



普通高等教育中医药类“十三五”规划教材  
全国普通高等教育中医药类精编教材

# 生物化学

第3版

SHENGWU HUAXUE

(供中医药类、中西医结合等专业用)

主 编 金国琴 柳 春

副主编 王和生 李爱英 张学礼

赵筱萍 谭宇蕙



上海科学技术出版社

普通高等教育中医药类“十三五”规划教材  
全国普通高等教育中医药类精编教材

# 生物化学

(第3版)

(供中医药类、中西医结合等专业用)

| 主 编 |

金国琴 柳 春

| 副主编 |

(以姓氏笔画为序)

王和生 李爱英 张学礼

赵筱萍 谭宇蕙



上海科学技术出版社

---

图书在版编目(CIP)数据

生物化学 / 金国琴, 柳春主编. — 3 版. — 上海:  
上海科学技术出版社, 2017.8  
普通高等教育中医药类“十三五”规划教材 全国普  
通高等教育中医药类精编教材  
ISBN 978-7-5478-3617-0

I. ①生… II. ①金… ②柳… III. ①生物化学—高  
等学校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 155996 号

---

生物化学(第 3 版)  
主编 金国琴 柳 春

上海世纪出版股份有限公司 出版  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)  
上海世纪出版股份有限公司发行中心发行  
200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co  
印刷  
开本 787×1092 1/16 印张 23.75  
字数 500 千字  
2017 年 8 月第 3 版 2017 年 8 月第 20 次印刷  
ISBN 978-7-5478-3617-0/Q·54  
定价: 40.00 元

---

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题, 请向工厂联系调换

普通高等教育中医药类“十三五”规划教材  
全国普通高等教育中医药类精编教材

(以姓氏笔画为序)

王 平 王 键 王占波 王瑞辉 方剑乔 石 岩  
冯卫生 刘 文 刘旭光 严世芸 李灿东 李金田  
肖鲁伟 吴勉华 何清湖 谷晓红 宋柏林 陈 勃  
周仲瑛 胡鸿毅 高秀梅 高树中 郭宏伟 唐 农  
梁沛华 熊 磊 冀来喜

专家指导委员会名单

普通高等教育中医药类“十三五”规划教材  
全国普通高等教育中医药类精编教材

编审委员会名单

名誉主任委员 洪 净

主任委员 胡鸿毅

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 飞 王庆领 李铁浪 吴启南

何文忠 张文风 张宁苏 张艳军

徐竹林 唐梅文 梁沛华 蒋希成

编委会名单

主 编

金国琴 (上海中医药大学)

柳 春 (辽宁中医药大学)

副主编 (以姓氏笔画为序)

王和生 (贵阳中医学院)

李爱英 (河北中医学院)

张学礼 (上海中医药大学)

赵筱萍 (浙江中医药大学)

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)

杨 云 (云南中医学院)

张晓薇 (山西中医药大学)

陈晓玲 (浙江中医药大学)

林晓晖 (福建中医药大学)

郑 纺 (天津中医药大学)

赵丹玉 (辽宁中医药大学)

赵京山 (河北中医学院)

钟卫干 (广西中医药大学)

翁美芝 (江西中医药大学)

郭丽新 (黑龙江中医药大学)

黄映红 (成都中医药大学)

龚张斌 (上海中医药大学)

谢圣高 (湖北中医药大学)

魏敏慧 (陕西中医药大学)

秘 书 (兼,以姓氏笔画为序)

赵丹玉 (辽宁中医药大学)

龚张斌 (上海中医药大学)

《生物化学》精编教材在全国中医药高等教育学会教学管理研究会的精心指导下,由上海科学技术出版社于2006年8月出版了第1版,2011年8月出版了第2版。由于体系规范、整体优化、内容精练、特色鲜明,是一本学生“好学”、老师“好教”并能适应中医药人才培养要求的现代医学基础教材,深受全国中医药院校广大师生的欢迎,多次重印。2011年11月获上海市普通高校优秀教材二等奖。

《生物化学》第3版教材的修订,继续以“精品教材、质量第一”为宗旨,以“三基”“五性”为原则,坚持“经典、精练、新颖、实用”的编写特点。结合中医药院校对学生的培养目标,以及各校在教材使用过程中的反馈意见和建议,在第2版教材框架内容基础上,对各章节进行了修订更新,适度增补国内外生物化学与分子生物学研究的新成果、新技术,包括基因表达调控的表观遗传修饰、基因编辑、三代DNA测序技术、细胞自噬信号通路、微量元素研究等新进展。并特别注重将基础理论与临床实践以及中医药研究结合起来,对许多章节重要知识点增补了相应的临床案例,更新了生物化学与分子生物学在中医药研究中应用新进展的扩展阅读,全书累计有15个临床案例,20篇扩展阅读短文,是有别于同类专业教科书的一大特色,以期在教学过程中,老师可以案例问题为切入点,开展以问题为导向的PBL教学法改革,启发学生积极思考、提出问题,引导学生运用生物化学理论知识去分析、诠释临床常见病、多发病,甚至疑难杂症,如糖尿病、肥胖症、动脉粥样硬化、痛风、肿瘤、肝性脑病、维生素或微量元素缺乏症等疾病发生、发展的分子机制及药物的防治作用,激发学生的学习兴趣,培养学生的自主学习能力和主观能动性。扩展阅读中的基因组学、转录组学、RNA组学、蛋白质组学、代谢组学、重组DNA技术在中医药研究中的应用,细胞信号转导通路与肿瘤的靶向治疗药物研究等,将有助于开拓学生学术视野,激发学生的创新思维,启发学生运用生物化学与分子生物学的理论知识和技术开展中医药研究工作,树立生物化学为中医药临床与科学研究服务的理念。书末的汉英索引,在第2版基础上,补充了词条页码索引,方便读者检索。第3版精编生物化学教材,同时增加了手机APP增值服务内容,包括生物化学复习纲要、阶段学习自测练习和答案、期末综合自测练习

---

和答案,以方便学生自学、复习与巩固相关知识,自测与自评学习效果。

参与本教材修订的作者有 22 位,分别来自全国 17 所中医药院校,都是具有丰富教学和科研工作经验的专家和教授。在修订过程中,自始至终得到了上海科学技术出版社的指导以及上海中医药大学和辽宁中医药大学教务处、基础医学院的关心和帮助,使教材的质量得以保证;河北中医学院生化教研室李爱英教授、赵金山教授,辽宁中医药大学生化教研室柳春教授、赵丹玉教授等老师分别为教材编写会和定稿会做了周到的安排,大家通力合作完成了全书的修订工作。在此,全体编委对以上各单位、部门及个人为本教材所做的大力支持和无私奉献表示衷心感谢。

《生物化学》第 3 版精编教材,主要使用对象为中医药类本科各专业学生。同时也可供研究生入学考试、职业医师资格考试,以及高职高专生、夜大生、进修生等相关专业学生自学和复习使用,亦可供其他医药院校生物化学教师教学参考使用。

《生物化学》编委会

2017 年 5 月



## 普通高等教育中医药类“十三五”规划教材 全国普通高等教育中医药类精编教材

## 前 言

新中国高等中医药教育开创至今历六十年。一甲子朝花夕拾，六十年砥砺前行，实现了长足发展，不仅健全了中医药高等教育体系，创新了中医药高等教育模式，也培养了一大批中医药人才，履行了人才培养、科技创新、社会服务、文化传承的职能和使命。高等中医药院校的教材作为中医药知识传播的重要载体，也伴随着中医药高等教育改革发展的进程，从少到多，从粗到精，一纲多本，形式多样，始终发挥着至关重要的作用。

上海科学技术出版社于1964年受国家卫生部委托出版全国中医院校试用教材迄今，肩负了半个多世纪的中医院校教材建设和出版的重任，产生了一大批学术深厚、内涵丰富、文辞隽永、具有重要影响力的优秀教材。尤其是1985年出版的全国统编高等医学院校中医教材(第五版)，至今仍被誉为中医教材之经典而蜚声海内外。

2006年，上海科学技术出版社在全国中医药高等教育学会教学管理研究会的精心指导下，在全国各中医药院校的积极参与下，组织出版了供中医药院校本科生使用的“全国普通高等教育中医药类精编教材”(以下简称“精编教材”)，并于2011年进行了修订和完善。这套教材融汇了历版优秀教材之精华，遵循“三基”“五性”“三特定”的教材编写原则，同时高度契合国家执业医师考核制度改革和国家创新型人才培养战略的要求，在组织策划、编写和出版过程中，反复论证，层层把关，使“精编教材”在内容编写、版式设计和质量控制等方面均达到了预期的要求，凸显了“精炼、创新、适用”的编写初衷，获得了全国中医药院校师生的一致好评。

2016年8月，党中央、国务院召开了新世纪以来第一次全国卫生与健康大会，印发实施《“健康中国2030”规划纲要》，并颁布了《中医药法》和《〈中国的中医药〉白皮书》，把发展中医药事业作为打造健康中国的重要内容。实施创新驱动发展战略、文化强国战略以及“走出去”和“一带一路”战略，推动经济转型升级，都需要中医药发挥资源优势 and 核心作用。面对新时期中医药“创新性发展，创造性转化”的总体要求，中医药高等教育必须牢牢把握经济社会发展的大势，更加主动地服务和融入国家发展战略。为此，精编教材的编写将继续秉持“为院校提供服务、为行业打造精品”的工作

要旨,在全国中医院校中广泛征求意见,多方听取要求,全面汲取经验,经过近一年的精心准备工作,在“十三五”开局之年启动了第三版的修订工作。

本次修订和完善将在保持“精编教材”原有特色和优势的基础上,进一步突出“经典、精炼、新颖、实用”的特点,并将贯彻习近平总书记在全国卫生与健康大会、全国高校思想政治工作会议等系列讲话精神,以及《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》《中医药发展战略规划纲要(2016—2030年)》和《关于医教协同深化中医药教育改革与发展的指导意见》等文件要求,坚持高等教育立德树人这一根本任务,立足中医药教育改革要求,遵循我国中医药事业发展规律和中医药教育规律,深化中医药特色的人文素养和思想情操教育,从而达到以文化人、以文育人的效果。

同时,全国中医药高等教育学会教学管理研究会和上海科学技术出版社将不断深化高等中医药教材研究,在新版精编教材的编写组织中,努力将教材的编写出版工作与中医药发展的现实目标及未来方向紧密联系在一起,促进中医药人才培养与“健康中国”战略紧密结合起来,实现全程育人、全方位育人,不断完善高等中医药教材体系和丰富教材品种,创新、拓展相关课程教材,以更好地适应“十三五”时期及今后高等中医药院校的教学实践要求,从而进一步地提高我国高等中医药人才的培养能力,为建设健康中国贡献力量!

教材的编写出版需要在实践检验中不断完善,诚恳地希望广大中医药院校师生和读者在教学实践或使用中对本套教材提出宝贵意见,以敦促我们不断提高。

全国中医药高等教育学会常务理事、教学管理研究会理事长



2016年12月

---

第一章 绪论 .....	1
第一节 生物化学主要研究内容 / 1	
一、生物体的化学组成及生物分子的结构与功能 / 1	
二、物质与能量代谢及其调节 / 2	
三、基因信息传递及其调控 / 2	
四、专题医药学生化 / 3	
第二节 生物化学的发展简史 / 3	
第三节 生物化学与医药学的关系 / 4	
第四节 学习生物化学的目的和意义 / 5	
第二章 糖类化学 .....	7
第一节 糖的概念、分类和命名 / 7	
一、糖的概念 / 7	
二、糖的分类 / 7	
三、糖的命名 / 8	
第二节 单糖的结构与化学性质 / 8	
一、单糖的结构 / 8	
二、单糖的主要化学性质 / 10	
第三节 重要的双糖 / 12	
一、麦芽糖 / 12	
二、蔗糖 / 12	
三、乳糖 / 12	
第四节 多糖 / 13	
一、同多糖 / 13	
二、杂多糖 / 14	
三、糖蛋白与蛋白聚糖 / 16	

附: 扩展阅读——多糖类药物 / 17	
第三章 脂类化学 .....	18
第一节 脂肪的结构与化学性质 / 18	
一、甘油 / 18	
二、脂肪酸 / 19	
三、脂肪的主要化学性质 / 20	
第二节 类脂 / 21	
一、磷脂 / 21	
二、糖脂 / 23	
三、类固醇 / 24	
附. 扩展阅读——重要的多不饱和脂肪酸 / 26	
第四章 蛋白质化学 .....	27
第一节 蛋白质的分子组成 / 27	
一、蛋白质的元素组成 / 27	
二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸 / 27	
三、肽键与肽 / 30	
第二节 蛋白质的分子结构 / 32	
一、一级结构 / 33	
二、二级结构 / 33	
三、三级结构 / 35	
四、四级结构 / 36	
五、维持蛋白质分子空间结构的主要化学键 / 36	
六、蛋白质结构与功能的关系 / 37	
第三节 蛋白质的理化性质与分离纯化 / 39	
一、蛋白质的理化性质 / 39	
二、蛋白质的分离纯化鉴定技术 / 41	
第四节 蛋白质的分类 / 45	
一、根据分子形状分类 / 45	
二、根据分子组成分类 / 45	
附 1. 案例分析 / 45	
附 2. 扩展阅读——阿尔茨海默病与蛋白质构象病 / 45	
第五章 核酸化学 .....	47
第一节 核酸的分子组成 / 47	

一、核酸的元素组成 / 47	
二、核酸的基本组成单位——核苷酸 / 48	
三、3',5'-磷酸二酯键与多聚核苷酸链 / 50	
第二节 核酸的分子结构 / 52	
一、DNA 的分子结构 / 52	
二、RNA 的分子结构 / 55	
第三节 核酸的理化性质 / 59	
一、核酸的紫外吸收 / 59	
二、核酸的变性与复性 / 59	
三、核酸分子杂交 / 60	
附. 扩展阅读——RNA 组学研究与非编码 RNA / 61	
第六章 酶.....	62
第一节 酶的分子组成与活性 / 62	
一、酶的分子组成 / 63	
二、酶的活性中心 / 64	
三、酶原与酶原的激活 / 64	
四、同工酶 / 65	
第二节 酶促反应特点与机制 / 66	
一、酶促反应的特点 / 67	
二、酶促反应的机制 / 67	
第三节 酶促反应动力学 / 68	
一、底物浓度对酶促反应速度的影响 / 68	
二、酶浓度对酶促反应速度的影响 / 70	
三、温度对酶促反应速度的影响 / 70	
四、pH 对酶促反应速度的影响 / 71	
五、激活剂对酶促反应速度的影响 / 71	
六、抑制剂对酶促反应速度的影响 / 71	
七、酶活性测定与酶活性单位 / 75	
第四节 酶的调节 / 76	
一、酶结构的调节 / 76	
二、酶蛋白含量的调节 / 78	
第五节 酶的命名与分类 / 79	
一、酶的命名 / 79	
二、酶的分类 / 79	
第六节 酶与医学的关系 / 80	
一、酶与疾病的发生 / 80	
二、酶与疾病的诊断 / 80	

	三、酶与疾病的治疗 / 81	
	附 1. 案例分析 / 81	
	附 2. 扩展阅读——酶学在中医药研究中的应用实例 / 81	
第七章	维生素 .....	83
	第一节 概述 / 83	
	一、维生素的概念和特点 / 83	
	二、维生素的命名与分类 / 84	
	三、维生素缺乏的原因 / 84	
	第二节 水溶性维生素 / 84	
	一、B 族维生素 / 85	
	二、维生素 C / 91	
	第三节 脂溶性维生素 / 93	
	一、维生素 A / 93	
	二、维生素 D / 95	
	三、维生素 E / 97	
	四、维生素 K / 97	
	附 1. 案例分析 / 98	
	附 2. 扩展阅读——维生素 D 与人类疾病研究进展 / 99	
第八章	糖代谢 .....	100
	第一节 概述 / 100	
	一、糖的生理功能 / 100	
	二、糖的消化与吸收 / 100	
	第二节 糖的氧化分解 / 101	
	一、糖的无氧分解 / 102	
	二、糖的有氧氧化 / 106	
	三、戊糖磷酸途径 / 111	
	第三节 糖原的合成与分解 / 113	
	一、糖原的合成 / 113	
	二、糖原的分解 / 115	
	三、糖原合成与分解的调节 / 116	
	四、糖原合成与分解的生理意义 / 116	
	第四节 糖异生 / 116	
	一、糖异生途径 / 117	
	二、糖异生的调节 / 118	
	三、糖异生的生理意义 / 118	

第五节	血糖及其调节 / 119	
	一、血糖的来源和去路 / 119	
	二、血糖浓度的调节 / 119	
第六节	糖代谢紊乱 / 120	
	一、低血糖 / 120	
	二、高血糖与糖尿 / 121	
	三、糖尿病 / 121	
	四、糖原累积症 / 122	
	五、糖耐量试验 / 122	
	附 1. 案例分析 / 122	
	附 2. 扩展阅读——中医药对糖尿病治疗作用的研究 / 123	
第九章	生物氧化 .....	124
第一节	概述 / 124	
	一、生物氧化的概念 / 124	
	二、生物氧化的特点 / 124	
	三、生物氧化的方式 / 125	
第二节	线粒体氧化体系 / 126	
	一、呼吸链 / 126	
	二、体内重要呼吸链的排列顺序 / 129	
	三、细胞质中 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 的氧化 / 130	
第三节	生物氧化与能量代谢 / 131	
	一、高能化合物的种类 / 132	
	二、ATP 的生成 / 132	
	三、影响氧化磷酸化的因素 / 135	
	四、ATP 的利用、转移与储存 / 136	
第四节	非线粒体氧化体系 / 137	
	一、微粒体氧化酶系 / 137	
	二、过氧化物酶体氧化酶类 / 137	
	三、超氧化物歧化酶 / 138	
	附 1. 案例分析 / 138	
	附 2. 扩展阅读——线粒体 DNA 异质性与线粒体病 / 138	
第十章	脂类代谢 .....	140
第一节	脂类的消化吸收和分布 / 140	
	一、脂类的消化与吸收 / 140	
	二、脂类的分布 / 141	

第二节	血脂与血浆脂蛋白 / 141
一、	血脂 / 141
二、	血浆脂蛋白 / 142
第三节	三酰甘油的代谢 / 145
一、	三酰甘油的分解代谢 / 145
二、	三酰甘油的合成代谢 / 150
三、	激素对三酰甘油代谢的调节 / 152
第四节	类脂的代谢 / 153
一、	甘油磷脂的代谢 / 153
二、	神经鞘磷脂的代谢 / 154
三、	胆固醇的代谢 / 155
第五节	脂类代谢紊乱 / 157
一、	高脂蛋白血症 / 157
二、	动脉粥样硬化 / 158
三、	肥胖症 / 158
附 1.	案例分析 / 159
附 2.	扩展阅读——肥胖与胰岛素抵抗 / 159

## 第十一章 蛋白质的分解代谢 ..... 160

第一节	蛋白质的营养作用 / 160
一、	蛋白质营养的重要性 / 160
二、	蛋白质的需要量 / 160
三、	蛋白质的营养价值与互补作用 / 161
第二节	蛋白质的消化、吸收和腐败 / 162
一、	蛋白质的消化 / 162
二、	氨基酸的吸收和转运 / 163
三、	蛋白质的腐败作用 / 163
第三节	氨基酸的代谢概况 / 164
一、	氨基酸的来源 / 164
二、	氨基酸的去路 / 164
第四节	氨基酸的一般代谢 / 165
一、	氨基酸的脱氨基作用 / 165
二、	氨的代谢 / 167
三、	$\alpha$ -酮酸的代谢 / 171
四、	氨基酸的脱羧基作用 / 172
第五节	个别氨基酸的特殊代谢 / 173
一、	一碳单位的代谢 / 173
二、	含硫氨基酸的代谢 / 174



	三、芳香族氨基酸的代谢 / 176	
	四、支链氨基酸的代谢 / 179	
第六节	激素对蛋白质代谢的调节 / 179	
第七节	糖、脂类和蛋白质在代谢上的相互联系 / 179	
	一、糖与脂类在代谢上的联系 / 179	
	二、糖与蛋白质在代谢上的联系 / 180	
	三、脂类与蛋白质在代谢上的联系 / 180	
第八节	物质代谢的调节 / 181	
	附 1. 案例分析 / 182	
	附 2. 扩展阅读——代谢组学在中医药研究中的应用 / 182	
第十二章	核苷酸代谢 .....	183
第一节	核苷酸的分解代谢 / 183	
	一、嘌呤核苷酸的分解 / 183	
	二、嘧啶核苷酸的分解 / 184	
第二节	核苷酸的合成代谢 / 185	
	一、嘌呤核苷酸的合成 / 185	
	二、嘧啶核苷酸的合成 / 188	
	三、脱氧核苷酸的合成 / 190	
	附 1. 案例分析 / 191	
	附 2. 扩展阅读——中医药防治肿瘤的研究 / 191	
第十三章	核酸的生物合成 .....	192
第一节	DNA 的生物合成(复制) / 193	
	一、DNA 复制的特征 / 193	
	二、参与 DNA 复制的主要酶类 / 194	
	三、DNA 复制的过程 / 197	
	四、真核生物 DNA 复制的特点 / 199	
	五、端粒与端粒酶 / 199	
第二节	逆转录 / 200	
	一、逆转录酶催化合成 cDNA / 200	
	二、逆转录酶与病毒 / 201	
第三节	DNA 的损伤与修复 / 202	
	一、DNA 突变 / 202	
	二、突变的类型 / 202	
	三、DNA 损伤与修复 / 203	
第四节	RNA 的生物合成(转录) / 204	