



全国高等医药院校药学类第四轮规划教材

供药学类专业用

生物化学

(第2版)

□ 主编 余蓉



网络增值服务
textbook.cnstip.com

中国医药科技出版社

|全国高等医药院校药学类第四轮规划教材

生物化学

(供药学类专业用)

第 2 版

主编 余 蓉

主审 杨继虞

副主编 宋永波 冯 涛 李 荷

编 委 (以姓氏笔画为序)

于 杰 (西安交通大学医学院)

左爱仁 (江西中医药大学)

冯 涛 (重庆医科大学)

刘冰花 (成都大学基础医学与护理学院)

李遂焰 (西南交通大学生命科学与工程学院)

李炜玲 (大连医科大学)

李 荷 (广东药学院)

余 蓉 (四川大学华西医学院)

宋永波 (沈阳药科大学)

赵文锋 (中国药科大学)

中国医药科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学 / 余蓉主编. —2 版. —北京: 中国医药科技出版社, 2015. 7

全国高等医药院校药理学类第四轮规划教材

ISBN 978-7-5067-7421-5

I. ①生… II. ①余… III. ①生物化学—医学院校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 173274 号

中国医药科技出版社官网	www. cmstp. com	医药类专业图书、考试用书及 健康类图书查询、在线购买
网络增值服务官网	textbook. cmstp. com	医药类教材数据资源服务

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行: 010-62227427 邮购: 010-62236938

网址 www. cmstp. com

规格 787×1092mm¹/₁₆

印张 32¹/₂

字数 668 千字

初版 2007 年 2 月第 1 版

版次 2015 年 8 月第 2 版

印次 2015 年 8 月第 1 次印刷

印刷 三河市百盛印装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-7421-5

定价 74.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药学类第四轮规划教材

常务编委会

名誉主任委员	邵明立 林蕙青
主任委员	吴晓明 (中国药科大学)
副主任委员	(以姓氏笔画为序) 匡海学 (黑龙江中医药大学) 朱依谆 (复旦大学药学院) 刘俊义 (北京大学药学院) 毕开顺 (沈阳药科大学) 吴少祯 (中国医药科技出版社) 吴春福 (沈阳药科大学) 张志荣 (四川大学华西药学院) 姚文兵 (中国药科大学) 郭 姣 (广东药学院) 彭 成 (成都中医药大学)
委 员	(以姓氏笔画为序) 王应泉 (中国医药科技出版社) 田景振 (山东中医药大学) 朱卫丰 (江西中医药大学) 李 高 (华中科技大学同济医学院药学院) 李元建 (中南大学药学院) 李青山 (山西医科大学药学院) 杨 波 (浙江大学药学院) 杨世民 (西安交通大学医学部) 陈思东 (广东药学院) 侯爱君 (复旦大学药学院) 宫 平 (沈阳药科大学) 祝晨蓀 (广州中医药大学) 柴逸峰 (第二军医大学药学院) 黄 园 (四川大学华西药学院)
秘 书	夏焕章 (沈阳药科大学) 徐晓媛 (中国药科大学) 黄泽波 (广东药学院) 浩云涛 (中国医药科技出版社) 赵燕宜 (中国医药科技出版社)

出版说明

全国高等医药院校药学类规划教材，于 20 世纪 90 年代启动建设，是在教育部、国家食品药品监督管理局的领导和指导下，由中国医药科技出版社牵头中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、复旦大学药学院、四川大学华西药学院、广东药学院、华东科技大学同济药学院、山西医科大学、浙江大学药学院、复旦大学药学院、北京中医药大学等 20 余所院校和医疗单位的领导和专家成立教材常务委员会共同组织规划，在广泛调研和充分论证基础上，于 2014 年 5 月组织全国 50 余所本科院校 400 余名教学经验丰富的专家教师历时一年余不辞辛劳、精心编撰而成。供全国药学类、中药学类专业教学使用的本科规划教材。

本套教材坚持“紧密结合药学类专业培养目标以及行业对人才的需求，借鉴国内外药学教育、教学的经验和成果”的编写思路，20 余年来历经三轮编写修订，逐渐形成了一套行业特色鲜明、课程门类齐全、学科系统优化、内容衔接合理的高质量精品教材，深受广大师生的欢迎，其中多数教材入选普通高等教育“十一五”“十二五”国家级规划教材，为药学本科教育和药学人才培养，做出了积极贡献。

第四轮规划教材，是在深入贯彻落实教育部高等教育教学改革精神，依据高等药学教育培养目标及满足新时期医药行业高素质技术型、复合型、创新型人才需求，紧密结合《中国药典》、《药品生产质量管理规范》（GMP）、《药品非临床研究质量管理规范》（GLP）、《药品经营质量管理规范》（GSP）等新版国家药品标准、法律法规和 2015 年版《国家执业药师资格考试大纲》编写，体现医药行业最新要求，更好地服务于各院校药学教学与人才培养的需要。

本轮教材的特色：

1. 契合人才需求，体现行业要求 契合新时期药学人才需求的变化，以培养创新型、应用型人才并重为目标，适应医药行业要求，及时体现 2015 年版《中国药典》及新版 GMP、新版 GSP 等国家标准、法规和规范以及新版国家执业药师资格考试等行业最新要求。

2. 充实完善内容，打造教材精品 专家们在上一轮教材基础上进一步优化、

精炼和充实内容。坚持“三基、五性、三特定”，注重整套教材的系统科学性、学科的衔接性。进一步精简教材字数，突出重点，强调理论与实际需求相结合，进一步提高教材质量。

3. 创新编写形式，便于学生学习 本轮教材设有“学习目标”“知识拓展”“重点小结”“复习题”等模块，以增强学生学习的目的性和主动性及教材的可读性。

4. 丰富教学资源，配套增值服务 在编写纸质教材的同时，注重建设与其相配套的网络教学资源，以满足立体化教学要求。

第四轮规划教材共涉及核心课程教材 53 门，供全国医药院校药学类、中药学类专业教学使用。本轮规划教材更名两种，即《药学文献检索与利用》更名为《药学信息检索与利用》，《药品经营管理 GSP》更名为《药品经营管理——GSP 实务》。

编写出版本套高质量的全国本科药学类专业规划教材，得到了药学专家的精心指导，以及全国各有关院校领导和编者的大力支持，在此一并表示衷心感谢。希望本套教材的出版，能受到全国本科药学专业广大师生的欢迎，对促进我国药学类专业教育教学改革和人才培养做出积极贡献。希望广大师生在教学中积极使用本套教材，并提出宝贵意见，以便修订完善，共同打造精品教材。

全国高等医药院校药学类规划教材编写委员会

中国医药科技出版社

2015 年 7 月

全国高等医药院校药学类第四轮规划教材书目

教材名称	主 编	教材名称	主 编
公共基础课		26. 医药商品学（第3版）	刘 勇
1. 高等数学（第3版）	刘艳杰	27. 药物经济学（第3版）	孙利华
	黄榕波	28. 药用高分子材料学（第4版）	方 亮
2. 基础物理学（第3版）*	李 辛	29. 化工原理（第3版）*	何志成
3. 大学计算机基础（第3版）	于 静	30. 药物化学（第3版）	尤启冬
4. 计算机程序设计（第3版）	于 静	31. 化学制药工艺学（第4版）*	赵临襄
5. 无机化学（第3版）*	王国清	32. 药剂学（第3版）	方 亮
6. 有机化学（第2版）	胡 春	33. 工业药剂学（第3版）*	潘卫三
7. 物理化学（第3版）	徐开俊	34. 生物药剂学（第4版）	程 刚
8. 生物化学（药学类专业通用） （第2版）*	余 蓉	35. 药物分析（第3版）	于治国
9. 分析化学（第3版）*	郭兴杰	36. 体内药物分析（第3版）	于治国
专业基础课和专业课		37. 医药市场营销学（第3版）	冯国忠
10. 人体解剖生理学（第2版）	郭青龙	38. 医药电子商务（第2版）	陈玉文
	李卫东	39. 国际医药贸易理论与实务 （第2版）	马爱霞
11. 微生物学（第3版）	周长林	40. GMP教程（第3版）*	梁 毅
12. 药理学细胞生物学（第2版）	徐 威	41. 药品经营质量管理——GSP实务 （第2版）*	梁 毅
13. 医药伦理学（第4版）	赵迎欢		陈玉文
14. 药理学概论（第4版）	吴春福	42. 生物化学（供生物制药、生物技术、 生物工程和海洋药学专业使用） （第3版）	吴梧桐
15. 药学信息检索与利用（第3版）	毕玉侠	43. 生物技术制药概论（第3版）	姚文兵
16. 药理学（第4版）	钱之玉	44. 生物工程（第3版）	王 昱
17. 药物毒理学（第3版）	向 明	45. 发酵工艺学（第3版）	夏焕章
	季 晖	46. 生物制药工艺学（第4版）*	吴梧桐
18. 临床药物治疗学（第2版）	李明亚	47. 生物药物分析（第2版）	张怡轩
19. 药事管理学（第5版）*	杨世民	48. 中医学概论（第2版）	郭 姣
20. 中国药事法理论与实务（第2版）	邵 蓉	49. 中药分析学（第2版）*	刘丽芳
21. 药用拉丁语（第2版）	孙启时	50. 中药鉴定学（第3版）	李 峰
22. 生药学（第3版）	李 萍	51. 中药炮制学（第2版）	张春风
23. 天然药物化学（第2版）*	孔令义	52. 药用植物学（第3版）	路金才
24. 有机化合物波谱解析（第4版）*	裴月湖	53. 中药生物技术（第2版）	刘吉华
25. 中医药学基础（第3版）	李 梅		

“*”示该教材有与其配套的网络增值服务。

前言

生物化学是一门重要的药学基础课，它与多门学科有着广泛的联系，近几年随着生命学科的迅速发展，生物化学中新的概念、内容和方法不断涌现，使得生物化学内容的深度和广度均在不断扩大，极大地丰富了生物化学的内涵。目前，生物化学教科书不断地出现多品种、多版本，国内的生物化学教材不下百种。国外的生物化学教材，也不断推陈出新，一般每隔3~5年就对旧的版本进行一次修订补充，反映生物化学领域研究的最新成果。为适应我国高等药学教育改革与发展的需要，遵循高等药学教育发展规律，努力培养符合我国卫生事业发展和引领行业发展的创新型药学人才，根据教育部对教育改革、教材更新提出的要求，我们组织编写了《生物化学》这本全国高等医药院校药学类规划教材，供药学类专业的本科生使用。编写本教材本着突出“三基”（基本理论、基础知识、基本技能）和“五性”（科学性、思想性、先进性、启发性、适用性）的原则，充分考虑学生的接受能力，并力求做到深入浅出，重点阐述了现代生物化学的基础理论、基本知识和基本技能，并尽可能反映生命科学与化学相结合的现代药学研究模式的特点，突出了生物化学的基础理论与现代生物技术的进展及其在现代药学研究中的地位与作用。此外还介绍了药学研究中的生物化学基础和生物药物及其最新进展。本书主要特点是密切结合医药类专业学生的学习和今后工作、升学需要，所设章节涵盖的知识面较全；既注重基本知识和基本理论的传授，又适当地穿插有知识链接等内容；每章除正文外，还包含有学习目标、知识链接、小结、Key Notes和思考题，便于学习和思考以及拓展相关知识。

根据分工，余蓉编写绪论、第一章；宋永波编写第二章、第十五章；冯涛、李炜玲共同编写第三章、第十一章；李荷编写第十三章、第十四章；李遂焰编写第四章、第八章；左爱仁、刘冰花共同编写第五章；于杰、李炜玲共同编写第六章；于杰编写第七章；刘冰花编写第九章；赵文锋编写第十章、第十六章；李炜玲编写第十二章。

书末附有生物化学专业名词中英文索引以及参考书。本书可供综合性大学、师范及其他院校医学、药学相关专业作为教材使用，也可供医药院校有关专业师生参考。

本书在编写过程中，得到了四川大学华西药学院杨继虞教授、彭先风副教授协助审稿，在此一并致谢！由于编者水平有限，虽经多次修改审校，仍存在不足之处，恳请使用本教材的广大师生与读者指正。

编者

2015年4月

目 录

绪 论 / 1

一、生物化学的概念与任务	1
二、生物化学发展简介	1
三、当代生物化学研究的主要内容	2
四、生物化学与药学科学	4

第一章 蛋白质的化学 / 6

第一节 蛋白质的重要性	6
一、蛋白质是构成生物体的基本成分	6
二、蛋白质具有多样性的生物学功能	7
第二节 蛋白质的化学组成	9
一、蛋白质的元素组成	10
二、蛋白质结构的基本单位——氨基酸	10
第三节 蛋白质的分子结构	15
一、蛋白质的一级结构	15
二、蛋白质的构象	25
三、蛋白质和多肽合成的基本原理	33
第四节 蛋白质的结构与功能	37
一、蛋白质一级结构与功能的关系	37
二、蛋白质的空间构象与功能的关系	40
三、蛋白质空间构象改变可引起疾病	42
第五节 蛋白质的性质	43
一、蛋白质的两性电离与等电点	43
二、蛋白质的变性	44
三、蛋白质的胶体性质	45

四、蛋白质的沉淀反应	46
五、蛋白质的分子量与免疫学性质	47
第六节 蛋白质的分离纯化与分析基本原理	50
一、蛋白质的分离与纯化	50
二、蛋白质的分析	57
 第二章 核酸化学 / 65	
第一节 核酸的化学组成	66
一、核苷酸的化学组成	67
二、基本组成单位——核苷酸	68
第二节 核酸的一级结构	71
一、DNA 的一级结构	71
二、RNA 的一级结构	73
第三节 DNA 的空间结构与功能	73
一、DNA 的二级结构——双螺旋结构	73
二、DNA 的三级结构	77
三、DNA 的功能	78
第四节 RNA 的空间结构与功能	79
一、信使 RNA 的结构与功能	80
二、转运 RNA 的结构与功能	82
三、核蛋白体 RNA 的结构与功能	84
四、其他小分子 RNA	85
第五节 核酸的理化性质	86
一、核酸的一般性质	86
二、核酸的紫外吸收	87
三、核酸的变性、复性和杂交	89
第六节 核酸的序列分析	91
一、化学裂解法	91
二、DNA 链末端终止自动法	91
三、其他 DNA 测序法	92

第三章 酶 / 96

第一节 酶的分子结构与组成	96
一、酶的化学本质和分类	96
二、酶的命名与分类	98
第二节 酶的结构与功能	99
一、酶的活性中心	99
二、酶的结构与功能的关系	100
第三节 酶促反应的特点与作用机制	100
一、酶促反应的特点	101
二、酶促反应的机制	102
第四节 酶促反应动力学	103
一、底物浓度对反应速度的影响	104
二、酶浓度对反应速度的影响	106
三、温度对反应速度的影响	107
四、pH 对反应速度的影响	107
五、抑制剂对反应速度的影响	108
第五节 酶活性的调节	112
一、酶活性调节	113
二、酶含量的调节	114
三、同工酶	115
第六节 维生素与酶的辅助因子	116
第七节 酶在医药学中的应用	118
一、酶和医学的关系	118
二、酶与药学的关系	119
三、核酶	122

第四章 糖类的化学 / 125

第一节 概述	125
一、糖的概念、分布及主要生物学作用	125
二、糖的分类	126

第二节 单糖与寡糖	126
一、单糖的结构、性质	126
二、寡糖的结构、性质	139
第三节 多糖	141
一、多糖的分类	141
二、重要多糖的化学结构与生理功能	142
三、多糖的分析与研究	153

第五章 脂类的化学 / 157

第一节 脂类的概念、分类及生理功能	157
一、脂类的概念	157
二、脂类的分类	157
三、脂类的生理功能	158
第二节 单纯脂类的化学	159
一、脂肪的化学结构	159
二、脂肪酸	159
第三节 复合脂的化学	164
一、磷脂	164
二、糖脂	167
三、固醇及其衍生物	169
第四节 生物膜	172
一、生物膜的成分	172
二、生物膜分子结构的基本特点	173
三、生物膜的主要功能	173
第五节 脂类与药物研究	174

第六章 激素及其作用机制 / 178

第一节 激素的定义、分类	178
--------------------	-----

第二节 主要激素的结构与功能	178
一、甲状腺的激素	178
二、肾上腺髓质的激素	180
三、脑垂体的激素	181
四、下丘脑的激素	184
五、胰岛的激素	185
六、肾上腺皮质激素	187
七、性腺的激素	188
八、前列腺素	189
第三节 激素机制与受体	190
一、受体	190
二、激素信号转导途径	191
 第七章 生物氧化 / 198	
第一节 生物氧化的方式及酶类	198
一、生物氧化的方式	198
二、参与生物氧化的酶类	199
三、生物氧化中 CO_2 的生成	199
第二节 线粒体氧化体系——呼吸链	200
一、呼吸链的组成成分	200
二、两条重要呼吸链的排列顺序	205
第三节 氧化磷酸化及能量的转换	205
一、氧化磷酸化偶联部位	206
二、氧化磷酸化偶联机制	207
三、影响氧化磷酸化的因素	210
四、高能磷酸化化合物的利用、转化和贮存	211
五、线粒体外 NADH 的氧化	213
第四节 非线粒体氧化体系	214
一、微粒体的加氧酶类	214
二、过氧化物酶体氧化体系	214
三、活性氧类产生和清除	215

第八章 糖代谢 / 218

第一节 概述	218
一、糖的消化	218
二、糖的吸收与转运	219
三、糖的中间代谢概况	219
第二节 糖的分解代谢	219
一、糖的无氧分解	219
二、糖的需氧分解	226
三、磷酸戊糖途径	234
四、糖的其他代谢途径	238
第三节 糖原的代谢	244
一、糖原的分解代谢	244
二、糖原的合成代谢	245
三、糖原代谢的调节	246
四、糖原累积症	249
第四节 糖代谢异常	249
一、血糖水平的调节	249
二、血糖水平异常	251

第九章 脂代谢 / 256

第一节 脂类在体内的消化和吸收	256
一、脂类的消化	256
二、脂类的吸收、运输	257
第二节 脂肪的代谢	257
一、脂肪的分解代谢	257
二、脂肪的合成代谢	265
第三节 类脂的代谢	273
一、甘油磷脂的代谢	273
二、胆固醇的代谢	276
第四节 脂类的体内储存与运输	280
一、脂类的体内储存和动员	280

二、血浆脂蛋白代谢	281
第五节 脂代谢的调节	285
一、激素的调节	285
二、代谢物的调节	286
三、脂代谢紊乱	287
 第十章 氨基酸与核苷酸代谢 / 291	
第一节 氨基酸代谢	291
一、氨基酸代谢概况	291
二、氨基酸的分解代谢	292
三、氨基酸的合成代谢	306
四、氨基酸代谢缺陷症	307
五、氨基酸代谢与生物活性物质	308
第二节 核苷酸代谢	309
一、核苷酸代谢概况	310
二、核苷酸的分解代谢	311
三、核苷酸的生物合成	313
四、核苷酸代谢相关药物	318
 第十一章 代谢与代谢总论 / 325	
第一节 物质代谢的概念	325
一、新陈代谢定义	325
二、合成代谢和分解代谢	325
第二节 物质代谢的特点	326
一、物质代谢具有整体性的特点	326
二、物质代谢通过调节实现平衡	326
三、各组织、器官物质代谢具有各自特色	326
四、各代谢物之间是相互联系的	327
五、各能量代谢的产物都是 ATP	327
第三节 物质代谢途径之间的相互联系	327
一、糖、脂和蛋白质代谢之间的相互联系	328
二、能量代谢是各物质代谢的相互联系方式之一	330

第四节 组织器官的代谢特点及联系	331
一、肝脏	331
二、心脏	335
三、脑组织	335
四、肌肉	335
五、肾脏	335
六、血液	336
七、脂肪组织	336
第五节 代谢调节	336
一、细胞水平的代谢调节	336
二、激素水平的代谢调节	339
三、神经系统及神经-体液系统的代谢调节	339
第六节 代谢抑制剂和抗代谢物与药物	340
一、代谢抑制剂	340
二、抗代谢物	342
三、代谢抑制剂和抗代谢物与药物研发	345

第十二章 DNA 的生物合成与修复 / 348

第一节 DNA 的生物合成	348
一、DNA 半保留复制	348
二、参与 DNA 复制的酶与蛋白质	351
三、DNA 生物合成过程	355
四、逆转录过程	363
五、影响 DNA 复制的药物	364
第二节 DNA 损伤和修复	365
一、DNA 的损伤	366
二、DNA 损伤的修复	367

第十三章 RNA 的生物合成 / 375

第一节 RNA 的生物合成	375
一、转录体系	375
二、转录过程	380

三、RNA 转录后加工	386
四、RNA 的复制	391
第二节 基因转录的调控	391
一、原核细胞转录水平的调节——操纵子学说	392
二、真核生物转录水平调控	394
三、RNA 聚合酶与起始复合物相互作用	397

第十四章 蛋白质的生物合成 / 400

第一节 蛋白质生物合成体系	401
一、蛋白质生物合成的模板-mRNA	401
二、运载工具 tRNA	404
三、多肽链合成场所-核蛋白体	405
四、蛋白质生物合成需要的酶类和蛋白质因子	406
第二节 蛋白质生物合成过程	408
一、氨基酸的活化	408
二、真核生物起始氨基酰-tRNA 是 Met-tRNA ^{iMet}	409
三、原核生物蛋白质合成过程	410
四、真核生物肽链合成过程	414
第三节 肽链合成后加工和靶向输送	415
一、一级结构的修饰	415
二、高级结构修饰	418
三、蛋白质合成靶向输送	419
第四节 蛋白质生物合成的干扰与抑制	420
一、某些抗生素的作用机制	421
二、某些毒素的作用机制	422
三、干扰素的作用	423

第十五章 药物研究的生物化学基础 / 427

第一节 生物药物制造的生物化学基础	427
一、生物药物制备方法的特点	427
二、生物药物制备的主要生物化学方法	427
三、生物合成技术	429