

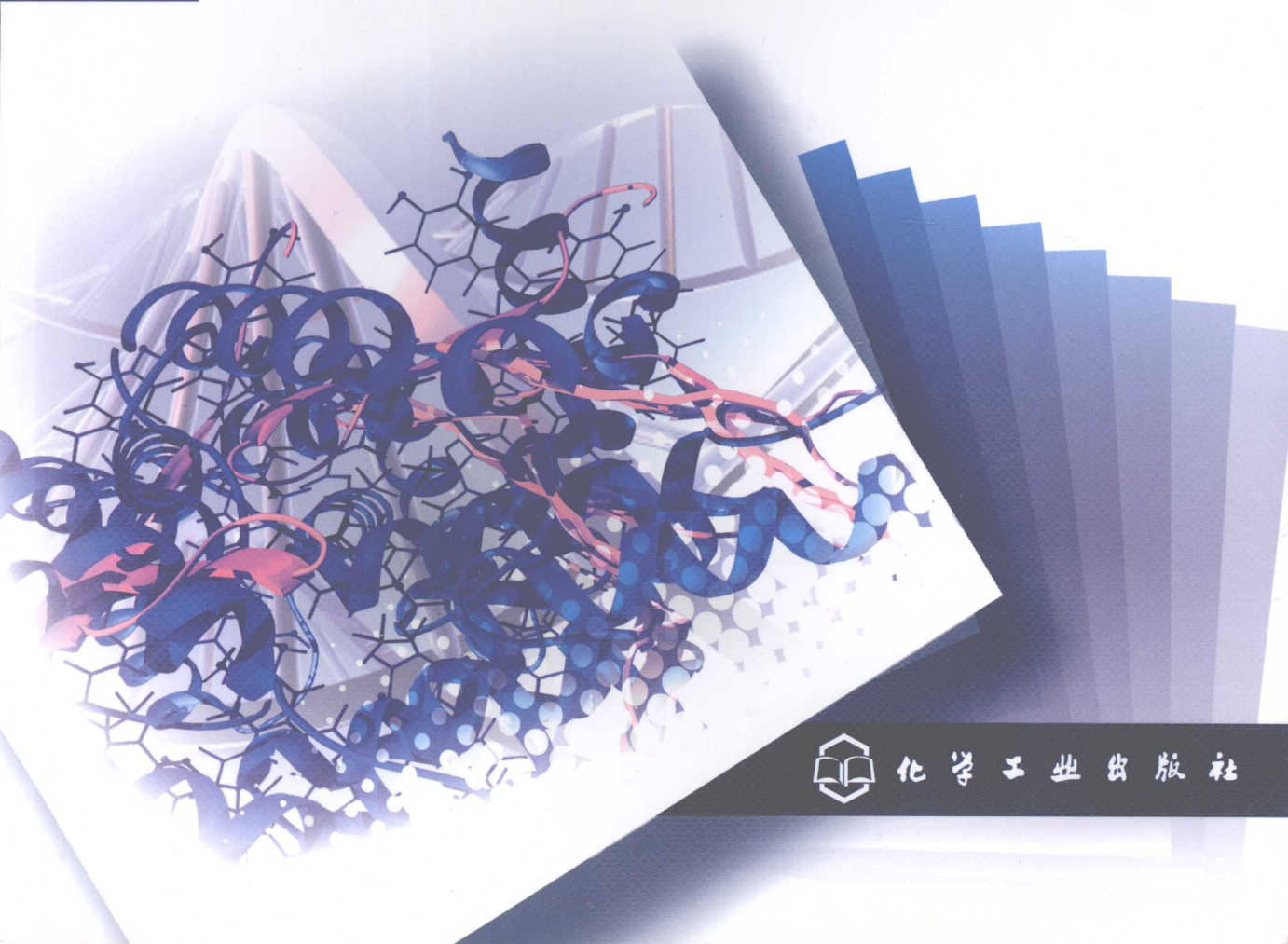
SHENGWU HUAXUE



高职高专“十一五”规划教材

生物化学

李玉白 主编



化学工业出版社

高职高专化学类教材

医用化学

高 欢

医用化学实验

高 欢

动物医用化学

李 蓉 朱丽霞

药物化学

李玉杰 邢晓玲

药物化学

金学平

药物化学实验与实训

金学平 武莹浣

医药化学基础

李明梅

有机与生物化学

宋金耀 郝涤非

食品生物化学

潘 宁 杜克生

■ 生物化学

李玉白

烹饪化学

张胜来 谷 绒

环境化学

袁加成

染整应用化学

李淑华 顾晓梅

涂料化学

周 强 金祝年

建筑材料化学

卢经扬



化学工业出版社

教学资源网
www.cipedu.com.cn

专业教学服务支持平台

ISBN 978-7-122-05617-7



9 787122 056177 >

定 价：25.00元

高职高专“十一五”规划教材

(供生物技术、临床、护理、医学影像技术、口腔工艺技术、药学、检验等专业用)

生物化学

李玉白 主 编

高 岭 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据职业技术教育特点编写。全书共分 12 章, 内容包括: 蛋白质的结构与功能, 核酸的结构与功能, 酶, 糖代谢, 脂类代谢, 生物氧化, 氨基酸代谢, 核苷酸代谢以及物质代谢的联系与调节, 肝胆化学, 维生素微量元素, 水与无机盐, 临床生化检验基础知识和生物化学实验。全书内容简要, 基础知识够用实用, 重点突出, 特色鲜明。每章后附阅读材料, 为紧密联系相关内容的最新研究进展, 联系临床实例, 同时附适量习题。

本书为高等职业教育、医学高等专科学校各专业学生的生物化学教材, 各院校可根据具体情况选择内容讲授。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/李玉白主编. —北京: 化学工业出版社,
2009. 8
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-05617-7

I. 生… II. 李… III. 生物化学-高等学校: 技术
学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 105883 号

责任编辑: 旷英姿 郎红旗
责任校对: 周梦华

文字编辑: 刘志茹
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 340 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

高职高专“十一五”规划教材

(供生物技术、临床、护理、医学影像技术、口腔工艺技术、药学、检验等专业用)

生 物 化 学

主 编 李玉白

副主编 高 岭

编 者 (以姓名笔画为序)

王 宇 辽宁科技学院

李玉白 湖南环境生物职业技术学院

陈 晗 荆楚理工学院

陈加红 杭州万向职业技术学院

陈武哲 永州职业技术学院

徐雄波 湖南环境生物职业技术学院

高 岭 日照职业技术学院

前 言

本教材按照全面推进素质教育和 21 世纪职业教育课程改革的总体要求，根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》，以“需用为准、够用为度、实用为先”为原则编写。重点围绕以就业为导向，以岗位需求为标准，培养技能型高素质劳动者的人才培养目标，体现以能力为本位，以发展技能为核心的职教理念。供高等职业技术学院、中等职业技术学校、高等医学成人教育学院等各专业学生使用。

本教材共 12 章，并附有 10 个实验。在编写中力求做到内容精练、通俗易懂，便于教与学。与其他生物化学教材比较，本教材根据新形势下职业教育培养目标降低了理论难度，补充临床生化基础知识，增加实用的实验指导内容，适当联系与临床或现代生物技术有密切联系的成熟的有关生化的新进展，努力培养学生的创新思维和实践能力。每章后附有具有特色的相关阅读材料。

为了适应不同专业的教学需要，对教学内容尽量重视理论与实践相结合，突出实用性。各院校可根据具体情况选择使用教学内容。

本教材由李玉白主编、高岭副主编。全书编写分工如下：陈武哲编写第一章，高岭编写第二、第三章，王宇编写第四、第八章，徐雄波编写第五、第七章，陈晗编写第六、第九章，陈加红编写第十、第十一章，李玉白编写第十二章，生物化学实验由全体人员参与编写。全书由李玉白统稿。本教材编写中，全体编者都付出了艰辛的劳动，在此深表谢意。

由于学识水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请同行专家和使用本教材的师生批评指正。

编 者
2009 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1		
一、生物化学的任务	1	四、生物化学与医学的关系	3
二、生物化学的主要内容	1	五、生物化学的应用和发展前景	3
三、生物化学的发展	2		
第二章 蛋白质化学	5		
第一节 蛋白质的分子组成	5	第四节 蛋白质的分类	18
一、蛋白质的组成元素	5	一、按组成分类	18
二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸	5	二、按形状分类	19
三、肽键连接氨基酸——肽	9	第五节 蛋白质的理化性质	19
第二节 蛋白质的分子结构	11	一、蛋白质的两性解离	19
一、蛋白质的一级结构	11	二、蛋白质的高分子性质	20
二、蛋白质的二级结构	12	三、蛋白质的沉淀	20
三、蛋白质的三级结构	14	四、蛋白质的变性	21
四、蛋白质的四级结构	15	五、蛋白质的吸收光谱及呈色反应	21
第三节 蛋白质结构与功能的关系	16	本章小结	22
一、一级结构决定蛋白质的构象	16	阅读材料 天然存在的活性肽	25
二、构象决定蛋白质的功能	17	习题	26
第三章 酶	27		
第一节 酶的催化作用特点	27	六、抑制剂的影响	37
一、酶易失活	27	第四节 酶的命名与分类	38
二、酶具有极高的催化效率	27	一、酶的命名	38
三、酶具有高度的专一性	28	二、酶的分类	39
四、酶活性受调节和控制	29	第五节 酶与医学的关系	40
第二节 酶的结构与功能	29	一、酶与疾病的关系	40
一、酶的化学组成	29	二、检测酶辅助诊断	40
二、酶的分子构成	30	三、酶制品治疗疾病	41
三、酶的活性中心	31	四、酶活性的测定	42
四、酶原与酶原的激活	32	第六节 酶的应用	43
五、同工酶	33	一、酶工程简介	43
第三节 影响酶促反应速率的因素	34	二、酶法分析的应用	45
一、底物浓度的影响	34	三、酶制剂的应用	45
二、酶浓度的影响	35	四、酶的分离与纯化	46
三、pH 值的影响	36	本章小结	48
四、温度的影响	36	阅读材料 遗传病性酶缺陷病	49
五、激活剂的影响	36	习题	51

第四章 生物氧化	52		
第一节 生物氧化概述	52	第四节 ATP 的代谢	57
一、生物氧化的概念	52	一、ATP 的结构	57
二、生物氧化的特点	52	二、ATP 的作用	58
三、生物氧化反应的类型	53	三、ATP 的生成	58
第二节 生物氧化中 CO_2 的生成	53	第五节 非线粒体氧化体系和生物转化	59
一、体内生成 CO_2 的特点	54	一、微粒体氧化体系	59
二、有机酸的脱羧方式	54	二、过氧化物酶体氧化体系	59
第三节 生物氧化中 H_2O 的生成	55	本章小结	60
一、呼吸链	55	阅读材料 SOD 水果概述	61
二、水的生成过程	57	习题	61
第五章 糖代谢	62		
第一节 概述	62	一、糖异生的基本过程	75
一、糖的消化吸收	62	二、甘油和乳酸的糖异生途径	76
二、糖的生理功能	63	三、糖异生的生理意义	76
第二节 葡萄糖分解代谢	63	第五节 血糖	77
一、糖的无氧酵解	63	一、血糖的来源和去路	77
二、糖的有氧氧化	67	二、血糖浓度的调节	77
三、磷酸戊糖途径	71	三、糖耐量及耐糖曲线	77
第三节 糖原的代谢	73	四、高血糖与低血糖	78
一、糖原合成	73	本章小结	79
二、糖原分解	74	阅读材料 饥饿时机体的整体调节	80
第四节 糖异生	75	习题	81
第六章 脂类代谢	83		
第一节 概述	83	一、磷脂的基本结构与分类	96
一、脂类的分布	83	二、甘油磷脂的代谢	97
二、脂类的化学	83	第五节 胆固醇代谢	100
三、脂类的消化吸收	84	一、胆固醇的合成部位和原料	100
四、体内脂类的功用	85	二、胆固醇的合成过程	101
第二节 三脂酰甘油的分解代谢	86	三、胆固醇合成代谢的调节	101
一、三脂酰甘油的动员	86	四、胆固醇的酯化、转变与排泄	102
二、甘油的氧化分解	86	第六节 血脂及血浆脂蛋白	103
三、脂肪酸的氧化分解	87	一、血脂	103
四、酮体的生成和利用	90	二、血浆脂蛋白	104
第三节 三脂酰甘油的合成代谢	92	三、高脂血症与高脂蛋白血症	107
一、 α -磷酸甘油的合成	92	本章小结	107
二、脂肪酸的合成	93	阅读材料 胆固醇代谢与动脉粥样硬化	108
三、三酰甘油的合成	96	习题	109
第四节 磷脂的代谢	96		
第七章 氨基酸代谢	110		
第一节 概述	110	一、蛋白质的营养作用	110

二、蛋白质的消化、吸收与腐败作用	111	一、氨基酸的脱羧成胺	120
第二节 氨基酸的一般代谢	112	二、一碳单位代谢	121
一、氨基酸脱氨基作用	112	三、含硫氨基酸的代谢	123
二、氨的代谢	115	四、苯丙氨酸和酪氨酸的代谢	125
三、 α -酮酸的代谢	119	本章小结	126
四、氨基酸、糖、脂肪之间的联系	119	阅读材料 氨基酸代谢紊乱	127
第三节 个别氨基酸的代谢	120	习题	128
第八章 核苷酸代谢	129		
第一节 核酸的消化与吸收	129	第三节 核苷酸的分解代谢	135
一、核酸的消化	129	一、核苷酸的降解	135
二、核酸消化后的吸收作用	130	二、嘌呤碱的分解代谢	135
第二节 核苷酸的合成代谢	130	三、嘧啶碱的分解代谢	136
一、嘌呤核苷酸的合成	130	本章小结	137
二、嘧啶核苷酸的合成	132	阅读材料 一起来认识痛风症	137
三、脱氧核苷酸的合成	133	习题	138
四、核苷酸合成的抑制剂	133		
第九章 肝胆化学	140		
第一节 胆汁酸的代谢	141	第三节 胆色素代谢	148
一、胆汁	141	一、血红素的化学	148
二、胆汁酸的代谢	141	二、胆红素与黄疸	153
三、胆汁酸的生理作用	144	本章小结	154
第二节 非营养物质的代谢	144	阅读材料 乙醇在肝内的代谢及	
一、生物转化的反应类型	144	乙醇性肝损伤	155
二、生物转化作用的特点	147	习题	156
三、影响生物转化作用的因素	148		
第十章 维生素	157		
第一节 维生素概况	157	三、泛酸（遍多酸）	161
一、维生素的概念	157	四、维生素 PP（烟酸和烟酰胺）	162
二、维生素的命名与分类	157	五、维生素 B ₆ （吡哆醛）	163
三、维生素缺乏的主要原因	158	六、生物素	163
第二节 脂溶性维生素	158	七、叶酸	164
一、维生素 A（视黄醇）	158	八、维生素 B ₁₂ （氰钴胺素）	164
二、维生素 D（钙化醇）	159	九、维生素 C（抗坏血酸）	165
三、维生素 E（生育酚）	159	十、硫辛酸	166
四、维生素 K（凝血维生素）	159	本章小结	167
五、鱼肝油与深海鱼油	160	阅读材料 维生素在食品储存和加工	
第三节 水溶性维生素	160	过程中的变化	167
一、维生素 B ₁ （硫胺素）	160	习题	168
二、维生素 B ₂ （核黄素）	161		
第十一章 水、无机盐代谢	170		
第一节 体液	170	一、体液的含量与分布	170

二、体液中电解质含量及特点	171	二、钠、氯、钾、镁的代谢	174
三、体液的交换	171	三、钙磷代谢	175
第二节 水代谢	172	第四节 微量元素	178
一、水的功用	172	一、铁	178
二、水的来源与去路	172	二、体内微量元素的代谢概况	178
三、婴幼儿水代谢的特点	173	本章小结	180
四、激素的调节	173	阅读材料 水肿	181
第三节 无机盐代谢	173	习题	183
一、无机盐功用	173		
第十二章 临床生物化学检验基础	185		
第一节 标本的采集	185	第三节 血液生化检验常用项目及意义	187
一、血液标本的采集	185	一、常用的血清酶学检验	187
二、尿液标本的采集	185	二、肝功能检验	188
三、特殊标本的采集	185	三、肾功能检验	189
第二节 标本的处理	186	本章小结	189
一、抗凝剂	186	阅读材料 病例分析	190
二、防腐剂	186	习题	192
三、标本的分离储存和转运	187		
生物化学实验	193		
第一部分 实验室规则与安全	193	实验三 淀粉酶活力的测定	200
一、生化实验课的目的	193	实验四 血清丙氨酸氨基转移酶 (ALT)	
二、实验报告书写要求	193	活性测定	202
三、实验室规则	193	实验五 比色法分析和 721 分光光度计	
第二部分 生化实验基本操作技能	193	的使用	203
一、玻璃仪器的洗涤	193	实验六 邻甲苯胺法测定血糖	206
二、吸量管的使用和选择	194	试验七 邻苯二甲醛法测定血清中	
三、混匀法	194	总胆固醇	207
四、离心机使用方法	194	实验八 二乙酰-脲法测定血清中	
五、分光光度计的应用	194	尿素氮	209
第三部分 实验项目	195	实验九 胡萝卜素的柱色谱分离法	210
实验一 血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	195	实验十 邻甲酚酞络合酮法测定	
实验二 蛋白质的定量分析实验	197	血清钙	211
参考文献	213		

第一章 绪 论

【主要学习目标】

掌握生物化学的定义、内容和任务；了解生物化学的发展简史；熟悉生物化学与其他学科的关系；熟悉其发展应用前景。

生物化学是研究生物体内化学分子与化学反应的科学，从分子水平上探讨生命现象的本质。生物化学主要研究生物体分子结构与功能，物质代谢与调节，以及遗传信息传递的分子基础与调控规律。生物化学的研究主要采用化学的方法与原理，但同时也融入了生物物理学、生理学、细胞生物学、遗传学和免疫学等的理论和技术，使之与众多学科有着广泛的联系与交叉。

一、生物化学的任务

构成生物体最基本的结构单位是细胞。因此，生物化学的任务是从分子水平上来阐述和解释活细胞内和细胞之间的一系列化学反应及其与生命活动的关系，同时将生物化学的理论和规律应用于为人类的身体健康服务，这是每个生物化学工作者肩负的义不容辞的职责。

在生物化学研究过程中，首先应从活细胞中分离、纯化出成千上万种化学分子，从而确定它们的结构与性质，了解它们在体内进行的化学反应以及作用机理等内容，因此是非常艰巨的任务。其次是揭示自然界生命起源的奥秘，此方面的研究更加复杂、艰巨，目前仍然未取得什么进展。

二、生物化学的主要内容

生物化学包含的内容相当广泛。当代生物化学内容归纳为以下三个方面。

1. 生物大分子的结构与功能

所谓生物大分子是指相对分子质量大而结构复杂的分子，是由某些结构单位按一定顺序和方式连接而成的多聚体，相对分子质量一般在一万以上。例如，由核苷酸作为基本组成单位，通过磷酸二酯键形成多聚核苷酸链，即为核酸；氨基酸作为基本单位，通过肽键而形成多肽链，即为蛋白质；淀粉也是由一定的基本单位聚合而成的。一般来说，生物大分子的重要特征是具有信息功能，因此也被称为生物信息分子。

在研究生物大分子过程中，首先要确定其基本结构也就是一级结构，其次更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。例如蛋白质，结构是功能的基础，而功能是结构的表现。同时生物分子的功能还通过分子间的相互识别及相互作用而完成。例如，蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核酸相互联系，在基因表达的调节中起着决定性作用。综上所述，分子结构、分子识别和分子的相互联系是执行生物信息分子功能的基本条件。

2. 物质代谢及调控

物质代谢是指体内物质按一定规律进行的化学反应。正常的物质代谢是生命过程的必备条件，如果物质代谢发生紊乱则可引起疾病的发生，甚至危及生命。物质代谢中绝大部分化学反应是由酶催化而完成的，酶结构及量的变化对物质代谢的调节起着十分重要的作用。此

外，细胞信息传递参与多种物质代谢及其相关的生长、增殖、分化等生命过程各环节的调节。

3. 生命信息传递

生命信息传递涉及遗传、变异、生长、分化等多方面生命过程，也与遗传疾病、心血管病、恶性肿瘤等多种疾病发病机制有关。故生命信息传递的研究在生命科学中的地位显得越来越重要。现已确定，DNA 是遗传信息的载体，也是遗传的主要物质基础，信息单位就是 DNA 分子的功能片段。目前，信息分子生物学除进一步研究 DNA 的结构与功能外，还要研究 DNA 的复制、RNA 的转录及蛋白质的生物合成等生命信息传递过程的机制及信息表达的调控规律。

三、生物化学的发展

生物化学的起始研究可追溯到 18 世纪，而在 20 世纪初叶作为一门独立的学科得到蓬勃发展，近 50 年来又有许多重大的进展和突破，可谓是一门既古老又年轻的学科。

我国劳动人民远在古代，就已在生产或医疗和营养等方面的实践中积累了许多有关生物化学的经验，而且有很多发明创造，对生物化学的发展做出了许多贡献。在 4000 多年前的夏禹时代就已经发明用粮食酿酒，酿酒用的酒母称为曲，即含有大量现在所称的酶。商周时期即公元前 12 世纪已经知道制造酱、醋和饴的技术。酒、酱、醋、饴都属于发酵酿造业，是利用生物体内的酶所催化的化学反应产物。

20 世纪 50 年代以来，生物化学有了突飞猛进的发展。生物科学的研究已经从过去的整体、组织器官等宏观水平进入现在的亚细胞和分子水平等微观水平，即所谓的分子生物学。许多生命现象的本质可以在分子水平得到阐明，成为人类改造自然和征服自然的有力武器之一。分子生物学通过对蛋白质、酶和核酸等生物大分子的结构和运动规律的研究来探讨生命现象的本质，同时物质代谢途径的研究继续发展，且重点进入代谢调节与合成代谢的研究。例如 20 世纪 50 年代后期揭示了蛋白质生物合成途径，确定了由合成代谢与分解代谢网络组成的“中间代谢”概念。这一阶段，细胞内两类重要的生物大分子——蛋白质与核酸，成为研究的焦点。例如 50 年代初期发现了蛋白质的 α -螺旋的二级结构形式；完成了胰岛素的氨基酸全序列分析等。更具有里程碑意义的是 J. D. Watson 和 F. H. Crick 于 1953 年提出 DNA 双螺旋结构模型，为揭示遗传信息传递规律奠定了基础，是生物化学发展进入分子生物学时期的重要标志。此后，对 DNA 的复制机制、DNA 转录过程以及各种 RNA 在蛋白质合成过程中的作用进行了深入研究；提出了遗传信息传递的中心法则，破译了 RNA 分子中的遗传密码等。这些成果深化了人们对核酸与蛋白质的关系及其在生命活动中作用的认识。20 世纪 70 年代，重组 DNA 技术的建立不仅促进了对基因表达调控机制的研究，而且使人们主动改造生物体成为可能。由此相继获得了许多基因工程产品，大大推动了医药工业和农业的发展。转基因动植物和基因剔除动物模型的成功建立是重组 DNA 技术发展的结果。基因诊断与基因治疗也是重组 DNA 技术在医学领域中应用的重要方面。20 世纪 80 年代，核酶的发现是人们对生物催化剂认识的补充。聚合酶链式反应（PCR）技术的发明，使人们有可能在体外高效率扩增 DNA。这些成果是分子生物学发展史上的重大事件。

20 世纪末开始的人类基因组计划是人类生命科学中的又一伟大创举。人类基因组计划是描述人类基因组和其他模式生物基因组特征，包括基因组图谱绘制和测序、发展基因组学技术等的国际性研究项目。人类基因组计划于 20 世纪 80 年代中期提出，1990 年正式启动。通过测序技术的不断发展和计算机手段的完善，在实验模式生物（如酵母和线虫）测

序的工作基础上,大规模的人类基因组序列于1993年3月开始。人类基因组计划采用了先产生“工作草图”的策略,即获取能覆盖全基因组的有用数据,然后再补充很多未知序列的间隙和经验不确切序列,终于在2001年2月由人类基因组计划和 Cerela 共同公布了人类基因组草图,这个无疑是人类生命科学历史上的一个重大里程碑。它揭示了人类遗传学图谱的基本特点,将为人类的健康和疾病的研究带来根本性的变革。

我国对生物化学的发展作出了重要贡献。1965年,我国首先利用人工法合成了具有生物活性的胰岛素。1981年,又成功地合成了酵母丙氨酸-tRNA。近年来,我国的基因工程、蛋白质工程、人类基因组计划及新基因的克隆和功能研究等方面获得重大成果,正朝着国际先进水平迈进。

四、生物化学与医学的关系

生物化学是一门医学的必修课程,讲述正常人体的生物化学以及疾病过程中的生物化学相关问题,与医学有着紧密的联系。生物化学又是生命科学中进展迅速的基础学科,它的理论和技术已经渗透到基础医学和临床医学的各个领域,使之产生了许多新兴的交叉学科,如分子遗传学、分子免疫学、分子微生物学、分子病理学和分子药理学等。从分子水平上阐述疾病的发病机制、药物作用的原理及其在体内的代谢过程等,都应该以生物化学的知识为基础。生物化学还为人提供认识健康及维持健康的基本知识,提供了解疾病及有效治疗疾病的理论基础知识,即医务工作者接触生物化学知识的两个重要的方面。例如生物化学阐明各种维生素在物质代谢及生命活动中的作用,这就为预防维生素缺乏症,维持人体健康或者治疗有关疾病提供了重要的基本知识。生物化学的研究成果从分子水平上阐明了健康与疾病规律诸多方面的基本问题;同时健康与疾病两个方面的研究又为生物化学提供了广阔的前景。例如异常血红蛋白的研究为血红蛋白结构与功能关系的研究开辟了广阔的前景,而且数百种异常血红蛋白研究所积累的资料又成为从各方面说明血红蛋白结构与功能关系的理论知识。因此,生物化学与医学之间是相互促进、共同发展的。

五、生物化学的应用和发展前景

生物化学在生产和生活中的作用主要体现在以下三方面。

首先是生化知识的应用。随着对生命活动分子机制的逐步了解,人们对各种生理和疾病过程的认识不断深化,并将这些知识应用于医疗保健和工农业生产中。在医学上,人们根据疾病的发展机制以及病原体与人体在代谢上和调控上的差异,设计或筛选出各种高效低毒的药物;按照生长发育的不同需要,配制合理的饮食。在工业生产尤其是发酵工业上,人们根据某种产物的代谢规律,通过控制反应条件,突破其限制步骤的调控,以大量生产所需要的生物产品。利用发酵法成功地生产出维生素C和许多氨基酸就是出色的例证。在农业上,对养殖动物和种植农作物代谢过程的深刻认识,成为制定合理的饲养和栽培措施的依据。人们根据农作物与病虫害和杂草在代谢和调控上的差异,设计各种农药和除草剂。此外,农产品、畜产品、水产品的储藏、保鲜、加工业等已广泛地利用了有关的生化知识。

其次是生化技术的应用。生化分析已经成为现代工业生产和医药实践中常规的检测手段。在工业生产上,利用生化分析检验产品质量,监测生产过程,指导工艺流程的改造。在农业上,利用生化分析进行品种鉴定,促进良种选育。在医学上,生化分析用于帮助临床诊断,跟踪和指导治疗过程,同时还为探讨疾病产生机制和药物作用机制提供了重要的线索。生化分离纯化技术和生物合成技术不仅极大地推动了近代生物化学,特别是分子生物学和生物工程的发展,而且必将给许多传统的生产领域带来一场深刻的变革。

再次是生化产品的广泛应用。这一方面最突出的当首推酶制剂的应用。例如，蛋白酶制剂被用作助消化和溶血栓的药物，还用于皮革脱毛和洗涤剂的添加剂；淀粉酶和葡萄糖异构酶用于生产高果糖浆；纤维素酶用作饲料添加剂；某些固定化酶被用来治疗相应的酶缺陷疾病；一些酶制剂已在工农业产品的加工和改造、工艺流程的革新和“三废”治理中得到应用。各种疫苗、血液制品、激素、维生素、氨基酸、核苷酸、抗生素和抗代谢药物等，已经广泛应用于医疗实践。此外，许多食品添加剂、营养补剂和某些饲料添加剂也是生化制品。

植物的抗寒性、抗旱性、抗盐性以及抗病性的研究离不开生物化学，豆科植物的共生固氮作用也是生物化学的一个重要课题，同时生物化学的理论还可以作为病虫害防治和植物保护的理论基础，用于研究植物被病原微生物侵染以后的代谢变化，了解植物抗病性机制、病菌及害虫的生物化学特征、化学药剂（如杀菌剂、杀虫剂和除草剂）的毒性机制，以提高植物对环境的适应能力，增强植物生产力，使植物资源更好地为人类服务。

目前应用生物工程技术手段已经大规模地生产出动植物体内含量少而为人类所需的蛋白质，如干扰素、生长素、胰岛素、肝炎疫苗等珍贵药物，展示出广阔的应用前景，对人类的生产和生活产生了巨大而深远的影响，是 21 世纪新兴技术产业之一。

因此，作为新世纪的科技工作者，学习生物化学的基础理论和基本技能，密切关注生物化学发展的前沿知识和发展动态是十分必要的。

第二章 蛋白质化学

【主要学习目标】

了解氨基酸的分类、结构和两性性质；掌握肽键、蛋白质一级结构的概念；了解蛋白质的空间结构及维持力量。

蛋白质广泛存在于生物界，是一类最重要的生物大分子。生物体的生长、发育、繁殖、代谢、运动、免疫、物质的运输等生命活动都离不开蛋白质。可以说蛋白质是一切生命活动的基础，没有蛋白质就没用生命。蛋白质种类繁多，结构复杂，但它们都是由大约 20 种氨基酸按照一定的顺序通过肽键缩合而成的，具有较稳定的构象，并具有一定生物功能的生物大分子。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的组成元素

构成蛋白质的基本元素主要有碳、氢、氧、氮和硫。有些蛋白质还含有微量的磷、铁、锌、铜、钼、碘等元素。其中氮的含量在各种蛋白质中都比较接近，平均为 16%。因此，一般可由测定生物样品中的氮，粗略地计算出其中蛋白质的含量（1g 氮相当于 6.25g 蛋白质）。

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

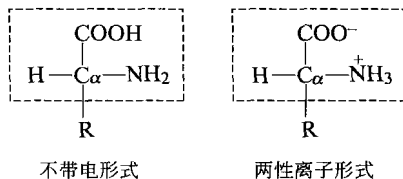
蛋白质相对分子质量大，结构复杂，但如果用酸或蛋白酶处理使其彻底水解，最后可以得到各种氨基酸。实验证明氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

从各种生物体中发现的氨基酸已有 180 多种，但是参与蛋白质组成的常见氨基酸或称基本氨基酸只有 20 种。此外，某些蛋白质中还存在若干种不常见的氨基酸，它们都是在已合成的肽链上由常见的氨基酸经专一酶催化的化学修饰转化而来。180 多种天然氨基酸中，大多数不参与蛋白质的组成，这些氨基酸被称为非蛋白质氨基酸。参与蛋白质组成的 20 种氨基酸被称为蛋白质氨基酸。

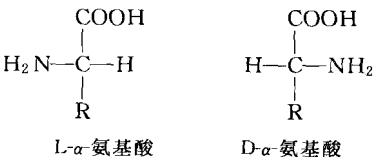
1. 氨基酸的结构特点

20 种基本氨基酸中，除脯氨酸外，均为 α -氨基酸，即羧酸分子中 α -碳原子上的一个氢原子被氨基取代的化合物。

α -氨基酸的结构可用下式来表示。式中 R 基为 α -氨基酸的侧链，方框内的基团为各种氨基酸的共同结构。



不同的 α -氨基酸，其 R 基侧链不同，它对蛋白质的空间结构和理化性质有重大的影响。除了 R 基为 H 的甘氨酸外，其他氨基酸的 α -碳原子都是手性碳原子，因此，第一，除甘氨酸以外的所有氨基酸都有旋光性；第二，除甘氨酸以外的所有氨基酸都可以形成两种不同的构型：D-型和 L-型。书写时将羧基写在 α -碳原子上端，则氨基在左边的为 L-型，氨基在右边的为 D-型。



构型和旋光性之间没有直接对应关系。各种 L-型氨基酸中有的为左旋，有的为右旋，即使同一种氨基酸，在不同的溶液中测定时，其旋光值和旋光方向也会不同。

从蛋白质中水解得到的 α -氨基酸（除甘氨酸外）都是 L-型。所以习惯上书写氨基酸都不标明构型和旋光方向。

2. 氨基酸的分类

各种氨基酸的区别就在于侧链 R 基的不同。组成蛋白质的 20 种基本氨基酸可以按照 R 基的化学结构或极性大小进行分类。

按照 R 基的化学结构，可以将 20 种基本氨基酸分为脂肪族、芳香族和杂环族 3 类。

按照 R 基的极性性质，可以将 20 种基本氨基酸分为非极性氨基酸和极性氨基酸两大类（指在细胞内的 pH 值范围，即 $\text{pH} \approx 7$ 时的解离状态）。极性氨基酸又分为不带电的极性 R 基氨基酸、带正电荷的 R 基氨基酸和带负电荷的 R 基氨基酸。

氨基酸的分类见表 2-1。

3. 氨基酸的重要理化性质

(1) 一般物理性质

氨基酸为无色晶体，熔点极高，一般在 200°C 以上。其味随不同的氨基酸有所不同，有的无味，有的味甜，有的味苦，谷氨酸的单钠盐有鲜味，是味精的主要成分。

各种氨基酸在水中的溶解度差别很大，并能溶解于稀酸或稀碱中，但不能溶于有机溶剂。通常酒精能将氨基酸从其溶液中沉淀析出。

(2) 两性解离和等电点

同一个氨基酸分子上既有氨基又有羧基，氨基可以接受质子呈碱性，而羧基可以给出质子呈酸性，所以，氨基酸既有酸性又有碱性，这一性质称为氨基酸的两性性质。氨基酸在晶体或水溶液中主要以兼性离子亦称两性离子的状态存在。

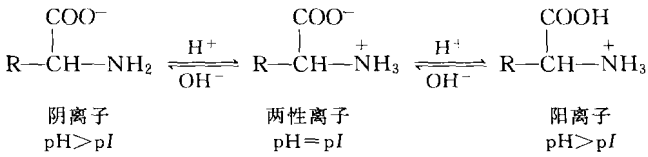


表 2-1 氨基酸的分类

极性状况	带电荷状况	氨基酸名称	缩写符号 三字母	单字符号	化学结构式
极性氨基酸	不带电荷	丝氨酸	Ser	S	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
		苏氨酸	Thr	T	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$