



全国中医药行业高等教育“**十二五**”规划教材



全国高等中医药院校规划教材(第九版)

生物化学

供中医学类、中药学类、中西医临床医学、护理学、康复治疗学等专业用

主 编 © 唐炳华

全国百佳图书出版单位

中国中医药出版社



教育部推荐教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部推荐教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学

第 2 版

王镜岩 主编

高等教育出版社



全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材
全国高等中医药院校规划教材（第九版）

生物化学

（新世纪第三版）

（供中医学类、中药学类、中西医临床医学、
护理学、康复治疗学等专业用）

主 审 王继峰（北京中医药大学）
 金国琴（上海中医药大学）
主 编 唐炳华（北京中医药大学）
副主编 （以姓氏笔画为序）
 王和生（贵阳中医学院）
 冯雪梅（成都中医药大学）
 施 红（福建中医药大学）
 谭宇蕙（广州中医药大学）

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/唐炳华主编.—3 版.—北京:中国中医药出版社,2012.7
全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5132-0953-3

I. ①生… II. ①唐… III. ①生物化学—中医药院校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 111429 号

中国中医药出版社出版
北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层
邮政编码 100013
传真 010 64405750
三河鑫金马印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 25.5 字数 571 千字
2012 年 7 月第 3 版 2012 年 7 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978-7-5132-0953-3

*

定价 37.00 元

网址 www.cptcm.com

如有印装质量问题请与本社出版部调换

版权专有 侵权必究

社长热线 010 64405720

购书热线 010 64065415 010 64065413

书店网址 csln.net/qksd/

新浪官方微博 <http://e.weibo.com/cptcm>

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材（第九版）

专家指导委员会

- 名誉主任委员** 王国强（卫生部副部长兼国家中医药管理局局长）
邓铁涛（广州中医药大学教授 国医大师）
- 主任委员** 李大宁（国家中医药管理局副局长）
- 副主任委员** 王永炎（中国中医科学院名誉院长 教授 中国工程院院士）
张伯礼（中国中医科学院院长 天津中医药大学校长 教授 中国工程院院士）
洪 净（国家中医药管理局巡视员兼人事教育司副司长）
- 委 员**（以姓氏笔画为序）
- 王 华（湖北中医药大学校长 教授）
王 键（安徽中医学院院长 教授）
王之虹（长春中医药大学校长 教授）
王北婴（国家中医药管理局中医师资格认证中心主任）
王亚利（河北医科大学副校长 教授）
王国辰（全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长 中国中医药出版社社长）
王省良（广州中医药大学校长 教授）
车念聪（首都医科大学中医药学院院长 教授）
石学敏（天津中医药大学教授 中国工程院院士）
匡海学（黑龙江中医药大学校长 教授）
刘振民（全国中医药高等教育学会顾问 北京中医药大学教授）
孙秋华（浙江中医药大学党委书记 教授）
严世芸（上海中医药大学教授）
李大鹏（中国工程院院士）
李玛琳（云南中医学院院长 教授）
李连达（中国中医科学院研究员 中国工程院院士）
李金田（甘肃中医学院院长 教授）
杨关林（辽宁中医药大学校长 教授）
吴以岭（中国工程院院士）

吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)

吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)

肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)

陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)

陈立典 (福建中医药大学校长 教授)

范永升 (浙江中医药大学校长 教授)

范昕建 (成都中医药大学校长 教授)

欧阳兵 (山东中医药大学校长 教授)

周 然 (山西中医学院院长 教授)

周永学 (陕西中医学院院长 教授)

周仲瑛 (南京中医药大学教授 国医大师)

郑玉玲 (河南中医学院院长 教授)

胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)

耿 直 (新疆医科大学副校长 教授)

高思华 (北京中医药大学校长 教授)

唐 农 (广西中医药大学校长 教授)

梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)

程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)

傅克刚 (江西中医学院院长 教授)

谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)

路志正 (中国中医科学院研究员 国医大师)

廖端芳 (湖南中医药大学校长 教授)

颜德馨 (上海铁路医院主任医师 国医大师)

秘 书 长 王 键 (安徽中医学院院长 教授)

洪 净 (国家中医药管理局巡视员兼人事教育司副司长)

王国辰 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长
中国中医药出版社社长)

办公室主任 周 杰 (国家中医药管理局人事教育司教育处处长)

林超岱 (中国中医药出版社副社长)

李秀明 (中国中医药出版社副社长)

办公室副主任 王淑珍 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会副秘书长
中国中医药出版社教材编辑部主任)

裴 颢 (中国中医药出版社教材编辑部副主任)

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材
全国高等中医药院校规划教材(第九版)

《生物化学》编委会

- 主 审 王继峰(北京中医药大学)
金国琴(上海中医药大学)
- 主 编 唐炳华(北京中医药大学)
- 副主编 (以姓氏笔画为序)
王和生(贵阳中医学院)
冯雪梅(成都中医药大学)
施 红(福建中医药大学)
谭宇蕙(广州中医药大学)
- 编 委 (以姓氏笔画为序)
于 光(南京中医药大学)
于水澜(黑龙江中医药大学)
王 威(天津中医药大学)
毛水龙(浙江中医药大学)
文朝阳(首都医科大学)
任 颖(长春中医药大学)
关亚群(新疆医科大学)
李丽帆(广西中医药大学)
李爱英(河北医科大学)
杨 云(云南中医学院)
杨晓敏(北京中医药大学)
宋高臣(牡丹江医学院)
张 波(湖南中医药大学)
张晓薇(山西中医学院)
张嘉宁(大连医科大学)
陈 彻(甘肃中医学院)
武慧敏(河南中医学院)

周 会 (安徽中医学院)

周晓慧 (承德医学院)

郑里翔 (江西中医学院)

柳 春 (辽宁中医药大学)

徐安莉 (湖北中医药大学)

郭 平 (山东中医药大学)

崔炳权 (广东药学院)

魏敏惠 (陕西中医学院)

学术秘书 王 勇 (北京中医药大学)

前 言

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材是为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要（2010-2020年）》、《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》和《中医药事业发展“十二五”规划》，依据行业人才需求和全国各高等中医药院校教育教学改革新发展，在国家中医药管理局人事教育司的主持下，由国家中医药管理局教材办公室、全国中医药高等教育学会教材建设研究会在总结历届中医药行业教材特别是新世纪全国高等中医药院校规划教材建设经验的基础上，进行统一规划建设的。鉴于由中医药行业主管部门主持编写的全国高等中医药院校规划教材目前已出版八版，为便于了解其历史沿革，同时体现其系统性和传承性，故本套教材又可称“全国高等中医药院校规划教材（第九版）”。

本套教材坚持以育人为本，重视发挥教材在人才培养中的基础性作用，充分展现我国中医药教育、医疗、保健、科研、产业、文化等方面取得的新成就，以期成为符合教育规律和人才成长规律的科学性、先进性、适用性的优秀教材。

本套教材具有以下主要特色：

1. 继续采用“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制

在规划、出版全国中医药行业高等教育“十五”、“十一五”规划教材时（原称“新世纪全国高等中医药院校规划教材”新一版、新二版，亦称第七版、第八版，均由中国中医药出版社出版），国家中医药管理局制定了“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制，经过两版教材的实践，证明该运作机制符合新时期教育部关于高等教育教材建设的精神，同时也是适应新形势下中医药人才培养需求的更高效的教材建设机制，符合中医药事业培养人才的需要。因此，本套教材仍然坚持这个运作机制并有所创新。

2. 整体规划，优化结构，强化特色

此次“十二五”教材建设工作对高等中医药教育3个层次多个专业的必修课程进行了全面规划。本套教材在“十五”、“十一五”优秀教材基础上，进一步优化教材结构，强化特色，重点建设主干基础课程、专业核心课程，加强实验实践类教材建设，推进数字化教材建设。本套教材数量上较第七版、第八版明显增加，专业门类上更加齐全，能完全满足教学需求。

3. 充分发挥高等中医药院校在教材建设中的主体作用

全国高等中医药院校既是教材使用单位，又是教材编写工作的承担单位。我们发出关于启动编写“全国中医药行业高等教育‘十二五’规划教材”的通知后，各院校积极响应，教学名师、优秀学科带头人、一线优秀教师积极参加申报，凡被选中参编的教师都以积极热情、严肃认真、高度负责的态度完成了本套教材的编写任务。

4. 公开招标，专家评议，健全主编遴选制度

本套教材坚持公开招标、公平竞争、公正遴选主编原则。国家中医药管理局教材办公室和全国中医药高等教育学会教材建设研究会制订了主编遴选评分标准，经过专家评审委员会严格评议，遴选出一批教学名师、高水平专家承担本套教材的主编，同时实行主编负责制，为教材质量提供了可靠保证。

5. 继续发挥执业医师和职称考试的标杆作用

自我国实行中医、中西医结合执业医师准入制度以及全国中医药行业职称考试制度以来，第七版、第八版中医药行业规划教材一直作为考试的蓝本教材，在各种考试中发挥了权威标杆作用。作为国家中医药管理局统一规划实施的第九版行业规划教材，将继续在行业的各种考试中发挥其标杆性作用。

6. 分批进行，注重质量

为保证教材质量，本套教材采取分批启动方式。第一批于2011年4月启动中医学、中药学、针灸推拿学、中西医临床医学、护理学、针刀医学6个本科专业112种规划教材。2012年下半年启动其他专业的教材建设工作。

7. 锤炼精品，改革创新

本套教材着力提高教材质量，努力锤炼精品，在继承与发扬、传统与现代、理论与实践的结合上体现了中医药教材的特色；学科定位准确，理论阐述系统，概念表述规范，结构设计更为合理；教材的科学性、继承性、先进性、启发性及教学适应性较前八版有不同程度提高。同时紧密结合学科专业发展和教育教学改革，更新内容，丰富形式，不断完善，将学科、行业的新知识、新技术、新成果写入教材，形成“十二五”期间反映时代特点、与时俱进的教材体系，确保优质教育资源进课堂，为提高中医药高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。同时，注重教材内容在传授知识的同时，传授获取知识和创造知识的方法。

综上所述，本套教材由国家中医药管理局宏观指导，全国中医药高等教育学会教材建设研究会倾力主办，全国各高等中医药院校高水平专家联合编写，中国中医药出版社积极协办，整个运作机制协调有序，环环紧扣，为整套教材质量的提高提供了保障机制，必将成为“十二五”期间全国高等中医药教育的主流教材，成为提高中医药高等教育教学质量和人才培养质量最权威的教材体系。

本套教材在继承的基础上进行了改革与创新，但在探索的过程中，难免有不足之处，敬请各教学单位、教学人员以及广大学生在使用中发现问题及时提出，以便在重印或再版时予以修正，使教材质量不断提升。

国家中医药管理局教材办公室
全国中医药高等教育学会教材建设研究会
中国中医药出版社

2012年6月

编写说明

为适应新时期中医药人才培养和高等中医药教育的需要,全面推进素质教育,培养21世纪高素质创新人才,根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神,国家中医药管理局教材办公室和全国高等中医药教材建设研究会于2011年启动全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材建设工作。《生物化学》(新世纪第三版)作为主干教材首批推出。

集传统医学与现代科学结合之大成,全国高等中医药院校教材《生物化学》应新中国高等中医药教育之门的开启而诞生。在过去的60年中先后六次发行统编版,两次发行新世纪规划版,在新中国中医药人才培养及新世纪中医药事业发展中发挥了历史性作用。历任主编齐治家教授和赵伟康教授是我国中西医结合事业的奠基人,周梦圣教授和王继峰教授是德高望重的生物化学大家。他们深厚的学术造诣和严谨的治学态度为本教材的编写奠定了基础。

《生物化学》(新世纪第三版)是全国中医药行业高等教育十二五规划教材,在普通高等教育“十一五”国家级规划教材、新世纪(第二版)全国高等中医药院校规划教材、北京市精品教材《生物化学》(王继峰主编)基础上修订而成,可供全国高等院校中医药类、药学类、中西医临床医学、护理学、康复治疗学、医学检验等专业使用,也可作为全国医师资格考试、全国硕士研究生统一入学考试的参考用书。

《生物化学》(新世纪第三版)力求保持上版成熟的完善体系,突出图表直观、叙述简洁的风格,精益求精,在修订时一方面科学把握与细胞生物学、分子生物学、组织学、生理学、药理学、病理学、病理生理学、内科学等其他课程的关系,另一方面有机结合新版全国医师资格考试大纲、全国硕士研究生统一入学考试大纲及历年考点。为此作以下修订:①增加“蛋白质的分离与鉴定”、“核酸的提取与定量”、“微量元素”、“血液生化”、“药物代谢”等章节;②增加数十个临床病例(文首以☞标注);③增加血糖、血脂、尿素、尿酸等检验技术;④更新氧化磷酸化磷/氧比的相关内容;⑤更新中西医结合生物化学进展内容;⑥更新大部分图表。

同时编写与本教材配套的《生物化学习题集》、《生物化学》口袋书、《生物化学》多媒体资料,以方便读者学好生物化学。

此次修订由全国30所高等医药院校的教师共同完成,他们的学高身正将在本教材中得到充分体现,并有望使读者的收获更在知识之外。在教材编写过程中,编委会充分承民主之传统,扬学术之正气,学科内集思广益特色鲜明,学科间融会贯通与时俱进。

此次修订得到北京中医药大学及全国兄弟院校同道们的支持。山东中医药大学、成都中医药大学先后承办《生物化学》(新世纪第三版)的编写会议和定稿会议。北京中

医药大学生物化学教研室全体教师倾力支持本教材的编写，在此一并致以衷心感谢。

教材建设是一项长期工作。由于生物化学内容丰富、编者学识有限，加之生物化学发展迅速，本教材难免存在遗漏或错讹，敬请读者提出宝贵意见和建议，随时通过 prc.no.1@sina.com 与编委会联系，编委会将及时回复并深表感谢，更将在修订时充分考虑您的意见和建议。

《生物化学》编委会
2012年6月

目 录

绪论	1
第一章 糖类化学	5
第一节 单糖	5
第二节 寡糖	11
第三节 多糖	12
小结	17
第二章 脂类化学	18
第一节 脂肪酸	18
第二节 脂肪	21
第三节 类脂	23
小结	31
第三章 蛋白质化学	32
第一节 蛋白质的分子组成	32
第二节 肽键和肽	37
第三节 蛋白质的分子结构	40
第四节 蛋白质结构与功能的关系	47
第五节 蛋白质的理化性质	51
第六节 蛋白质的分离与鉴定	54
小结	58
第四章 核酸化学	60
第一节 核酸的分子组成	60
第二节 核酸的分子结构	64
第三节 核酸的理化性质	72
第四节 核酸的提取与定量	74
小结	76
第五章 酶	78
第一节 酶的分子结构	78
第二节 酶促反应的特点和机制	82
第三节 酶促反应动力学	85
第四节 酶的调节	95
第五节 酶的命名和分类	97

第六节 酶与医学的关系	98
小结	100
第六章 维生素和微量元素	102
第一节 水溶性维生素	102
第二节 脂溶性维生素	109
第三节 微量元素	114
小结	118
第七章 生物氧化	120
第一节 概述	120
第二节 呼吸链	122
第三节 生物氧化与能量代谢	125
第四节 细胞质 NADH 的氧化	130
第五节 非线粒体氧化体系	131
小结	133
第八章 糖代谢	134
第一节 概述	134
第二节 葡萄糖分解代谢	137
第三节 糖原代谢	150
第四节 糖异生	154
第五节 其他单糖代谢	157
第六节 血糖	158
第七节 糖代谢紊乱	160
小结	163
第九章 脂类代谢	165
第一节 概述	165
第二节 甘油三酯代谢	167
第三节 磷脂代谢	177
第四节 类固醇代谢	179
第五节 血脂和血浆脂蛋白	182
第六节 脂类代谢紊乱	188
小结	190
第十章 蛋白质的分解代谢	192
第一节 概述	192
第二节 氨基酸的一般代谢	197
第三节 氨基酸的特殊代谢	204
第四节 激素对蛋白质代谢的调节	212
小结	213

第十一章 核苷酸代谢	215
第一节 核苷酸合成代谢	215
第二节 核苷酸分解代谢	221
第三节 核苷酸抗代谢物	222
小结	224
第十二章 代谢调节	225
第一节 物质代谢的相互联系	225
第二节 细胞水平的代谢调节	227
第三节 激素水平的代谢调节	232
第四节 整体水平的代谢调节	238
小结	240
第十三章 DNA 的生物合成	241
第一节 DNA 复制的基本特征	242
第二节 大肠杆菌 DNA 的复制	244
第三节 真核生物染色体 DNA 的复制	249
第四节 DNA 的损伤与修复	252
第五节 DNA 的逆转录合成	255
小结	257
第十四章 RNA 的生物合成	258
第一节 转录的基本特征	258
第二节 RNA 聚合酶	259
第三节 大肠杆菌 RNA 的转录合成	260
第四节 真核生物 RNA 的转录后加工	263
第五节 RNA 生物合成的抑制剂	266
小结	266
第十五章 蛋白质的生物合成	268
第一节 参与蛋白质合成的主要物质	268
第二节 氨基酸负载	272
第三节 大肠杆菌蛋白质的合成	273
第四节 蛋白质的翻译后修饰	276
第五节 真核生物蛋白质的靶向转运	278
第六节 蛋白质生物合成的抑制剂	280
小结	281
第十六章 基因表达调控	283
第一节 基因表达调控的基本原理	283
第二节 原核生物的基因表达调控	286
第三节 真核生物的基因表达调控	290

小结	297
第十七章 血液生化	298
第一节 血浆蛋白质	298
第二节 非蛋白氮	301
第三节 红细胞代谢	302
小结	305
第十八章 肝胆生化	307
第一节 肝脏的形态结构与化学组成	307
第二节 肝脏在物质代谢中的作用	307
第三节 生物转化	309
第四节 胆汁酸代谢	313
第五节 胆色素代谢	316
第六节 药物代谢	320
第七节 肝功能检查的意义	324
小结	326
第十九章 水盐代谢和酸碱平衡	328
第一节 体液的含量和分布	328
第二节 体液的生理功能	330
第三节 水钠代谢	331
第四节 钾代谢	336
第五节 钙磷代谢	338
第六节 酸碱平衡	341
小结	349
第二十章 常用生物化学与分子生物学技术	350
第一节 印迹杂交技术	350
第二节 聚合酶链反应技术	354
第三节 DNA 测序技术	355
第四节 重组 DNA 技术	357
第五节 动物转基因技术和基因打靶技术	362
小结	365
附录一 WHO 推荐人体维生素和元素日摄入量	366
附录二 专业术语索引	367
附录三 缩写符号	384
附录四 主要参考书目	393

绪 论

生物化学在分子水平上研究生物体的化学组成和结构、生命活动的化学原理，以阐明生命的本质，从而应用于医药、营养、农业、工业等领域，最终服务于人类社会。简而言之，生物化学是研究生命科学的科学。

生物化学是一门重要的基础医学课程。它以化学、生物学、遗传学、解剖学、组织学、生理学为基础，同时又是药理学、病理学等后续课程和其他临床课程的基础，起着承前启后的作用。

一、生物化学发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的科学。生物化学研究始于 18 世纪，作为一门独立学科建立于 20 世纪初。1903 年，Neuberg 首先提出了生物化学 (biochemistry) 这一名词。

生物化学的发展过程大致分为三个阶段，即叙述生物化学、动态生物化学和机能生物化学。叙述生物化学又称静态生物化学，主要研究生命物质的组成和性质，如 Scheele 研究生物体各种组织的化学组成，奠定了生物化学的基础。在了解了生命的物质组成之后，生物化学开始研究维持生命活动的化学反应，即研究生命物质的代谢过程以及酶、维生素和激素等在代谢过程中的作用。由于代谢是一个动态过程，这一阶段称为动态生物化学。随着生物化学研究的不断发展，人们对生命现象和生命本质有了更深入的认识，认识到物质代谢主要在细胞内进行，不同细胞构成不同的组织和器官，并赋予它们不同的生理功能。机能生物化学研究生物分子、细胞器、细胞、组织和器官的结构与功能的关系，即从生物整体的角度研究生命。

20 世纪后半叶以来，生物化学发展的显著特征是分子生物学的崛起。1953 年，Watson 和 Crick 提出 DNA 双螺旋模型，这是生物化学发展进入分子生物学时代的重要标志。此后，DNA、RNA 和蛋白质的合成过程得到研究，遗传信息传递的中心法则被阐明。20 世纪 70 年代初，随着限制酶的发现和核酸分子杂交技术的建立，重组 DNA 技术得到发展。1972 年，Berg 首次将不同的 DNA 片段连接起来，形成重组 DNA 分子，并将其导入细胞进行扩增，获得重组 DNA 克隆。1976 年，Kan 等应用 DNA 实验技术用胎儿羊水细胞 DNA 诊断 α 地中海贫血。1977 年，第一个人体基因被克隆，用重组 DNA 技术成功地生产出人生长抑素。1982 年，Cech 发现核酶。1983 年，Mullis 发明 PCR 技术，