸性质	13
一、氨基酸的酸-碱性质	14
二、氨基酸的化学反应.....	17
三、氨基酸的光学活性与构型.....	19
四、氨基酸的紫外光谱性质.....	19
第三节 氨基酸的分离分析	20
一、分配柱层析.....	21
二、纸层析.....	21
三、薄层层析.....	22
四、离子交换柱层析.....	22
第三章 蛋白质结构与功能	24
第一节 蛋白质一级结构	25
一、氨基酸以肽键连接形成蛋白质.....	25
二、多肽链的方向性及大小.....	26
三、蛋白质的氨基酸顺序具有特异性.....	27
四、蛋白质序列测定.....	28
五、蛋白质数据库与蛋白质序列比对分析.....	34
第二节 蛋白质二级结构	35
一、X 射线衍射技术.....	35

二、多肽链折叠的空间限制	36
三、蛋白质二级结构	37
四、蛋白质超二级结构	39
第三节 蛋白质三级结构	41
一、多肽链的折叠与蛋白质变性	41
二、肌红蛋白的结构与功能	43
第四节 蛋白质四级结构	45
一、血红蛋白的四级结构	45
二、氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白构象不同	46
三、血红蛋白亚基间有协同效应	47
四、 H^+ 、 CO_2 以及 BPG 对血红蛋白结合氧的影响	48
五、镰刀形细胞贫血病的分子基础	49
第四章 蛋白质的分离与鉴定	51
第一节 蛋白质性质	51
一、蛋白质酸碱性质	51
二、蛋白质溶解度	51
三、蛋白质大小和形状	51
四、蛋白质胶体性质	52
五、蛋白质免疫化学性质	52
第二节 蛋白质分离纯化	53
一、根据溶解度差异分离蛋白质	53
二、根据分子大小差异分离蛋白质	55
三、根据电荷不同分离蛋白质	56
四、根据蛋白质吸附特性分离蛋白质	59
五、根据生物分子特异亲和力分离蛋白质	60
第三节 蛋白质鉴定	60
一、蛋白质分子质量鉴定	60
二、蛋白质免疫印迹分析	62
三、蛋白质定量分析	63
四、蛋白质纯度测定	64
第五章 酶	65
第一节 导 论	65
一、酶催化作用的特点	66
二、酶的化学本质	66
三、酶的命名和分类	68
第二节 酶活力测定	70
一、酶活力	70
二、酶活力测定的基本原则	70
三、酶活力的表示	70

四、酶活力追踪	71
第三节 酶促反应动力学	72
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	72
二、温度对酶促反应速度的影响	76
三、pH 对酶促反应速度的影响	76
四、抑制剂对酶促反应速度的影响	77
五、激活剂对酶促反应速度的影响	80
第四节 酶催化机理	80
一、酶的催化反应发生在活性中心	80
二、酶专一性	82
三、酶高效催化的机制	83
四、几种酶的作用机理	88
第五节 酶活性调节	91
一、别构调节	92
二、酶的可逆共价修饰	93
三、酶原激活	95
四、调节蛋白	96
五、同工酶	96
第六章 维生素与辅酶	98
第一节 水溶性维生素	98
一、焦磷酸硫胺素和维生素 B ₁	98
二、FMN、FAD 和维生素 B ₂	99
三、辅酶 A 和维生素 B ₃	100
四、NAD ⁺ 、NADP ⁺ 和维生素 B ₅	101
五、转氨酶的辅酶——磷酸吡哆醛是维生素 B ₆ 的衍生物	102
六、生物素	102
七、四氢叶酸是维生素 B ₁₁ 的衍生物	103
八、维生素 B ₁₂ 辅酶	104
九、硫辛酸	105
十、维生素 C	105
第二节 脂溶性维生素	106
一、维生素 A	106
二、维生素 D	107
三、维生素 E	108
四、维生素 K	109
第七章 糖类	110
第一节 单糖	110
一、葡萄糖	111
二、单糖的种类	112

三、常见单糖	112
四、单糖的重要衍生物	115
第二节 寡糖	117
一、双糖	117
二、三糖	118
三、四糖	119
第三节 多糖	119
一、同多糖	119
二、杂多糖	122
第四节 结合糖	125
一、肽聚糖	125
二、糖蛋白	125
三、蛋白聚糖	127
四、糖脂	127
第八章 核酸化学	129
第一节 核苷酸	129
一、核苷酸的组成与种类	129
二、核苷酸及其衍生物的其他功能	131
第二节 DNA 结构	133
一、DNA 的一级结构	133
二、DNA 双螺旋结构	135
三、DNA 螺旋构象具有多样性	137
四、DNA 超螺旋	140
五、DNA 的包装	141
第三节 RNA 结构	143
一、tRNA	144
二、mRNA	145
三、rRNA	146
第四节 核酸的性质	147
一、核酸的水解	147
二、核酸的酸碱性质	149
三、核酸的紫外吸收	150
四、核酸的变性与复性	150
五、核酸的诱变与甲基化	151
第五节 核酸的分离与鉴定	152
一、核酸分离的一般原则	152
二、核酸密度梯度超离心	153
三、核酸电泳	154
四、核酸分子杂交	154

五、核酸柱层析	155
六、DNA 序列测定	156
第九章 脂类和生物膜	159
第一节 生物体内常见脂类	159
一、脂酰甘油	159
二、磷脂类	164
三、萜类与类固醇	166
四、结合脂类	170
第二节 生物膜结构	172
一、生物膜的化学组成	172
二、生物膜结构	174
第三节 生物膜功能	177
一、生物膜作为渗透屏障使细胞局域化	177
二、膜融合与膜泡运输	178
三、小分子穿膜运输	179
四、生物膜参与能量转换	182
五、胞外信号的跨膜转导	182
第十章 生物能学与生物氧化	187
第一节 生物能学原理	188
一、自由能变化是一个反应能否自发反应的根据	188
二、从标准氧化还原电势差计算标准自由能变化	188
三、从反应商和平衡常数计算自由能变化	190
四、在热力学上不能自发进行的反应可以被有利反应所推动	190
五、高能磷酸化合物	191
六、ATP 是生物系统中自由能的“通用货币”	192
第二节 线粒体电子传递链	194
一、线粒体	194
二、电子传递链	195
三、电子传递链顺序的测定	200
第三节 氧化磷酸化作用	202
一、氧化磷酸化的储能效率	202
二、氧化磷酸化和电子传递相偶联	203
三、氧化磷酸化的能量偶联机理	203
四、氧化磷酸化的解偶联	204
五、ATP 合成机理	205
六、氧化磷酸化的调节	207
七、线粒体穿梭系统	207

第十一章 糖代谢	210
第一节 糖酵解	210
一、糖酵解反应历程	210
二、糖酵解过程中的化学计量与生物学意义	214
三、丙酮酸在无氧条件下的去路	215
四、糖酵解途径的调控	216
五、糖酵解的其他底物	217
第二节 柠檬酸循环	218
一、由丙酮酸形成乙酰 CoA	218
二、柠檬酸循环历程	219
三、柠檬酸循环的化学计量和特点	222
四、柠檬酸循环的调控	222
五、柠檬酸循环的生物学意义	223
六、柠檬酸循环的回补反应	223
七、乙醛酸途径	224
第三节 磷酸戊糖途径	225
一、磷酸戊糖途径的生化历程	225
二、磷酸戊糖途径的化学计量	228
三、磷酸戊糖途径的调节物是 NADP ⁺	228
四、磷酸戊糖途径的生物学意义	229
第四节 双糖和多糖的酶促降解	229
一、双糖的酶促降解	229
二、多糖的酶促降解	230
第五节 糖的生物合成	233
一、葡萄糖异生作用	233
二、蔗糖和多糖的生物合成	236
第十二章 脂质代谢	240
第一节 脂肪降解	240
一、哺乳动物脂肪的吸收、动员与转运.....	240
二、脂肪酸的分解代谢	241
第二节 酮体代谢	246
一、酮体在肝脏中合成	247
二、酮体在线粒体中氧化分解	247
第三节 脂肪合成	248
一、饱和脂肪酸的生物合成	248
二、脂肪酸的延长与去饱和	251
三、三酰甘油和甘油磷脂的合成	252
第四节 胆固醇代谢	253
一、胆固醇的生物合成	253

二、胆固醇的转化	254
第十三章 氨基酸代谢	257
第一节 蛋白质水解	257
一、食物蛋白质的摄取与水解	257
二、细胞内蛋白质的水解	258
第二节 氨基酸的降解与转化	260
一、氨基酸的转氨基反应和氧化脱氨	260
二、尿素循环	261
三、葡萄糖 - 丙氨酸循环	264
四、碳骨架的去路	264
第三节 氨基酸生物合成	269
一、生物固氮	270
二、植物靠硝酸还原作用将土壤硝态氮转变为氨	270
三、氨的同化	270
四、氨基酸的合成	271
五、氨基酸是许多生物分子的合成前体	276
第十四章 核苷酸代谢	279
第一节 嘌呤核苷酸生物合成	279
一、嘌呤核苷酸的从头合成	279
二、嘌呤核苷酸合成调节	282
三、嘌呤核苷酸合成的补救途径	283
第二节 嘧啶核苷酸生物合成	284
一、嘧啶核苷酸的从头合成	284
二、嘧啶核苷酸合成调节	286
三、嘧啶核苷酸合成的补救途径	286
第三节 脱氧核糖核苷酸的合成	287
一、核糖核苷酸还原为脱氧核糖核苷酸	287
二、脱氧胸苷酸的生物合成	288
第四节 核苷酸的降解	289
一、核苷酸的降解	289
二、嘌呤碱的降解	289
三、嘧啶碱的降解	290
第十五章 DNA 合成	292
第一节 DNA 复制	293
一、DNA 复制特点	293
二、DNA 复制体系	295
三、大肠杆菌 DNA 的复制过程	297
四、DNA 复制的准确性	301
五、真核生物 DNA 复制特点	302

第二节 逆转录	304
第三节 PCR 技术	305
第四节 DNA 损伤修复	306
一、直接修复	307
二、切除修复	307
三、错配修复	308
四、重组修复	310
五、应急反应	310
第十六章 RNA 转录	312
第一节 原核生物 RNA 转录	313
一、原核生物 RNA 聚合酶	313
二、原核生物启动子	313
三、原核生物的转录过程	314
四、原核生物 RNA 转录后加工	316
第二节 真核生物 RNA 转录	317
一、真核生物 RNA 聚合酶	317
二、真核生物启动子	318
三、真核生物转录过程	318
四、真核生物 RNA 转录后加工	319
第十七章 蛋白质生物合成	324
第一节 遗传密码	324
一、遗传密码的解读	324
二、密码子的基本性质	326
第二节 蛋白质合成体系	329
一、mRNA 是合成蛋白质的模板	329
二、tRNA 是转运氨基酸的工具	329
三、核糖体是蛋白质合成的场所	332
四、翻译辅助因子	333
第三节 蛋白质合成过程	333
一、原核生物多肽链合成的起始	333
二、多肽链合成的延伸	335
三、多肽链合成的终止	338
四、核糖体的重新利用	340
五、蛋白质合成的忠实性	340
六、蛋白质合成抑制剂	342
第三节 多肽链的折叠、修饰与转运	343
一、多肽链的折叠	344
二、多肽链翻译后修饰	344
三、蛋白质的转运	344

第十八章 代谢调节	347
第一节 代谢途径的相互联系	347
一、不同代谢途径通过代谢共同的中间产物形成代谢网络	347
二、糖和脂可以相互转变	348
三、氨基酸可转变为脂肪,而脂肪酸只能有限合成蛋白质	349
四、糖代谢与蛋白质代谢通过柠檬酸循环相互沟通	349
五、柠檬酸循环是三大物质彻底降解所经历的共同途径	350
六、核酸代谢与其他代谢途径的关系	350
第二节 代谢整合	350
一、哺乳动物主要器官的代谢轮廓	350
二、代谢途径的整合	351
三、特定环境下机体的代谢适应	352
第三节 代谢调节	354
一、代谢调节在 4 种水平上进行	354
二、原核生物调节蛋白调节基因转录的模式	358
三、操纵子是原核生物基因表达调控的基本单位	359
四、真核生物基因表达调控远比原核生物复杂	363