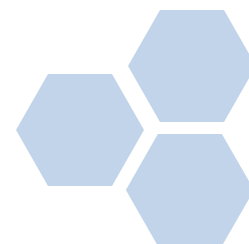




有机化学

健康管理学院 邓华明



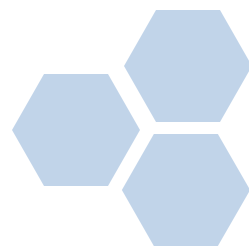


第十四章

天然产

学习目标

1. 了解氨基酸的分类和命名；
2. 掌握氨基酸的性质；
3. 理解肽和肽键；
4. 了解蛋白质的分类及结构，掌握蛋白质的性质；
5. 了解核酸的结构和生物功能；
6. 了解萜类和甾族化合物的分类及命名，了解重要的甾族化合物。



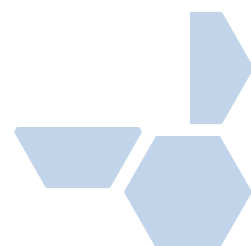
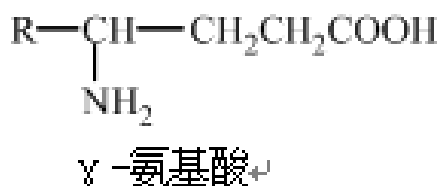
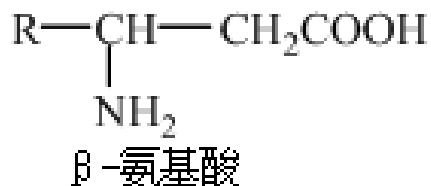
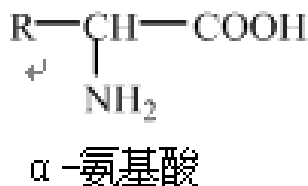


第一节 氨基酸

氨基酸是羧酸分子中碳链上的一个或几个氢原子被氨基取代后的生成物，分子中含有氨基和羧基两种官能团。自然界中的氨基酸主要以多肽或蛋白质的形式存在于动植物体内。

一、氨基酸的分类

根据氨基酸分子中氨基和羧基的相对位置可将其分为 α —氨基酸、 β —氨基酸和 γ —氨基酸。

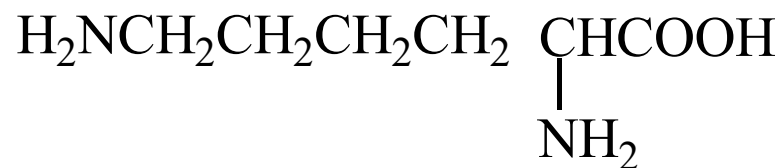




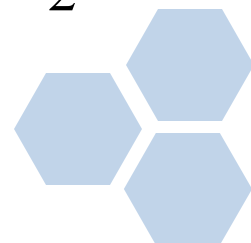
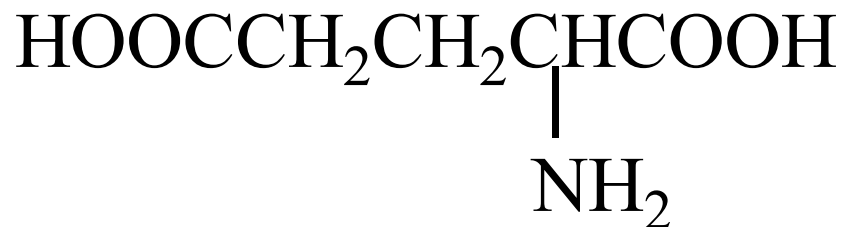
根据分子中氨基和羧基的数目可将氨基酸分为：

中性氨基酸：分子中氨基和羧基的数目相等。 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$

碱性氨基酸：分子中氨基数目多于羧基的数目。



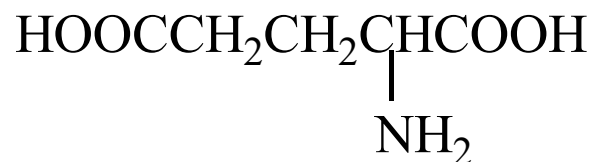
酸性氨基酸：分子中羧基的数目多于氨基的数目。





二、氨基酸的命名

按照系统命名法命名氨基酸，是以羧酸为母体，以氨基为取代基来命名。



α - 氨基戊二酸



β - 氨基丙酸

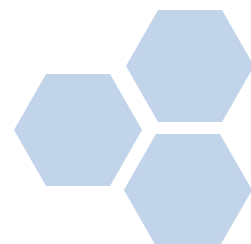
而 α - 氨基酸习惯上多按其来源或性质而称其俗名。

甘氨酸是因其具有甜味而得名；

天冬氨酸是因其源于天门冬植物而得名；

α - 氨基戊二酸俗名为谷氨酸；

β - 氨基丙酸俗名为丙氨酸。





三、氨基酸的性质

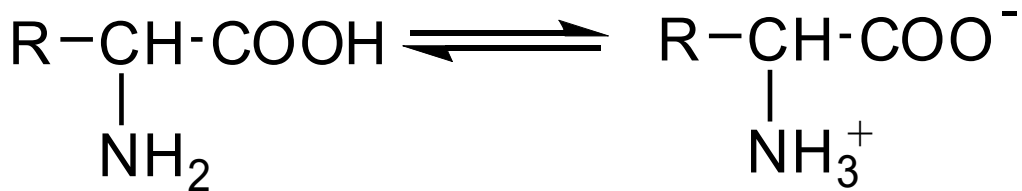
α —氨基酸都是无色结晶，易溶于水，难溶于乙醚、乙醚、苯等有机溶剂。熔点一般在 200°C 以上，较相应的胺或羧酸都高，熔融时都发生分解。

氨基酸分子中既有氨基又有羧基，因此具有胺和羧酸的性质。

（一）两性和等电点

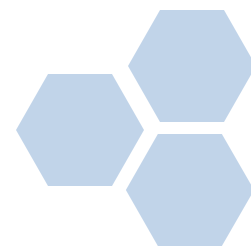
一般情况下，氨基酸的羧基或氨基不是以游离态存在的，而是两性电离，在固态或水溶液中以偶极离子的形式存在：





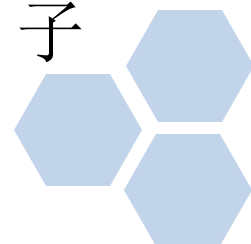
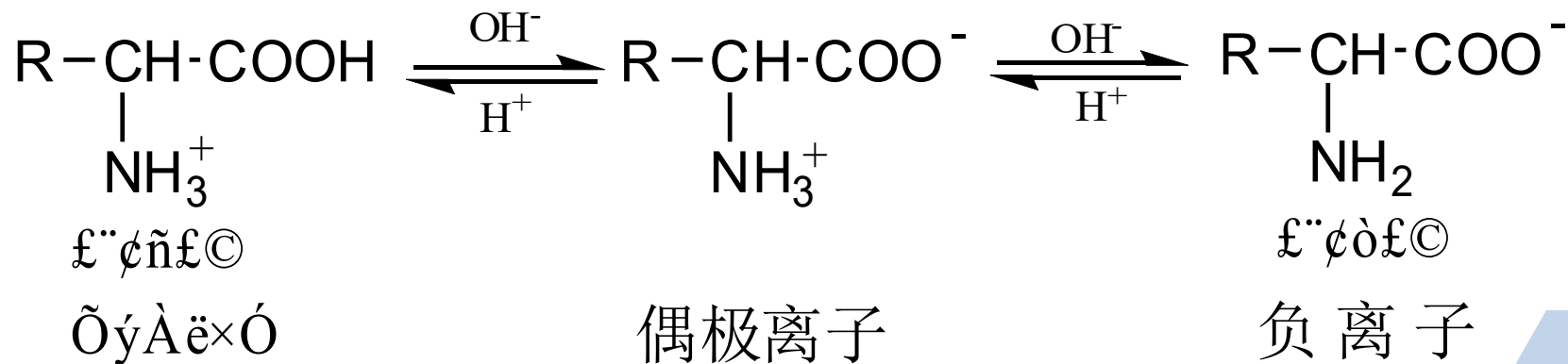
偶极离子

由于这种偶极离子是分子内氨基和羧基相互作用的结果，故又称内盐。这使得氨基酸具有盐的理化性质，如：熔点高，不易挥发等。





在水溶液中，氨基酸的偶极离子既可以作为酸与 OH^- 作用成为负离子，又可作为碱与 H^+ 作用成为正离子，这三种离子在水溶液中同时存在，并形成平衡体系。在水溶液中，氨基酸的偶极离子既可以作为酸与 OH^- 作用成为负离子，又可作为碱与 H^+ 作用成为正离子，这三种离子在水溶液中同时存在，并形成平衡体系。





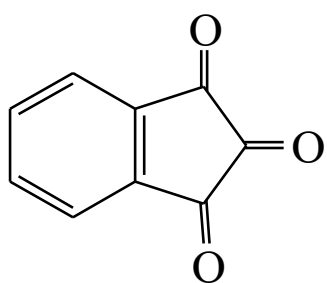
氨基酸在强酸性溶液中以正离子存在，在强碱性溶液中以负离子存在。当溶液调节至一定的 pH 时，氨基酸可以偶极离子的形式存在，将此溶液置于电场中，氨基酸不向电场的任何一极移动，即处于电中性状态，这时溶液的 pH 称为氨基酸的等电点。通常以 pI 表示。



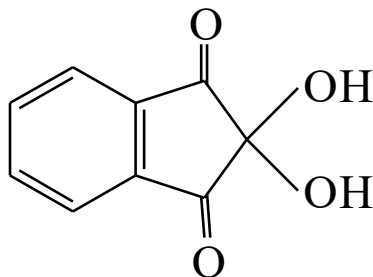
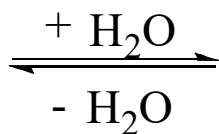


(二) 显色反应

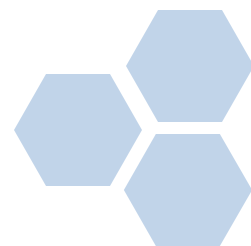
α -氨基酸与茛三酮的水合物作用，经过一系列反应后生成蓝紫色化合物，称为罗曼紫。

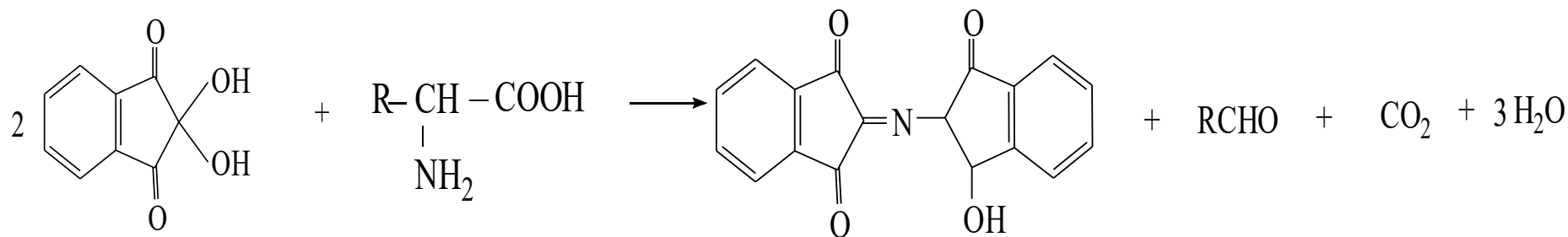


茛三酮

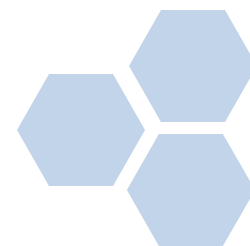


水合茛三酮





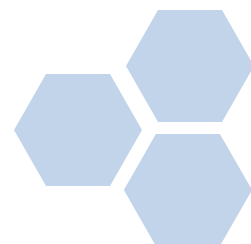
该反应非常灵敏，常用于 α -氨基酸的鉴别。电泳，纸层析及薄层层析分析氨基酸时，常用水合茚三酮作为显色剂。

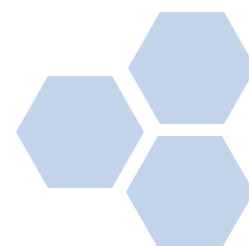
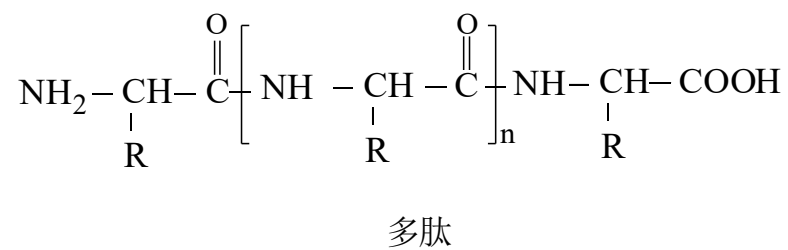
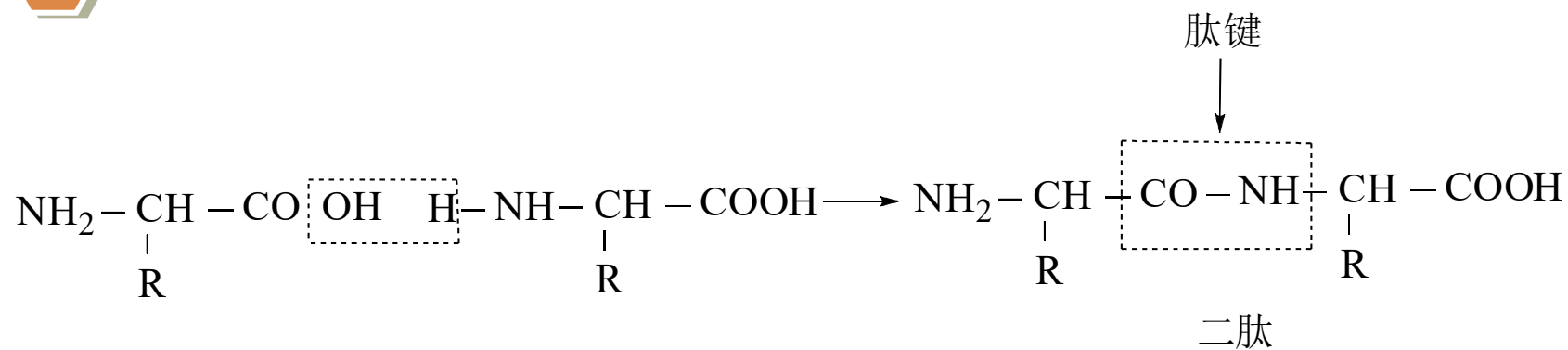




第二节 肽

一分子氨基酸中的羧基与另一分子氨基酸中的氨基发生分子间脱水缩合而成的化合物叫做肽。氨基酸分子间脱水后形成的酰胺键，称为肽键。由两分子氨基酸脱水生成的肽称为二肽；由三分子氨基酸脱水生成的肽称为三肽，以此类推，由多个氨基酸分子间脱水生成的肽称为多肽。







第三节 蛋白质

蛋白质和多肽一样，也是由氨基酸分子间以酰胺键相连形成的高分子聚合物。

一、蛋白质的分类

蛋白质组成元素主要是 **C**、**H**、**O**、**N** 四种，大多数含有 **S** 元素，有些还含有 **P**、**Fe**、**I** 等元素。因构成蛋白质的氨基酸数量和排列不同，所以蛋白质结构复杂，种类繁多。其分类方法主要有以下两种：





（一）根据蛋白质的形状分类

1. 球状蛋白质：

它们的多肽链自身扭曲折叠，外形接近球形或椭圆形，溶解性较好，能形成结晶，大多数蛋白质属于这一类。例如：酶、血红蛋白、蛋清蛋白等。

2. 纤维状蛋白质：

它们的多肽链扭在一起或平行排列，分子类似纤维或细棒。它又可分为可溶性纤维状蛋白质和不溶性纤维状蛋白质。例如：角蛋白、丝蛋白、骨胶蛋白等。





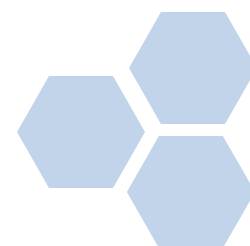
（二）根据蛋白质的化学组成分类

1. 单纯蛋白质：

这类蛋白质水解最终产物只有 α -氨基酸。如：蛋清蛋白、角蛋白等。

2. 结合蛋白质：

这类蛋白质由单纯蛋白质和非蛋白质（如：含铁化合物、脂肪等）两部分结合而成。非蛋白质部分又称为辅基。根据辅基的不同，又可将结合蛋白质分为：脂蛋白、糖蛋白、色蛋白、核蛋白、金属蛋白等。





二、蛋白质的结构

各种蛋白质的特殊功能和活性不仅取决于多肽链的氨基酸组成、数目及排列顺序，还与其特定的空间构象（立体形状）密切相关。常将蛋白质结构分为一级、二级、三级和四级，以表示不同层次的结构。

（一）一级结构

蛋白质的一级结构又称初级结构或基本结构，它是指蛋白质的多肽链中氨基酸的排列顺序。蛋白质分子中的氨基酸通过肽键连结成多肽链。

（二）二级结构

蛋白质的二级结构是指多肽链在空间的排列，或规则的几何走向、旋转及折叠。多肽链中一个酰胺键的羰基氧原子与另一酰胺键的氨基氢原子形成氢键，而绕成螺旋形，这是蛋白质的一种二级结构，叫做 α - 螺旋。另一种二级结构是 β - 折叠形，是由链间的氢键将肽链拉在一起，而形成折叠的“片”。



○ 氢原子

○ R-基（侧链）

● 碳原子



氮原子

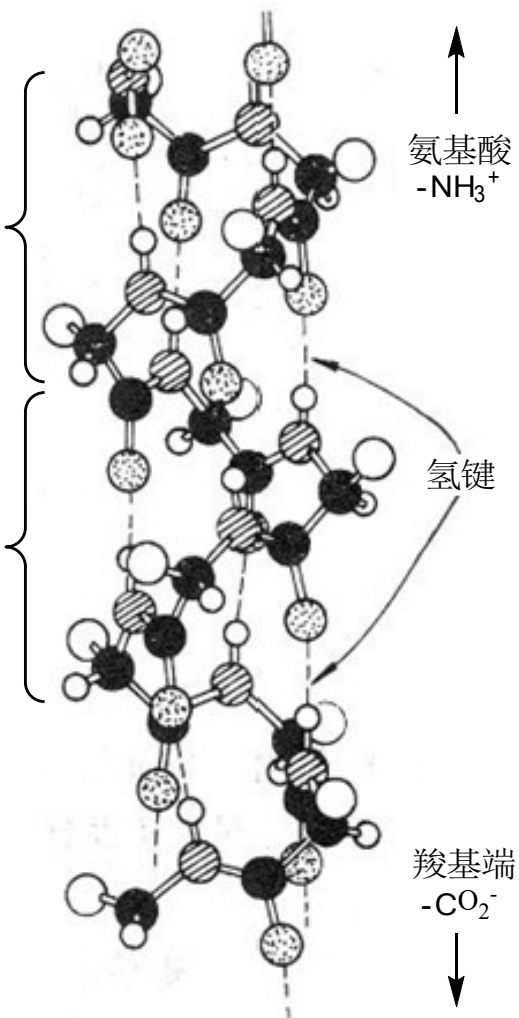


氧原子



第一周期
3.6个氨基酸

第二周期

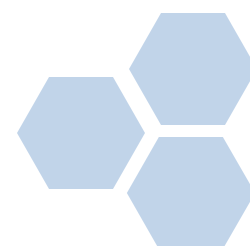
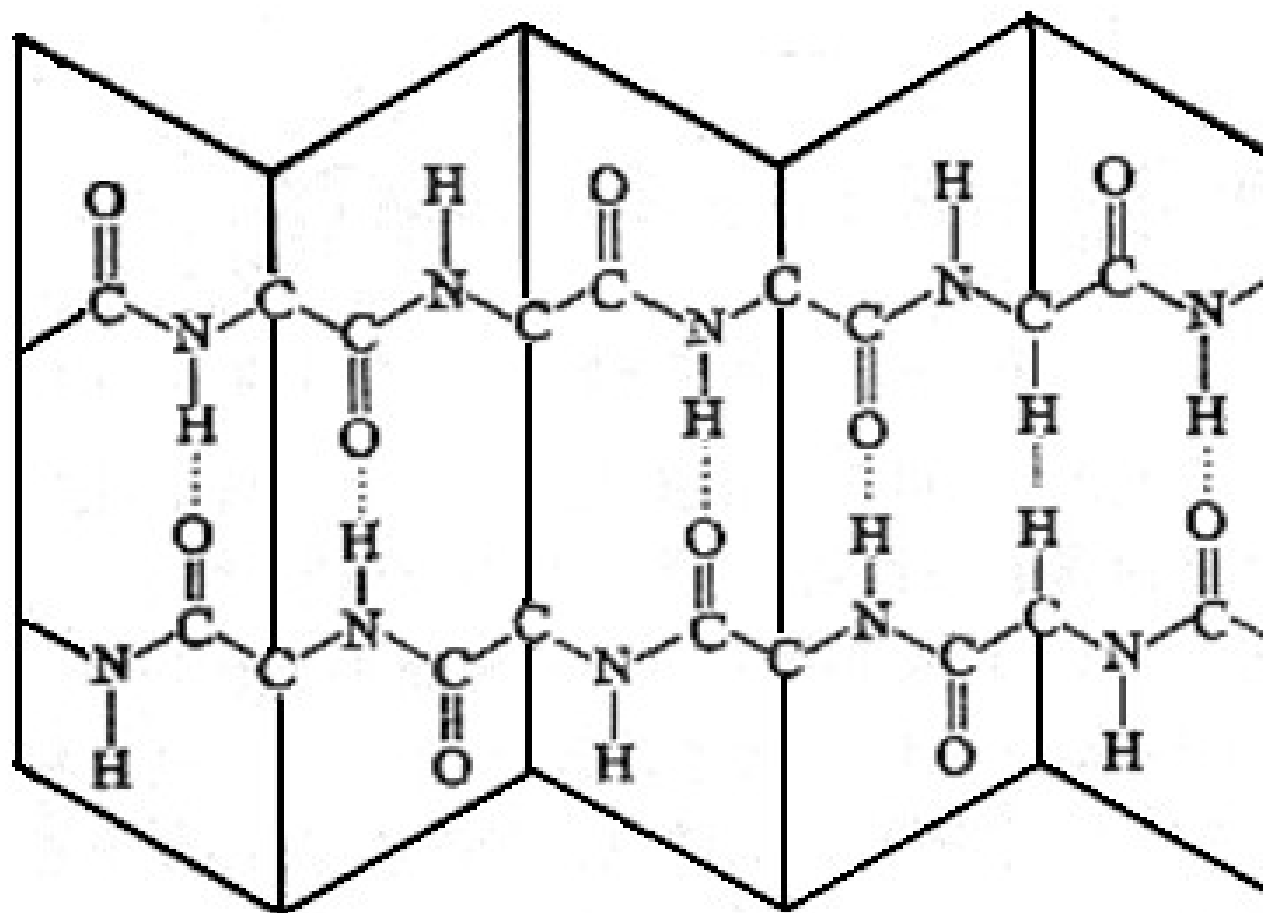


氨基酸
 $-\text{NH}_3^+$

氢键

羧基端
 $-\text{CO}_2^-$





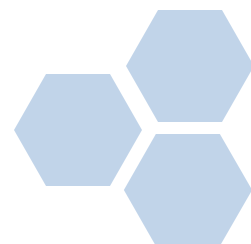


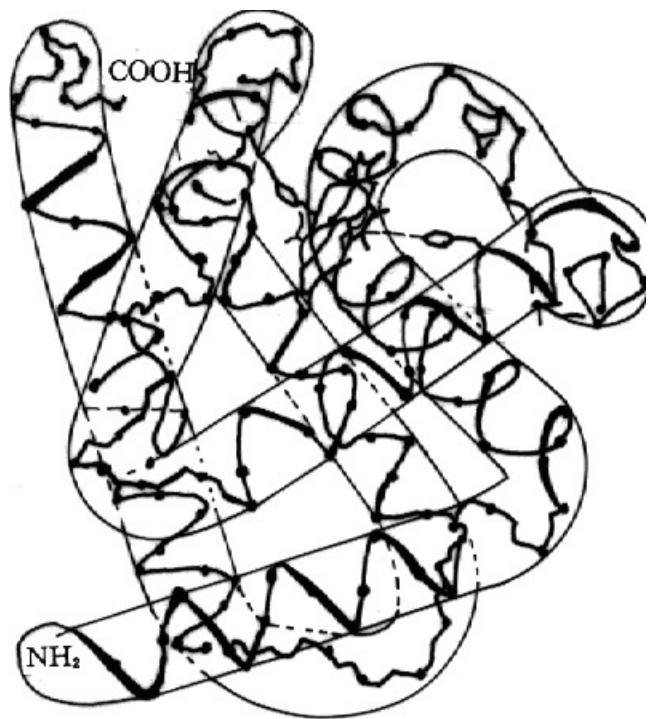
（三）三级结构

蛋白质的三级结构是指多肽链借助于各种副键（氢键、二硫键等）或肽链间的范德华力在空间进一步的折叠、卷曲、盘旋的形状。

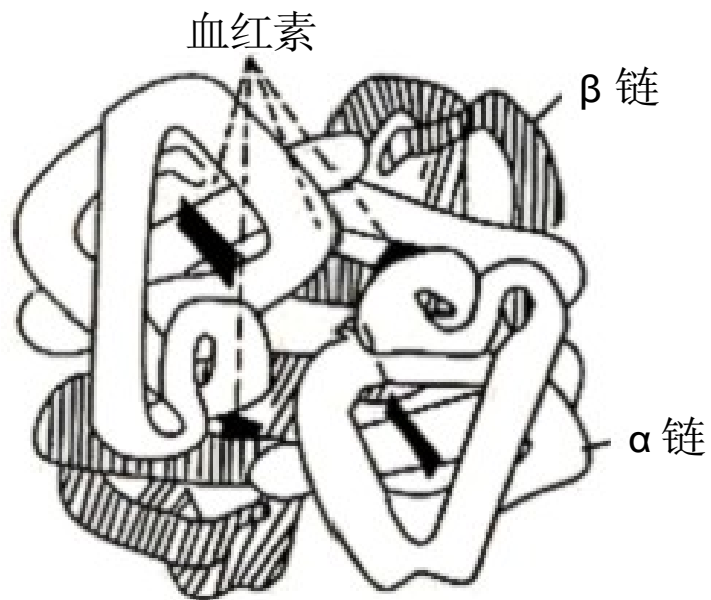
（四）四级结构

每一个具有三级结构的多肽链称为亚基。由几个亚基借助各种副键的作用而构成的一定空间形态，称为蛋白质的四级结构。

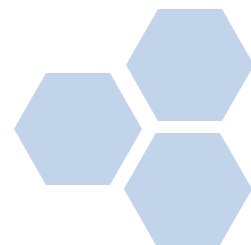




肌红蛋白的三级结构



血红蛋白的四级结构





三、蛋白质的性质

蛋白质分子中存在游离的氨基和羧基，因此具有类似氨基酸的理化性质，如两性和等电点等；同时蛋白质也是高分子化合物，还具有胶体和变性等特征。

（一）两性和等电

与氨基酸一样，蛋白质也是两性物质，能与酸或碱作用生成盐。在酸性溶液中，蛋白质带正电荷；在碱性溶液中，蛋白质带负电荷；调节溶液的 pH 至一定数值时，蛋白质所带正负电荷相等，净电荷为零，此时溶液的 pH 称为蛋白质的等电点。





（二）蛋白质的变性

蛋白质分子受到某些物理因素（如热、高压、紫外线、及 X 射线等）或化学因素（如强酸强碱、重金属盐、生物碱试剂等）影响时，可改变或破坏蛋白质分子空间结构，导致蛋白质丧失生物活性、溶解度降低、易被水解等理化性质的改变，统称为蛋白质的变性。

蛋白质是高分子化合物，相对分子质量大，其分子的直径一般为 **1—100nm**，属于胶体分散体系，因此蛋白质具有胶体溶液的特性，如布朗运动、丁达尔效应、不能透过半透膜、具有吸附性等。





(四) 蛋白质的沉淀

用物理或化学的方法破坏维持蛋白质溶液稳定的两种因素，则蛋白质分子就会发生凝聚，并从溶液沉淀析出，这种现象称为蛋白质的沉淀。利用蛋白质的沉淀可以分离不同蛋白质。蛋白质沉淀的方法主要有以下几种。

1．盐析

向蛋白质溶液中加入大量盐，如 NaCl 、 Na_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等，蛋白质会发生沉淀而析出，这种现象称盐析。

2．有机溶剂沉淀蛋白质

向蛋白质溶液中，加入乙醇、丙酮等极性较强的有机溶剂时，这些有机溶剂与水亲和力较大，也会破坏蛋白质颗粒的水化膜，使其沉淀析出。





3 . 重金属盐沉淀蛋白质

当蛋白质溶液 **pH** 高于等电点时，主要以阴离子的形式存在，向该蛋白质溶液中加入重金属离子（盐），如 **Hg²⁺**、**Pb²⁺** 等，可以与带负电荷的羧基阴离子结合，生成不溶性的盐而沉淀。

4 . 生物碱试剂或酸类沉淀蛋白质

当蛋白质溶液 **pH** 低于等电点时，主要以阳离子的形式存在，向该蛋白质溶液中加入生物碱试剂，如苦味酸；或加入某些酸类，如磺基水杨酸等，可以与带正电的蛋白质氨基阳离子结合，生成沉淀而析出。





5 . 蛋白质的显色反应

蛋白质分子虽大，但是性质活泼，能发生多种显色反应，这些反应可用来鉴别蛋白质。例如：

(1) 与水合茚三酮反应：和氨基酸一样显蓝紫色

(2) 缩二脲反应

蛋白质和缩二脲（ $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$ ）在 NaOH 溶液中加入 CuSO_4 稀溶液时会显红紫色

(3) 黄蛋白反应

含有苯环的蛋白质，如苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸，遇浓硝酸苯环发生了硝化反应，生成黄色的硝基化合物。





第四节 核酸

核酸是一种普遍存在于生物体内的具有复杂结构和重要功能的生物大分子。它是由许多核苷酸聚合而成的化合物，在生物体内负责生命信息的储存和传递，为生命的最基本物质之一。天然存在的核酸主要有两类，一类是脱氧核糖核酸（**DNA**），另一类是核糖核酸（**RNA**）。

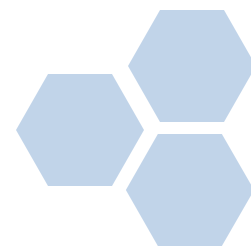
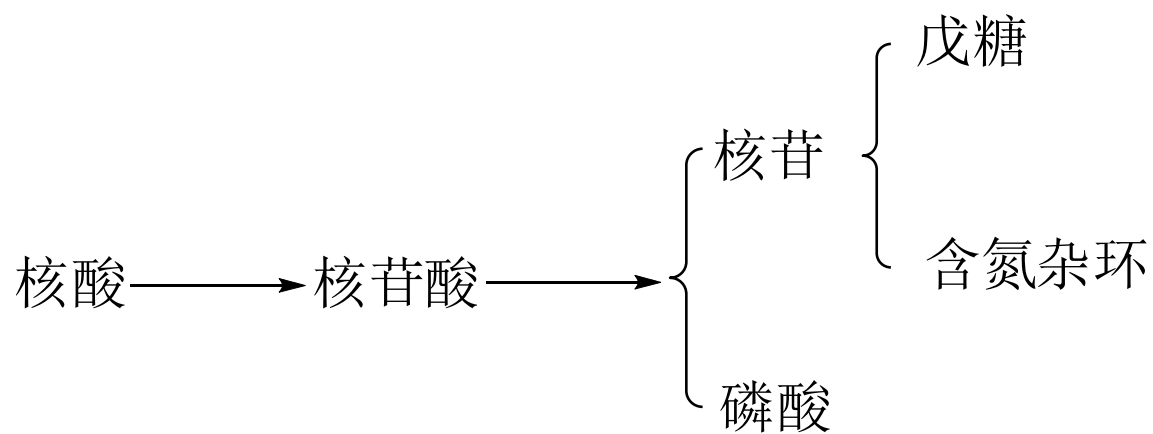
一、核酸的组成

核酸是一种多聚核苷酸，它的基本结构是核苷酸。核苷酸由核苷和磷酸组成，核苷由含氮杂环（称碱基）和戊糖组成。





核酸的水解过程为：





核糖核酸和脱氧核糖核酸组成成分

组成成分类别		DNA	RNA
碱基	嘌呤碱	腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)	腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)
	嘧啶碱	胞嘧啶 (C)、胸腺嘧啶 (T)	胞嘧啶 (C)、尿嘧啶 (U)
戊糖		D-2-脱氧核糖	D-核糖
酸		磷酸	磷酸



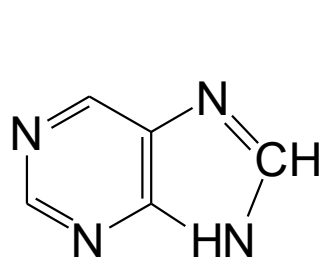


（一）碱基

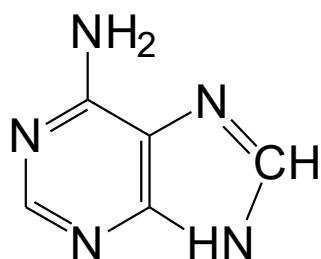
构成核苷酸的碱基分为嘌呤和嘧啶二类。

嘌呤碱主要指腺嘌呤和鸟嘌呤，它们都是嘌呤碱的衍生物。

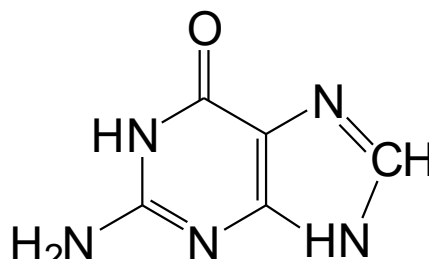
嘧啶碱主要指胞嘧啶、胸腺嘧啶和尿嘧啶，它们都是嘧啶碱的衍生物。胞嘧啶存在于 **DNA** 和 **RNA** 中，胸腺嘧啶只存在于 **DNA** 中，尿嘧啶则只存在于 **RNA** 中。



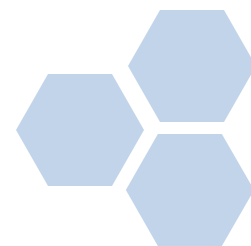
嘌呤

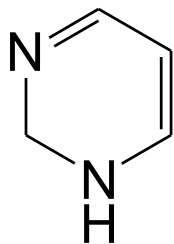


腺嘌呤

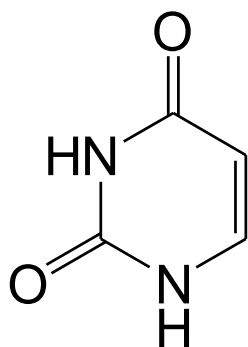


鸟嘌呤

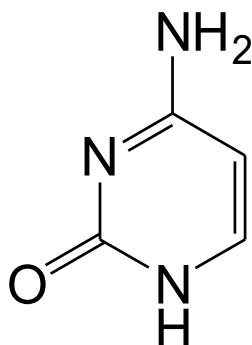




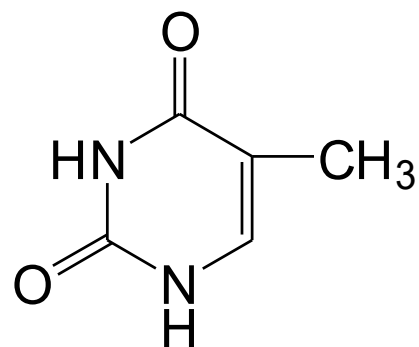
嘧啶



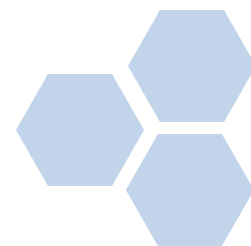
尿嘧啶



胞嘧啶



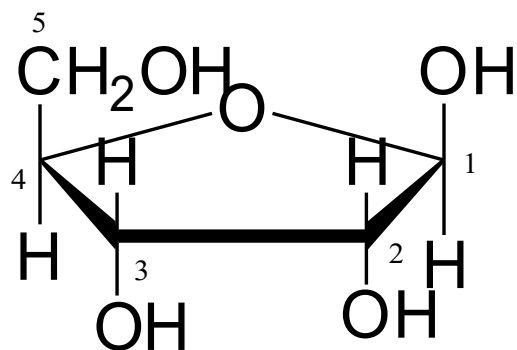
胸腺嘧啶



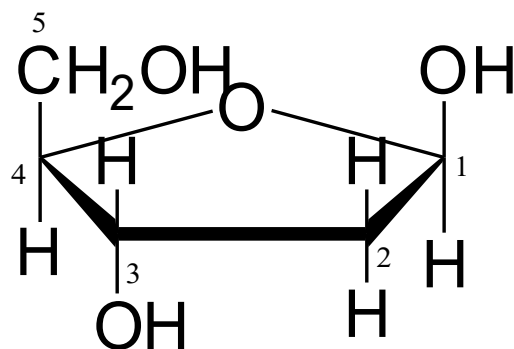


(二) 戊糖

核糖核酸（RNA）中的戊糖是 D—核糖，脱氧核糖核酸（DNA）中的戊糖是 D—2—脱氧核糖。D—核糖的 C 2 所连的羟基脱去氧就是 D—2—脱氧核糖。在两类核酸中，戊糖的构型都是 β 型，它们的结构如下所示：



β -D-核糖



β -D-2—脱氧核糖

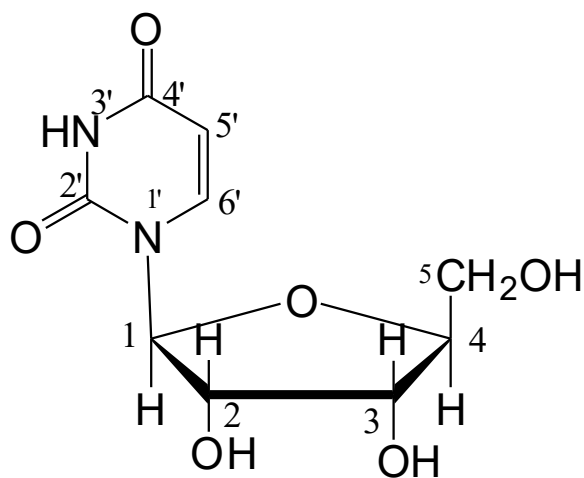




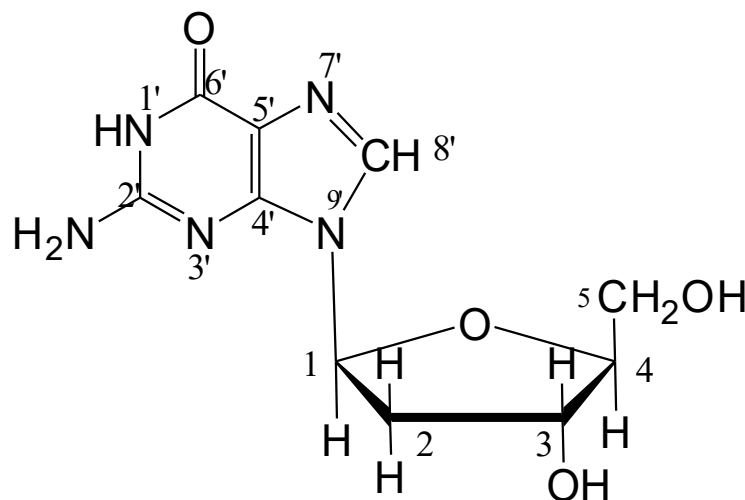
(三) 核苷

D-核糖或 D-2-脱氧核糖中的半缩醛羟基与碱基中氮原子上的氢脱水后，通过糖苷键连接组成的化合物称为核苷。

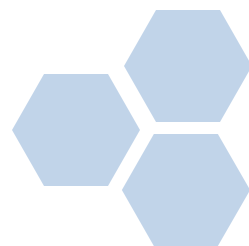
核苷是按其组成成分来命名的，分子内戊糖为核糖的称为核苷，分子内戊糖为脱氧核糖的称脱氧核苷。



尿嘧啶核苷



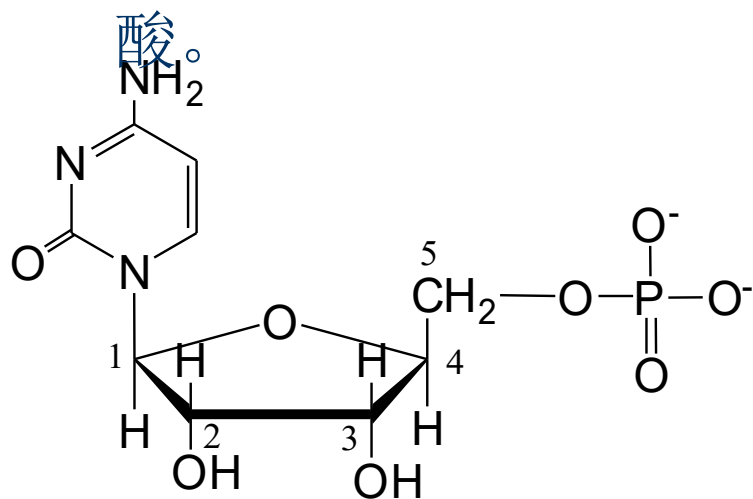
鸟嘌呤脱氧核苷



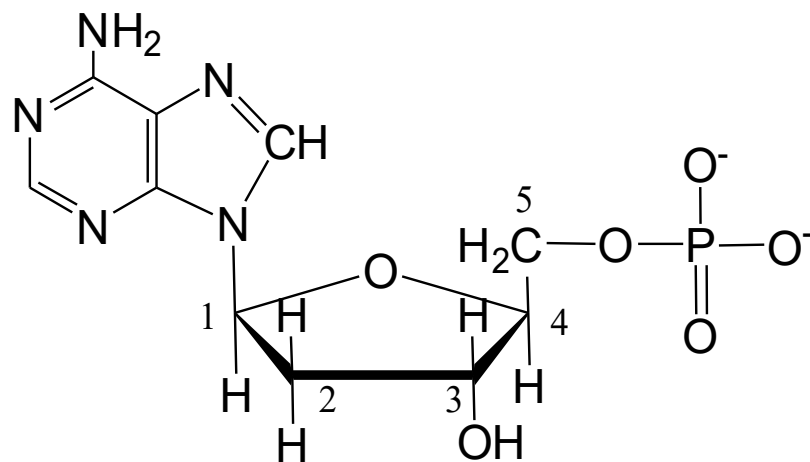


(四) 核苷酸

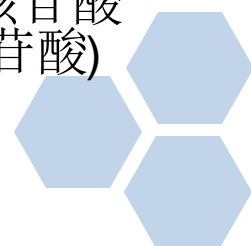
核苷和磷酸通过磷酸酯键连接而成核苷酸，所以核苷酸就是核苷的磷酸酯。根据分子中所含戊糖的不同，核苷酸分子中含有核糖的称为核苷酸，含有脱氧核糖的称为脱氧核苷



胞嘧啶核苷酸
(胞苷酸)



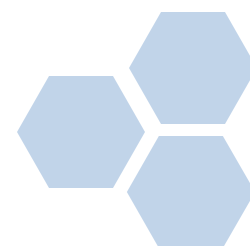
腺嘌呤脱氧核苷酸
(脱氧腺苷酸)

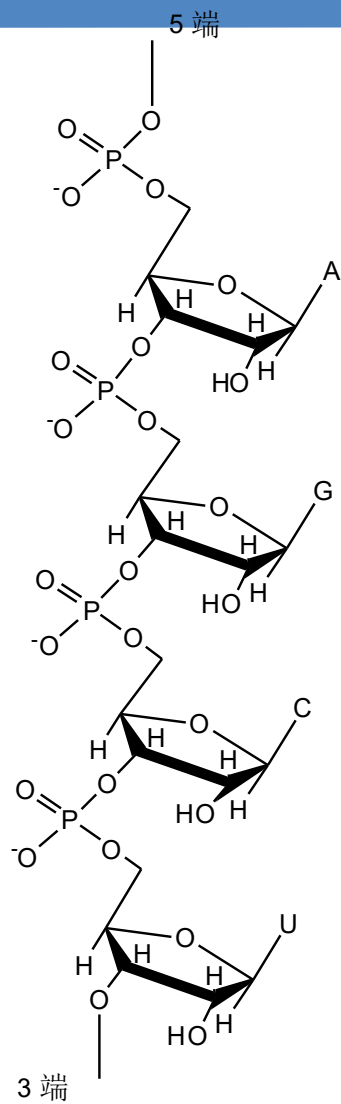




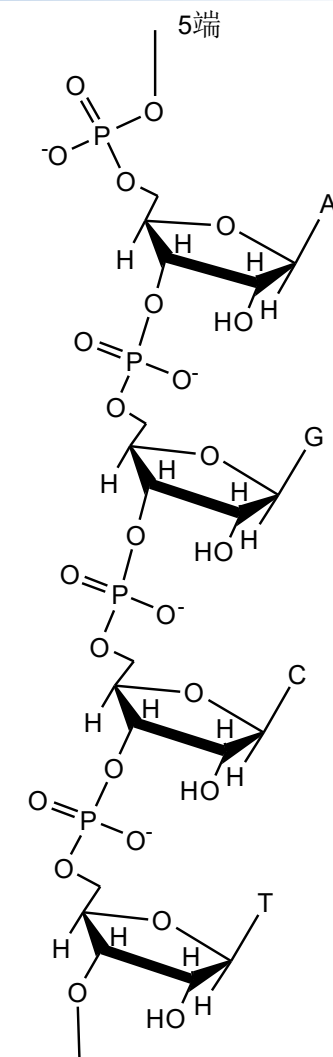
二、核酸的结构

在核酸分子中，含不同碱基的各种核苷酸的排列顺序就是核酸的一级结构，又称为核苷酸序列。由于核苷酸的差别主要是碱基的不同，所以又称为碱基序列。在核酸分子中，核苷酸单元通过磷酸酯键，在戊糖的 **C3** 位上联结而成没有支链的核酸大分子。

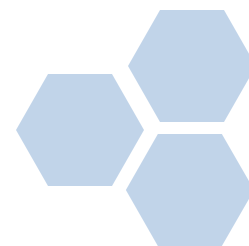




RNA



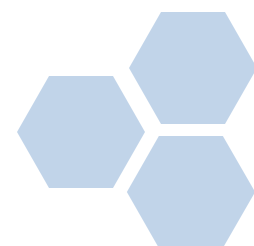
DNA

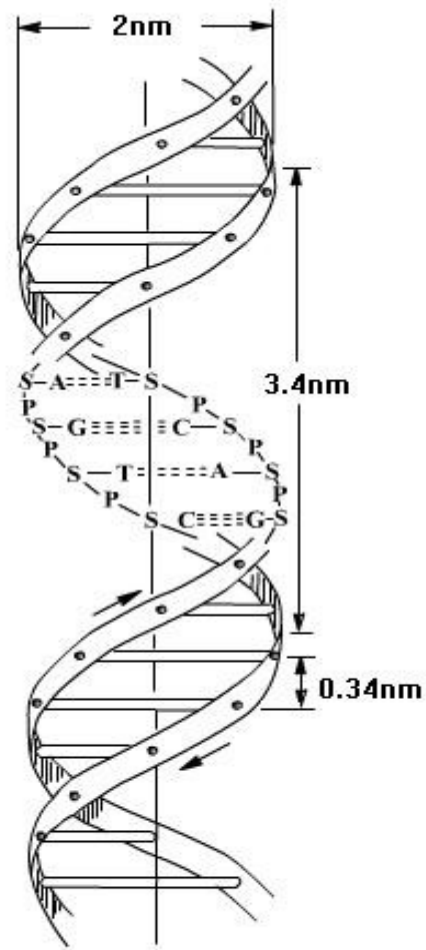




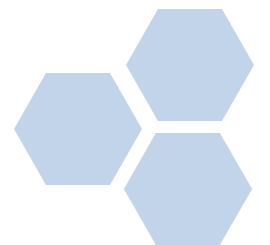
核酸的一级长链结构在空间也有一定的排列方式，且进一步盘绕成一定的形态，从而形成核酸的二级、三级结构。

物理方法的测定表明：**DNA** 具有双螺旋的二级结构。两条**DNA** 互补链沿着一个轴心以反平行走向，向右盘旋成双螺旋体。



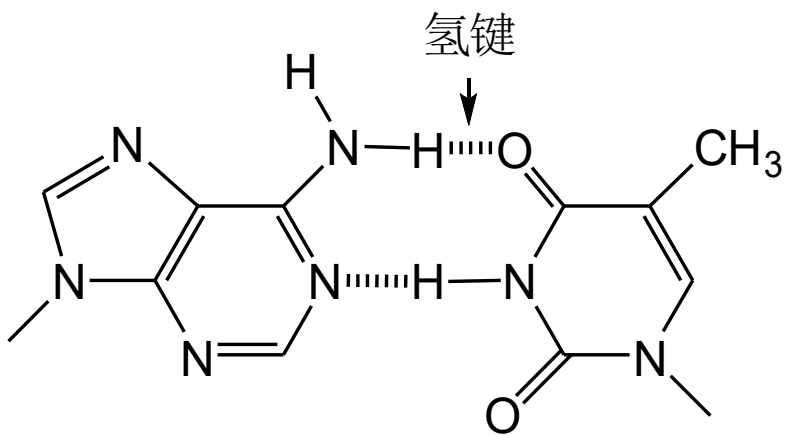


DNA 的双螺旋结构



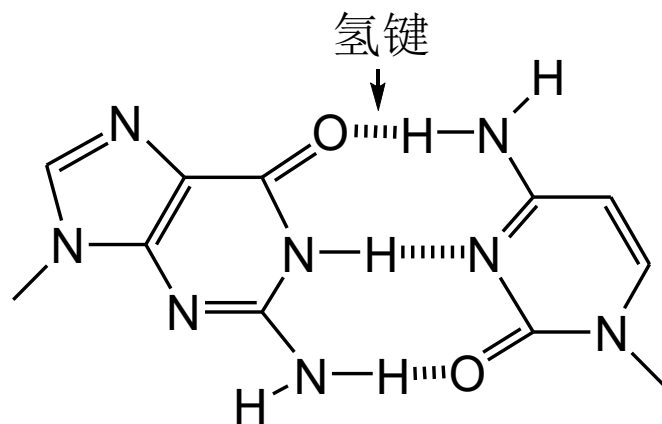


在双螺旋体中，两条 DNA 链依靠彼此碱基之间形成的氢键而结合在一起，根据碱基结构特征，只能形成嘌呤与嘧啶配对，即 A 与 T 相配对，形成 2 个氢键； G 与 C 相配对，形成 3 个氢键，因此 G 与 C 之间的连接较为稳定。



腺嘌呤-胸腺嘧啶键

A : : : : T



鸟嘌呤-胞嘧啶键

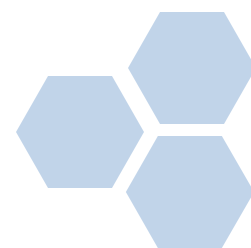
G : : : : C





三、核酸的功能

DNA 是储存、复制和传递遗传信息的主要物质基础，**RNA** 在蛋白质合成过程中起着重要作用，其中转移核糖核酸，简称 **tRNA**，起着携带和转移活化氨基酸的作用；信使核糖核酸，简称 **mRNA**，是合成蛋白质的模板；核糖体的核糖核酸，简称 **rRNA**，是细胞合成蛋白质的主要场所。核酸不仅是基本的遗传物质，而且在蛋白质的生物合成上也占重要位置，因而在生长、遗传、变异等一系列重大生命现象中起决定性的作用。



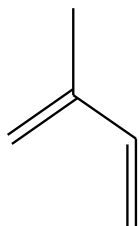


第五节 萜类和甾族化合物

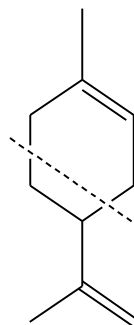
一、萜类化合物

(一) 萜类化合物的构成

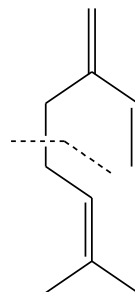
由两个或多个异戊二烯，按不同方式首尾相连而成的异戊二烯聚合体及其氢化物、含氧衍生物统称萜类化合物。



异戊二烯



月桂烯



柠檬烯





（二）萜类化合物的分类：

萜类化合物一般是根据分子中所含异戊二烯的个数进行分类。

类别	碳原子数目	异戊二烯单位数	存在形式
单萜	10	2	挥发油
倍半萜	15	3	挥发油
二萜	20	4	叶绿素、植物醇
二倍半萜	25	5	植物病菌、昆虫代谢物
三萜	30	6	皂甙、树脂
四萜	40	7	胡萝卜素
多萜	$5 \times n$	8	橡胶、硬橡胶

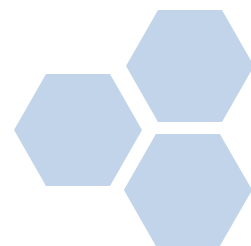
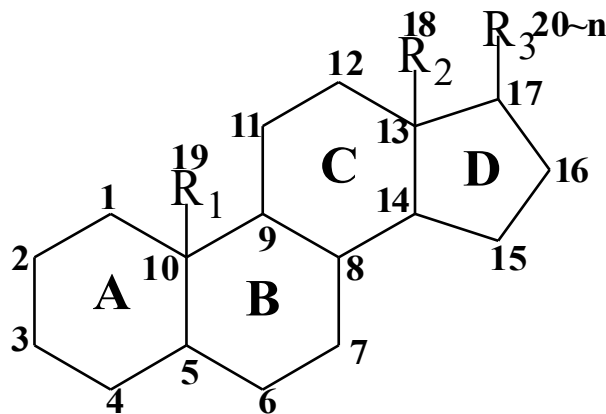
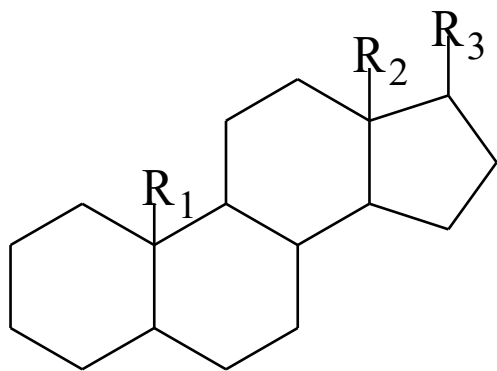




二、甾族化合物

甾族化合物广泛地存在于动植物组织内，并在动植物生命活动中起着重要作用，如：维生素、肾上腺皮质激素等。

(一) 甾族化合物的母体骨架是环戊烷多氢菲，如下图所示。甾是个化学造字，“田”表示A、B、C、D四个环，字头表示三个取代基。通常 R^1 、 R^2 是甲基，叫做角甲基。





甾族化合物的命名相当复杂，常用与其来源或生理作用有关的俗名表示。例如：胆甾醇又称胆固醇，是由于它是从胆结石病人体内的胆石中发现而得名的。

甾族化合物的系统命名需先确定所选用的甾体母核，然后在其前后表明各取代基或功能基的名称、数量、位置与构型。
 α - 构型：取代基位于分子的下方， β - 构型：取代基位于分子的上方。

根据甾体基本构架中 R^1 , R^2 , R^3 侧链的不同，规定了几个最基本的甾体母核的名称。



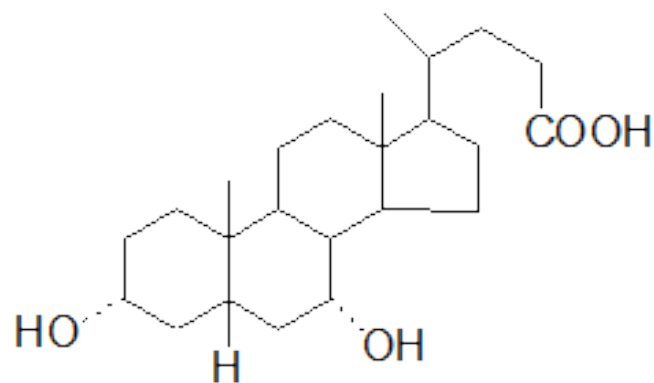


R_1	R_2	R_3	甾体母核名称
$-H$	$-H$	$-H$	甾烷
$-H$	$-CH_3$	$-H$	雌甾烷
$-CH_3$	$-CH_3$	$-H$	雄甾烷
$-CH_3$	$-CH_3$	$-CH_2-CH_3$	孕甾烷
$-CH_3$	$-CH_3$	$ \begin{array}{c} \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array} $	胆甾烷
$-CH_3$	$-CH_3$	$ \begin{array}{c} \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH-CH_3 \\ \\ H_3C \end{array} $	胆甾烷

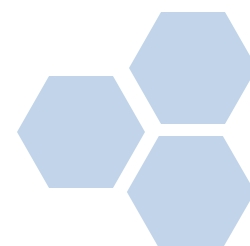


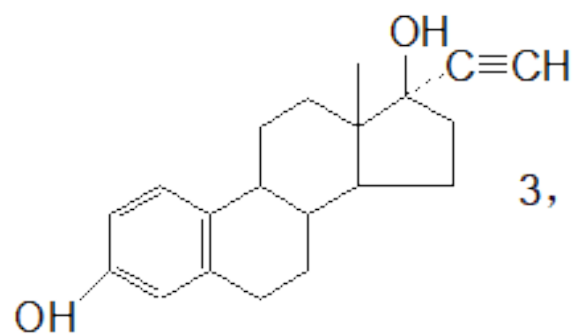


甾体化合物均可以作为甾体母核衍生物来命名，然后在其前后表明各取代基或功能基的名称、数量、位置与构型。母核中如有碳碳双键，羟基、羰基或羧基时，则将烷改成烯、醇、酮或酸等，并将其位置表示出来。

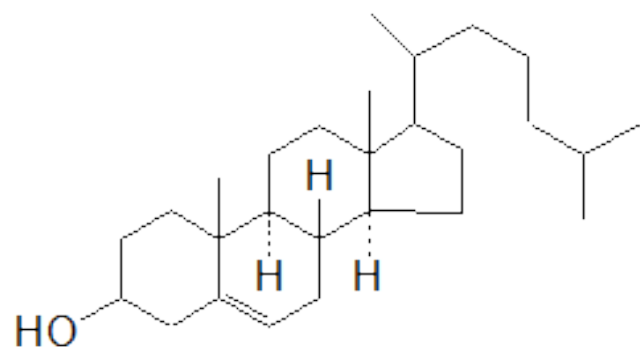


3 α , 7 α -二羟基-5 β -胆烷-24-酸
(鹅去氧胆酸)

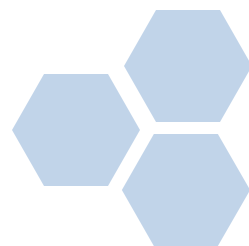


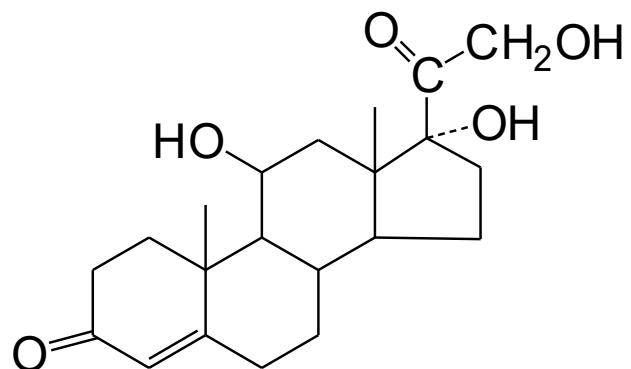


3, 17 β - 二羟基 - 17 α - 乙炔基 - 1, 3, 5 (10) - 雌甾三烯
(炔雌二醇)

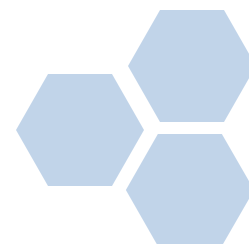


5 - 胆甾烯 - 3 β - 醇
(胆固醇)





11 β , 17 α , 21-三羟基-孕甾-4-烯-3, 20-二酮
(氢化可的松)



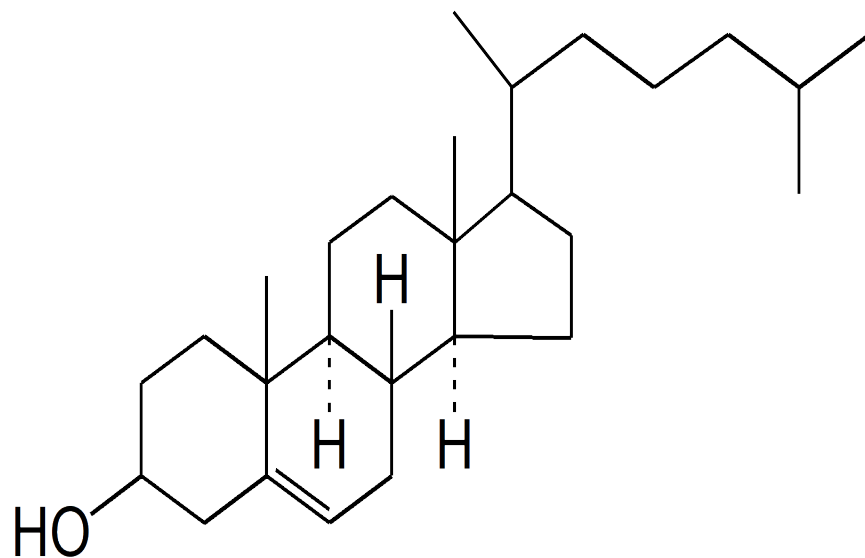


(二) 重要的甾族化合物

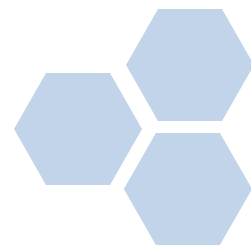
1. 甾醇

甾醇又称固醇，它们是一些饱和或不饱和的甾体仲醇，多为固体。

(1) 胆甾醇



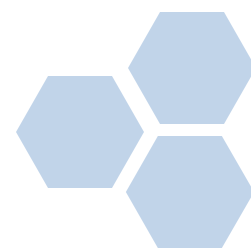
5-胆甾烯-3 β -醇
胆甾醇





胆甾醇又称胆固醇，是最早发现的一个甾体化合物，存在于人及动物的血液、脂肪、脑髓及神经组织中。它是无色或略带黄色的结晶， $m.p148.5^{\circ}\text{C}$ ，在高真空度下可升华，微溶于水，溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。

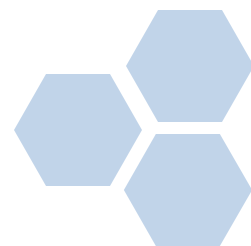
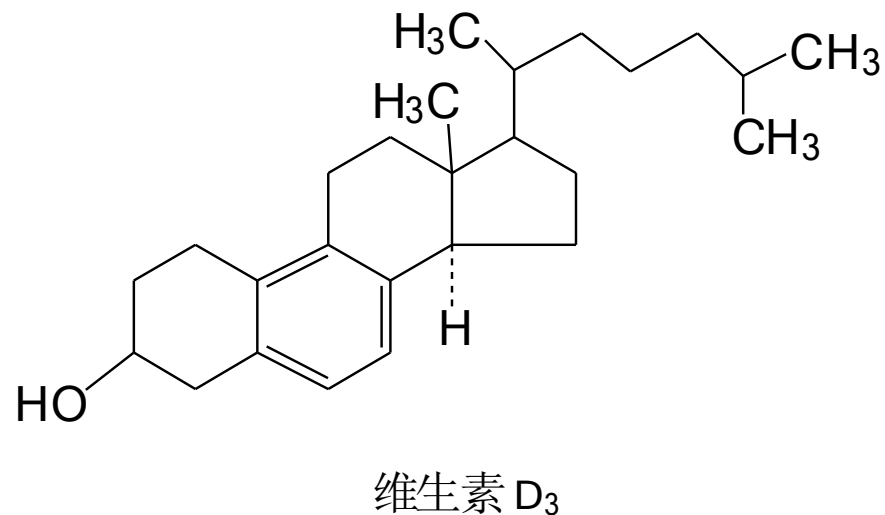
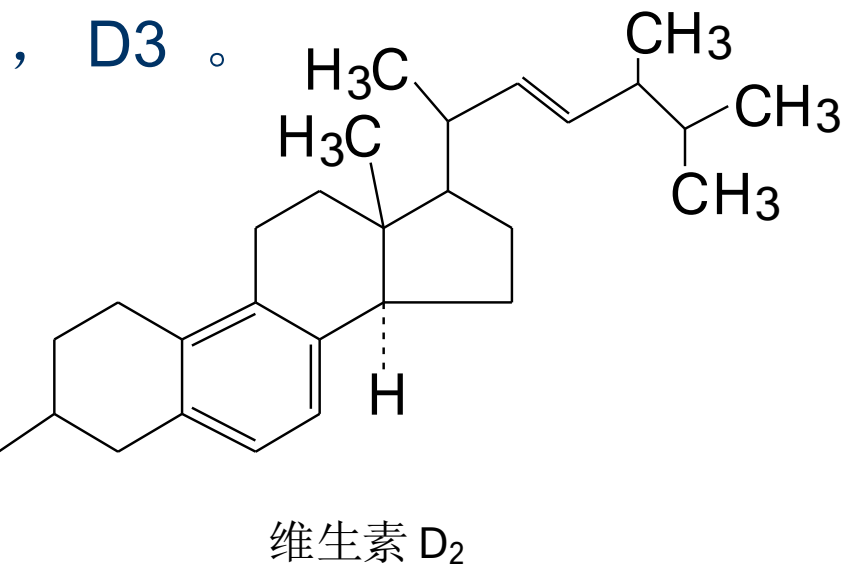
人体中胆固醇含量过高是有害的，它可以引起胆结石、动脉硬化等症。由于胆甾醇与脂肪酸都是醋源物质，食物中的油脂过多时会提高血液中的胆甾醇含量，因而食油量不能过多。





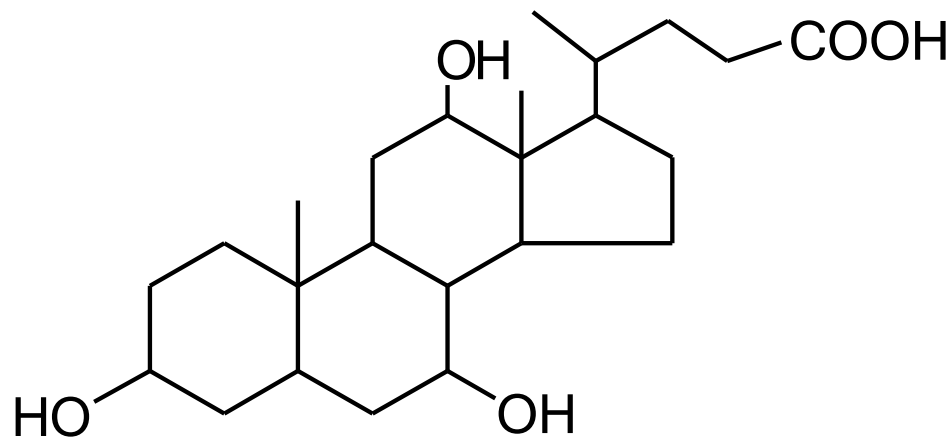
(2) 维生素 D 类

维生素 D 类是甾醇的衍生物，是甾醇类 B 环破裂后形成的产物，常以甾醇为原料合成。例如维生素 D₂





2. 胆甾酸



胆甾酸

胆酸、脱氧胆酸、鹅脱氧胆酸和石胆酸等存在于动物胆汁中，它们都属于 5β - 系甾族化合物，并且分子结构中含有羧基，故总称它们为胆甾酸。





3. 甾族激素

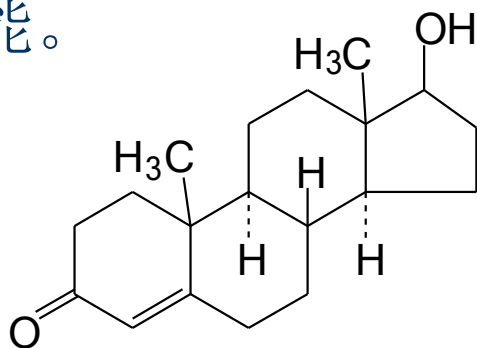
激素是由动物体内各种内分泌腺分泌的一类具有生理活性的化合物，它们直接进入血液或淋巴液中循环至体内不同组织和器官，对各种生理机能和代谢过程起着重要的协调作用。激素可根据化学结构分为两大类：一类为含氮激素，它包括胺、氨基酸、多肽和蛋白质；另一类即为甾体激素。甾体激素根据来源分为肾上腺皮质激素和性激素两类，它们的结构特点是在 **C17 (R3)** 上没有长的碳链。



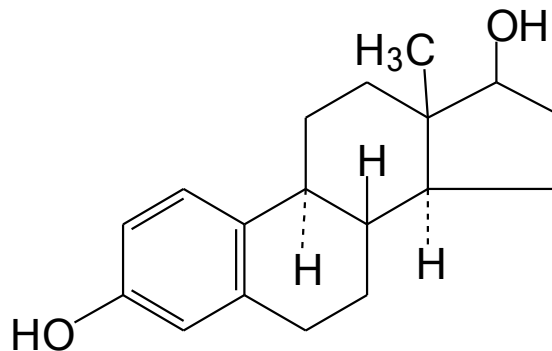


(1) 性激素

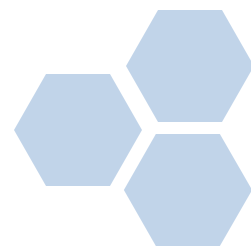
性激素是高等动物性腺的分泌物，能控制性生理、促进动物发育、维持第二性征（如声音、体形等）的作用。它们的生理作用很强，很少量就能产生极大的影响。性激素分为雄性激素和雌性激素两大类，两类性激素都有很多种，在生理上各有特定的生理功能。



睾丸酮素



雌二醇





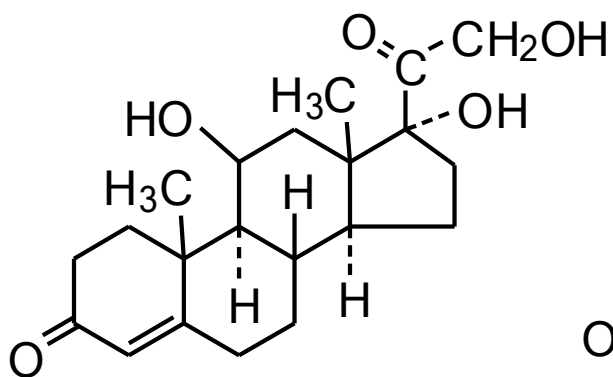
睾丸酮素是睾丸分泌的一种雄性激素，有促进肌肉生长，声音变低沉等第二性征的作用，它是由胆甾醇生成的，并且是雌二醇生物合成的前体。

雌二醇为卵巢的分泌物，对雌性的第二性征的发育起主要作用。动物体内分泌的睾酮和雌二醇的量极少，为了进行科学研究，从 **4 t** 猪卵巢只提取到 **0.012g** 雌二醇。

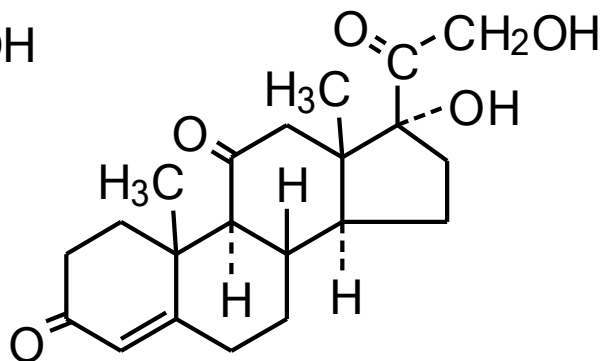




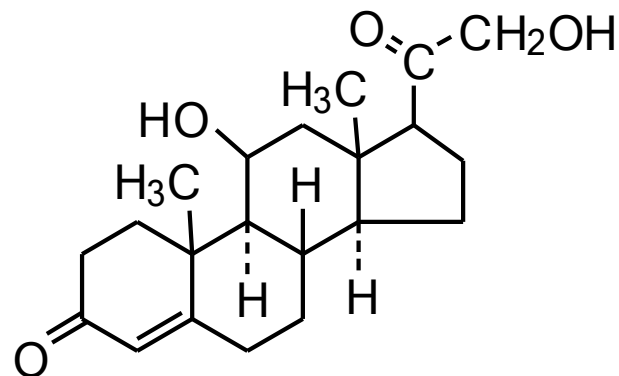
(2) 肾上腺皮质激素



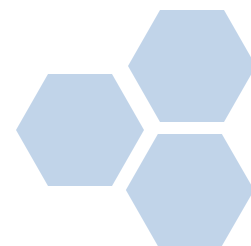
皮质醇



可的松

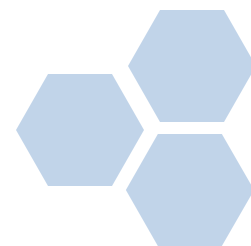


皮质甾酮





肾上腺皮质激素是哺乳动物肾上腺皮质分泌的激素，皮质激素的重要功能是维持体液的电解质平衡和控制碳水化合物的代谢。动物缺乏它会引起机能失常以至死亡。皮质醇、可的松、皮质甾酮等皆属此类中重要的激素。





本章小结

氨基酸的性质

(1) 两性和等电点

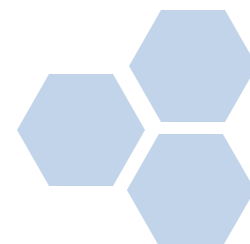
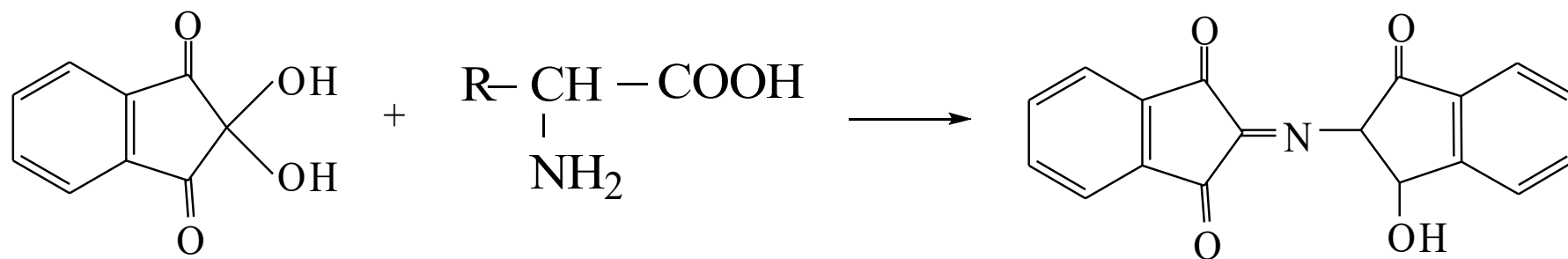
氨基酸分子内既含有氨基又含有羧基，它既可以和酸或碱作用生成盐，氨基酸是两性物质。

当溶液调节至一定的 pH 时，氨基酸可以偶极离子的形式存在，这时溶液的 pH 称为氨基酸的等电点。



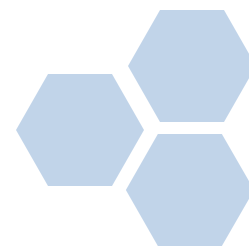
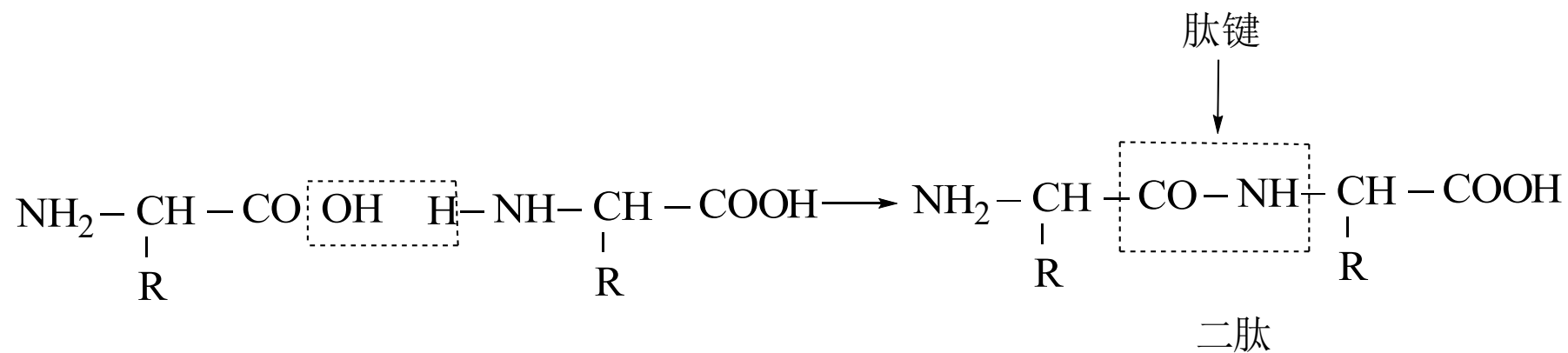


(2) 显色反应





2. 肽



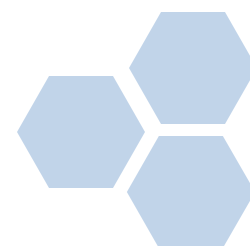


3. 蛋白质的性质

- (1) 两性和等电点。
- (2) 蛋白质的变性。
- (3) 蛋白质的胶体性质。
- (4) 蛋白质的沉淀。
- (5) 蛋白质的显色反应。

4. 核酸

- (1) 核酸的组成；碱基、戊糖、核苷、核苷酸。
- (2) **DNA** 的二级结构是一个双螺旋结构。





5. 萜类和甾族化合物

(1) 萜类化合物的结构特点：若干个异戊二烯的结构单位；薄荷醇、 α -蒎烯。

(2) 重要的甾族化合物：甾醇、胆甾酸、甾族激素。





Thank you

