

生物化学

(第二版)

主编 余庆皋 刘捷频



中南大学出版社

生 物 化 学

(第二版)

主 编 余庆皋 刘捷频

编 者 (以姓氏笔画为序)

吴梅青 张 诺

何 萍 黄德麒



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/余庆皋,刘捷频主编. —长沙:中南大学出版社,
2011.8

ISBN 978-7-5487-0318-4

I. 生... II. ①余... ②刘... III. 生物化学 IV. Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第118221号

生 物 化 学

(第二版)

主编 余庆皋 刘捷频

☐责任编辑 秦瑞卿

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 12 ☐字数 296千字

☐版 次 2013年7月第2版 ☐2013年7月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0318-4

☐定 价 28.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

高 职 高 专 规 划 教 材

适用于护理、助产、临床医学、医学检验技术、口腔医学技术、
康复治疗技术、药学等专业

内容简介

本教材共分为十七章，包括绪论，第一章蛋白质化学，第二章核酸化学，第三章酶，第四章维生素，第五章生物氧化，第六章糖代谢，第七章脂类代谢，第八章蛋白质分解代谢，第九章核苷酸代谢，第十章遗传信息的传递，第十一章肝脏的生物化学，第十二章水、盐代谢，第十三章酸碱平衡及实验指导。共约 30 万字。

本教材特色之一是每一章后都附有习题，包括选择题、填空题、名词解释和问答题，题量充足，对学生课后复习及考试很有帮助。

本教材适用于高职高专护理、助产、临床医学、检验、药学、口腔工艺技术及康复治疗技术等专业。

前 言

本教材是针对高职高专教育的特点来编写的。高职高专教育的培养目标是培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的、动手能力强的高技能人才。因而在教学计划中增加了专业课及实践课课时，而缩减了文化基础课及专业基础课的课时。因此，大多高职高专医卫类专业的生物化学课时减少，教学任务不能完成，给教学带来了诸多的不便。为此，编写了这本教材，删掉了与其他课程重复的以及与专业关联不大的内容，以期通过这种方式优化教学过程，从而使学生在有限时间里能学到“必需、够用”的理论知识。

本教材包括绪论，第一章蛋白质化学，第二章核酸化学，第三章酶，第四章维生素，第五章生物氧化，第六章糖代谢，第七章脂类代谢，第八章蛋白质分解代谢，第九章核苷酸代谢，第十章遗传信息的传递，第十一章肝的生物化学，第十二章水和无机盐代谢，第十三章酸碱平衡及实验指导。实验指导共安排了6个实验项目供选用。每一章后都有小结及习题，旨在帮助学生归纳总结及课后复习。

本教材适用于医卫类不同专业的教学，在编写内容上考虑到各个专业的专业特点及学科关联，教学中可根据专业需要对教学内容进行取舍。

由于编者水平有限，在教材编写过程中难免会有不当之处，敬请同行提出宝贵意见。

编 者

2011年6月

目 录

绪 论

第一节 生物化学的概念及研究对象	(1)
第二节 生物化学的研究内容	(1)
一、研究生物分子的结构和功能	(1)
二、研究物质代谢及调节	(1)
三、研究遗传信息的传递及调控	(2)
第三节 生物化学与医药学科的关系	(2)

第一章 蛋白质化学

(4)

第一节 氨基酸	(4)
一、氨基酸的结构与分类	(4)
二、氨基酸的两性电离和等电点	(4)
第二节 蛋白质	(7)
一、肽的概念	(7)
二、蛋白质分子结构	(8)
三、蛋白质结构与功能的关系	(9)
四、蛋白质的理化性质	(10)
习 题	(14)

第二章 核酸化学

第一节 核酸的分子组成	(17)
一、核酸的基本组成单位——核苷酸	(17)
二、体内重要的游离核苷酸	(19)
第二节 核酸的分子结构	(21)
一、核酸的一级结构	(21)
二、核酸的空间结构	(22)
第三节 核酸的理化性质	(25)
一、核酸的一般理化性质	(25)
二、核酸的紫外吸收性质	(25)
三、DNA 的变性、复性和分子杂交	(25)
习 题	(26)

第三章 酶

第一节 酶作用的特点	(29)
一、高度催化效率	(29)
二、高度特异性	(29)
三、高度不稳定性	(30)
四、酶活性的可调节性	(30)
第二节 酶的分子组成及结构	(30)
一、酶的分子组成	(30)
二、酶的活性中心	(31)
三、酶原	(31)
四、同工酶	(33)
第三节 酶的作用机理	(34)
一、中间产物学说	(34)
二、诱导契合学说	(34)
第四节 影响酶促反应速度的因素	(34)
一、酶浓度对酶促反应速度的影响	(34)
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	(35)
三、温度对酶促反应速度的影响	(36)
四、pH 对酶促反应速度的影响	(36)
五、激活剂对酶促反应速度的影响	(36)
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	(37)
第五节 酶与医学的关系	(38)
一、酶与疾病的关系	(38)
二、酶在疾病诊断中的价值	(39)
三、酶在疾病治疗中的应用	(39)
习 题	(40)

第四章 维生素

第一节 脂溶性维生素	(43)
第二节 水溶性维生素	(44)
习 题	(46)

第五章 生物氧化

第一节 生物氧化中 CO_2 的生成	(49)
第二节 生物氧化中 H_2O 的生成	(50)
一、呼吸链的概念	(50)
二、呼吸链的组成	(50)
三、呼吸链中氢和电子的传递	(52)

第三节 ATP 的生成与利用	(53)
一、底物水平磷酸化	(53)
二、氧化磷酸化	(54)
三、影响氧化磷酸化的因素	(54)
四、ATP 的利用、转化和储存	(55)
习 题	(57)

第六章 糖代谢

第一节 概 述	(60)
一、糖的生理功能	(60)
二、糖的代谢概况	(60)
第二节 糖的分解代谢	(61)
一、糖酵解	(61)
二、糖的有氧氧化	(63)
三、磷酸戊糖途径	(68)
第三节 糖原的合成与分解	(70)
一、糖原的合成代谢	(70)
二、糖原的分解代谢	(70)
三、糖原合成和分解的生理意义	(71)
第四节 糖异生	(71)
一、糖异生途径	(71)
二、糖异生的生理意义	(72)
第五节 血 糖	(73)
一、血糖的来源与去路	(73)
二、血糖浓度的调节	(73)
三、低血糖和高血糖	(74)
习 题	(75)

第七章 脂类代谢

第一节 脂类的生理功能	(79)
一、脂肪的生理功能	(79)
二、类脂的生理功能	(79)
第二节 血脂与血浆脂蛋白	(80)
一、血脂的种类与含量	(80)
二、血浆脂蛋白	(80)
第三节 脂肪代谢	(82)
一、脂肪的分解代谢	(82)
二、脂肪的合成代谢	(86)
第四节 磷脂代谢	(87)

一、甘油磷脂的合成代谢	(87)
二、磷脂代谢与脂肪肝	(88)
第五节 胆固醇代谢	(89)
一、胆固醇合成代谢	(89)
二、胆固醇的转变与排泄	(90)
三、胆固醇代谢与动脉粥样硬化	(91)
习 题	(93)

第八章 蛋白质分解代谢

第一节 蛋白质的营养作用	(98)
一、蛋白质的生理功能	(98)
二、氮平衡	(98)
三、蛋白质的营养价值	(99)
第二节 氨基酸代谢概况	(99)
一、氨基酸的来源	(100)
二、氨基酸的去路	(100)
第三节 氨基酸分解代谢	(100)
一、氨基酸脱氨基作用	(100)
二、氨基酸脱羧基作用	(107)
第四节 个别氨基酸的代谢	(109)
一、一碳单位代谢	(109)
二、含硫氨基酸代谢	(110)
三、芳香族氨基酸代谢	(112)
第五节 糖、脂类及蛋白质在代谢上的联系	(112)
一、糖代谢与脂类代谢之间的联系	(112)
二、糖代谢与蛋白质代谢之间的联系	(113)
三、脂类代谢与蛋白质代谢之间的联系	(113)
习 题	(114)

第九章 核苷酸代谢

第一节 核苷酸合成代谢	(117)
一、嘌呤核苷酸合成代谢	(117)
二、嘧啶核苷酸合成代谢	(119)
第二节 核苷酸分解代谢	(121)
一、嘌呤核苷酸分解代谢	(121)
二、嘧啶核苷酸分解代谢	(121)
习 题	(122)

第十章 遗传信息的传递

第一节 DNA 生物合成	(123)
一、复制	(123)
二、逆转录	(125)
第二节 RNA 生物合成(转录)	(126)
一、转录方式	(126)
二、转录体系	(127)
三、转录过程	(127)
第三节 蛋白质生物合成(翻译)	(128)
一、RNA 在蛋白质生物合成中的作用	(128)
二、蛋白质生物合成过程	(130)
三、蛋白质生物合成与医学的关系	(132)
习 题	(135)

第十一章 肝的生物化学

第一节 肝在物质代谢中的作用	(139)
一、肝在糖代谢中的作用	(139)
二、肝在脂类代谢中的作用	(139)
三、肝在蛋白质代谢中的作用	(140)
四、肝在激素代谢中的作用	(140)
五、肝在维生素代谢中的作用	(140)
第二节 肝的生物转化作用	(140)
一、生物转化的概念	(140)
二、生物转化的反应类型	(141)
三、影响生物转化的因素	(143)
第三节 胆汁酸代谢	(143)
一、胆汁	(143)
二、胆汁酸的生理功能	(143)
三、胆汁酸代谢	(144)
第四节 胆色素代谢	(145)
一、胆红素的生成	(146)
二、胆红素在血液中的运输	(146)
三、胆红素在肝脏中的转变	(146)
四、胆红素在肠道中的变化及胆素原的肠肝循环	(146)
五、黄疸	(147)
习 题	(149)

第十二章 水和无机盐代谢

第一节 体 液	(151)
一、体液的分布	(151)
二、体液中电解质的含量	(151)
第二节 水代谢	(152)
一、水的生理功能	(152)
二、水的来源与去路	(153)
第三节 无机盐代谢	(154)
一、无机盐的生理功能	(154)
二、钠和氯的代谢	(154)
三、钾的代谢	(155)
四、钙磷代谢	(155)
第四节 微量元素	(157)
一、铁	(157)
二、碘	(157)
三、锌	(158)
四、硒	(158)
习 题	(158)

第十三章 酸碱平衡

第一节 缓冲溶液	(161)
一、缓冲溶液的概念	(161)
二、缓冲溶液的组成	(161)
三、缓冲作用的原理	(162)
第二节 酸碱平衡	(162)
一、体内酸、碱性物质的来源	(163)
二、酸碱平衡的调节	(163)
习 题	(168)

实验指导

实验室规则	(170)
实验一 蛋白质等电点的测定	(171)
实验二 血清蛋白质醋酸纤维薄膜电泳	(172)
实验三 影响酶活性的因素	(174)
实验四 琥珀酸脱氢酶的作用及抑制	(176)
实验五 酮体的生成	(177)
实验六 转氨基作用	(179)

主要参考资料	(181)
--------------	--------

绪 论

第一节 生物化学的概念及研究对象

生物化学是研究生物体内的物质组成、物质结构、物质代谢及其代谢调节的一门科学。生物化学的基本任务就是从分子水平来研究生命现象，阐明产生及维持生命现象的物质基础及化学反应。生物化学又称为生命的化学。

生物化学的研究对象是生物体，包括人体、动物、微生物、植物等。医用生物化学的研究对象是人体。

第二节 生物化学的研究内容

生物化学的研究内容很广泛，概括地说，当代生物化学主要研究以下三方面的内容。

一、研究生物分子的结构和功能

组成生物体的物质包括无机物、小分子有机物及大分子有机物。蛋白质、核酸、多糖、复合脂类等物质是生物体内特有的、具有生命特征的大分子有机化合物，称为生物分子。它们的分子结构复杂，种类繁多，是体现各种生命现象最基本的物质。例如，蛋白质分子，在人体内就有 10 万多种，并且不同的生物体都有自己一套特有的蛋白质，从而表现出不同生命特征。

生物大分子结构复杂，但其结构也有一定的规律性，即都是由基本结构单位按一定顺序和一定方式连接而成的多聚体。例如蛋白质是由基本结构单位氨基酸按一定顺序通过肽键连接而成的多聚体；核酸是由基本结构单位核苷酸按一定顺序通过磷酸二酯键连接成的多聚体；多糖则是由单糖通过糖苷键连接成的多聚体。结构是功能的基础，生物大分子结构的改变就会改变其功能状态，甚至导致功能丧失。例如在新陈代谢中起催化作用的酶就是具有生物活性的蛋白质，当其空间结构遭到破坏时，催化活性丧失；但另一方面，对酶活性调节的方式之一也是改变其结构，称为变构调节，通过变构调节使酶的活性增强或减弱，从而改变某代谢过程的速度或代谢途径的方向。脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构直接影响着核糖核酸(RNA)和蛋白质的分子结构，如分子病就是因为 DNA 分子中基因的异常，经转录、翻译后得到结构异常的蛋白质分子，从而导致代谢紊乱而致病。

二、研究物质代谢及调节

生物体为维持生命，不断与外界进行物质交换，即机体从外界摄取营养物质，这些营养

物质在体内的合成反应中作为原料,使机体的各种结构能够生长、发育、繁殖和修复;而在分解反应中,主要作为能源物质,经生物氧化作用释放出能量,供各种生命活动所需,同时产生的代谢废物经机体排泄器官排至体外,又交回外界环境。这个物质交换过程就称为新陈代谢或物质代谢。当一个人 60 岁时,估计与外界环境已交换了约 60000 kg 水、10000 kg 糖、1600 kg 蛋白质和 10000 kg 脂类。新陈代谢是生命的基本特征,也是生物与非生物的区别所在。目前,生物体内的主要物质代谢途径已基本清楚,是由一系列化学反应构成,并且多数都是由酶所催化。体内的物质代谢过程具有可调性,通过酶结构及酶含量的变化可对物质代谢的速度和代谢方向进行调节,使机体能适应不断变化的内外环境。

三、研究遗传信息的传递及调控

为了繁衍,一切生物体都要自身复制,复制品与亲代几无差别,而且代代相传,这就是遗传。DNA 是遗传的物质基础,由于亲代 DNA 中遗传信息传递给了子代 DNA,从而使下一代生物体具有上一代的生物学特征。人体内的各种生命活动主要是通过蛋白质来实现的,而合成什么样的蛋白质则是由 DNA 分子中的基因来决定的,基因是指 DNA 分子中的各个功能片段。不同的基因信息先传递给 RNA,再由 mRNA 来指导合成该信息所表达的蛋白质,从而表现出与亲代相同的而又不同于其他生物体的生命活动特征。这种遗传信息的传递过程,即亲代 DNA 指导子代 DNA 的合成——复制, DNA 指导 RNA 的合成——转录, mRNA 指导蛋白质的合成——翻译,都是生物化学的重要研究内容。遗传信息的传递涉及遗传、变异、生长及分化等多种生命过程,也与遗传病、心血管病及恶性肿瘤等多种疾病的发生和发展有关。因此,遗传信息传递及调控的研究在生命科学中的作用日趋重要。

第三节 生物化学与医药学科的关系

生物化学是一门重要的医学基础课。生物化学起源于有机化学和生理学,在内容上仍然与这两门学科有着密切的联系。有机化学的基本理论为学习生物大分子的结构、性质奠定了基础;而生物化学的理论为生理学探讨细胞、器官的功能提供了分子学基础,两门学科更是相互渗透,相互支撑。病原微生物学及免疫学研究病原微生物的代谢以及对它们的防治,也要应用生物化学的理论和技术。生物化学研究的是正常人体的物质代谢和调节过程,有了正常代谢的知识,才能鉴别疾病时的代谢紊乱,因此也为病理学及临床医学的学习奠定了基础。生物化学的发展对临床医学的进步起了极大的推动作用,而临床医学的发展,也促使生物化学的研究更加广泛和深入。生物化学理论越来越多地应用于疾病的预防、诊断和治疗,从分子水平来探讨疾病的发生发展机制也成为当代医学研究的发展目标。

生物化学也是药学专业的专业基础课。药理学主要研究药物在体内的代谢转化以及药物作用的分子机制,都离不开生物化学的理论和技术,如磺胺类药物的作用机制涉及酶的竞争性抑制作用;抗生素、抗肿瘤药的作用机制涉及蛋白质及 RNA 的合成过程等等。传统生化药物的生产也是运用生物化学的原理和技术,从天然动、植物体内分离、纯化出具有特异生物活性的氨基酸、多肽、蛋白质、酶、辅酶、核酸、多糖及脂等药物。微生物发酵是指在适宜的条件下,利用微生物通过自身特异酶的催化作用来完成特定的生化反应,将原料转变成人类所需的产品,这是制药工业生产微生物药物的重要手段。可见,生物化学的基本理论、方法

和技术在药物研究、药品生产及药物的质控等方面都起着不可替代的作用。

生物化学还是医学检验专业重要的专业基础课。生物化学检验技术是该专业的一门专业课，它的任务是应用化学及生物化学的理论及实验技术，对人体组织和体液中的化学成分及含量进行检测及研究，为临床上疾病的诊断、疗效的观察和疾病的预后提供信息。如血糖的测定、血清蛋白质的测定、酶的测定、血清电解质的测定及电泳技术、层析技术等，这些操作技术及实验原理都有赖于生物化学的理论和技術。

生物化学的学习重点是体内各种无机物及有机物的存在形式、功能、结构与功能的关系，体内物质代谢的过程、意义、代谢调节以及遗传信息传递的基本过程。学生们在学习过程中必须目标明确，抓住重点，并做到预习—听课—复习三步到位，才能对学习内容融会贯通，真正地领会其精髓。

(余庆皋)

第一章

蛋白质化学

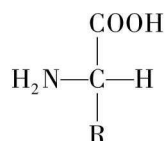
蛋白质是生物体的重要组成成分，是生命的物质基础，各种生命现象都离不开蛋白质。人体内有 10 万多种蛋白质，不同的蛋白质具有不同的结构和功能。氨基酸是蛋白质的基本组成单位，因此应首先了解氨基酸的结构和性质，才能更好地理解蛋白质的结构、性质和功能。

第一节 氨基酸

一、氨基酸的结构与分类

氨基酸属于取代羧酸，是指羧酸分子中烃基上的氢原子被氨基取代后的化合物。

(一) 氨基酸的结构特点



L- α -氨基酸

组成蛋白质的氨基酸有 20 种，这些氨基酸在结构上有以下特点：

- (1) α -碳原子上都连接着氨基，所以称为 α -氨基酸。
- (2) α -碳原子为手性碳原子(除甘氨酸外)，因而有 L 型和 D 型两种异构体，构成人体蛋白质的氨基酸都属于 L 型 α -氨基酸。
- (3) 从氨基酸的通式可看出，各种氨基酸只有 R 侧链不同，其余部分是相同的(除脯氨酸外)。
- (4) 脯氨酸的结构与通式不相符，它是一种亚氨基酸。

(二) 氨基酸的分类

- (1) 根据氨基酸 R 侧链基团的种类不同，可将氨基酸分为脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸(包括苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸)、杂环氨基酸(包括脯氨酸、色氨酸和组氨酸)。
- (2) 根据氨基酸 R 侧链的酸碱性，可将氨基酸分为中性氨基酸(表 1-1 中第 1~15 位氨基酸)、酸性氨基酸(表 1-1 中第 16~17 位氨基酸)、碱性氨基酸(表 1-1 中第 18~20 位氨基酸)。

二、氨基酸的两性电离和等电点

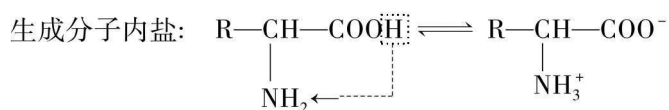
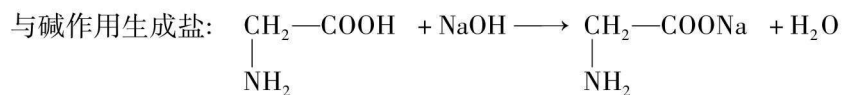
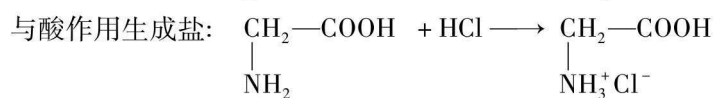
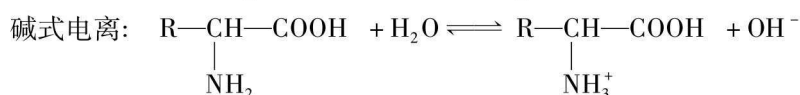
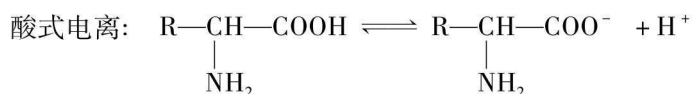
因为氨基酸分子中有酸性的羧基，也有碱性的氨基，所以氨基酸是两性化合物，能进行酸式电离和碱式电离。氨基酸分子中的一COOH 和—NH₂可分别与碱和酸作用生成盐，它还可以是同一个氨基酸分子中的一COOH 和—NH₂相互作用生成分子内盐，从而使氨基酸分子成为既带正电荷又带负电荷的两性离子。

表 1-1 氨基酸分类表

氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点(pI)
		侧 链 R 基 团	共 同 部 分	
1. 甘氨酸	甘, Gly, G		$\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
2. 丙氨酸	丙, Ala, A		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
3. 缬氨酸	缬, Val, V		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.96
4. 亮氨酸	亮, Leu, L		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
5. 异亮氨酸	异, Ile, I		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
6. 苯丙氨酸	苯, Phe, F		$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.48
7. 脯氨酸	脯, pro, P		$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{NH 为亚氨基} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	6.30
8. 色氨酸	色, Trp, W		$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH}_2 \\ \\ \text{H} \end{array}$	5.89
9. 蛋氨酸	蛋, Met, M		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.74
10. 丝氨酸	丝, Ser, S		$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.68
11. 苏氨酸	苏, Thr, T		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.60
12. 酪氨酸	酪, Tyr, Y		$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.66
13. 半胱氨酸	半, Cys, C		$\begin{array}{c} \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.07
14. 天冬酰胺	天胺, Asn, N		$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.41

续上表

氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点(pI)
		侧 链 R 基 团	共 同 部 分	
15. 谷氨酰胺	谷氨, Gln, Q	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.65
16. 谷氨酸	谷, Glu, E	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3.22
17. 天冬氨酸	天, Asp, D	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.77
18. 赖氨酸	赖, Lys, K	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74
19. 精氨酸	精, Arg, R	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10.67
20. 组氨酸	组, His, H	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	7.59



氨基酸是两性电解质,在水溶液中进行电离,既能进行酸式电离成为阴离子,也能进行碱式电离成为阳离子。其水溶液所带电荷状态与溶液的 pH 有关。将氨基酸溶液酸化可抑制酸式电离,有利于碱式电离;将氨基酸溶液碱化则抑制碱式电离,有利于酸式电离。当氨基酸溶液处于某一 pH 时,氨基酸的酸式电离程度与碱式电离程度相等,同一氨基酸分子所带正、负电荷相等成为两性离子,净电荷为零,此时溶液的 pH 值称为这种氨基酸的等电点,等电点用 pI 表示。