

高等教育自学考试丛书

生物化学

SHENGWU HUAXUE

丘志昌等 编

东南大学出版社

Q5
Q2C

高等教育自学考试丛书

生物化学

主 编

丘志昌

副主编

林厚怡 范振青

东南大学出版社

(苏)新登字第012号

内 容 简 介

生物化学即生命的化学,是用化学的原理和方法,在分子水平上来研究生命现象的科学。根据教学大纲的要求,在内容上突出大专教育的特点,力求紧密联系医学实践。

全书内容包括:蛋白质化学、酶、糖代谢、脂代谢、生物氧化、氨基酸代谢、核酸(包括核化学、核苷酸代谢及DNA的生物合成——复制, RNA的生物合成——转录)、蛋白质的生物合成,物质代谢调节、肝胆生化、血液生化、水与电解质平衡、酸碱平衡、激素、钙磷代谢与营养生化共十六章。

本书可作为高等医学院校专科、医学专科学校的临床医学、护理、药学、检验等专业的生化课程教材,亦适用于成人医学各专业证书班及自学、晋升考试之用,同时也是一本临床工作者和中等医学、护理专业学校的教师参考用书。

生 物 化 学

丘志昌等 编

东南大学出版社出版发行

南京四牌楼2号

武进第三印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 17.25 字数 409千字

1992年6月第1版 1993年4月第3次印刷

印数:30501—50500

ISBN 7—81023—586—9

R·39

定价: 8.95元

责任编辑 王小然

(凡印装质量问题,可直接向承印厂调换)

序

由南京医学院担任主考学校的护理专业自学考试，在江苏省自学考试指导委员会的大力支持下，已于一九九一年开考，受到广大护理工作者的热烈欢迎。

护理学是一门有明确研究目标和研究范围的学科，在医疗、预防和卫生保健事业中，具有重要的地位和作用。随着医学模式的转变，医学科学技术的进步和预防医学与康复医学的发展，要求护理学也要有相应的发展。护理模式必须由传统的功能护理向以心身整体护理为中心的责任制护理转变。要适应这一转变，作为护理专业人才就必须具备广博的生理、心理、社会学和人文科学方面的知识和专业技能。为此，通过各种渠道加速在职护理人员的培养，提高护理队伍的业务素质和专业水平显得十分必要和紧迫。

大专层次护理专业自学考试的开设，是实现上述目标，提高临床护理质量的重要途径之一，也是对广大在职护理人员强烈要求学习和提高的愿望的满足。

搞好护理专业自学考试的环节很多，教材建设是其中的重要一环。为有一套适合该专业特点的教材，供广大应试者自学用，南京医学院组织有关教师根据考试课程编写了这套教材希望对大家有所帮助。但是，由于护理专业自学考试尚在起步阶段，缺乏实践经验，加之时间也较为仓促，不足之处在所难免，希望广大读者提出宝贵意见，以便在今后实践中不断总结经验，进行修正补充，使这套教材进一步完善并提高质量。

张振声

于南京医学院 1991年7月

前 言

本书受江苏省自学考试委员会办公室委托编写，供护理专业自学考试使用。

本书选材力求反映生物化学新进展，着重突出生物化学的基本理论和基本知识。在各章节中适当充实与临床实践密切相关的内容。为了便于自学，叙述尽力做到概念清楚，深入浅出，通俗易懂。根据本系列教材统一安排，血凝、纤溶、气体运输等有关内容纳入生理课程；黄疸、水盐代谢及酸碱平衡失常等内容主要由病理生理讲授。

全书共十六章，包括三部分内容：(1) 生物大分子的结构与功能(蛋白质、酶、核酸的结构与功能)；(2) 物质代谢与代谢调节(糖、脂类、蛋白质及核酸的代谢，生物氧化、水盐代谢、酸碱平衡及代谢调节)；(3) 其他(肝胆生化、血液生化、激素及营养生化)。

为了明确重点，我们同时还编写了“护理专业生物化学自学考试大纲”供读者参考。

本书可作为医学其他专科生物化学教材，同时也是一本临床工作者和医学专科学校教师参考用书。

南京医学院教材科绘图室承担了本书全部插图工作，谨致谢意。

由于编写时间较仓促，编者水平有限，缺点、错误在所难免。恳切希望读者提出批评指正，以便日后再版时修改。

编者

1990年1月

目 录

第一章 蛋白质化学	(1)
第一节 蛋白质分子的组成.....	(1)
一、蛋白质的元素组成	(1)
二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	(1)
第二节 蛋白质分子中氨基酸的连接方式.....	(5)
一、肽键	(5)
二、肽	(5)
第三节 蛋白质的结构及其功能.....	(6)
一、蛋白质的一级结构	(6)
二、蛋白质的二级结构	(7)
三、蛋白质的三级结构	(8)
四、蛋白质的四级结构	(9)
五、蛋白质的结构与功能的关系	(10)
第四节 蛋白质的理化性质.....	(11)
一、蛋白质分子的带电性质	(11)
二、蛋白质分子的胶体性质	(12)
三、蛋白质的沉淀	(12)
四、蛋白质的变性.....	(13)
五、蛋白质的呈色反应.....	(13)
第五节 蛋白质的分类.....	(14)
第二章 酶	(15)
第一节 酶的含义及作用特点.....	(15)
一、酶的含义.....	(15)
二、酶催化的作用特点.....	(15)
第二节 酶的分类与命名.....	(16)
一、酶的命名(习惯命名).....	(16)
二、酶的分类.....	(16)
第三节 酶分子的结构与功能.....	(17)
一、酶的分子组成.....	(17)
二、酶结构与功能的关系.....	(18)
第四节 酶作用的机理.....	(22)
一、催化作用.....	(22)
二、中间复合物学说.....	(22)
三、诱导契合学说.....	(22)
第五节 酶促反应的动力学.....	(23)

一、酶浓度对反应速度的影响	(23)
二、底物浓度对反应速度的影响	(23)
三、温度对反应速度的影响	(24)
四、pH对反应速度的影响	(25)
五、抑制剂对反应速度的影响	(25)
第六节 酶在医学上的应用	(29)
一、酶和疾病的关系	(29)
二、酶在疾病诊断上的应用	(29)
三、酶在治疗上的应用	(30)
第三章 糖代谢	(31)
第一节 糖的消化吸收	(31)
一、消化	(31)
二、吸收	(31)
三、血糖	(32)
第二节 糖的分解代谢	(33)
一、糖的无氧分解(酵解)	(33)
二、糖的有氧氧化	(37)
三、磷酸戊糖通路	(42)
第三节 糖原的合成与分解	(43)
一、糖原的合成过程	(44)
二、糖原的分解过程	(44)
第四节 糖异生	(46)
一、糖异生的途径	(46)
二、糖异生作用的生理意义	(47)
第五节 其它单糖的代谢	(48)
一、果糖的代谢	(48)
二、半乳糖的代谢	(48)
第六节 糖代谢的调节	(49)
一、糖无氧酵解的调节	(49)
二、丙酮酸氧化脱羧及三羧酸循环的调节	(50)
三、磷酸戊糖通路的调节	(50)
四、糖原合成与分解的调节	(50)
五、糖异生作用的调节	(51)
第七节 糖代谢障碍	(52)
一、高血糖及糖尿病	(53)
二、低血糖	(53)
三、糖耐量试验与耐糖曲线	(53)
第四章 脂类代谢	(54)
第一节 脂类在体内的分布和生理功能	(54)
一、脂肪的分布和生理功能	(54)

二、类脂的分布和生理功能.....	(54)
第二节 脂类的消化和吸收.....	(54)
一、脂类的消化.....	(54)
二、脂类的吸收.....	(55)
第三节 血脂.....	(56)
一、血脂的组成与含量.....	(56)
二、血脂的来源与去路.....	(56)
三、血浆脂蛋白.....	(57)
四、高脂蛋白血症.....	(60)
第四节 甘油三酯的代谢.....	(61)
一、甘油三酯的分解代谢.....	(61)
二、甘油三酯的合成代谢.....	(65)
第五节 甘油三酯代谢的调节.....	(69)
一、脂肪酸氧化与合成的调节.....	(69)
二、糖与甘油三酯代谢的关系.....	(69)
三、激素对甘油三酯代谢的调节.....	(70)
第六节 类脂的代谢.....	(70)
一、磷脂的代谢.....	(70)
二、胆固醇的代谢.....	(72)
第五章 生物氧化.....	(76)
第一节 生物氧化酶类.....	(76)
一、氧化酶类.....	(76)
二、需氧脱氢酶类.....	(76)
三、不需氧脱氢酶类.....	(77)
四、加氧酶类.....	(77)
五、过氧化氢酶和过氧化物酶.....	(77)
第二节 呼吸链.....	(78)
一、呼吸链的组成.....	(78)
二、呼吸链中传递体的排列顺序.....	(81)
三、细胞液中NADH的氧化.....	(83)
第三节 ATP的生成.....	(84)
一、ATP 的生成方式.....	(84)
二、氧化磷酸化的偶联机理.....	(85)
三、氧化磷酸化抑制剂的作用.....	(86)
四、高能磷酸链的转移和贮存.....	(87)
第四节 线粒体外的氧化系统.....	(88)
一、微粒体氧化体系.....	(88)
二、过氧化物酶体中的氧化体系.....	(89)
第五节 生物氧化过程中二氧化碳的生成.....	(89)
一、单纯脱羧.....	(90)
二、氧化脱羧.....	(90)

第六章 蛋白质分解代谢	(91)
第一节 蛋白质的消化、吸收与腐败	(91)
一、蛋白质的消化	(91)
二、氨基酸的吸收	(92)
三、肠内腐败	(93)
第二节 氨基酸的一般代谢	(94)
一、氨基酸在体内的代谢概况	(94)
二、氨基酸的脱氨基作用	(94)
三、氨的代谢	(98)
四、 α -酮酸的代谢	(103)
五、氨基酸的脱羧基作用	(104)
第三节 个别氨基酸的代谢	(106)
一、一碳单位的代谢	(106)
二、含硫氨基酸的代谢	(108)
三、芳香族氨基酸的代谢	(111)
四、支链氨基酸的代谢	(112)
第七章 核酸	(113)
第一节 核酸的化学	(113)
一、核酸的化学组成	(113)
二、DNA的分子结构	(117)
三、DNA的理化性质	(122)
四、RNA的分子结构	(124)
第二节 核苷酸的代谢	(128)
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	(128)
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	(131)
三、嘧啶核苷酸的合成代谢	(133)
四、嘧啶核苷酸的分解代谢	(135)
第三节 DNA的生物合成	(136)
一、DNA的复制——DNA指导的DNA合成	(136)
二、反向转录——RNA指导的DNA合成	(141)
三、DNA的损伤与修复	(142)
四、基因工程概念	(144)
第四节 RNA的生物合成	(146)
一、转录——DNA指导的RNA合成	(146)
二、RNA复制——RNA指导的RNA合成	(152)
第八章 蛋白质的生物合成	(154)
第一节 蛋白质生物合成体系	(154)
一、mRNA与遗传密码	(154)
二、tRNA与氨基酸的搬运	(155)
三、核糖体与肽链装配	(156)

第二节 蛋白质生物合成过程	(157)
一、氨基酸的活化与转运	(157)
二、肽链合成的起始	(158)
三、肽链的延长	(159)
四、肽链的终止和释放	(161)
五、多核糖体	(161)
六、新生肽链的修饰和改造	(162)
七、真核生物蛋白质合成的主要特点	(163)
第三节 蛋白质生物合成的调节	(164)
一、原核细胞转录水平的调节——操纵子学说	(164)
二、真核细胞转录水平的调节	(165)
三、翻译水平的调节	(167)
第四节 蛋白质生物合成与医学的关系	(168)
一、分子病	(168)
二、抗生素对蛋白质生物合成的影响	(169)
第九章 物质代谢的调节	(170)
第一节 细胞水平调节	(170)
一、细胞内多酶体系的分隔分布	(170)
二、多酶体系的调节	(171)
第二节 激素水平调节	(175)
一、蛋白质及肽类激素的作用机理	(175)
二、类固醇激素的作用机理	(178)
第三节 整体水平调节	(179)
一、饥饿	(179)
二、应激	(179)
第十章 肝胆生化	(181)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用	(181)
一、肝脏在糖代谢中的作用	(181)
二、肝脏在脂类代谢中的作用	(181)
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	(182)
四、肝脏在维生素和激素代谢中的作用	(182)
第二节 肝脏的生物转化作用	(183)
一、生物转化的概念	(183)
二、生物转化的类型	(183)
第三节 胆汁与胆汁酸	(186)
一、胆汁	(186)
二、胆汁酸	(186)
第四节 胆色素的代谢	(189)
一、胆红素的生成和运转	(189)
二、血清胆红素与黄疸	(192)

第五节 肝功能检查原则	(194)
一、观察肝脏对糖、脂和蛋白质代谢的功能	(195)
二、观察血清酶类的变化	(195)
三、观察血清和尿中胆色素的变化	(195)
四、应用外源性色素或药物检查肝脏生物转化和排泄功能	(195)
第十一章 血液生化	(196)
第一节 血液的化学成分	(196)
第二节 血液非蛋白含氮化合物	(196)
一、尿素与尿素氮	(197)
二、肌酸	(197)
三、肌酐	(197)
四、氨基酸及多肽	(197)
第三节 血浆蛋白质	(198)
一、血浆蛋白质组成	(198)
二、血浆蛋白质的功能	(199)
三、血浆中的酶及酶原	(200)
第四节 红细胞代谢	(201)
一、成熟红细胞的代谢特点	(201)
二、血红蛋白的生物合成	(204)
三、血红蛋白合成的调节	(205)
第五节 铁代谢	(206)
一、铁的摄取和排泄	(207)
二、胃肠道内铁的吸收	(207)
三、铁的运输和贮存	(207)
第十二章 水与电解质平衡	(209)
第一节 体液	(209)
一、体液含量及分布	(209)
二、体液电解质的组成	(209)
三、体液的交换	(210)
第二节 水平衡	(211)
一、水的生理功能	(211)
二、水的摄入与排出	(212)
第三节 电解质平衡	(212)
一、电解质的生理功能	(212)
二、钠、钾、氯的平衡	(213)
第四节 水、电解质平衡的调节	(213)
一、抗利尿激素(ADH)	(213)
二、醛固酮	(214)
第五节 水与电解质代谢紊乱	(214)
一、脱水	(215)

二、水肿·····	(215)
三、钾代谢失调·····	(216)
第十三章 酸碱平衡·····	(217)
第一节 体内酸性和碱性物质的来源·····	(217)
一、酸性物质的来源·····	(217)
二、碱性物质的来源·····	(218)
第二节 体内酸碱平衡的调节·····	(218)
一、血液的缓冲系统及其缓冲作用·····	(218)
二、肺的调节作用·····	(219)
三、肾脏在调节酸碱平衡中的作用·····	(220)
第三节 酸碱平衡失调·····	(221)
一、酸碱平衡紊乱的基本类型·····	(221)
二、酸碱平衡失调常用的生化指标·····	(223)
第十四章 激素·····	(224)
第一节 甲状腺激素·····	(224)
一、甲状腺激素的化学与合成·····	(224)
二、甲状腺激素的分泌、运输及降解·····	(225)
三、甲状腺激素对代谢的调节作用·····	(225)
四、甲状腺激素分泌的调节·····	(225)
五、甲状腺的常见疾病及功能检查·····	(226)
第二节 儿茶酚胺类激素·····	(226)
一、儿茶酚胺类激素的化学与合成·····	(226)
二、儿茶酚胺类激素的降解·····	(227)
三、儿茶酚胺类激素对代谢的调节作用·····	(227)
第三节 肾上腺皮质激素·····	(227)
一、肾上腺皮质激素的化学与合成·····	(227)
二、肾上腺皮质激素的运输、灭活及排泄·····	(228)
三、肾上腺皮质激素的功能及分泌的调节·····	(228)
第四节 性激素·····	(229)
一、雄性激素·····	(229)
二、雌性激素·····	(229)
三、胎盘激素·····	(230)
第五节 胰岛素和胰高血糖素·····	(230)
一、胰岛素·····	(230)
二、胰高血糖素·····	(231)
第六节 垂体的激素·····	(231)
第七节 前列腺素·····	(231)
第十五章 钙磷代谢·····	(233)
第一节 钙磷在体内的分布及其生理功能·····	(233)
一、钙磷在体内的分布·····	(233)

二、钙磷的生理功能·····	(233)
第二节 钙磷的吸收与排泄·····	(233)
一、钙的吸收·····	(233)
二、钙的排泄·····	(234)
三、磷的吸收·····	(234)
四、磷的排泄·····	(234)
第三节 血钙和血磷·····	(234)
一、血钙·····	(234)
二、血磷·····	(235)
第四节 骨的生成与骨的溶解·····	(235)
一、骨的生成·····	(236)
二、骨的溶解·····	(236)
第五节 钙磷代谢的调节·····	(237)
一、维生素D ₃ 的作用·····	(237)
二、甲状旁腺素(PTH)的作用·····	(238)
三、降钙素的作用·····	(239)
第十六章 营养生化·····	(240)
第一节 能量·····	(240)
一、呼吸商和能量的释放及贮存·····	(240)
二、能量的利用·····	(241)
三、人体对能量的需要和供给标准·····	(242)
第二节 糖类、脂类和蛋白质的营养价值·····	(243)
一、糖类的营养价值·····	(243)
二、脂类的营养价值·····	(243)
三、蛋白质的营养价值·····	(244)
第三节 维生素·····	(247)
一、维生素A·····	(247)
二、维生素E·····	(249)
三、维生素K·····	(250)
四、维生素B ₁ ·····	(251)
五、维生素B ₂ ·····	(252)
六、维生素PP·····	(253)
七、维生素C·····	(254)
第四节 无机盐的营养价值·····	(255)
一、铜·····	(257)
二、锌·····	(258)
三、硒·····	(258)
四、氟·····	(258)

第一章 蛋白质化学

蛋白质是生物体内一类极为重要的高分子有机物，是组成一切细胞和组织的重要成分。按总量计，人体干重的45%是蛋白质。

蛋白质有许多重要的生理功能。体内新陈代谢的全部化学反应几乎都是在酶的催化下进行的，酶是蛋白质；许多激素是蛋白质或其衍生物；抗体的主要组成成分是蛋白质；凝血过程与血浆中多种蛋白质有关；有些蛋白质在体内起着运输作用，如血红蛋白是运输氧的载体，血浆脂蛋白是脂类的运输形式等。蛋白质还在遗传信息的调控和细胞膜的通透性等方面起着重要作用。

第一节 蛋白质分子的组成

一、蛋白质的元素组成

蛋白质由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成。有些蛋白质含有磷；少数蛋白质含铁、铜、锰、锌、钴、钼等金属元素；个别蛋白质含有碘。

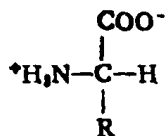
一般蛋白质的含氮量很接近，平均约为16%。含氮量可作为测定蛋白质含量的依据。因为体内的含氮物质以蛋白质为主，所以只要测定生物样品中含氮量，就可大致算出样品中蛋白质的含量(每g氮量约相当于6.25g蛋白质)。

二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸

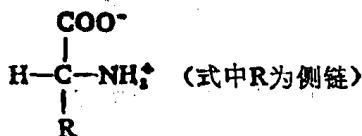
蛋白质可以受酸、碱或酶的作用而水解成为其基本结构单位——氨基酸。

(一) 氨基酸的通式

从蛋白质水解物中分离出来的氨基酸有20种。这些天然氨基酸在与羧基相邻的 α -碳原子上都有一个氨基，因而称为 α -氨基酸。除最简单的甘氨酸外，其它所有的氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子， α -碳原子上四个不同的基团在空间排列位置的差异形成不同的构型。天然蛋白质中氨基酸都属于L-型；氨基位于 α -碳原子左侧，故称为L- α -氨基酸。



L- α -氨基酸



D- α -氨基酸

D- α -氨基酸不存在于蛋白质分子中。某些抗生素和一些植物的生物碱可含有D- α -氨基酸。

(二) 氨基酸的分类

α -氨基酸可按其侧链(R)的理化性质分为三类(表1-1)：

1. 侧链上具有游离基团的 α -氨基酸。

2. 侧链具有非游离基团的 α -氨基酸。
3. 侧链为非极性、疏水性的 α -氨基酸。

表 1-1 α -氨基酸的分类

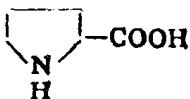
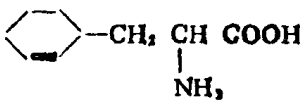
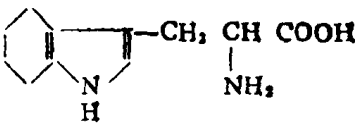
1. 侧链具有游离基团的 α -氨基酸

氨基酸名称 及缩写	结 构 式	PK ₁ α -COOH	PK ₂	PK ₃	pI
天冬氨酸 (天, Asp, D)	$\text{HCOCCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	1.88	3.65 β -COOH	9.60 α -NH ₃ ⁺	2.77
谷氨酸 (谷, Glu, E)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.19	4.25 γ -COOH	9.67 α -NH ₃ ⁺	3.22
赖氨酸 (赖, Lys, K)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.18	8.95 α -NH ₃ ⁺	10.53 ϵ -NH ₃ ⁺	9.74
精氨酸 (精, Arg, R)	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \\ \text{H}_2\text{NCNH}(\text{CH}_2)_3\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.19	9.04 α -NH ₃ ⁺	12.48 胍基	10.76
组氨酸 (组, His, H)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \\ \text{N} \quad \text{NH} \end{array}$	1.82	6.00 咪唑基	9.17 α -NH ₃ ⁺	7.59
酪氨酸 (酪, Tyr, Y)	$\text{HO}-\langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.20	9.00 α -NH ₃ ⁺	10.07 苯酚基	5.68
半胱氨酸 (半胱, Cys, C)	$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	1.96	8.18 巯基	10.28 α -NH ₃ ⁺	5.07

2. 侧链具有非游离基团的 α -氨基酸

氨基酸名称 及缩写	结 构 式	PK ₁ α -COOH	PK ₂ α -NH ₃ ⁺	pI
天冬酰胺 (天胺, Asn, N)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.02	8.80	5.41
谷氨酰胺 (谷胺, Gln, Q)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH}_2\text{CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.17	9.13	5.65
丝氨酸 (丝, Ser, S)	$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2\text{CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.21	9.15	5.68
苏氨酸 (苏, Thr, T)	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH CH COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.09	9.10	5.60

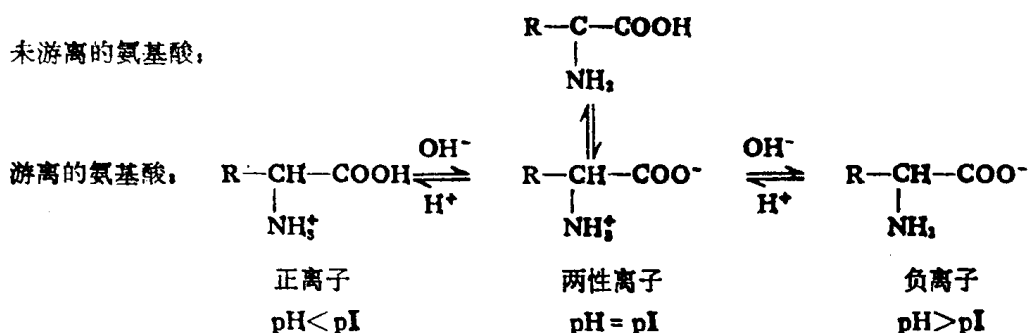
3. 侧链为非极性、疏水性的 α -氨基酸

氨基酸名称 及缩写	结 构 式	PK ₁ α -COOH	PK ₂ α -NH ₃ ⁺	pI
甘氨酸 (甘, Gly, G)	$\text{HCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.34	9.60	5.97
丙氨酸 (丙, Ala, A)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.34	9.69	6.00
缬氨酸 (缬, Val, V)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.32	9.62	5.96
亮氨酸 (亮, Leu, L)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.36	9.60	5.98
异亮氨酸 (异亮, Ile, I)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} \\ \\ \text{CH} \end{array} \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.36	9.60	6.02
蛋氨酸 (或称甲硫氨酸) (蛋或甲硫, Met, M)	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.28	9.21	5.74
脯氨酸 (脯, Pro, P)		1.99	10.60	6.30
苯丙氨酸 (苯丙, Phe, F)		1.83	9.13	5.48
色氨酸 (色, Trp, W)		2.83	9.39	5.89

(三) 氨基酸的重要理化性质

1. 氨基酸的两性游离及等电点 氨基酸分子既含有自由羧基, 又含有自由氨基。氨基和羧基的游离取决于溶液的pH。氨基酸有两性游离的性质。在某种pH下, 某一氨基酸可呈电中性, 氨基酸可形成带着相等正负电荷的两性离子, 此时若在电场中, 这一氨基酸既不向正极也不向负极移动, 这一pH值称为这个氨基酸的等电点(pI)。当氨基酸在溶液中所处的pH小于其pI, 则羧基的游离被抑制, 氨基酸带正电荷, 在电场中可向负极移动。如氨基酸在溶液中所处的pH大于其pI, 则氨基的游离被抑制, 氨基酸带负电荷, 在电场中可向正极移动。

未游离的氨基酸，

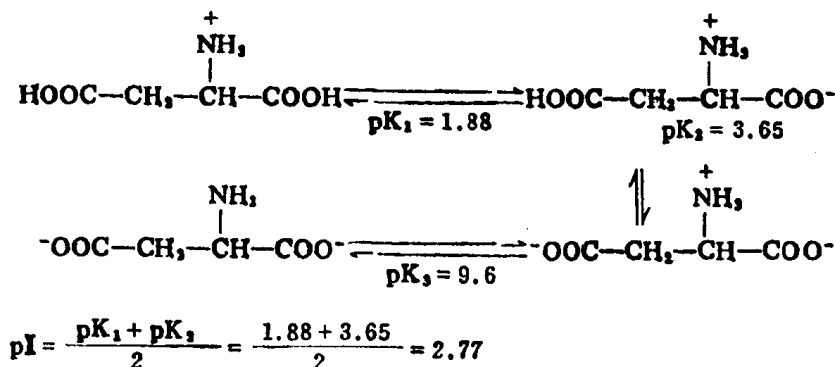


氨基酸的等电点(pI)可以实验测定，也可以按下式计算：

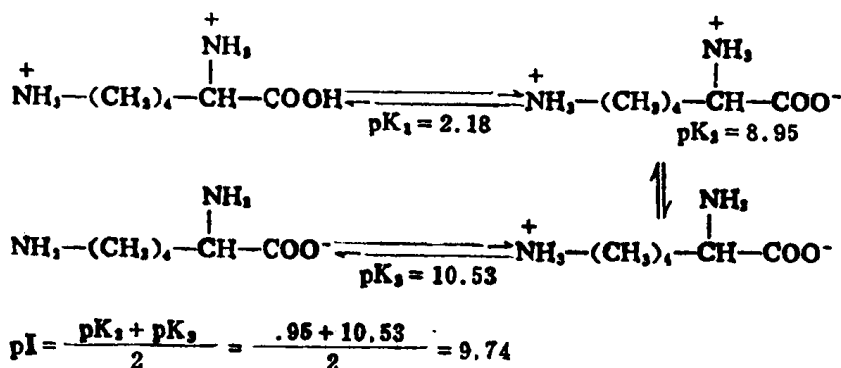
$$\text{pI} = \frac{\text{pK}_n + \text{pK}_{n+1}}{2}$$

上式中n为氨基酸中正电荷基团的最大数目。pK值为可游离基团的解离常数的负对数，可在本节氨基酸分类表中查到。

例如，天冬氨酸，n=1



赖氨酸，n=2



2. 芳香族氨基酸的紫外吸收作用 色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸等芳香族氨基酸对280nm附近波长处紫外光谱有明显的吸收作用。定量测定蛋白质时，常可利用这一性质，来测定在280nm波长处的紫外吸收。