



10. 生命化学基础

天津大学

曲建强



生命化学基础(Basic Life Chemistry)

生命科学涉及生命的起源、环境生物学和分子生物学。

化学是生命科学的基础。

化学

阐明生物活性物质结构、成分和性质

认识毒物的有力工具

分析复杂的生命物质

解释生命的新陈代谢机制



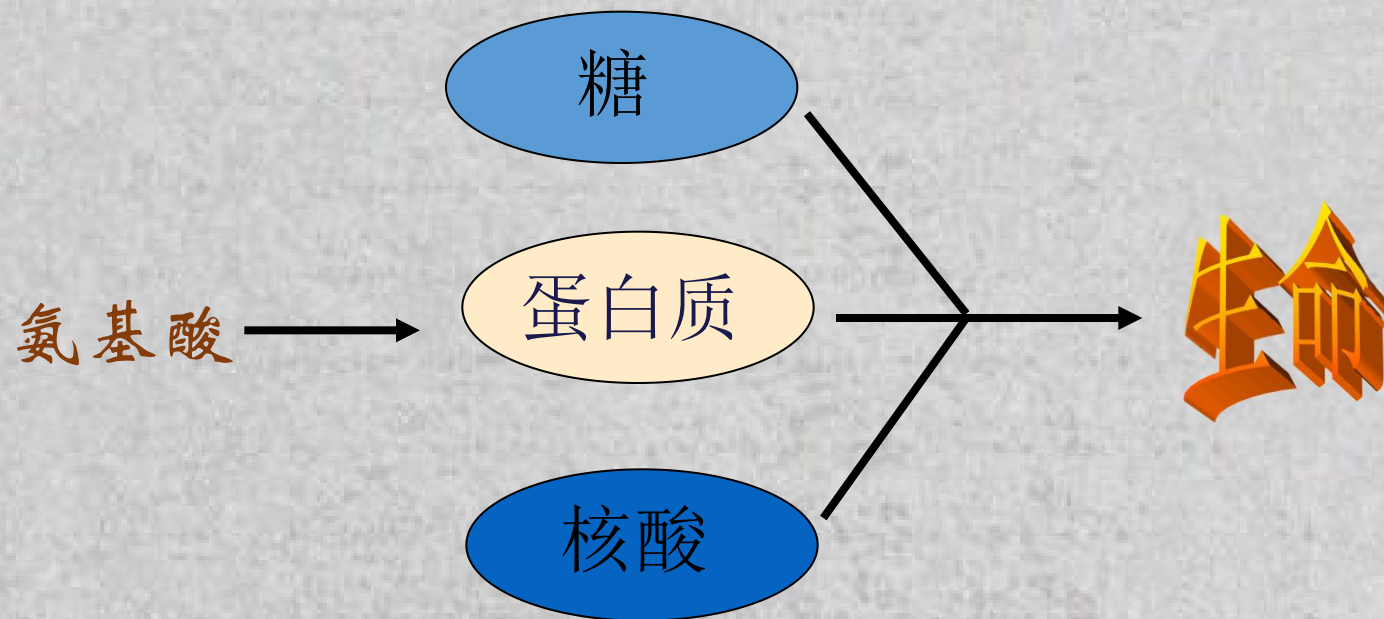
10.1 氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

天津大学

曲建强



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

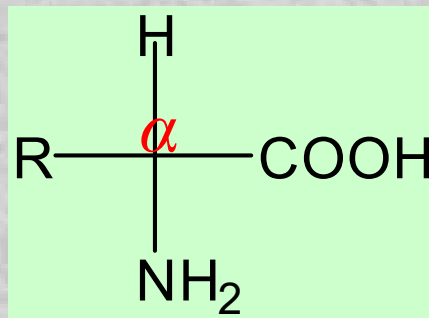


构成生物体的物质种类很多，但其中最重要的是**蛋白质**和**核酸**。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

氨基酸



氨基酸(amino acid)是蛋白质水解的最终产物。迄今从生物体中发现的氨基酸有180多种，但参与蛋白质的只有20种，除脯氨酸外， NH_2 均在 COOH 的 α 位，属 α -氨基酸。

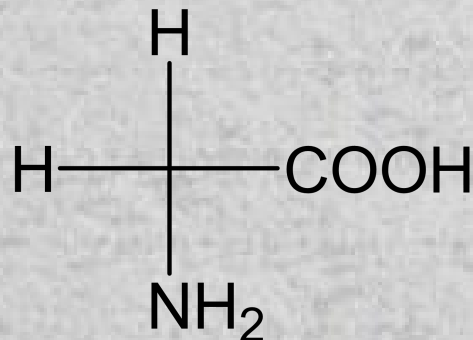
不同氨基酸仅仅是R基团部分不同。



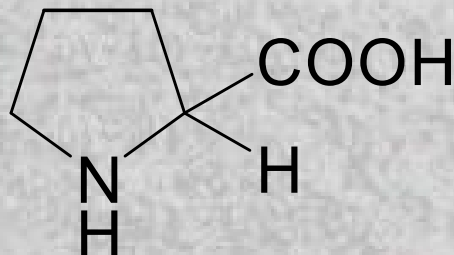
氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

特殊氨基酸

甘氨酸



脯氨酸
(亚氨基酸)





氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

名称	符号	-R	pI
中性氨基酸			
甘氨酸	Gly	-H	5.97
丙氨酸	Ala	-CH ₃	6.02
丝氨酸	Ser	-CH ₂ OH	5.69
半胱氨酸	Gys	-CH ₂ SH	5.02

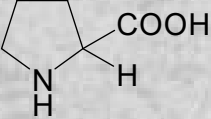
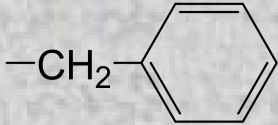
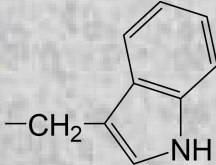
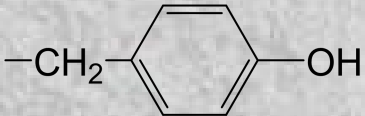


氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

名称	符号	-R	pI
中性氨基酸			
苏氨酸*	Thr	$-\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	6.53
缬氨酸*	Val	$-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	5.97
亮氨酸*	Leu	$-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	5.98
异亮氨酸*	Ile	$-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$	6.02
蛋氨酸*	Met	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3$	5.75



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

名称	符号	-R	pI
中性氨基酸			
脯氨酸	Pro		6.30
苯丙氨酸*	Phe		5.48
色氨酸*	Trp		5.88
酪氨酸	Tyr		5.66
天冬酰胺	Asn	$-\text{CH}_2\text{CONH}_2$	5.41
谷氨酰胺	Gln	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$	5.65

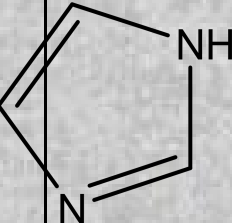


氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

名称	符号	-R	pI
酸性氨基酸			
天冬氨酸	Asp	$-\text{CH}_2\text{COOH}$	2.98
谷氨酸	Glu	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	3.22



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

名称	符号	-R	pI
碱性氨基酸			
赖氨酸*	Lys	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	9.74
精氨酸	Arg	$\text{---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{---}\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}\text{---}\overset{\text{NH}}{\underset{ }{\text{C}}}\text{---NH}_2$	10.76
组氨酸	His	$\text{---CH}_2\text{---}\text{Imidazole}$ 	7.58



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

特殊氨基酸

必需氨基酸：人体所必需但自身不能自行合成或合成速率不能满足人体的需要的氨基酸，它们必须从食物中摄取。

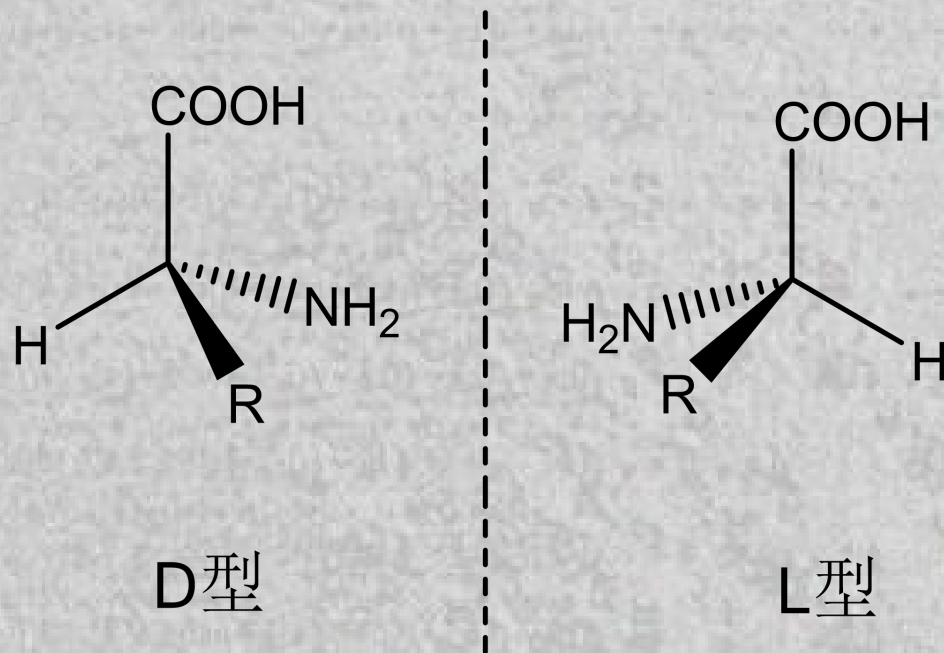
表中带*者为人体必需氨基酸，儿童有10种，成人则为前8种。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

构型

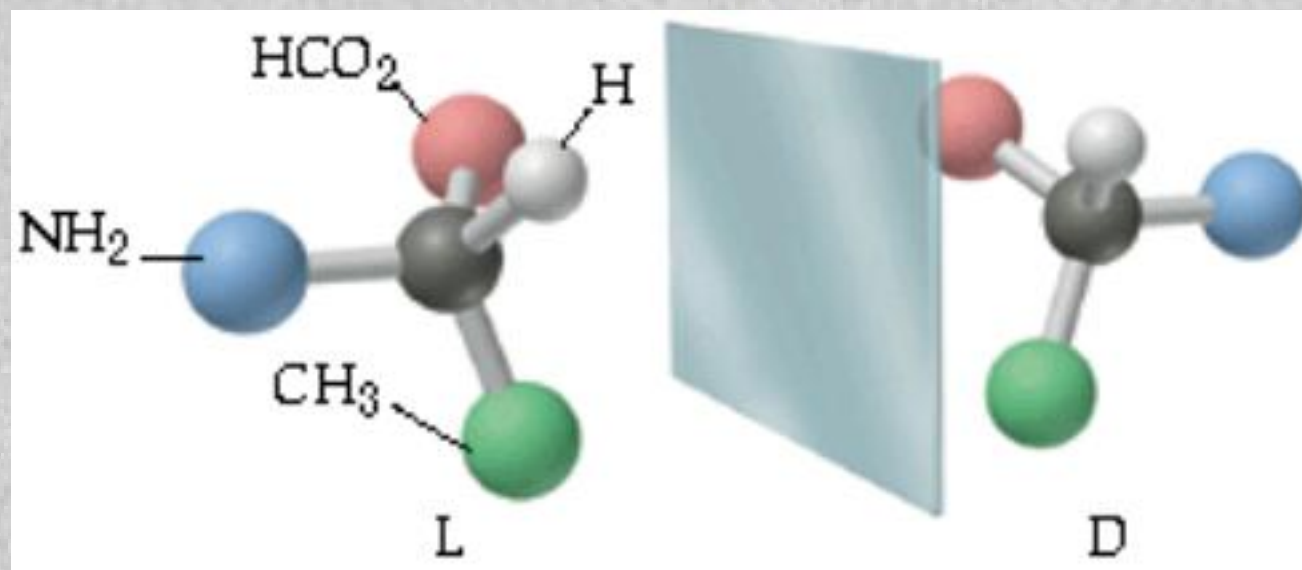
光学异构体(optical isomers):





氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

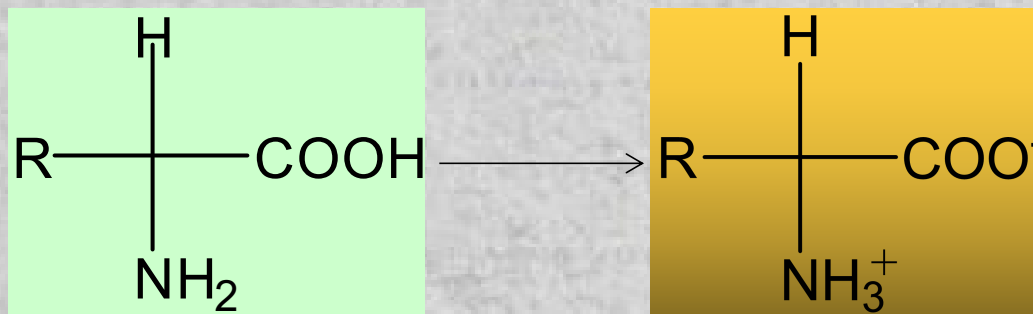
丙氨酸



天然氨基酸均为L型。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

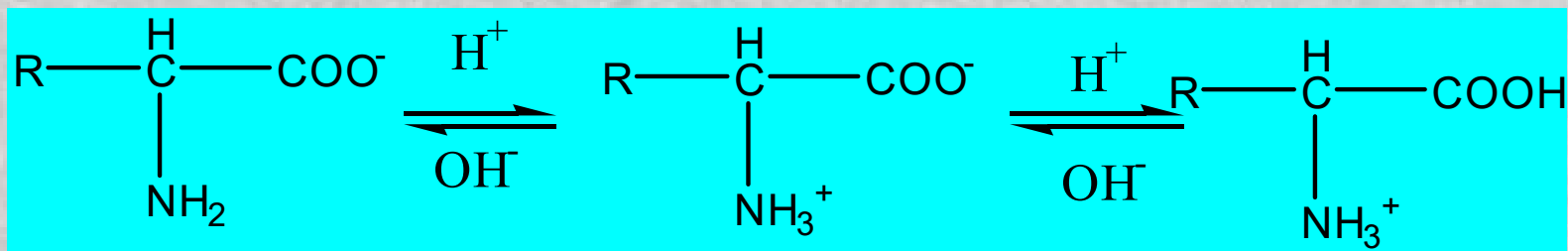


内盐：由分子内部的酸性基团和碱性基团作用生成的盐。

内盐中既有正离子部分，又有负离子部分，故叫**偶极离子**
(dipolarion)或兼性离子(zwitterion)。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



一定pH的氨基酸溶液中，正离子和负离子的数目相等且浓度很低，而偶极离子浓度最高，因此，在电场中既不向正极移动，也不向负极移动，此时溶液pH值即为**氨基酸的等电点(isoelectric point, pI)**。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

氨基酸物理性质:

白色晶体，熔点较高(一般 $>200\text{ }^{\circ}\text{C}$);

不溶于有机溶剂，易溶于水;

具有两性。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

蛋白质

蛋白质是细胞结构里最复杂多变的一类功能大分子，英文protein，字源出自希腊文*Πρωτο*，头等重要的意思。由C、N、O、H元素组成，还含有S、P，也含有Fe、Cu、Zn等。分子量1.2~100万。



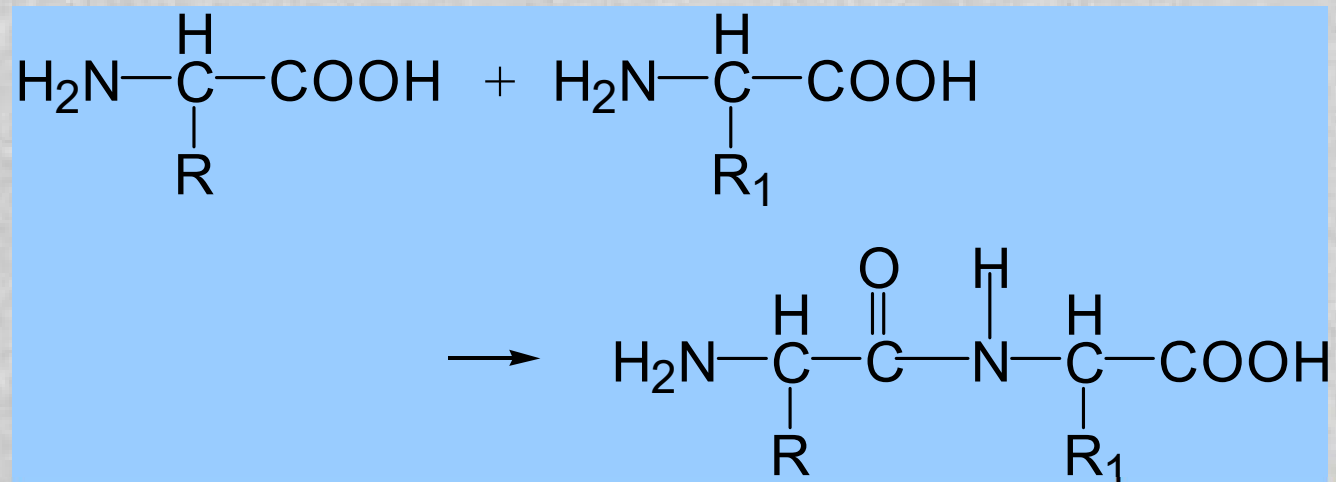
氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

蛋白质的功能：酶的活性、运输储存、协调运动、免疫球蛋白、支持保持机体。

蛋白质是由氨基酸组成。



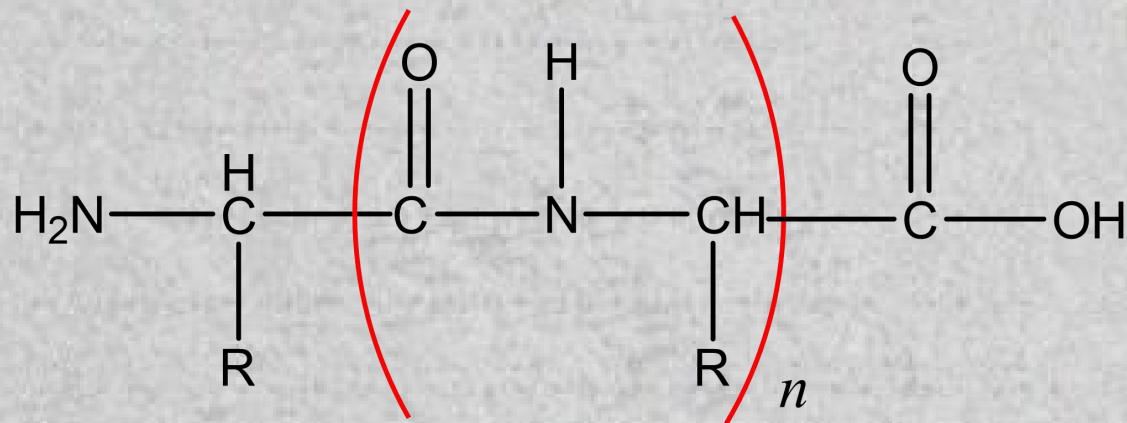
氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



肽(peptide)是由氨基酸通过肽键缩合而形成的化合物。十个以内氨基酸相连而成的肽称为寡肽(oligopeptide)，更多的氨基酸相连形成的肽称多肽(polypeptide)。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



多肽所形成的链叫多肽链(polypeptide chain)。连接的基本方法为肽键(peptide bond)。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

蛋白质与多肽均是氨基酸的多聚物，通常将**相对分子质量**在10000以上的称为**蛋白质**，10000以下的称为**多肽**。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

但小分子蛋白质与大分子多肽间不存在绝对严格的分界线。
现在认为多肽一般没有严密并相对稳定的空间结构；而蛋白质具有相对严密、比较稳定的空间结构，这也是蛋白质发挥生物功能的基础，因此一般将胰岛素(牛胰岛素相对分子质量5733)划归为蛋白质。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

蛋白质分子可由一条或多条肽链构成。

为了表示其不同层次的结构，常将蛋白质结构分为一级结构(primary structure)、二级结构(secondary structure)、三级结构(tertiary structure)和四级结构(quaternary structure)。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

Amino acids

Lys

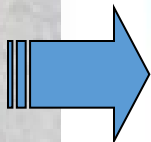
Gly

Leu

Val

Ala

His



Primary
structure

Lys

Lys

Gly

Gly

Leu

Val

Ala

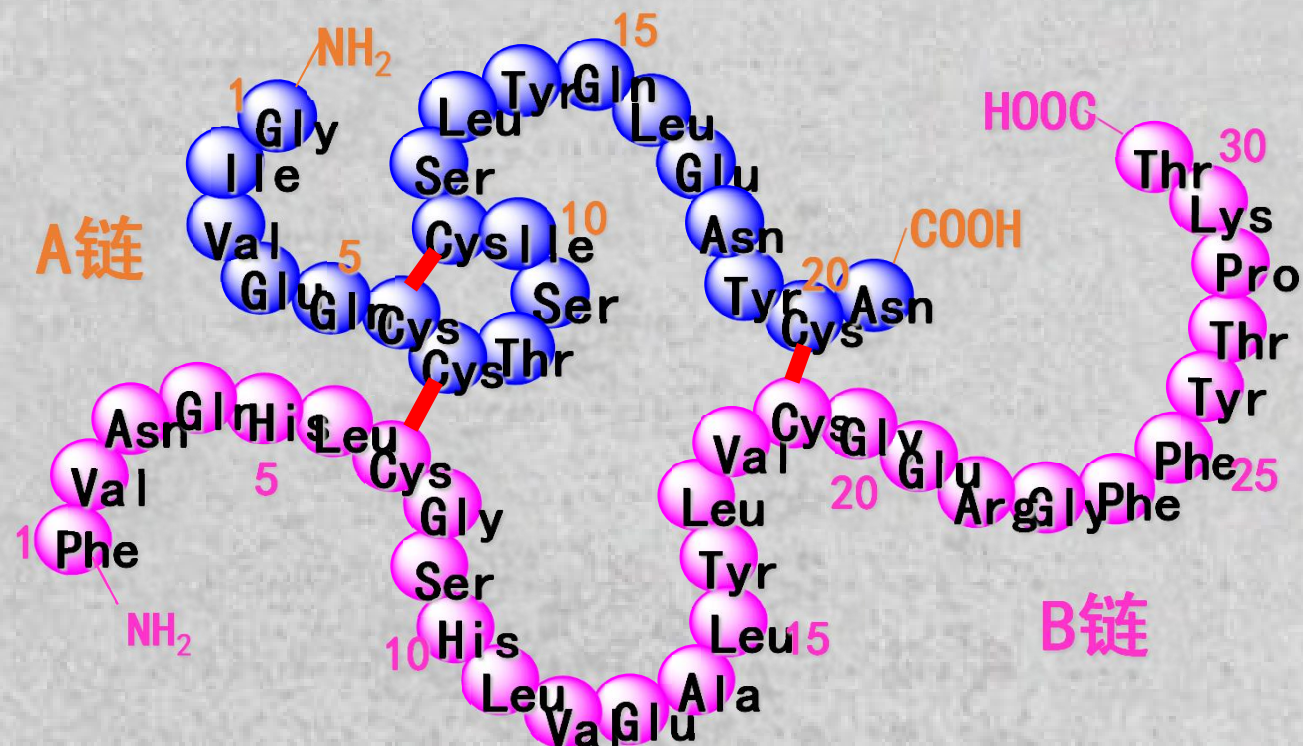
His

一级结构： 肽链中氨基酸排列顺序。

不同的蛋白质，一级结构不同。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



人胰岛素的一级结构

A链含21个氨基酸残基，B链含30个氨基酸残基。

A链内有一个链内二硫键，A与B之间有两个链间二硫键。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

蛋白质的一级结构是由基因上的遗传密码的排列顺序决定的。

一级结构最为重要，它包含着决定蛋白质空间结构的基本因素，也是蛋白质生物功能的多样性和种属特异性的结构基础。

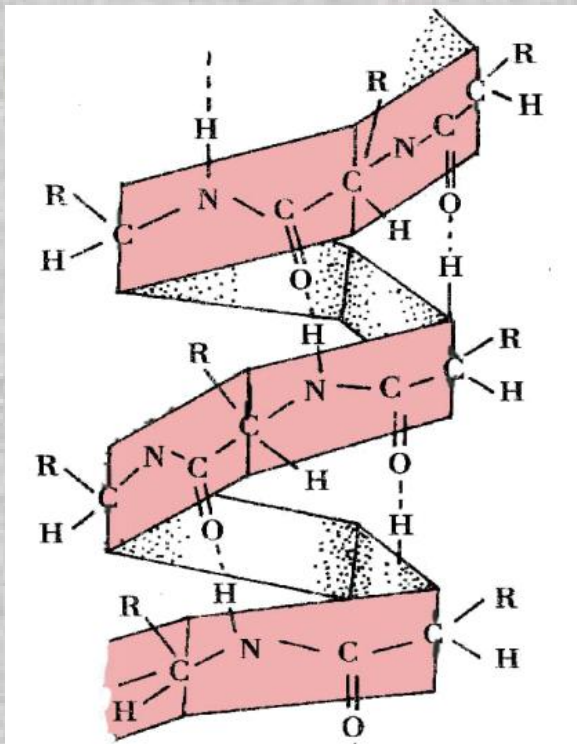


氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

二级结构：多肽链本身的折叠方式，包括 α -螺旋(α -helix)和 β -折叠(β -pleated sheet)。



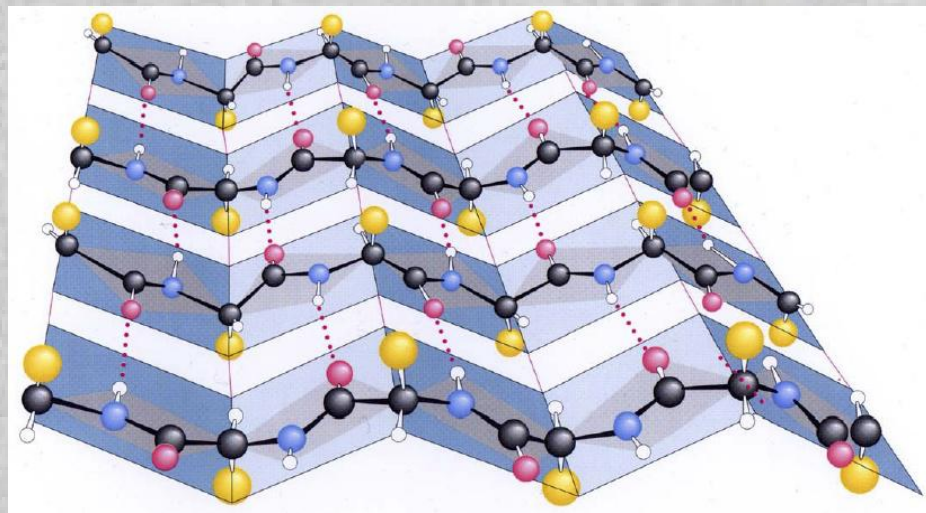
氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



α -螺旋结构中，多肽链中各肽键平面通过 α -碳原子的旋转，围绕中心轴形成紧密螺旋盘曲构象。 α -螺旋常见于动物皮肤及皮肤的衍生物，如毛发、鳞、羽和丝等中的 α -角蛋白中。故 α -角蛋白具有良好的伸缩性。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

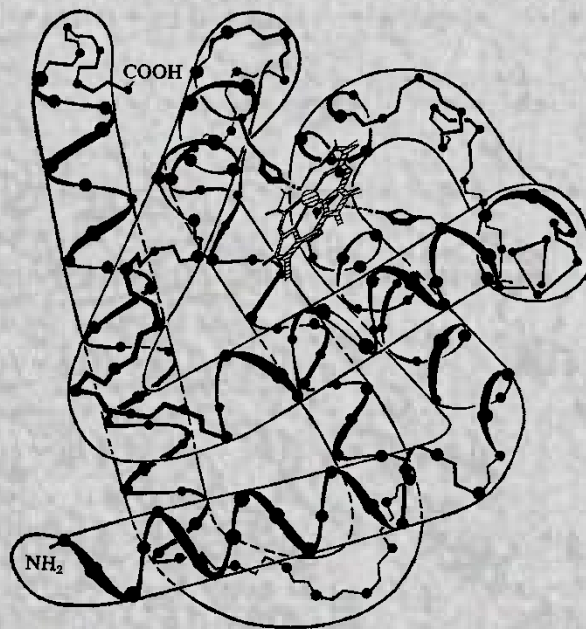


β -折叠一般有两条以上的肽链或一条肽链内的若干肽段共同参与形成，它们平行排列，并以氢键维系而成。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

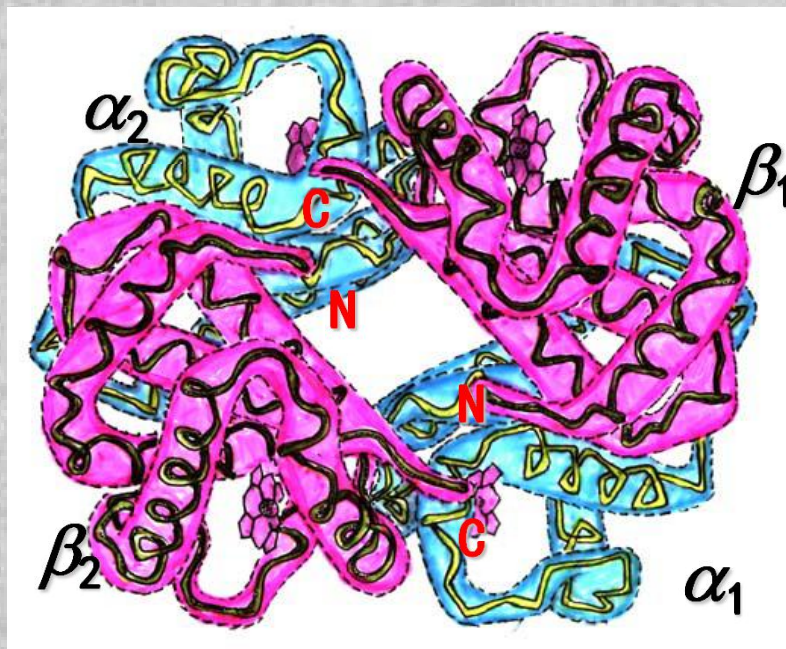
三级结构：二级结构基础上多肽链再折叠，形成具有一定规律的三维结构。形状近乎球形，如**血红蛋白**。





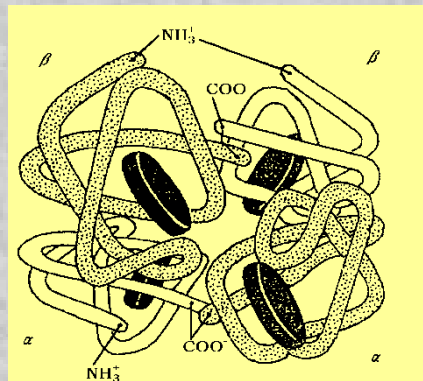
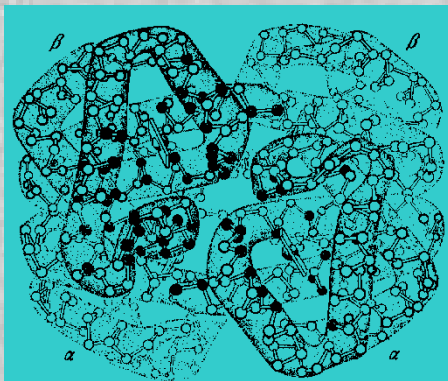
氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

四级结构：两条以上多肽链聚合起来形成具有一定空间构型的聚合体。**血红蛋白**是由两条 α -链和两条 β -链组成。

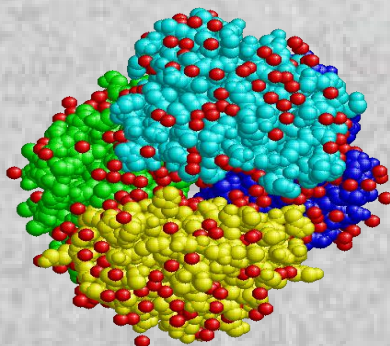
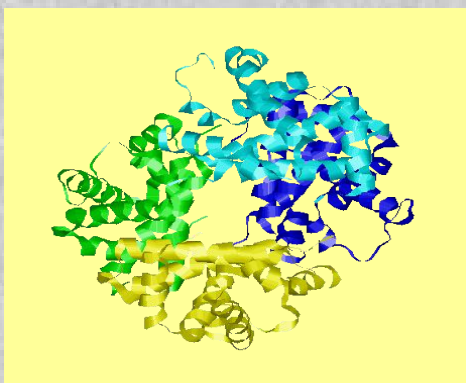




氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)



血红蛋白的四级结构

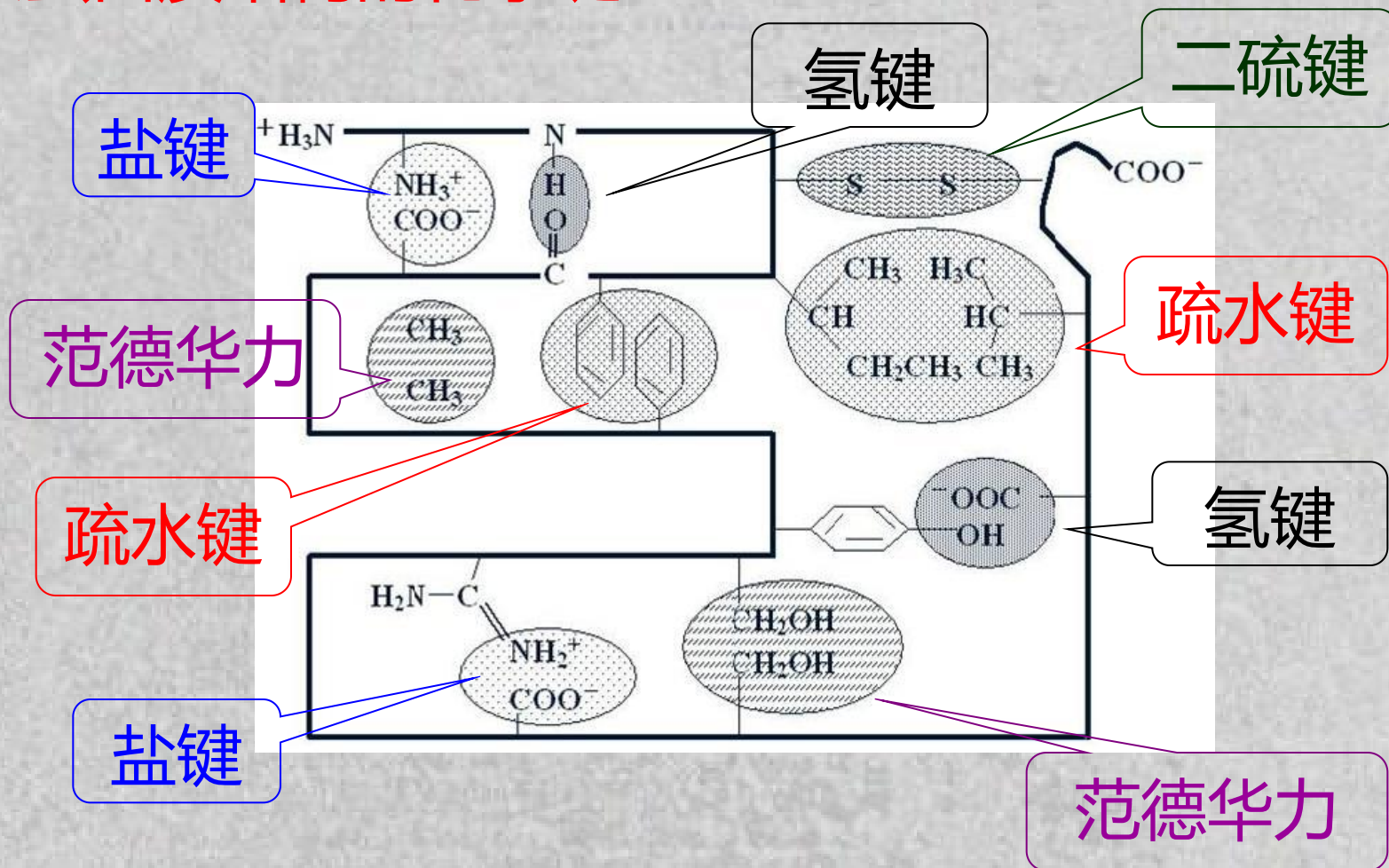


三级以上结构的蛋白质才有生物活性。



氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

维系蛋白质结构的化学键





氨基酸与蛋白质(Amino Acid and Protein)

思考题

1. 根据组成蛋白质20种氨基酸侧链R基的化学结构，可将氨基酸分为哪几类？
2. 什么是氨基酸的等电点？在pH6-7的溶液中带负电荷的氨基酸有哪些？
3. 什么是多肽？
4. 蛋白质的二级结构有哪些类型？
5. 维系蛋白质结构的化学键有哪些？