

全国高等教育自学考试教材(护理专业)

# 生物化学

汪慧良 主编

光明日报出版社

A 23658

全国高等教育自学考试教材

# 生 物 化 学

主编 汪慧良

审订 童坦君

编者 (以姓氏笔划为序)

汪慧良 潘 颖 李敏媛

王玉琴 钱家骏 赵慧芳

一九八五年六月十四日

光明日报出版社

(京)新登字 101 号

**图书在版编目(CIP)数据**

生物化学/汪慧良主编. —北京:光明日报出版社,1994. 8

高等教育自学考试护理专业教材

ISBN 7-80091-497-6

I. 生… II. 汪… III. 生物化学—高等教育—教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 10123 号

☆

光明日报出版社出版发行

(北京永安路 106 号)

邮政编码:100050

电话:3017788-225

新华书店北京发行所经销

冶金印刷总厂印刷

\*

787×1092 1/32 印张 15 字数 354 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册

ISBN 7-80091-497-6/G · 250

定价:10.50 元

## 内 容 简 介

本书依据护理专业基础科自学考试大纲编写,由北京医科大学生化系童坦君教授审订,是我社全国高等教育护理专业自学考试教材的配套用书。

本书主要内容有:一、蛋白质化学;二、核酸化学;三、维生素;四、酶;五、生物氧化;六、糖代谢;七、脂类代谢;八、氨基酸代谢;九、核甙酸代谢;十、物质代谢的联系与调节;十一、复制—DNA 的生物合成;十二、转录 RNA 的生物合成;十三、蛋白质的生物合成;十四、肝胆生化;十五、血液生化;十六、钙磷代谢与骨;十七、营养生化基础等共十七个章节、文字简明,条理清晰、深入浅出,适合护理专业自学的考生学习使用,还可供医学院的专科、职业大学及医专学生使用。

## 编写说明

生物化学是研究生物体的化学组成及化学变化规律的科学,能从分子水平探讨生命的本质,医学生物化学主要研究人体的生物化学。随着科学的发展,生理学、免疫学、药理学及病理学等基础医学的研究已深入到分子水平,因而常需应用生物化学的理论和实验方法来探讨各学科的问题。生物化学与临床医学关系密切,其理论与实验方法广泛用于临床的诊断、治疗和预防等。生物化学是一门重要的医学基础课,是护理专业的必修课程。

本教材是根据全国高等教育自学考试指导委员会所颁发的“生物化学自学考试大纲”进行编写的。按全国高等医学院校教材编审会议决定,有关水盐代谢,酸碱平衡的内容归入病理生理学课程,血液凝固、纤溶、气体运输及肾脏的有关内容归入生理学课程,这些内容不属于生物化学课程自学考试范围。

本教材是为高等教育自学考试护理专业考生编写的,突出了大专教育及自学的特点、并力求紧密联系医学实践。本书也可供高等医学院校的专科,医学专科学校及卫生职工进修学院各专业作为生化教材或参考书。

由于水平所限又加时间仓促难免有缺点和错误,恳请使用本书的同行及各位读者予以批评指正。

汪慧良

一九九四年八月十二日

# 目 录

## 第一章 蛋白质化学

|                  |    |
|------------------|----|
| 第一节 蛋白质的分子组成     | 1  |
| 一、蛋白质的元素组成       | 1  |
| 二、蛋白质的组成单位——氨基酸  | 1  |
| 第二节 肽的结构         | 4  |
| 一、肽键             | 4  |
| 二、肽链             | 4  |
| 第三节 蛋白质的分子结构     | 5  |
| 一、蛋白质的一级结构、构象与副键 | 5  |
| 二、蛋白质的二级结构       | 6  |
| 三、蛋白质的三级结构       | 7  |
| 四、蛋白质的四级结构       | 8  |
| 第四节 蛋白质结构与功能的关系  | 8  |
| 一、蛋白质一级结构与功能的关系  | 9  |
| 二、蛋白质高级结构与功能的关系  | 9  |
| 第五节 蛋白质的理化性质     | 10 |
| 一、蛋白质的两性游离和等电点   | 10 |
| 二、蛋白质的高分子性质      | 11 |
| 三、蛋白质的变性         | 11 |
| 四、蛋白质的沉淀         | 12 |
| 五、蛋白质的显色反应       | 13 |
| 第六节 蛋白质的分类       | 13 |

## 第二章 核酸化学

|               |    |
|---------------|----|
| 第一节 核酸的分子组成   | 16 |
| 一、戊糖          | 16 |
| 二、含氮碱基        | 16 |
| 三、核苷          | 17 |
| 四、核苷酸         | 18 |
| 第二节 DNA 的分子结构 | 19 |
| 一、DNA 分子的一级结构 | 20 |
| 二、DNA 分子的二级结构 | 20 |
| 三、DNA 分子的三级结构 | 21 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第三节 RNA 分子的结构·····     | 23 |
| 一、RNA 的种类和特点 ·····     | 23 |
| 二、RNA 的结构 ·····        | 23 |
| 第四节 核酸的性质 ·····        | 25 |
| 一、核酸分子大小·····          | 25 |
| 二、粘度 ·····             | 25 |
| 三、紫外吸收 ·····           | 25 |
| 四、核酸的变性、复性和杂交 ·····    | 25 |
| 第三章 维生素                |    |
| 第一节 概论 ·····           | 28 |
| 一、维生素的定义·····          | 28 |
| 二、维生素的分类·····          | 28 |
| 三、维生素缺乏的原因·····        | 28 |
| 第二节 重要的维生素化学结构 ·····   | 29 |
| 一、脂溶性维生素·····          | 29 |
| 二、水溶性维生素·····          | 31 |
| 第三节 维生素的来源功用及缺乏病 ····· | 35 |
| 一、某些维生素与酶的关系·····      | 35 |
| 二、维生素的来源、功用及缺乏病 ·····  | 35 |
| 三、维生素需要量·····          | 37 |
| 第四章 酶                  |    |
| 第一节 酶的基本概念 ·····       | 39 |
| 一、酶在生命活动中的意义·····      | 39 |
| 二、酶促反应的特点·····         | 39 |
| 第二节 酶的结构与功能 ·····      | 40 |
| 一、酶的化学组成·····          | 40 |
| 二、酶的分子结构·····          | 41 |
| 三、酶原·····              | 42 |
| 四、同工酶·····             | 44 |
| 第三节 酶的作用机制 ·····       | 45 |
| 一、降低活化能·····           | 45 |
| 二、中间产物学说·····          | 45 |
| 第四节 酶反应动力学 ·····       | 46 |
| 一、酶浓度对酶促反应速度的影响·····   | 46 |
| 二、底物浓度对酶促反应速度的影响·····  | 46 |
| 三、温度对酶促反应速度的影响·····    | 47 |
| 四、pH 对酶促反应速度的影响 ·····  | 48 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 五、酶的激动剂与抑制剂·····               | 48 |
| 第五节 酶的命名、分类、活性测定及其在医学上的应用····· | 51 |
| 一、酶的命名原则·····                  | 51 |
| 二、酶的分类·····                    | 51 |
| 三、酶在医学上的应用·····                | 51 |
| 第五章 生物氧化                       |    |
| 第一节 概述·····                    | 54 |
| 一、生物氧化的概念·····                 | 54 |
| 二、生物氧化的特点·····                 | 54 |
| 三、生物氧化的方式·····                 | 54 |
| 四、催化生物氧化反应的酶类·····             | 55 |
| 第二节 生物氧化体系——呼吸链·····           | 56 |
| 一、呼吸链的组成及作用机理·····             | 56 |
| 二、体内重要的呼吸链·····                | 58 |
| 三、线粒体外 NADH 的氧化·····           | 60 |
| 第三节 生物氧化中能量的生成与转变·····         | 61 |
| 一、键能与高能化合物·····                | 61 |
| 二、三磷酸腺苷的生成及调节·····             | 61 |
| 三、能量的转移和利用·····                | 63 |
| 第六章 糖代谢                        |    |
| 第一节 糖的消化和吸收·····               | 65 |
| 一、糖的消化·····                    | 65 |
| 二、糖的吸收·····                    | 65 |
| 第二节 糖的分解代谢·····                | 66 |
| 一、糖的无氧酵解·····                  | 66 |
| 二、糖的有氧氧化·····                  | 69 |
| 三、磷酸戊糖途径·····                  | 75 |
| 第三节 糖原的合成与分解·····              | 76 |
| 一、糖原的合成·····                   | 77 |
| 二、糖原的分解·····                   | 78 |
| 三、糖原合成与分解的生理意义·····            | 79 |
| 四、糖原分解与合成的调节·····              | 79 |
| 第四节 糖异生作用·····                 | 81 |
| 一、糖异生途径·····                   | 81 |
| 二、糖异生作用的生理意义·····              | 82 |
| 三、糖异生作用的调节·····                | 82 |
| 第五节 血糖·····                    | 83 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 一、血糖浓度             | 83  |
| 二、血糖的来源与去路         | 83  |
| 三、血糖浓度的调节          | 84  |
| 四、糖耐量              | 85  |
| 第六节 糖代谢紊乱          | 86  |
| 一、低血糖              | 86  |
| 二、高血糖              | 86  |
| 三、糖尿病              | 87  |
| <b>第七章 脂类代谢</b>    |     |
| 第一节 脂类的分布和生理功用     | 89  |
| 一、脂肪的分布和生理功用       | 89  |
| 二、类脂的分布和生理功用       | 89  |
| 第二节 脂类的消化和吸收       | 89  |
| 第三节 血脂             | 90  |
| 一、血脂的种类和含量         | 90  |
| 二、血浆脂蛋白            | 91  |
| 第四节 脂肪的中间代谢        | 95  |
| 一、脂肪的动员            | 95  |
| 二、甘油的代谢            | 95  |
| 三、脂肪酸的氧化           | 96  |
| 四、酮体的生成和利用         | 98  |
| 五、脂肪的合成代谢          | 100 |
| 第五节 磷脂代谢           | 103 |
| 一、卵磷脂和脑磷脂的合成       | 104 |
| 二、甘油磷脂的分解          | 104 |
| 第六节 胆固醇的代谢         | 104 |
| 一、胆固醇的来源           | 104 |
| 二、胆固醇的转变与排泄        | 106 |
| <b>第八章 氨基酸的代谢</b>  |     |
| 第一节 氨基酸的生理功用及代谢概况  | 109 |
| 一、氨基酸的生理功用         | 109 |
| 二、氨基酸的代谢概况         | 109 |
| 第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败作用 | 110 |
| 一、蛋白质的消化           | 110 |
| 二、氨基酸的吸收作用         | 111 |
| 三、大肠中氨基酸的腐败        | 111 |
| 第三节 氨基酸的一般代谢       | 112 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 一、氨基酸的脱氨基作用 .....               | 112 |
| 二、氨的代谢 .....                    | 115 |
| 三、 $\alpha$ -酮酸的代谢 .....        | 117 |
| 四、氨基酸的脱羧基作用 .....               | 117 |
| 第四节 个别氨基酸的代谢 .....              | 119 |
| 一、一碳单位的代谢 .....                 | 119 |
| 二、含硫氨基酸的代谢 .....                | 121 |
| 三、苯丙氨酸与酪氨酸代谢 .....              | 123 |
| <b>第九章 核苷酸代谢</b> .....          |     |
| 第一节 核苷酸的生理功能和核酸的消化与吸收 .....     | 126 |
| 一、核苷酸的生理功能 .....                | 126 |
| 二、核酸的消化与吸收 .....                | 126 |
| 第二节 嘌呤核苷酸的代谢 .....              | 127 |
| 一、嘌呤核苷酸的合成代谢 .....              | 127 |
| 二、嘌呤核苷酸的分解代谢 .....              | 130 |
| 第三节 嘧啶核苷酸的代谢 .....              | 131 |
| 一、嘧啶核苷酸的合成代谢 .....              | 131 |
| 二、嘧啶核苷酸的分解代谢 .....              | 134 |
| 第四节 核苷酸的抗代谢物 .....              | 134 |
| <b>第十章 物质代谢的联系与调节</b> .....     |     |
| 第一节 物质代谢的相互联系 .....             | 138 |
| 一、蛋白质与糖代谢及核酸的相互联系 .....         | 138 |
| 二、蛋白质与脂类代谢的相互联系 .....           | 138 |
| 三、糖与脂类代谢的相互联系 .....             | 139 |
| 第二节 物质代谢的调节 .....               | 140 |
| 一、细胞内酶的调节 .....                 | 140 |
| 二、激素对代谢调节作用的机理 .....            | 145 |
| 三、物质代谢的整体调节 .....               | 148 |
| <b>第十一章 复制——DNA 的生物合成</b> ..... |     |
| 第一节 DNA 的复制 .....               | 151 |
| 一、复制方式——半保留复制 .....             | 151 |
| 二、参与 DNA 复制的酶类 .....            | 152 |
| 三、DNA 的复制过程 .....               | 153 |
| 第二节 DNA 的损伤与修复 .....            | 154 |
| 一、DNA 的损伤 .....                 | 154 |
| 二、DNA 损伤的修复 .....               | 155 |
| 第三节 逆转录 .....                   | 155 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第四节 基因工程.....            | 156 |
| 一、基因工程的概念 .....          | 156 |
| 二、基因工程的基本过程 .....        | 156 |
| 第十二章 转录——RNA 的生物合成       |     |
| 第一节 转录体系.....            | 160 |
| 一、RNA 聚合酶.....           | 160 |
| 二、转录的原料与模板 .....         | 160 |
| 第二节 转录过程.....            | 161 |
| 一、转录的起始 .....            | 161 |
| 二、转录的延长 .....            | 162 |
| 三、转录的终止 .....            | 162 |
| 第三节 转录后的加工修饰.....        | 163 |
| 一、mRNA 的加工 .....         | 163 |
| 二、tRNA 的加工 .....         | 163 |
| 三、rRNA 的加工 .....         | 164 |
| 第十三章 蛋白质的生物合成            |     |
| 第一节 蛋白质生物合成体系.....       | 165 |
| 一、mRNA——遗传密码的携带者 .....   | 165 |
| 二、tRNA——氨基酸的搬运工具 .....   | 167 |
| 三、核蛋白体——肽链合成的“装配机” ..... | 167 |
| 四、其他组份 .....             | 167 |
| 第二节 蛋白质生物合成过程.....       | 168 |
| 一、氨基酸的活化与转运 .....        | 168 |
| 二、核蛋白体循环 .....           | 169 |
| 三、翻译后的加工 .....           | 171 |
| 第三节 蛋白质合成的调节.....        | 173 |
| 一、转录水平的调节 .....          | 173 |
| 二、翻译水平的调节 .....          | 174 |
| 三、细胞水平的调节 .....          | 175 |
| 第四节 蛋白质生物合成与医学的关系.....   | 175 |
| 一、分子病 .....              | 175 |
| 二、抗生素对蛋白质合成的影响 .....     | 176 |
| 第十四章 肝胆生化                |     |
| 第一节 肝脏在物质代谢中的作用.....     | 177 |
| 一、肝脏在维生素代谢中的作用 .....     | 177 |
| 二、肝脏在激素代谢中的作用 .....      | 177 |
| 三、肝脏在糖代谢中的作用 .....       | 178 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 四、肝脏在脂类代谢中的作用 .....         | 178 |
| 五、肝脏在蛋白质代谢中的作用 .....        | 178 |
| 第二节 胆汁酸的代谢 .....            | 179 |
| 一、胆汁酸的理化性质及生理功用 .....       | 179 |
| 二、初级胆汁酸的生物合成 .....          | 180 |
| 三、次级胆汁酸的生物合成及胆汁酸的肠肝循环 ..... | 180 |
| 第三节 肝脏的生物转化作用 .....         | 181 |
| 一、生物转化概念及生物学意义 .....        | 181 |
| 二、生物转化作用的二相反应 .....         | 182 |
| 三、生物转化反应的特点 .....           | 185 |
| 四、影响生物转化的因素 .....           | 186 |
| 第四节 胆色素代谢 .....             | 186 |
| 一、胆红素的来源及生成过程 .....         | 186 |
| 二、胆红素的运输 .....              | 186 |
| 三、胆红素在肝内的转化 .....           | 186 |
| 四、胆红素在肠道中的转变及胆素原的肠肝循环 ..... | 188 |
| 五、肾脏对胆红素的排泄 .....           | 189 |
| 六、血清胆红素与黄疸 .....            | 189 |
| 第五节 肝功能检查 .....             | 190 |
| 一、蛋白质代谢功能试验 .....           | 190 |
| 二、血清中某些酶活性的检查 .....         | 191 |
| 三、脂类代谢的功能检查 .....           | 191 |
| 四、生物转化和排泄功能试验 .....         | 191 |
| 五、胆色素代谢试验 .....             | 191 |
| 六、肝脏病的免疫学检查试验 .....         | 191 |
| <b>第十五章 血液生化</b>            |     |
| 第一节 血液的化学成分 .....           | 193 |
| 一、血浆蛋白质 .....               | 195 |
| 二、非蛋白含氮物质 .....             | 198 |
| 第二节 红细胞代谢 .....             | 199 |
| 一、成熟红细胞的代谢特点 .....          | 200 |
| 二、血红蛋白的生物合成 .....           | 202 |
| 第三节 铁的代谢 .....              | 204 |
| 一、铁的来源 .....                | 204 |
| 二、铁的吸收 .....                | 205 |
| 三、铁的运输和贮存 .....             | 205 |
| 四、铁的排泄 .....                | 205 |
| <b>第十六章 钙磷代谢与骨</b>          |     |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 第一节 钙磷代谢.....                                           | 207 |
| 一、钙磷的生理功用 .....                                         | 207 |
| 二、钙磷的吸收与排泄 .....                                        | 207 |
| 三、血钙与血磷 .....                                           | 208 |
| 第二节 骨代谢.....                                            | 209 |
| 一、骨的化学组成 .....                                          | 209 |
| 二、成骨作用 .....                                            | 209 |
| 三、溶骨作用 .....                                            | 210 |
| 第三节 钙磷代谢的调节.....                                        | 210 |
| 一、甲状旁腺素(PTH)的调节 .....                                   | 210 |
| 二、1,25-(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub> (活性维生素 D) ..... | 211 |
| 三、降钙素(CT) .....                                         | 213 |
| 第四节 钙磷代谢紊乱.....                                         | 214 |
| <b>第十七章 营养生化基础</b>                                      |     |
| 第一节 营养和营养需要.....                                        | 217 |
| 一、营养和营养素 .....                                          | 217 |
| 二、能量需要 .....                                            | 218 |
| 三、人体对能量的需要和供给标准 .....                                   | 220 |
| 第二节 各种营养素的生物化学功能.....                                   | 221 |
| 一、糖类 .....                                              | 221 |
| 二、脂肪和必需脂肪酸 .....                                        | 221 |
| 三、蛋白质 .....                                             | 222 |
| 四、无机盐和微量元素 .....                                        | 223 |
| 五、维生素与营养 .....                                          | 224 |

# 第一章 蛋白质化学

蛋白质(protein)由氨基酸组成,是生物体内含量最多的高分子化合物,约占干重的45%,人体内所含蛋白质种类达十万种以上。蛋白质功能多样,不仅是构成组织细胞的重要组成成分、氧化供能,还能完成多种生理功能,如:催化体内各种化学反应进行的酶、调节物质代谢的激素、运输氧的血红蛋白、保证人体活动的肌肉、起免疫作用的抗体等均是蛋白质。此外,有关蛋白质结构与功能的研究,为探索生命的基本规律提供大量资料;对防治某些疾病也有许多的启示。上述事实,说明蛋白质在生物体中是十分重要的,因而说蛋白质是生命的物质基础。

## 第一节 蛋白质的分子组成

### 一、蛋白质的元素组成

蛋白质经元素分析,其分子中均含有碳、氢、氧、氮四种元素。大多数蛋白质含有硫、磷,少数还含有铁、铜、锌、锰、钴和碘等。生物界中蛋白质种类繁多,但各种蛋白质含氮量比较接近,约为16%。即在任何样品中,每含1克氮相当于含6.25克蛋白质,因此,只要测得样品中氮的含量,就可以按下式计算出蛋白质的含量。

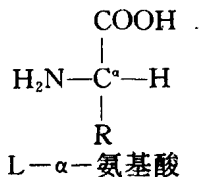
样品含氮量(克) $\times 6.25$  = 样品中蛋白质含量(克)

### 二、蛋白质的组成单位——氨基酸

用酸、碱或酶水解蛋白质,最终产物为氨基酸(amino acid),所以氨基酸是蛋白质组成的基本单位。

#### (一)氨基酸的结构

组成蛋白质的氨基酸,除脯氨酸外,其结构上有共同的特点,即与羧基相邻的 $\alpha$ -碳原子上都有一个氨基,因此称为 $\alpha$ -氨基酸。不同侧链用R表示,其结构的通式如下:



除甘氨酸外,所有 $\alpha$ -氨基酸中的 $\alpha$ -碳原子均为手性碳原子( $\text{C}^*$ ),故有D构型与L构型。天然界的氨基酸几乎都属于L构型,但也有D构型氨基酸的存在。

#### (二)氨基酸的分类

组成蛋白质的氨基酸有20种,根据侧链R基的结构不同,将氨基酸分成四类(见表1

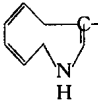
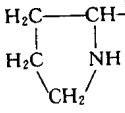
\* 连有四个不同基团的碳原子称为手性碳原子,以 $\text{C}^*$ 表示。

-1)。

表 1-1 组成蛋白质的氨基酸

| 分类      | 氨基酸名称    | 简写符号                                                                                | 结 构 式                                                                                                                                                     |                                                                                   | 等电点<br>(pI) |
|---------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|         |          |                                                                                     | 侧 链 R 基 团                                                                                                                                                 | 共同部分                                                                              |             |
| 酸性氨基酸   | 1. 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        |
|         | 2. 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        |
| 碱性氨基酸   | 3. 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        |
|         | 4. 精氨酸   | 精, Arg, R                                                                           | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\   \\ \text{NH} \end{array}$                               | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \end{array}$        | 10.67       |
|         | 5. 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        |
| 极性中性氨基酸 | 6. 甘氨酸   | 甘, Gly, G                                                                           |                                                                                                                                                           | $\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | 5.97        |
|         | 7. 丝氨酸   | 丝, Ser, S                                                                           | $\text{HO}-\text{CH}_2-$                                                                                                                                  | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.68        |
|         | 8. 苏氨酸   | 苏, Thr, T,                                                                          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\   \\ \text{OH} \end{array}$                                                                                   | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.60        |
|         | 9. 酪氨酸   | 酪, Tyr, Y                                                                           | $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$                                                                                                             | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.66        |
|         | 10. 半胱氨酸 | 半, Cys, C                                                                           | $\text{HS}-\text{CH}_2-$                                                                                                                                  | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.07        |
|         | 11. 天冬酰胺 | $\left\{ \begin{array}{l} \text{天, Asn, N} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array} \right.$ | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{O} \end{array}$                                                                  | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.41        |
|         | 12. 谷氨酰胺 | $\left\{ \begin{array}{l} \text{谷, Gln, Q} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array} \right.$ | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\   \\ \text{O} \end{array}$                                                      | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$          | 5.65        |

24-38-13

| 分类           | 氨基酸名称    | 简写符号      | 结 构 式                                                                               |                                                                                      | 等电点<br>(pI) |
|--------------|----------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|              |          |           | 侧 链 R 基 团                                                                           | 共同部分                                                                                 |             |
| 非极性<br>中性氨基酸 | 13. 丙氨酸  | 丙, Ala, A | $\text{CH}_3$                                                                       | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$             | 6.02        |
|              | 14. 缬氨酸  | 缬, Val, V | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$            | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$             | 5.96        |
|              | 15. 亮氨酸  | 亮, Leu, L | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$            | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$             | 5.98        |
|              | 16. 异亮氨酸 | 异, Ile, I | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$            | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$             | 6.02        |
|              | 17. 苯丙氨酸 | 苯, Phe, F |    | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | 5.48        |
|              | 18. 色氨酸  | 色, Trp, W |  | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | 5.89        |
|              | 19. 蛋氨酸  | 蛋, Met, M | $\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$                                     | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$             | 5.74        |
|              | 20. 脯氨酸  | 脯, Pro, P |  | $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \end{array}$                                 | 6.30        |

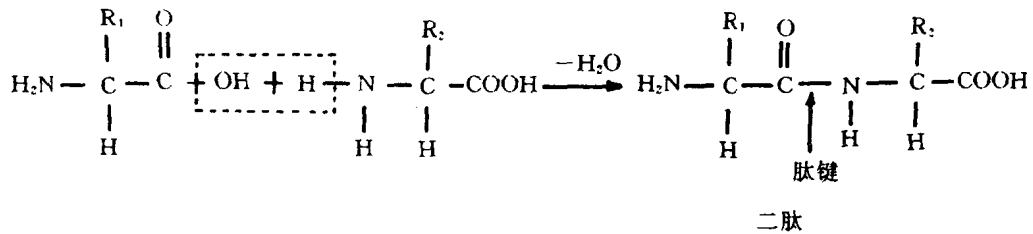
1. 酸性氨基酸:侧链含有羧基,有谷氨酸、天门冬氨酸。

2. 碱性氨基酸：侧链含有氨基、胍基、咪唑基等碱性基团，如赖氨酸、精氨酸、组氨酸。
3. 极性中性氨基酸：共七种（表中 6—12），其中含羟基的氨基酸有丝氨酸、苏氨酸；含巯基的氨基酸有半胱氨酸；含酰胺基的有天门冬酰胺和谷氨酰胺。
4. 非极性中性氨基酸：共有八种（表中 13—20），侧链 R 基为中性疏水性基团。它们在水中的溶解度较小。

应指出所谓含硫氨基酸包括半胱氨酸、蛋氨酸和胱氨酸（由半胱氨酸合成）。

## 第二节 肽的结构

氨基酸脱水缩合生成的化合物称为肽。



由两个氨基酸组成的肽称为二肽，由三个氨基酸组成的肽称为三肽，以此类推。由多个氨基酸组成的肽称为多肽。因为多肽成链状，故称为多肽链。

### 一、肽键

一个氨基酸的羧基与另一氨基酸的氨基脱水形成的键就是肽键，肽键本身虽然是单键但它具有双键的性质。表现为：

（一）肽键中 C—N 的键长比一般的 C—N 单键短。

（二）肽键不能旋转， $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{N}- \\ | \\ \text{H} \end{array}$  中的四个原子以及与其相连的  $\alpha$ -碳原子均都在同一平面上，此平面称为肽键平面（图 1-1）。与  $\alpha$ -碳原子相连的键是单键，能自由旋转，因此可使肽键平面处于不同位置，形成不同的构象。

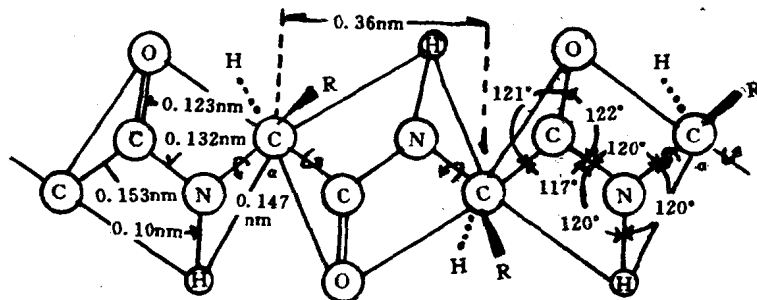


图 1-1 肽键平面示意图

### 二、肽链

多个氨基酸以肽键相连形成的长链为多肽链。结合在多肽链中的氨基酸称为氨基酸