

卫生部
规划教材

全国成人

高等医学学历(专科)
教育教材

供临床、预防、护理、药学专业用

生物化学

卫生部教材办公室组织编写
查锡良 主编



人民卫生出版社

49

05-43

王 23

全国成人高等医学学历（专科）教育教材

供临床、预防、护理、药学专业用

生 物 化 学

卫生部教材办公室组织编写

查 锡 良 主 编

编 者（以姓氏笔画为序）

吴兴中（上海医科大学）

李金生（江西医学院）

赵君庸（西安医科大学）

查锡良（上海医科大学）

桂兴芬（河南职工医学院）

章有章（上海第二医科大学）

崔秀云（大连医科大学）

曾昭淳（重庆医科大学）

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/ 查锡良主编. —北京: 人民卫生出版社,
2000

ISBN 7-117-03947-7

I. 生… II. 查… III. 生物化学 - 成人教育: 高等
教育 - 教材 IV.Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 27560 号

生物化学

主 编: 查 锡 良

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 遵化市印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 15.25

字 数: 310 千字

版 次: 2000 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 版第 5 次印刷

标准书号: ISBN 7 - 117 - 03947 - 7/R·3948

定 价: 22.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

出版说明

成人医学教育是我国医学教育的重要组成部分,为加强成人医学教育教学管理,完善教学基础建设,保证教育质量,卫生部、教育部联合颁发了《全国成人高等医学学历教育主要课程目录及课程基本要求(试行)》,这是国家为实现成人医学教育培养目标和要求,根据各门课程在某一专业中地位和作用而确定的,是该专业学生在学习课程时必须达到的基本合格标准,是编审规划教材、组织对教学水平进行监督检查和评价的重要依据,是规范我国成人高等医学学历教育的重要指导性文件。为了配合这一要求的顺利实施,卫生部教材办公室成立了全国成人高等医学教育教材评审委员会,组织编写全国成人高等医学学历(专科)教育规划教材。本套教材的主编、编者从全国推荐的 600 名候选人中选出,均为一线教学人员,具有丰富的成人医学学历教育教学经验;教材内容根据《全国成人高等医学学历教育主要课程目录及课程基本要求(试行)》确定,由全国成人高等医学教育教材评审委员会审定,突出成教学员在一定工作经验基础上学习的特点,篇幅适中,针对性强。

本套教材包括 4 个专业(临床医学、预防医学、护理学、药学),共 38 种,均由人民卫生出版社出版。

临床医学、预防医学、护理学、药学专业共用

人体解剖学	孙荣鑫主编	生物化学	查锡良主编
生理学	倪江主编	卫生法学概论	樊立华主编
药理学	李元建主编		

临床医学、预防医学、护理学专业共用

病理学	李玉林主编
-----	-------

临床医学、预防医学、药学专业共用

医学微生物学与免疫学	刘晶星主编
------------	-------

临床医学、预防医学专业共用

内科学	吕卓人主编	儿科学	徐立新主编
外科学	孙靖中主编	诊断学	汤美安主编
妇产科学	李荷莲主编		

临床医学专业用

预防医学	仲来福主编	全科医学概论	顾 媛主编
------	-------	--------	-------

预防医学专业用

卫生化学	计时华主编	环境卫生学	王振刚主编
卫生统计学	马 燕主编	营养与食品卫生学	凌文华主编
卫生毒理学	石 年主编	劳动卫生与职业病学	陈自强主编
儿童少年卫生学	孙江平主编	社会医学	肖水源主编
流行病学	王建华主编		

护理学专业用

护理学基础	张景龙主编	儿科护理学	童秀珍主编
内科护理学	李改焕主编	护理管理学	成翼娟主编
外科护理学	鲁连桂主编	护理心理学	张树森主编
妇产科护理学	何 仲主编		

药学专业用

高等数学	马湘玲主编	天然药物化学	吴立军主编
有机化学	田昌荣主编	药物化学	徐文方主编
物理化学	曹宗顺主编	药剂学	梁文权主编
分析化学	李发美主编	药物分析	晁若冰主编

全国成人高等医学教育教材评审委员会

主任委员：唐建武

委员：（以姓氏笔画为序）

王怀良 冯美丽 白继荣 朱立华 汤恢焕 吴仁友 吴 坤
张爱珍 张 鹏 李守国 李继坪 沈 彬 陈金华 梁万年
董崇田 樊小力

秘书：郭 明

前 言

《生物化学》教材系卫生部规划的全国成人高等医学学历（专科）教育教材。针对特定的培养目标和培养对象，本教材取材有一定的广度和深度，在全面阐述医学生物化学内容的基础上，能较恰当地反映本学科领域的新进展，在阐述基础理论知识的同时，注重理论联系实际，将基础医学知识与临床医学实践有机地结合起来。尽量做到在有限篇幅的教学内容范围内，满足培养实用型高级医学专门人才的需求，也为毕业后的医科学生继续教育打下一定的基础。

生物化学是一门医学基础理论课，无论是各门医学基础学科还是专业学科，都经常利用生物化学的理论和解决各自学科中存在的问题。近年来，由于分子生物学学科发展迅猛，本学科的知识内容极度膨胀，因此内容的取舍是教材编写成功与否的关键。本着重视基础理论、强调理论与实践相结合，充分反映对医学有影响的生化新进展的原则，本教材对教学内容进行了若干调整，如将占篇幅较大的数学推导、分子作用机制、物质代谢过程等内容给予了一定程度上的删减；在叙述生物大分子结构与功能关系时，以了解基本分子结构为基础，以阐明结构与功能的关系为重点；在介绍生化和分子生物学理论知识时，选择了既反映最新进展，又强调与疾病发生发展、诊断治疗之间的联系的知识内容，为学生进一步学习其他基础医学课程和临床医学、护理学、药学等各专业课程提供了扎实的基础。

本教材共十一章，由八位编写者集体拟定编写大纲、分头执笔、互相评阅修改而成。教材中有关水盐代谢、血液凝固、酸碱平衡等内容归属生理或病理学科。在紧缩经典的代谢生化内容的基础上，加强了分子生物学和细胞间信息传递等新知识的阐述。与临床医学结合较紧密的内容分别列于相关章节中，如血红素代谢、铁代谢分别安排于氨基酸代谢章和钙磷及无机盐代谢章，胆汁酸代谢归于脂类代谢章等。编写力求达到概念清晰、重点突出、内容丰富。

本教材自组织编写至最后脱稿，时间较紧，各位编写者本着治学严谨的精神，克服困难、集中精力、力求完美地完成本教材的编写任务。本人对诸位编写者饱满的工作热情和敬业求实的作风，深表谢意。

由于编写时间仓促，学识水平有限，本书定有诸多不足之处，期盼使用本教材的广大教师和学生多提宝贵意见。

查锡良

2000年3月

目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学的主要内容.....	1
二、生物化学与医学.....	2
第二章 蛋白质的结构与功能	3
第一节 蛋白质的分子组成及结构.....	3
一、蛋白质的分子组成.....	3
二、蛋白质的分子结构.....	6
第二节 蛋白质的理化性质	12
一、两性解离性质	12
二、高分子性质	12
三、变性	13
四、紫外吸收性质及呈色反应	13
第三节 蛋白质结构与功能的关系	13
一、蛋白质一级结构与功能的关系	14
二、蛋白质空间结构与功能的关系	14
三、蛋白质结构改变与疾病	16
第四节 蛋白质的分类	16
一、蛋白质组成分类	16
二、蛋白质功能分类	17
三、蛋白质形状分类	17
第五节 血浆蛋白质的功能	17
一、血浆蛋白的组成与分类	18
二、血浆蛋白的功能	18
第三章 酶	21
第一节 酶的催化特点	21
一、高度的催化能力	21
二、高度的专一性	22
三、高度的不稳定性	22
第二节 酶的结构与功能	22
一、酶的分子组成	22

二、酶的活性中心	24
三、辅酶与维生素	25
第三节 酶促反应动力学	30
一、酶促反应的活化能	31
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	31
三、酶浓度对酶促反应速度的影响	32
四、温度对酶促反应速度的影响	33
五、pH 的影响	34
六、抑制剂的影响	35
七、激活剂的影响	38
第四节 酶活性的调节	38
一、酶的别构调节	38
二、酶的共价修饰调节	39
三、酶量的调节	40
四、酶原的激活	41
五、同工酶	42
第五节 酶与医学的关系	44
一、酶活性的测定与酶单位	44
二、酶与疾病的关系	45
第六节 酶的分类和命名	46
一、酶的分类	46
二、酶的命名	47
第四章 糖代谢	49
第一节 糖的消化吸收	49
第二节 糖的无氧分解	50
一、糖酵解途径	50
二、糖酵解途径的调节	54
三、糖酵解的生理意义	55
第三节 糖的有氧氧化	55
一、丙酮酸氧化脱羧	56
二、三羧酸循环及其生理意义	57
三、有氧氧化调节	60
第四节 磷酸戊糖途径	62
一、磷酸戊糖途径	62
二、磷酸戊糖途径的生理意义	63
第五节 糖原合成与分解	64

一、糖原的分解	64
二、糖原合成	66
三、糖原代谢的调节	67
第六节 糖异生	68
一、糖异生途径	69
二、糖异生的调节	71
三、糖异生的生理意义	71
四、乳酸循环	72
第七节 血糖及其浓度调节	73
一、血糖的来源与去路	73
二、血糖浓度的调节	74
三、血糖浓度异常	75
第八节 糖蛋白和蛋白聚糖	77
一、糖蛋白	77
二、蛋白聚糖	79
 第五章 生物氧化	81
第一节 生物氧化的方式、酶类及 CO_2 的生成	81
一、生物氧化的方式	81
二、参与生物氧化的酶类	82
三、 CO_2 的生成	83
第二节 ATP 的生成与储备	84
一、ATP 的结构与相互转换作用	84
二、ATP 的生成方式	86
三、高能磷酸键的储备	86
第三节 氧化磷酸化	86
一、呼吸链的主要成分	87
二、呼吸链中的电子传递顺序	89
三、线粒体外 NADH 的氧化磷酸化	90
四、氧化与磷酸化的偶联	92
五、影响氧化磷酸化的因素	93
第四节 微粒体的重要氧化体系和生物转化	94
一、微粒体加氧酶类	94
二、过氧化物酶体氧化体系	95
三、生物转化作用	96
 第六章 脂类代谢	99

第一节 脂类在体内的分布及生理功能	99
一、脂类在体内的分布	99
二、脂类的生理功能	101
第二节 脂类的消化与吸收	102
一、脂类的消化	102
二、脂类的吸收	103
第三节 甘油三酯代谢	104
一、甘油三酯的分解代谢	104
二、甘油三酯的合成代谢	109
三、高度不饱和脂肪酸衍生物的生成	111
四、激素对脂肪代谢的调节	112
第四节 胆固醇的代谢	112
一、胆固醇在体内的分布及其合成代谢与调节	112
二、胆固醇的转变、排泄与胆汁酸代谢	115
第五节 磷脂的代谢	118
一、磷脂的基本结构与分类	118
二、甘油磷脂的代谢	119
第六节 血脂与血浆脂蛋白代谢	121
一、血脂与血浆脂蛋白的组成及含量	121
二、血浆脂蛋白的代谢	123
三、高脂蛋白血症	126
 第七章 氨基酸代谢	 128
第一节 蛋白质的营养作用	128
一、蛋白质的生理功能	128
二、蛋白质的需要量	128
第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败	129
一、蛋白质的消化	129
二、氨基酸的吸收	131
三、蛋白质的腐败	131
第三节 氨基酸的一般代谢	131
一、氨基酸代谢库	131
二、氨基酸的脱氨基作用	132
三、 α -酮酸的代谢	135
第四节 氨的代谢	136
一、体内氨的来源	137
二、氨在血中的转运	137

三、尿素的生成·····	138
第五节 氨基酸转变的生理活性物质·····	141
一、生物胺·····	141
二、一碳单位代谢·····	143
三、酸性生理活性物质·····	145
第六节 血红素代谢·····	147
一、血红素的合成代谢·····	148
二、血红素的降解·····	150
 第八章 核酸结构、功能与核苷酸的代谢·····	154
第一节 核酸的化学组成·····	154
一、戊糖·····	154
二、碱基·····	154
三、核苷·····	155
四、核苷酸·····	156
第二节 DNA 的结构与功能 ·····	157
一、DNA 的一级结构 ·····	157
二、DNA 的二级结构 ·····	157
三、DNA 的三级结构 ·····	159
四、真核生物基因组·····	160
第三节 RNA 的结构与功能 ·····	161
一、转移 RNA ·····	161
二、信使 RNA ·····	161
三、核蛋白体 RNA ·····	163
第四节 核酸的理化性质·····	163
一、核酸的一般性质·····	163
二、核酸的紫外吸收·····	164
三、核酸的变性、复性与杂交·····	164
第五节 核苷酸的代谢·····	164
一、嘌呤核苷酸的合成代谢·····	165
二、嘧啶核苷酸的合成代谢·····	167
三、脱氧核糖核苷酸的生成·····	168
四、核苷一磷酸、核苷二磷酸和核苷三磷酸的相互转化·····	169
五、嘌呤核苷酸的分解代谢·····	169
六、嘧啶核苷酸的分解代谢·····	171
 第九章 基因信息的传递·····	172

第一节 DNA 的生物合成	172
一、DNA 的复制	172
二、逆转录过程	177
三、DNA 的损伤与修复	177
四、基因突变	179
第二节 RNA 的生物合成	179
一、参加 RNA 合成的酶类与因子	180
二、转录过程	180
三、转录后的加工过程	182
四、RNA 的复制	182
第三节 蛋白质的生物合成	183
一、参与蛋白质合成的物质	183
二、蛋白质生物合成过程	185
三、蛋白质生物合成与医学的关系	189
第四节 基因表达的调控与癌基因	190
一、原核生物基因表达的调控	190
二、真核生物基因表达的调控	191
三、癌基因与抑癌基因	193
第五节 基因重组、基因诊断与基因治疗	195
一、重组 DNA	195
二、基因诊断	198
三、基因治疗	200
 第十章 细胞间信息传递	 202
第一节 细胞间信息传递的方式	202
一、神经传导	203
二、体液传导	205
第二节 信息分子与受体	206
一、信息分子	206
二、受体的概念	208
三、受体的结构与功能	208
四、受体与信息分子的结合特点	212
第三节 主要信息传递途径	213
一、cAMP 介导跨膜信号转导	214
二、甘油二酯介导的跨膜信号转导	216
三、IP ₃ 、钙离子介导的信号转导	218
四、酪氨酸蛋白激酶介导的跨膜信号转导	219

第十一章 钙、磷等无机物代谢	222
第一节 钙磷代谢	222
一、血钙和血磷.....	222
二、钙、磷的吸收与排泄.....	223
三、钙、磷与骨.....	224
四、钙磷代谢的调节.....	225
第二节 镁的代谢	226
一、镁的吸收与排泄.....	226
二、镁的生理功能.....	227
第三节 铁代谢	227
一、铁的吸收和排泄.....	228
二、铁的运输、利用和贮存.....	228
第四节 微量元素	229
一、铜.....	229
二、锌.....	230
三、硒.....	230
四、锰.....	231
五、碘.....	232

第一章 绪 论

生物化学 (biochemistry) 是一门研究生物体内化学分子及化学反应的基础生命科学。它的主要任务是从分子水平和化学变化的本质上阐述各种生命现象。它所涉及的研究内容包括活细胞化学成分的组成、结构、功能及其参与的各种化学反应等复杂的问题。因此,生物化学不仅需要运用各种化学的理论与方法,而且随着研究的深入和发展,已融入了生物学、物理学、微生物学、遗传学以及免疫学等知识和技术,以适应生物化学学科飞速发展的需要。

生物化学是 19 世纪末 20 世纪初才作为一门独立学科发展起来的。早年有机化学的崛起奠定了生物化学诞生的基础。而生物学朝着化学研究方向发展的同时,才形成“生理化学”并逐步从颇具物理学特征的生理学中分离出来,成为延续至今的生物化学。20 世纪 30 年代医学的发展,使许多物质代谢的重要途径(鸟氨酸循环、三羧酸循环等)相继被阐明。20 世纪 40 年代,遗传学研究突飞猛进,继而 50 年代阐明核酸结构与功能,60 年代中期初步确立了遗传信息的中心法则,70 年代建立核酸重组技术,一门新的学科——分子生物学形成了。分子生物学基本上是生物化学的同义词而已,或者说是生物化学的发展和延续。经 1 个多世纪无数科学家的努力,生物体的化学成分、生物大分子结构及功能、物质代谢、能量代谢、代谢调节、遗传信息传递、基因表达调控和细胞间信息传递等方面都已经取得极其丰硕的成果,大大丰富了生物化学的知识内容而成为一门重要的基础医学主干学科,并对临床医学产生越来越大的影响。

一、生物化学的主要内容

(一) 生物体的化学组成、结构及功能

生物体由各种组织、器官和系统构成;细胞是组成各种组织和器官的基本单位。每个细胞又由成千上万种化学物质组成,包括无机物、有机小分子和生物大分子等。水和钾、钠、氯、钙、磷、镁等元素以及若干体内含量甚微的微量元素所组成的化合物,均为人类正常结构与功能所必需。有机小分子包括各种有机酸、有机胺、氨基酸、核苷酸、单糖、维生素等,与体内物质代谢、能量代谢等密切相关。生物大分子主要指蛋白质、酶、多糖、蛋白聚糖、复合脂类、核酸等。生物大分子种类繁多,结构复杂,功能各异。生物化学学科已积累的体内各种化学成分的结构、性质和功能的研究成果,为深入研究生物大分子并阐明复杂的生命现象提供了坚实的分子基础。

(二) 物质代谢及其调控

生命的基本特征为新陈代谢，体内陈旧的化学物质不断被新的化学物质所替代。糖、蛋白质、脂肪等能源物质被氧化时，所释出的能量供各种生命活动所需。物质代谢也包括机体与环境不断进行物质交换的过程。体内的各种物质代谢途径之间又要互相协调，同时又受到内外环境各种因素的影响，随时进行调节以达到动态平衡，以适应内外环境。各种物质代谢都能按一定规律有条不紊地进行，这与体内神经、激素等全身性精细准确的调节作用密切相关。随着酶学和放射性同位素的广泛应用，各种物质代谢的过程已日臻清楚。而代谢调节的种类、方式、过程又十分复杂，特别是调节信号分子间的相互作用和信号转导过程，尽管其研究成绩斐然，但新的知识仍层出不穷，要探索的生命奥秘更深邃异常。

（三）遗传信息的贮存、传递与表达

生物体在繁衍个体的过程中，其遗传信息代代相传，这是生命现象的又一重要特征。受精卵增殖、胚胎发育、个体成熟等都伴随着无数次细胞分裂增殖过程。每一次细胞分裂增殖都包含着细胞核内遗传物质的复制、遗传信息的传递和表达。体内一刻不停地进行的物质代谢及其所产生的功能也是细胞核内遗传信息最终表达的结果。这涉及核酸、蛋白质的生物合成及其调控。个体的遗传信息以基因为基本单位贮存于DNA分子中。随着人类基因组计划的最终完成，将阐明体内约10万个基因在染色体上的定位及其核苷酸序列。基因工程的理论和技术，是在对核酸进行深入研究的基础上，加之多学科相互渗透而发展起来的，已广泛地应用于正常人体机能、及疾病发生机制、诊断、治疗等医学各个领域的研究，并已取得令世人瞩目的成就。

二、生物化学与医学

生物化学是一门必修的基础医学课程，它的理论和技术已渗透到其他基础医学和临床医学的各个领域，被用以解决医学各门学科中存在的问题。掌握生物化学知识，为进一步学习免疫机制、微生物作用机制、病理过程、药物体内代谢过程及作用机制、疾病发生发展的机制和临床检验诊断、治疗在理论和技术上打下良好的基础。随着新知识不断涌现，学科间的相互渗透，逐步出现了一批交叉学科，如分子免疫学、分子病理学、分子药理学等。生物化学学科的发展，又促进了许多长期危害人类健康的疾病如肿瘤、遗传性疾病、代谢异常疾病（如糖尿病）、免疫缺陷性疾病等病因、诊断、治疗的研究，同时也取得了不少重大进展。因此，掌握生物化学的基本知识，可为深入学习其他基础课程、临床医学课程、预防医学课程、药学课程乃至毕业后的继续教育，奠定厚实的基础。

（查锡良）

第二章 蛋白质的结构与功能

蛋白质 (protein) 是生物体内含量最丰富、功能最多样的高分子有机物,也是生命与非生命化学成分的根本区别之一。人体内蛋白质约占固体成分的 45%, 约有十万余种。各种蛋白质的分子结构千差万别, 决定了蛋白质功能的多样性, 从而担负起参与并完成以复杂的物质代谢为基础的生命活动重任。生物体内的酶、若干凝血因子、抗体、肽类激素、转运蛋白和肌肉收缩蛋白等都是蛋白质, 尽管它们相互间的结构、功能截然不同, 但在各种生理活动中发挥着不可替代的重要作用, 缺一不可。

第一节 蛋白质的分子组成及结构

一、蛋白质的分子组成

(一) 蛋白质的元素组成

根据化学元素分析结果, 证明蛋白质分子主要含有碳、氢、氧、和氮元素, 大部分蛋白质还含硫, 有的还含少量的磷、铁、碘、硒等元素。蛋白质的含氮量十分接近, 约 16%。因此, 生物样品中蛋白质含量, 可测其氮含量而推算得出, 即每克样品中蛋白质含量 = 每克样品中含氮量 $\times 6.25$ 。

(二) 蛋白质的基本结构单位——氨基酸

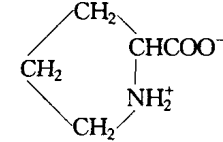
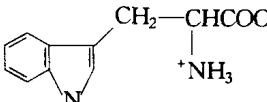
蛋白质经酸、碱或蛋白水解酶作用后, 可水解成各种氨基酸, 因此氨基酸是蛋白质的基本结构单位。组成天然蛋白质的氨基酸共有 20 种, 除甘氨酸外, 都为 L- α -氨基酸。 α -氨基酸的基本结构特征为: α 碳原子连有 4 个基团或原子, 分别为氨基 (或亚氨基)、羧基、侧链和氢。由于侧链结构的差异, 就形成了物理化学性质各异的 20 种氨基酸。L- α -氨基酸通式可用下式表示 (R 为侧链):



表 2-1 列出组成蛋白质的 20 种氨基酸的侧链结构。根据氨基酸的侧链结构和性质, 20 种氨基酸可分成四类。

1. 非极性疏水性氨基酸 此类氨基酸为甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和脯氨酸, 其特征为含有非极性的侧链, 具有大小不一的疏水性。甘氨酸侧链仅为氢原子, 无疏水性。

表 2-1 氨基酸分类

中文名	英文名	结构式	三字 符号	一字 符号	等电点 (pI)
1. 非极性氨基酸					
甘氨酸	glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gly	G	5.97
丙氨酸	alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ala	A	6.00
缬氨酸	valine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Val	V	5.96
亮氨酸	leucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Leu	L	5.98
异亮氨酸	isoleucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ile	I	6.02
苯丙氨酸	phenylal- anine	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Phe	F	5.48
脯氨酸	proline		Pro	P	6.30
2. 极性中性氨基酸					
色氨酸	trypto- phan		Trp	W	5.89
丝氨酸	serine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ser	S	5.68
酪氨酸	tyrosine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Tyr	Y	5.66
半胱氨酸	cysteine	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Cys	C	5.07
蛋氨酸	methio- nine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Met	M	5.74
天冬酰胺	aspara- gine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Asn	N	5.41