

CH 2.4 蛋白质是生命活动的主要承担者

Y. K. Fu



本节聚焦

- 怎样理解蛋白质是生命活动的主要承担者？
- 氨基酸的结构有什么特点？
- 为什么细胞中蛋白质的种类如此多样？

②问题探讨

从某些动物组织（**獭狸尾部肌腱组织**）中提取的**胶原蛋白**，可以用来制作手术缝合线。手术后一段时间，这种缝合线就可以被人体组织吸收，从而避免拆线的痛苦。



问题探讨

1.为什么这种缝合线可以被人体组织吸收？

用某些动物组织提取的胶原蛋白制作手术缝合线，能够被人体组织吸收，是因为组成动物和人体的胶原蛋白是相似的物质。

问题探讨

2.这种缝合线发生什么样的化学变化才能被吸收？这对你认识蛋白质的化学组成有什么启示？

这种手术缝合线要变为小分子物质才能被吸收，初中学习过食物中的蛋白质要分解为氨基酸才能被吸收，因此说蛋白质在化学组成上应该可以分为更小的分子。

CH 2.4.1 蛋白质的功能

蛋白质是生命活动的主要承担者

①结构 结构蛋白

②催化 酶 绝大多数酶是蛋白质

③运输 血红蛋白

④调节（信息传递） 胰岛素

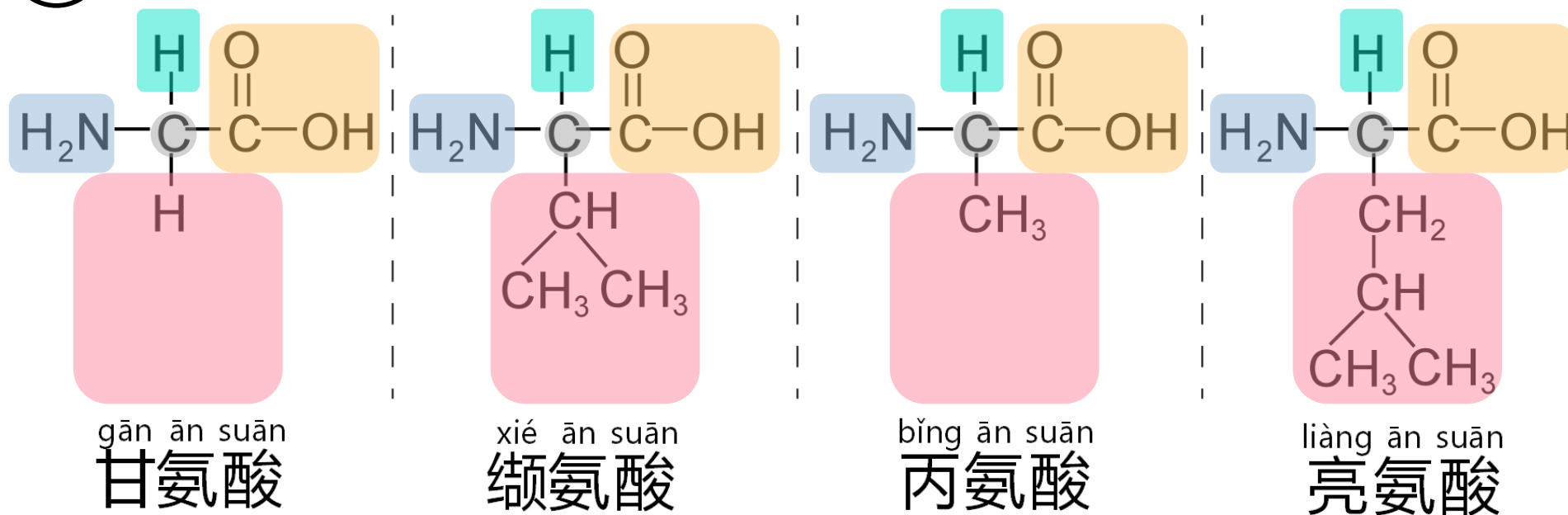
⑤免疫（防御） 抗体（Y字形）

细胞的各项生命活动离不开蛋白质

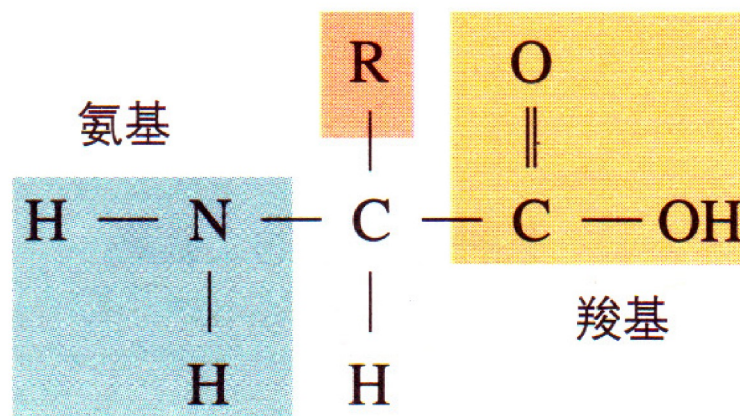
功能	糖类	脂质	蛋白质
结构	√	√	√
催化			√
运输			√
调节（信息传递）	√	√	√
免疫（防御）			√
能源/储能	√	√	



思考·讨论：氨基酸的结构特点



侧链基团



▲ 图 2-9 氨基酸分子结构通式



思考·讨论：氨基酸的结构特点

1. 这些氨基酸的结构具有什么共同特点？

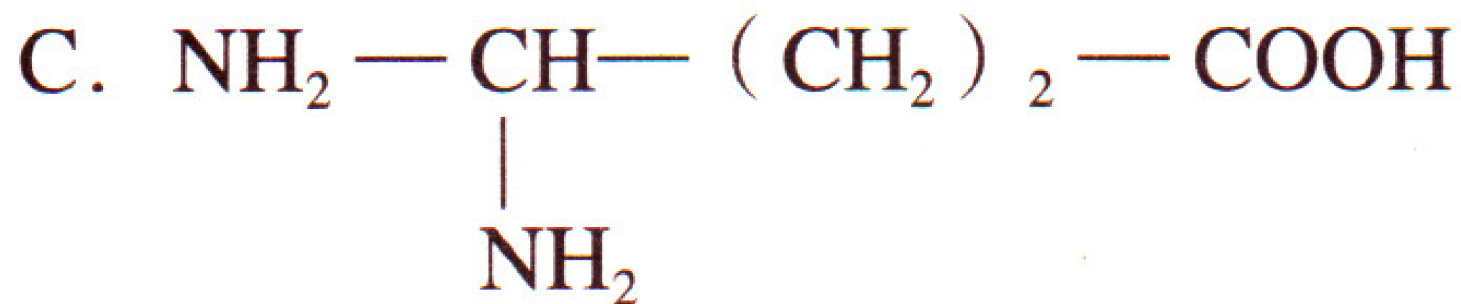
每种氨基酸至少都含有一个氨基和一个羧基，并且都有一个氨基和一个羧基连接在同一个碳原子上。这个碳原子还连接一个氢原子和一个侧链基团。

2. “氨基酸”这一名词与其分子结构有怎样的对应关系？

“氨基酸”代表了氨基酸分子结构中的主要部分——氨基和羧基。

练习

下列物质中，属于构成蛋白质的氨基酸的是 **A**



CH 2.4.2 蛋白质的基本组成单位——氨基酸

必需氨基酸8种

构成人体蛋白质的氨基酸有21种

口诀：甲携一本亮色书来

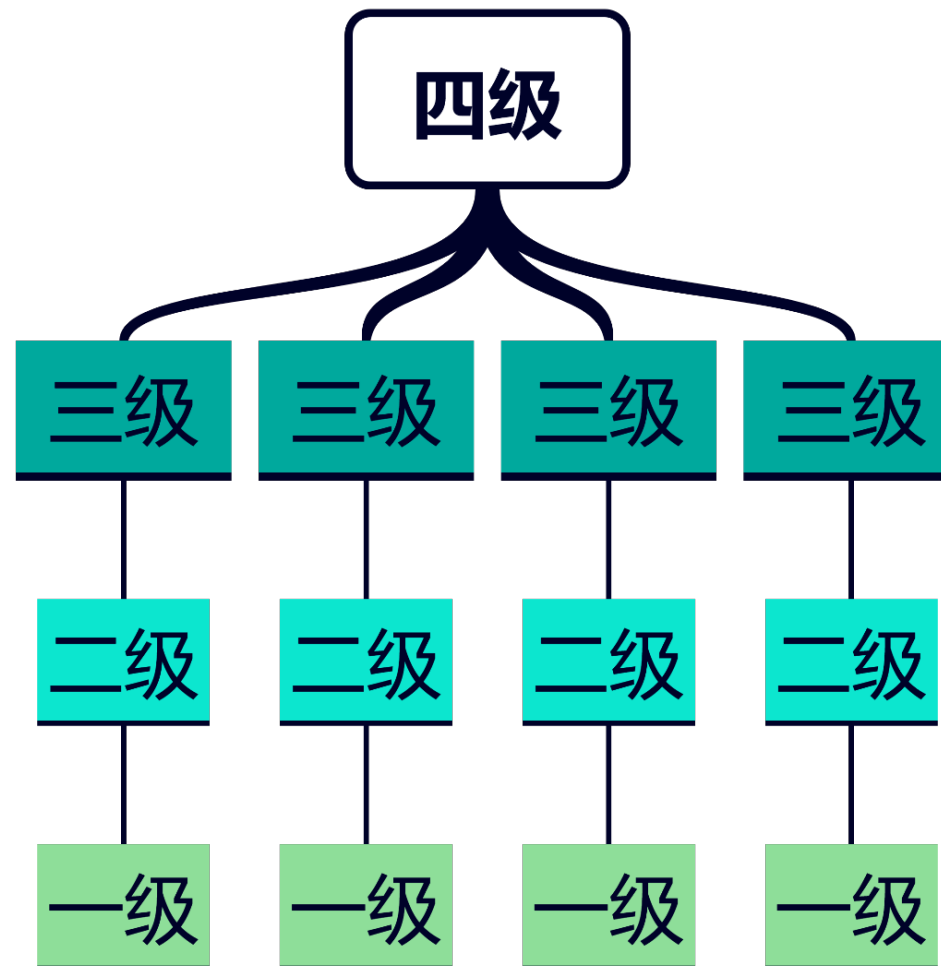
非必需氨基酸13种

注意：8种氨基酸是对人类而言是必需的，对其他生物未必是必需的

蛋白质/氨基酸组成元素：C、H、O、N、(S)

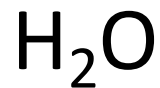
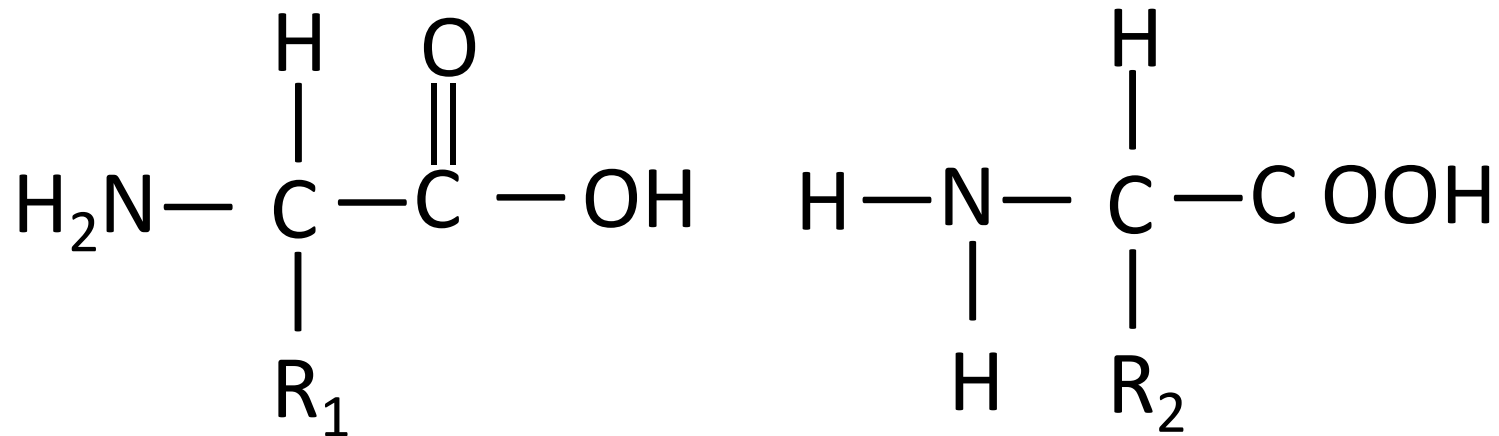
CH 2.4.3 蛋白质的结构及其多样性

蛋白质最高可以有四级结构



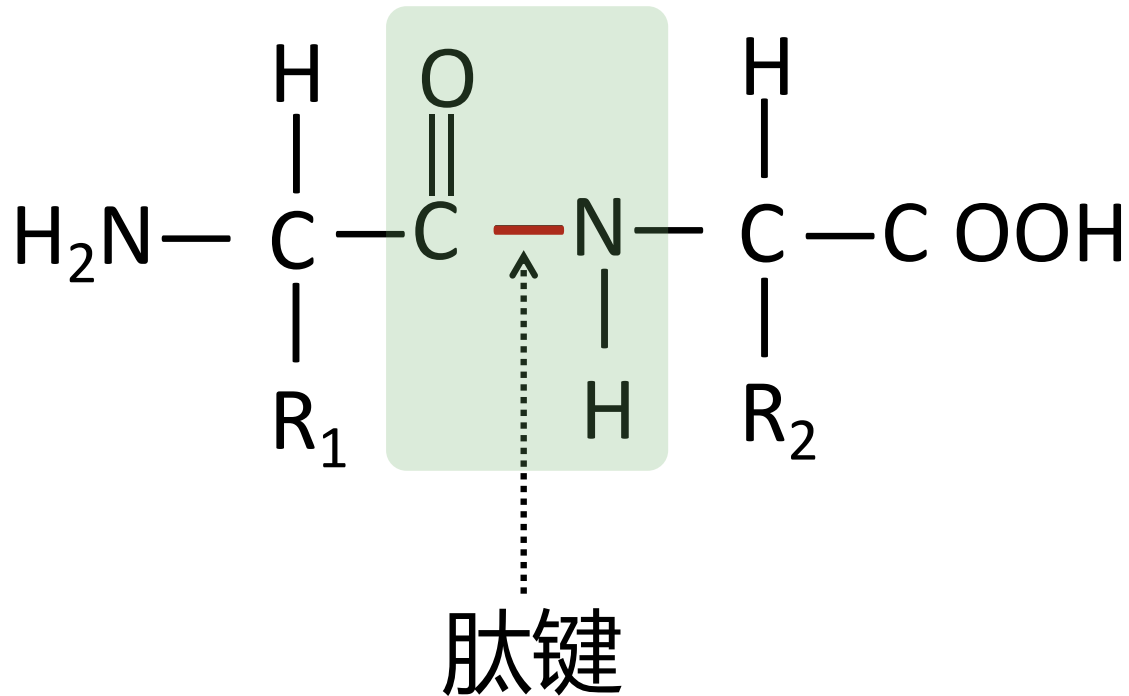
CH 2.4.3.1 一级结构

氨基酸脱水缩合：一个氨基酸的羧基（ $-\text{COOH}$ ）和另一个氨基酸的氨基（ $-\text{NH}_2$ ）相连，同时脱去一分子水。



CH 2.4.3.1 一级结构

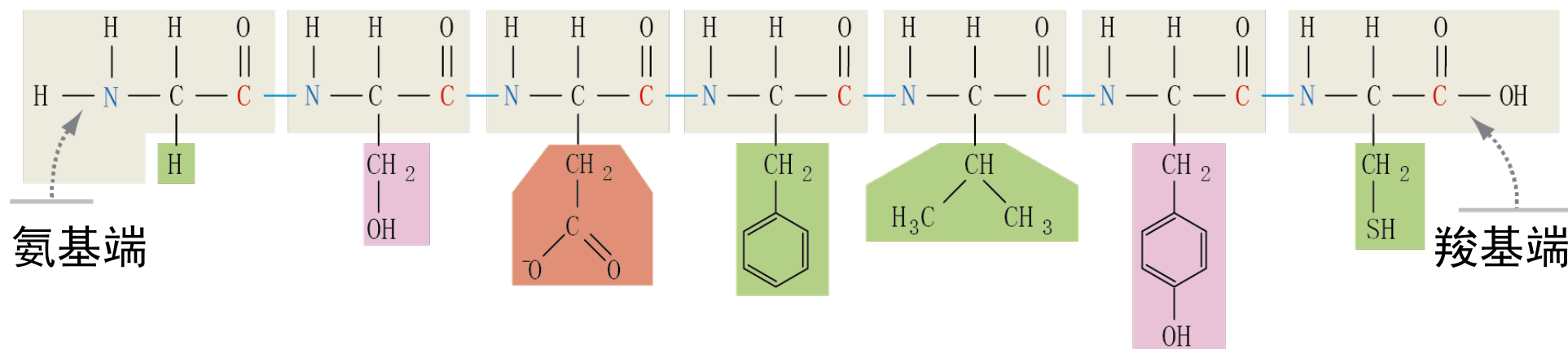
连接两个氨基酸分子的化学键叫做**肽键**。



由两个氨基酸缩合而形成的化合物叫作**二肽**。

CH 2.4.3.1 一级结构

由多个氨基酸缩合而形成的，含有多个肽键的化合物，叫作**多肽**。

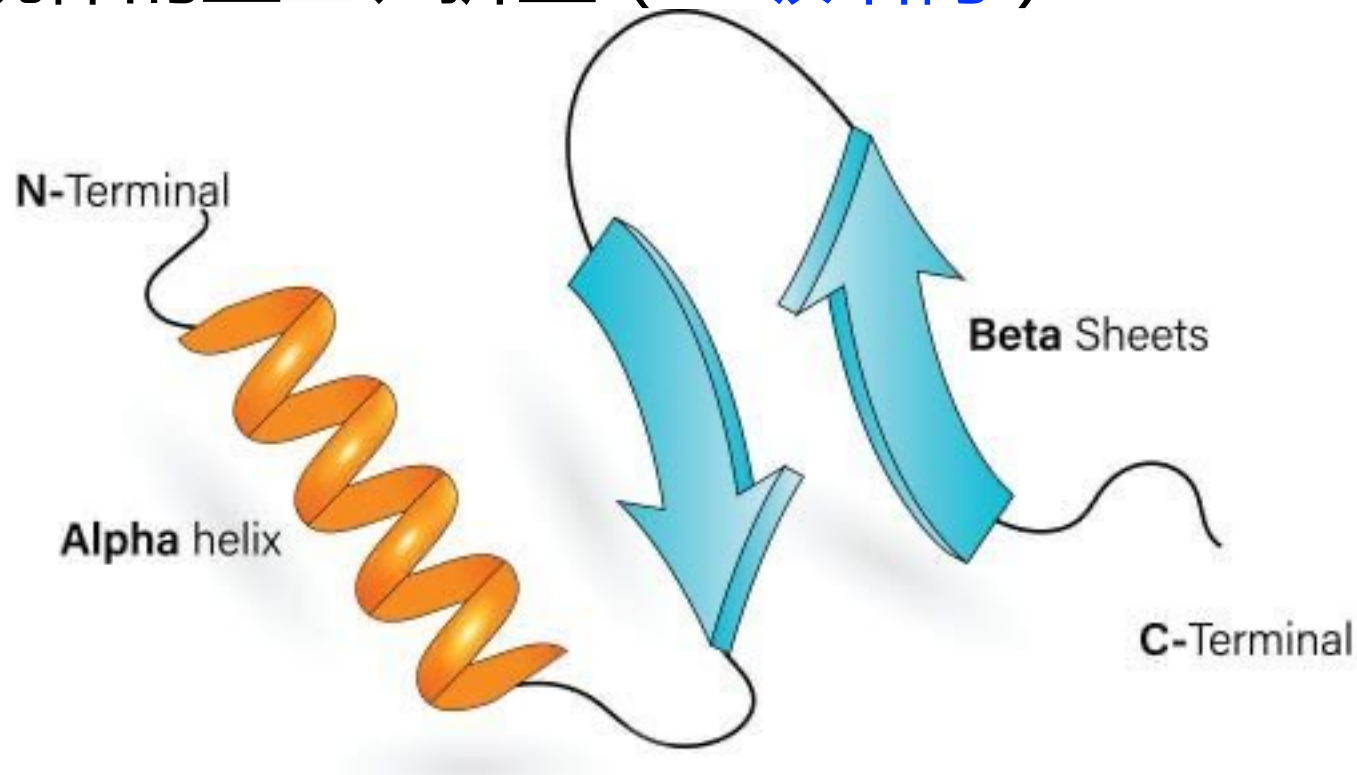


多肽通常呈链状结构，叫作**肽链**（**一级结构**）。

注意肽链具有方向，从氨基端到羧基端书写肽链序列。

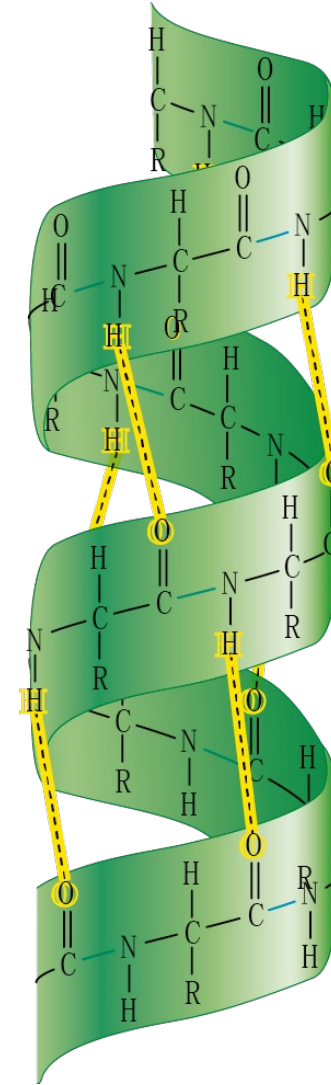
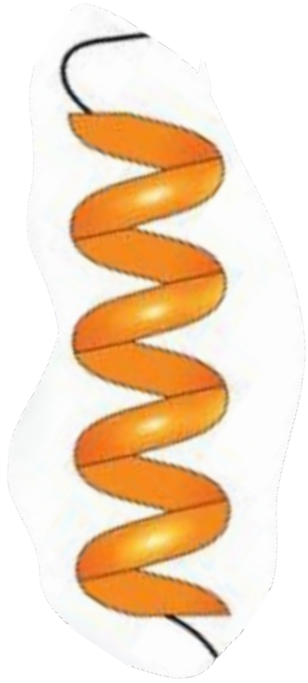
CH 2.4.3.2 二级结构

由于氨基酸之间能够形成**氢键**，一条肽链的特定区域进行有规律的盘区、折叠（**二级结构**）



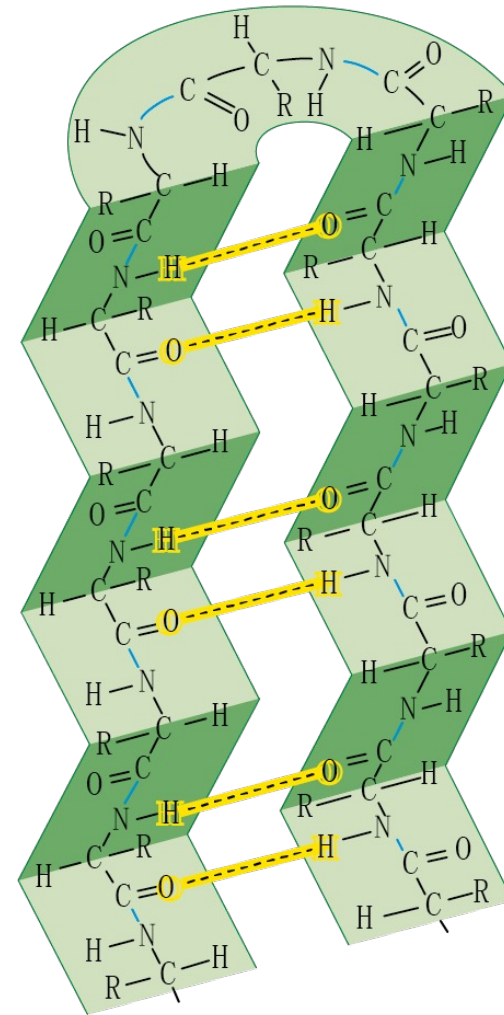
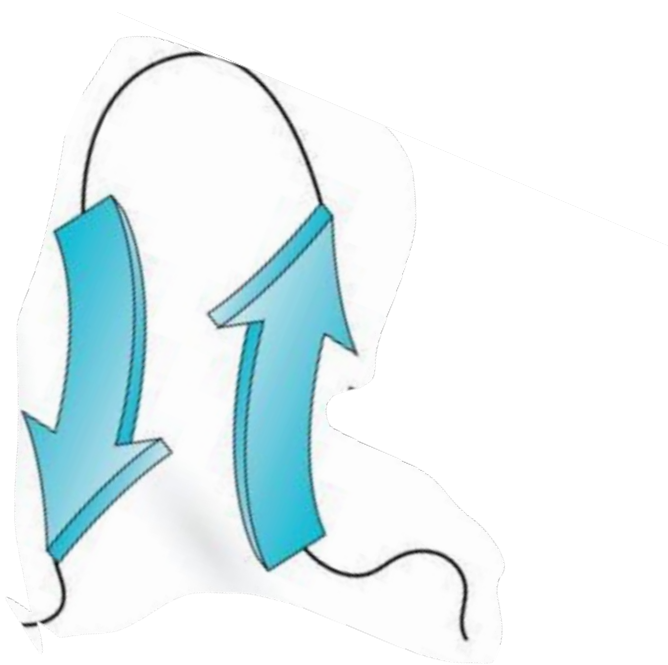
CH 2.4.3.2 二级结构

盘曲 $\rightarrow\alpha$ -螺旋



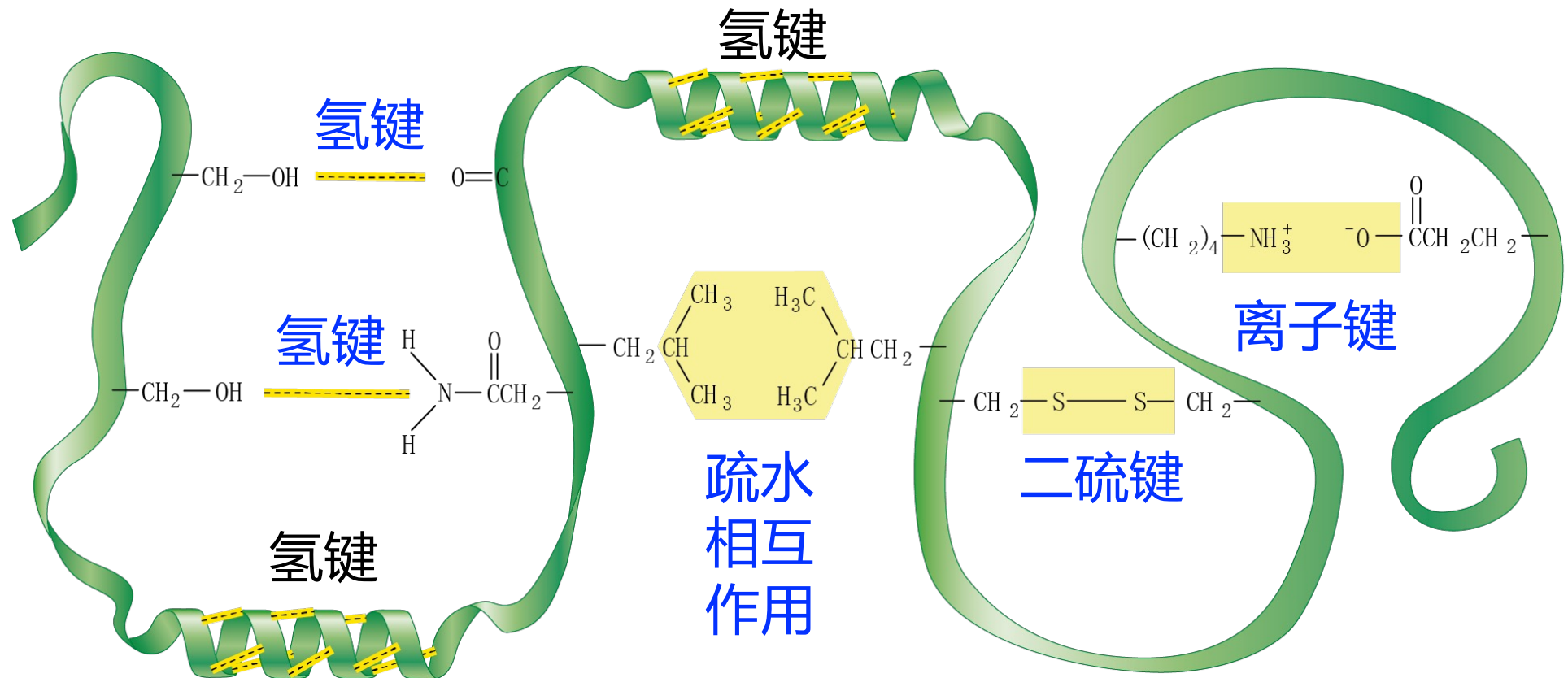
CH 2.4.3.2 二级结构

折叠 $\rightarrow\beta$ -折叠



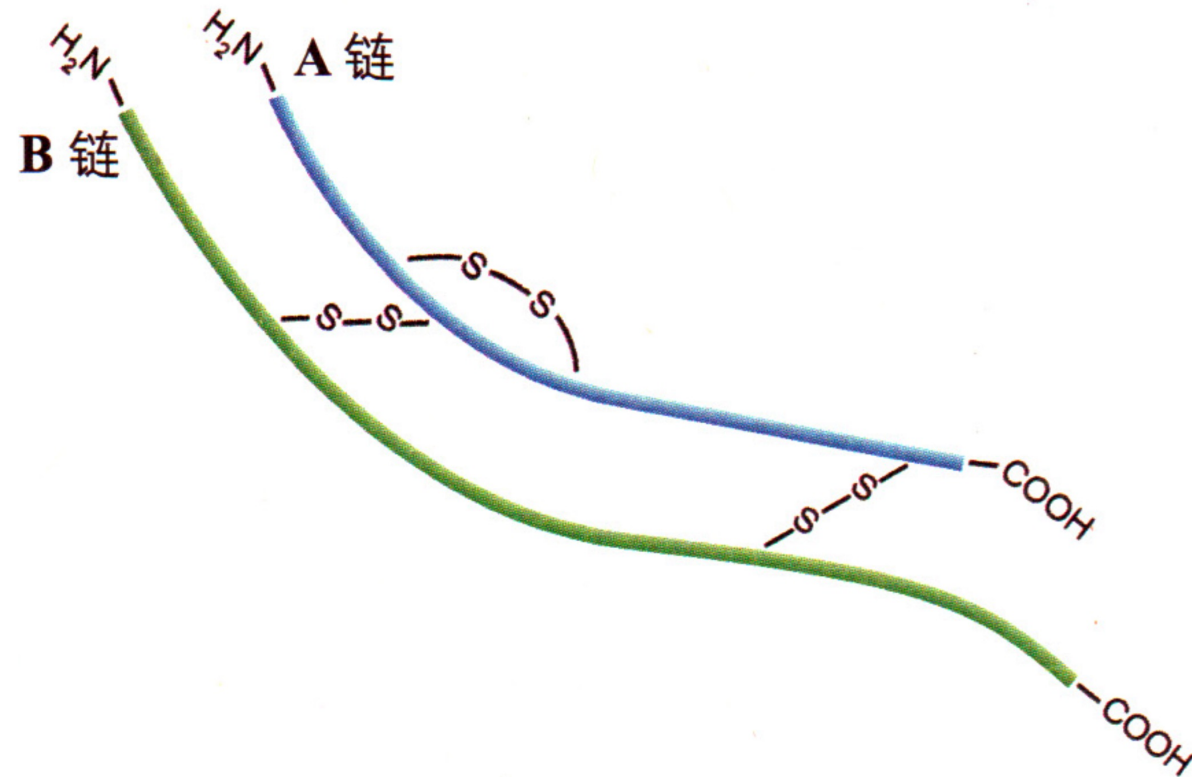
CH 2.4.3.3 三级结构

这条肽链进一步盘绕形成一定的空间结构（三级结构）



CH 2.4.3.4 四级结构

许多蛋白质分子都含有两条或多条肽链，它们通过一定的化学键如二硫键相互结合在一起。

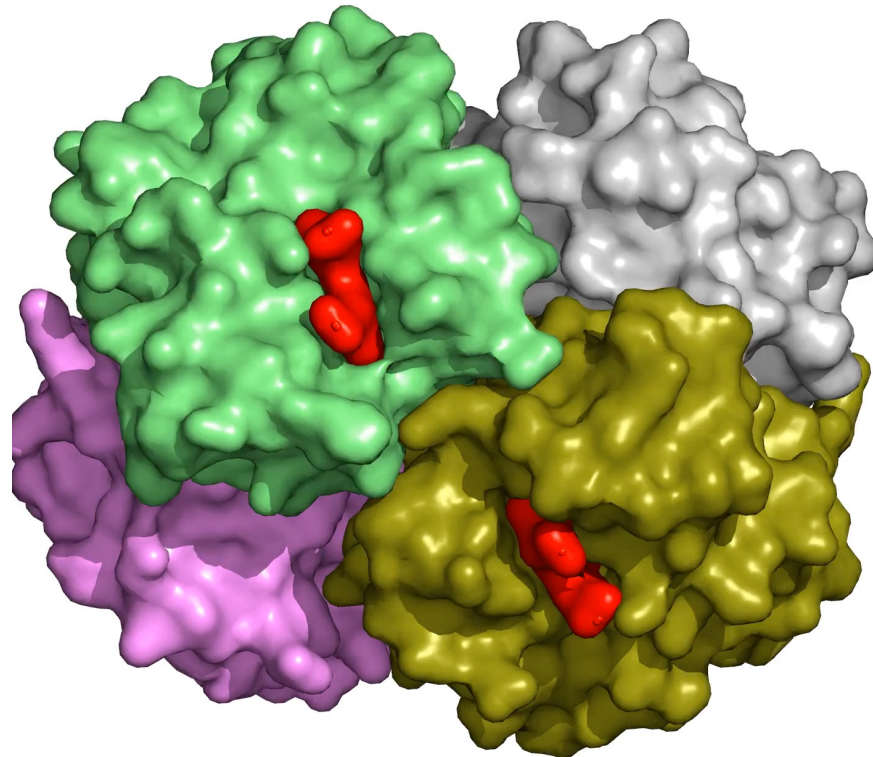


▲ 图 2-11 某种胰岛素的二硫键示意图

CH 2.4.3.4 四级结构

这些肽链不呈直线，也不在同一个平面上，而是形成更为复杂的空间结构。e.g., 血红蛋白含四条多肽链574个氨基酸。

Animation created by Y.K. Fu



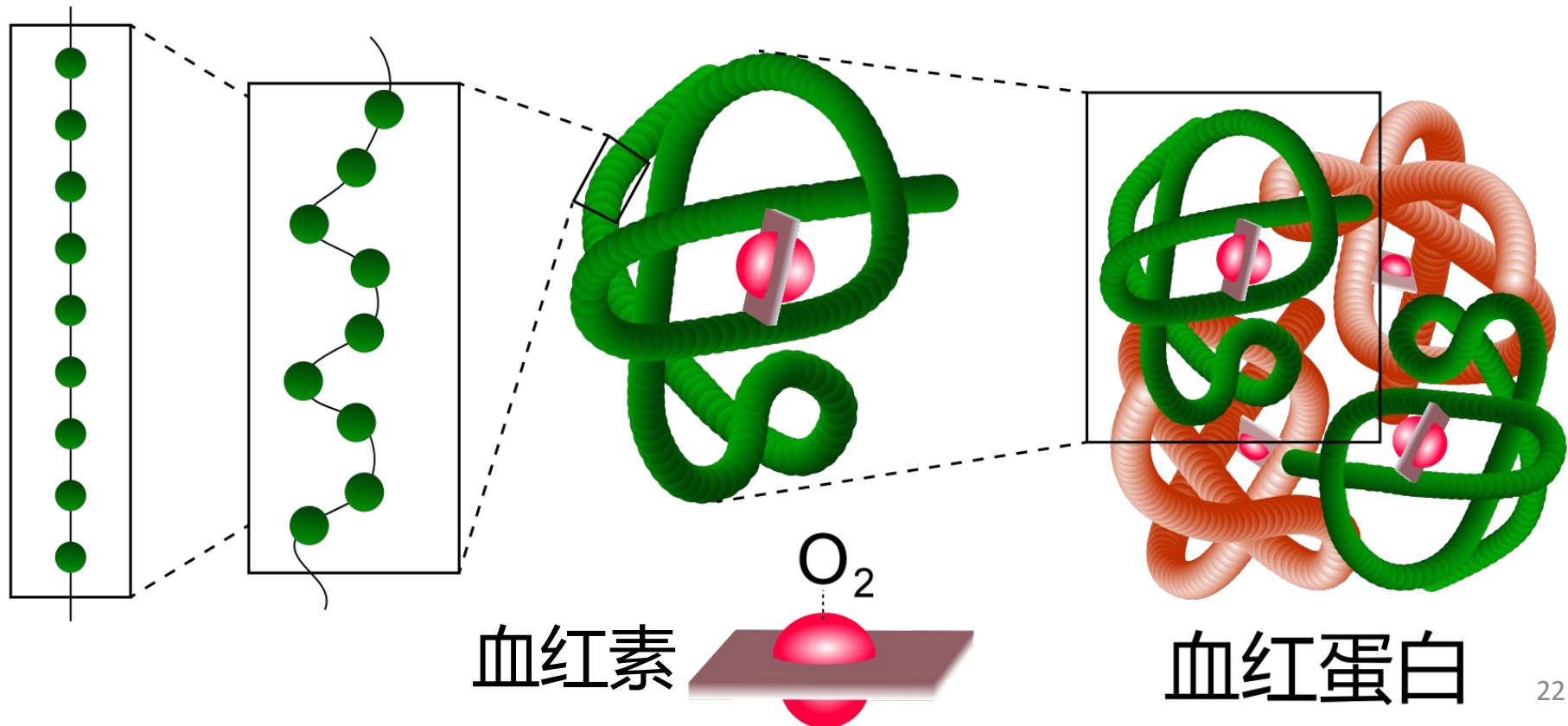
一级结构→二级结构→三级结构→四级结构

氨基酸之间脱水缩合形成多肽链

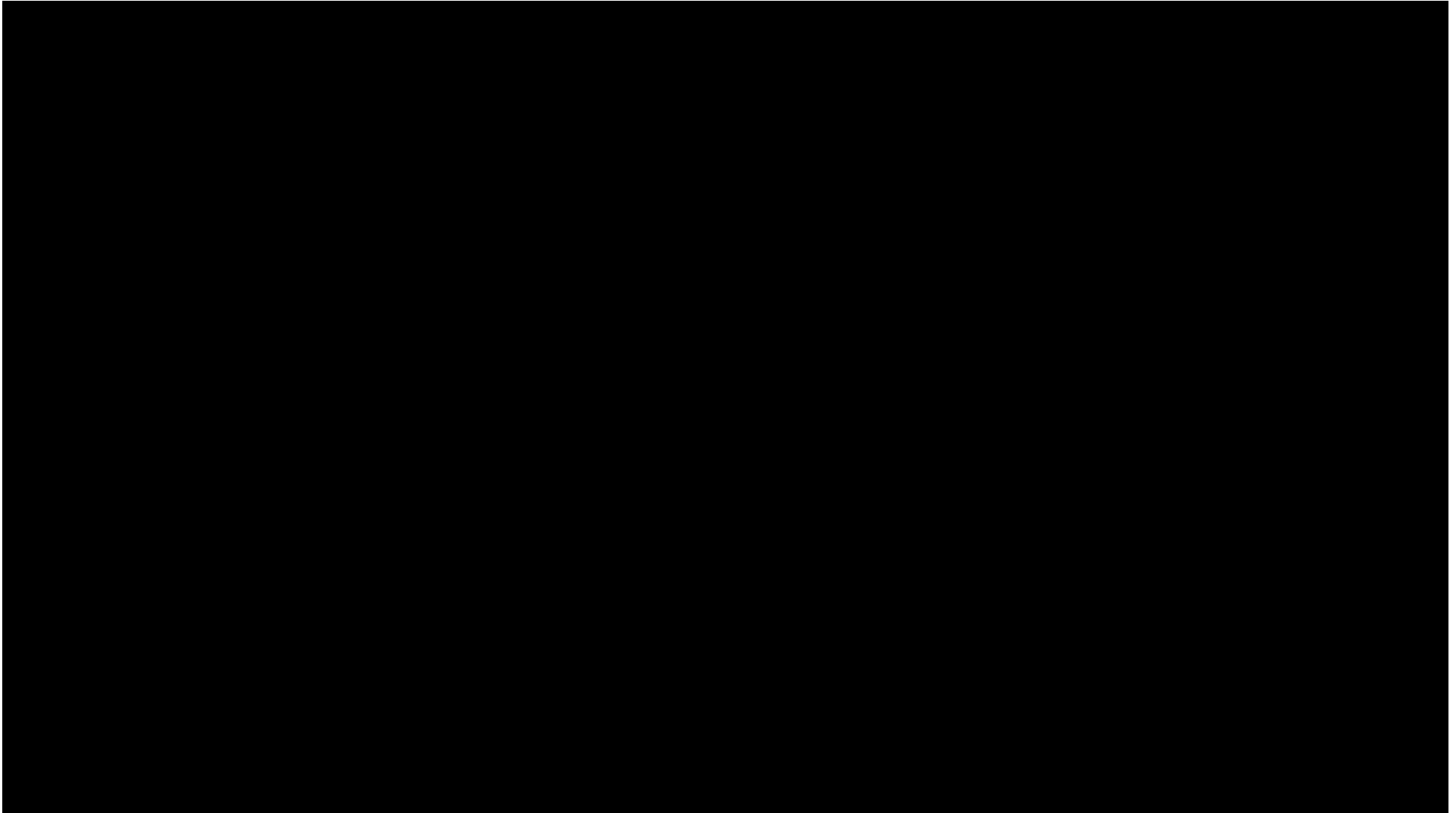
一条多肽链的特定区域进行有规律的盘曲折叠

这条肽链进一步盘绕形成一定的空间结构

四条肽链聚集在一起形成复杂的空间结构。



计算机模拟的肽链折叠成蛋白质的过程



思考·讨论：氨基酸怎样构成蛋白质

1.从氨基酸到蛋白质大致有哪些结构层次？

氨基酸脱水缩合形成二肽、三肽.....多肽；一条肽链按照一定形态折叠、盘曲构成空间结构；多条肽链构成更为复杂的空间结构。

思考·讨论：氨基酸怎样构成蛋白质

2.进入人体消化道的蛋白质食物，要经过哪些消化酶的作用才能分解为氨基酸？这些氨基酸进入人体细胞后，需经过怎样的过程才能变为人体的蛋白质？人体中的蛋白质和食物中的蛋白质会一样吗？

食物中的蛋白质要经过胃蛋白酶、胰蛋白酶、肠肽酶等多种水解酶的作用，才能分解为氨基酸。这些氨基酸进入人体细胞后，要脱水缩合形成二肽、三肽.....多肽，由多肽链构成人体蛋白质。人体蛋白质与食物中的蛋白质不一样，其具有完成人体生命活动的结构和功能。

思考·讨论：氨基酸怎样构成蛋白质

3.如果用21个不同的字母代表21种氨基酸，若写出由10个氨基酸组成的长链，可以写出多少条互不相同的长链？试着说出蛋白质种类多种多样的原因。

10个氨基酸能够组成 21^{10} 条互不相同的长链。氨基酸的数目、种类、排列顺序的多样性，以及蛋白质具有复杂的空间结构，是蛋白质种类多种多样的原因。

CH 2.4.3.5 蛋白质种类繁多的原因

蛋白质种类繁多

蛋白质空间结构
千差万别

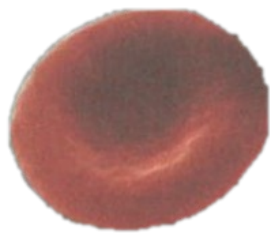
肽链氨基酸排序
千变万化

肽链氨基酸数目
成千上万

CH 2.4.3.6 蛋白质结构与功能的关系

结构决定功能；结构改变影响功能

e.g. 1, 镰状细胞贫血症患者血红蛋白 β 链第6位谷氨酸突变为缬氨酸

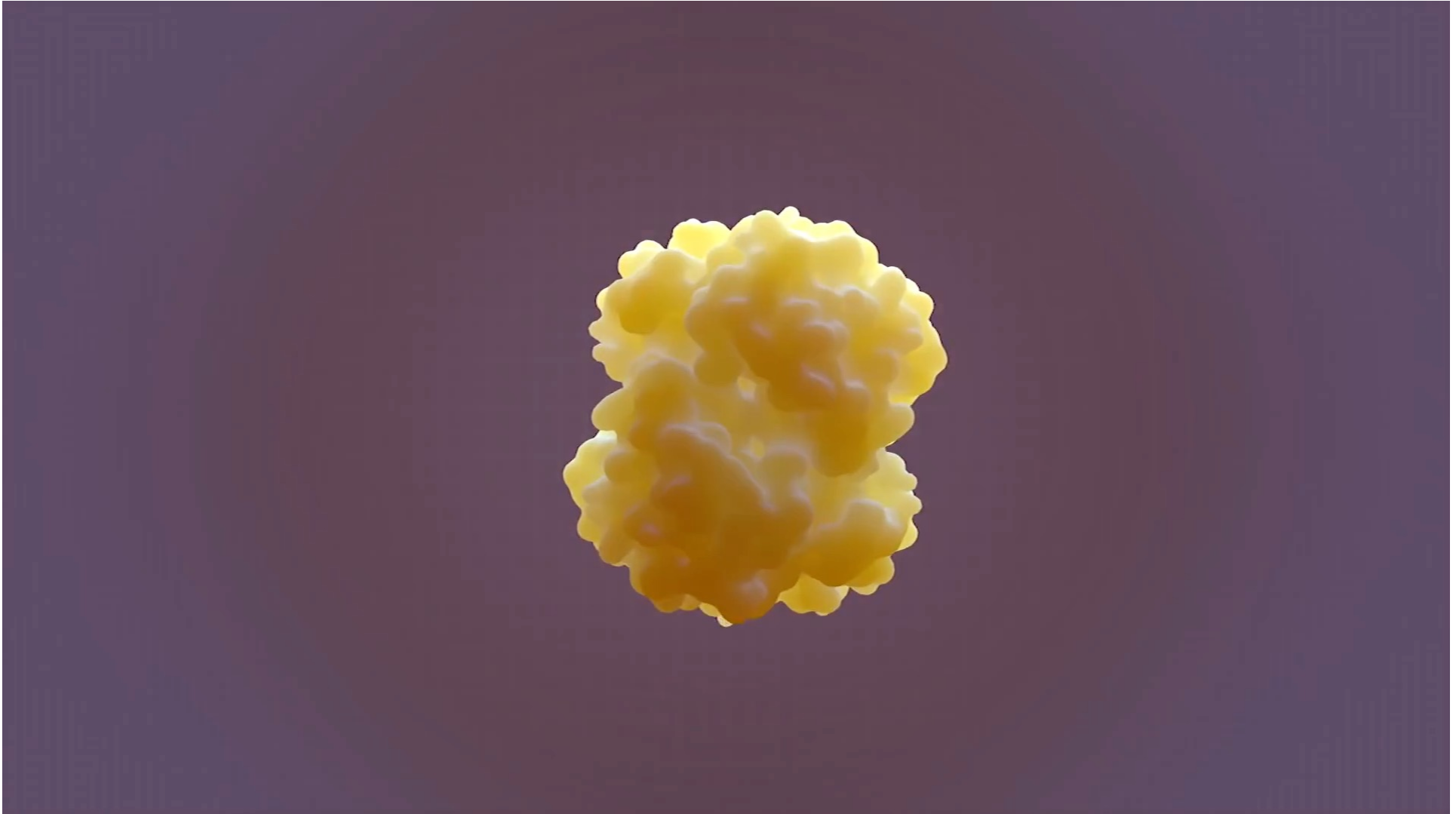


正常血红蛋白球形；
红细胞两面凹圆饼状



异常血红蛋白聚合成纤维；
红细胞扭曲成镰刀状

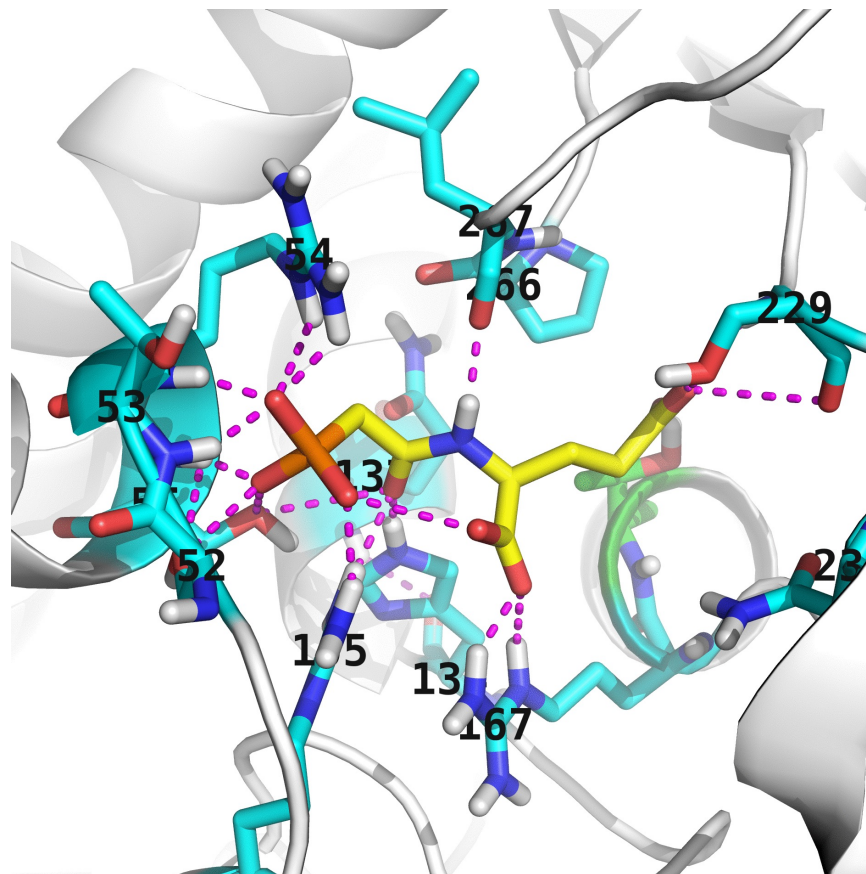
CH 2.4.3.6 蛋白质结构与功能的关系



CH 2.4.3.6 蛋白质结构与功能的关系

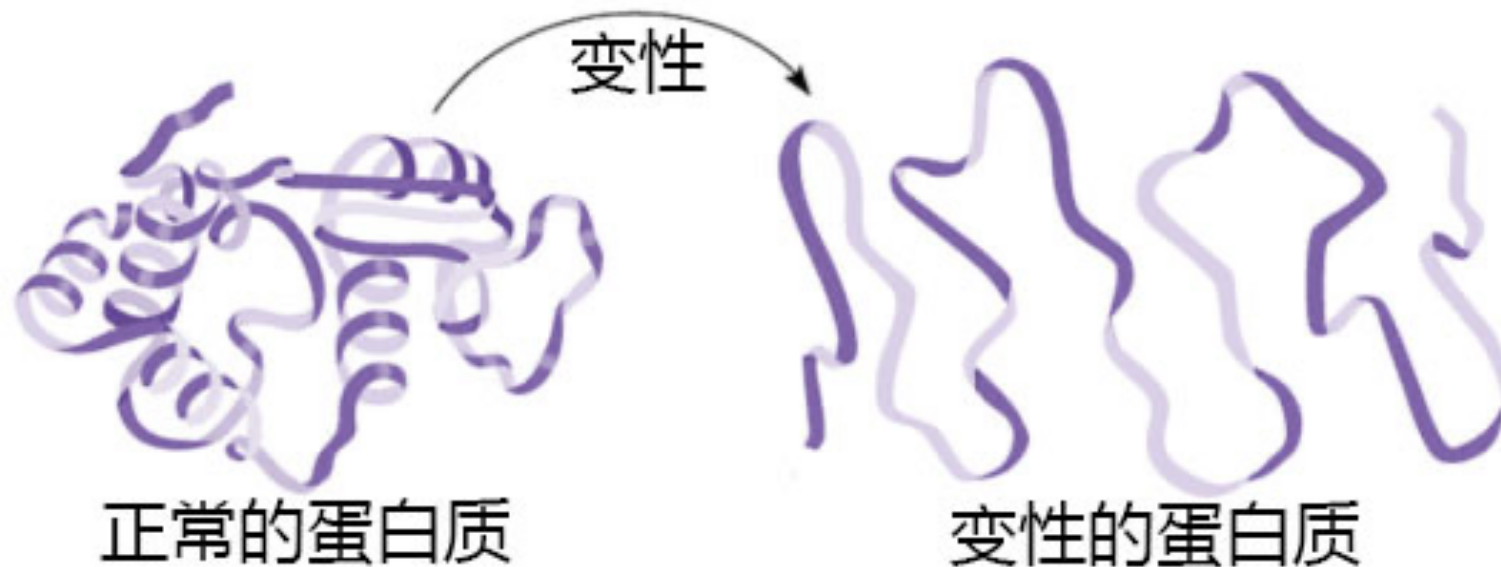
结构决定功能；结构改变影响功能

e.g. 2, 医药、工业用酶开发



CH 2.4.3.7 蛋白质变性

蛋白质变性是指在某些物理和化学因素作用下其特定的空间结构被破坏，从而导致其理化性质改变和生物学活性丧失的现象。



CH 2.4.3.7 蛋白质变性

e.g. 1, 高温使蛋白质分子的空间结构变得伸展、松散，使内部的肽键暴露出来，容易被蛋白酶水解，因此吃熟鸡蛋、熟肉容易消化。



e.g. 2, 鉴定蛋白质时，先加双缩脲试剂A液（0.1 g/mL NaOH）

Q：双缩脲试剂能否鉴定二肽和三肽？

CH 2.4.3.7 蛋白质变性

消毒方法	具体操作	消毒效果
煮沸消毒	100 °C煮沸5 ~ 6 min	杀死营养细胞和一部分芽孢
巴氏消毒	62 ~ 65 °C消毒30 min; 80 ~ 90 °C处理30 s ~ 1 min	杀死绝大多数微生物
紫外线消毒	接种室、接种箱或超净工作台用紫外线照射30 min	杀死物体表面或空气中的微生物
化学药物消毒	酒精擦拭双手; 氯气消毒水源; 喷洒石炭酸（苯酚）、煤酚皂溶液	
生物消毒	利用生物或其代谢物除去环境中的部分微生物	

CH 2.4.3.7 蛋白质变性

灭菌方法	具体操作	适用对象
湿热灭菌	121 °C, 100 kPa, 15 ~ 30 min	培养基等
干热灭菌	160 ~ 170 °C, 2 ~ 3 h	耐高温的、需要保持干燥的物品, 如玻璃器皿 (吸管、培养皿)、金属用具等
灼烧灭菌	直接在酒精灯火焰的充分燃烧层灼烧	接种工具 (涂布器、接种环、接种针或其他金属用具); 试管口、瓶口

练习与应用：一、概念检测

1.判断下列有关蛋白质的表述是否正确。

(1) 蛋白质彻底水解的产物是氨基酸。✓

(2) 氨基酸仅通过脱水缩合的方式就可以形成蛋白质。✗

(3) 只有细胞内才有蛋白质分布。✗

(4) 蛋白质的空间结构与其功能密切相关。✓

练习与应用：一、概念检测

2.质量相等的下列食物中，蛋白质含量最多的是 **A**

A.烧牛肉

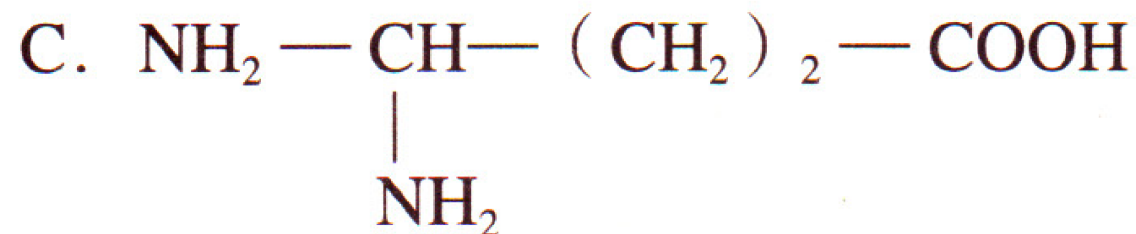
B.烤甘薯

C.馒头

D.米饭

练习与应用：一、概念检测

3. 下列物质中，属于构成蛋白质的氨基酸的是 **A**



练习与应用：一、概念检测

4. 下列物质中，不属于蛋白质的是 **B**

A. 胰岛素

B. 胆固醇

C. 胃蛋白酶

D. 抗体

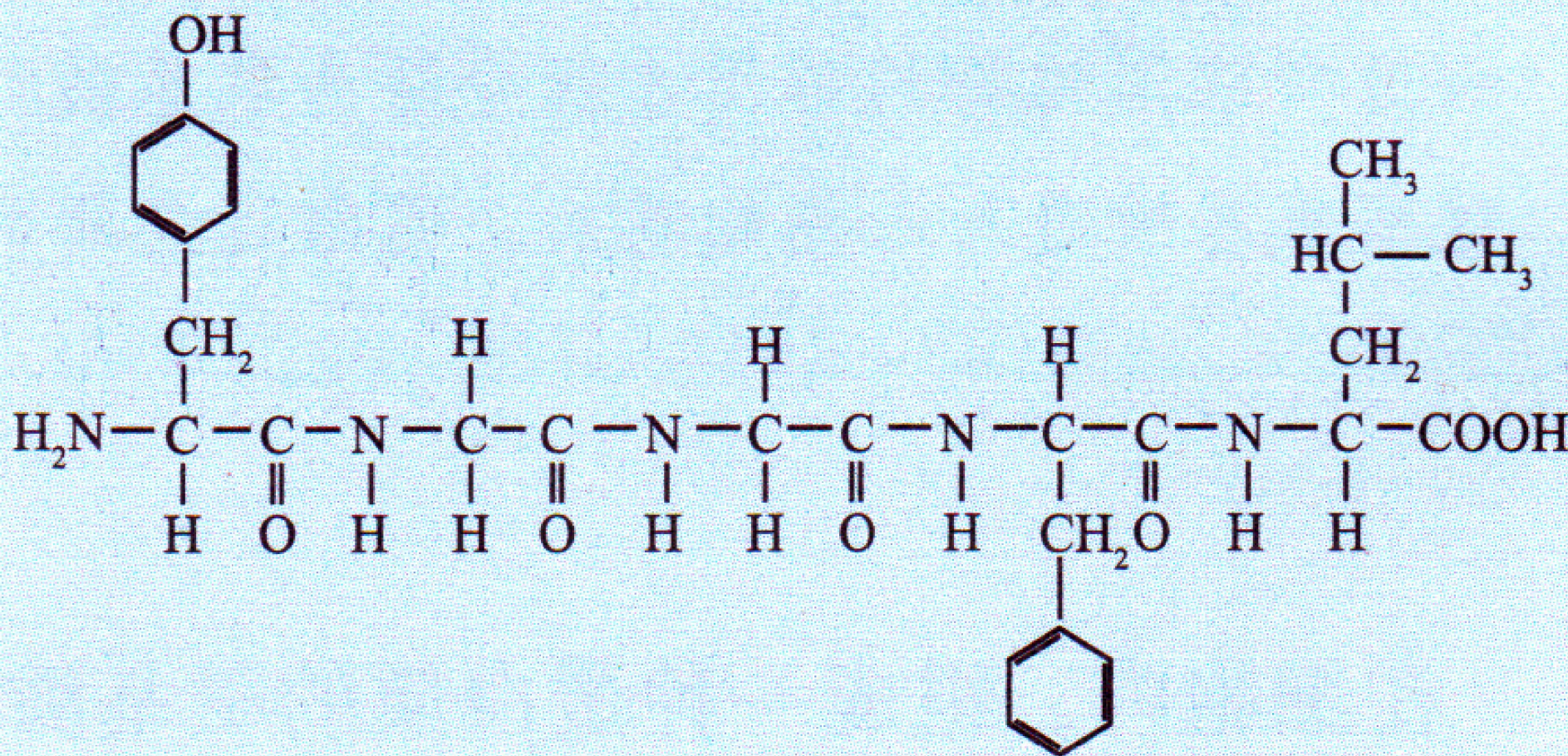
练习与应用：二、拓展应用

1.民间有一种“吃什么补什么”的说法，如吃鱼眼能明目，喝虎骨酒可以壮筋骨。请你运用本节所学的知识对这种说法作出评价。

提示：食物中的蛋白质是大分子有机物，它们都要被消化成细胞可以吸收的小分子物质才能被人体吸收，这些小分子都要在人体细胞内重新合成不同的蛋白质在人体内执行不同的功能。

练习与应用：二、拓展应用

2. 某种脑啡肽具有镇痛作用，可以作为药物来使用，它的基本组成单位是氨基酸。下面是该脑啡肽的结构式。



练习与应用：二、拓展应用

(1) 构成一个脑啡肽的氨基酸数目是 5。

有 4 种氨基酸参与了脱水缩合反应；生成的水分子数目是 4。

(2) 请在图中标出其中的一个肽键。

(3) 如果上图中的氨基酸顺序发生了改变，它还会具有脑啡肽的功能吗？为什么？

不能，因为氨基酸的排列顺序决定了脑啡肽的功能，如果氨基酸排列顺序变了，新的物质就不具有脑啡肽的镇痛功能。

练习与应用：二、拓展应用

3.在评价各种食物中蛋白质成分的营养价值时，人们格外注重其中必需氨基酸的种类和含量。这是为什么？

必需氨基酸是人体细胞不能合成的氨基酸，必须从食物中获得，因此在评价各种食物中蛋白质成分的营养价值时，人们注重其中必需氨基酸的种类和含量。

补充：蛋白质相关计算问题

计算问题原本目的是考察对氨基酸分子结构通式、脱水缩合成肽键过程等基础知识的熟练程度，熟练后计算问题就是渣渣。

高考等综合性考试一般不考察计算问题，因为没法和其他知识点相勾连。命题人也会以出这种题为耻。

真正的生物学研究也不会研究这种low到爆的问题。

先熟悉基础知识再去讨论解题技巧。

有道无术，术尚可求；有术无道，止于术。

新手村

2个氨基酸脱水缩合，脱1个水，形成1个肽键，形成的化合物叫二肽。

3个氨基酸脱水缩合，脱2个水，形成2个肽键，形成的化合物叫三肽。

N个氨基酸脱水缩合，脱N-1个水，形成N-1个肽键，形成的化合物叫多肽。

新手村

肽链1： x_1 个氨基酸，脱 x_1-1 个水，形成 x_1-1 个肽键；

肽链2： x_2 个氨基酸，脱 x_2-1 个水，形成 x_2-1 个肽键；

...

肽链M： x_M 个氨基酸，脱 x_M-1 个水，形成 x_M-1 个肽键；

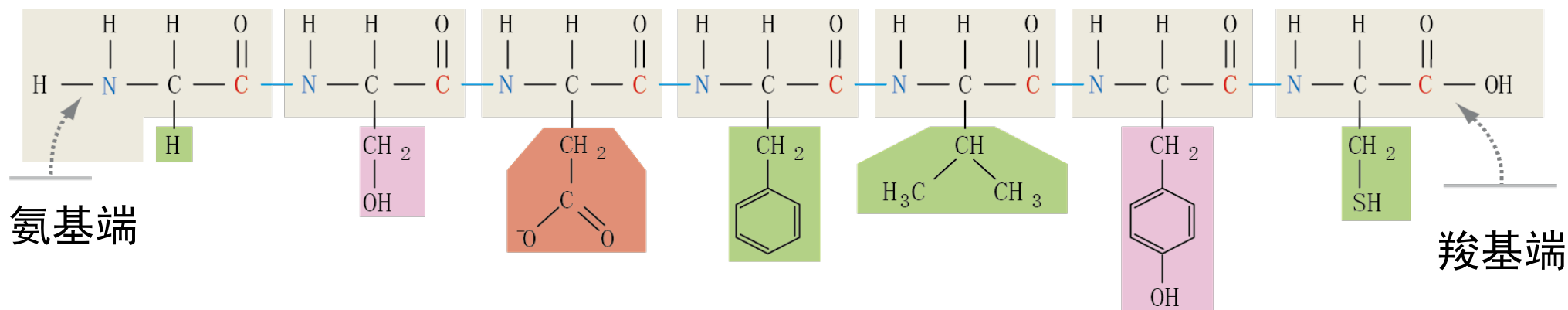
令 $N=x_1+x_2+\dots+x_M$ ，那么，

一个蛋白质含M条肽链，N个氨基酸，其形成过程

要脱去N-M个水，形成N-M个肽键。

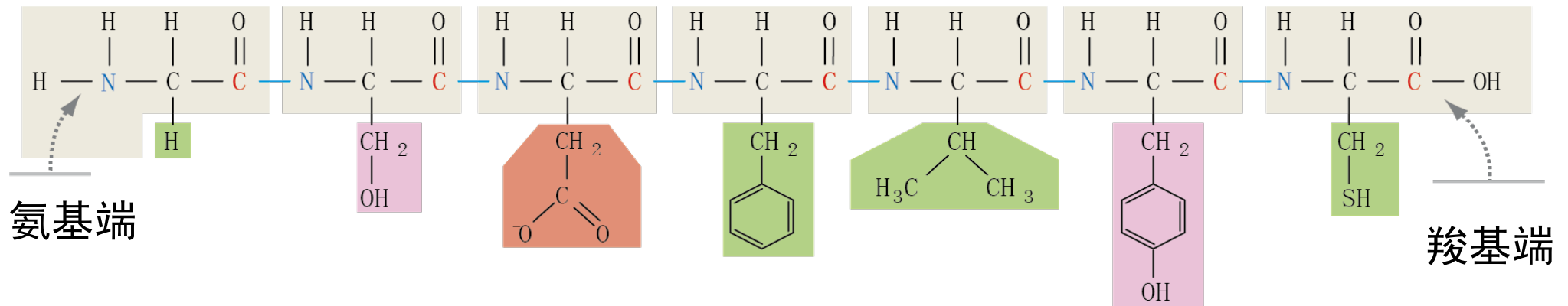
新手村

若N个氨基酸脱水缩合形成首尾相连环肽，脱N个水，
形成N个肽键。



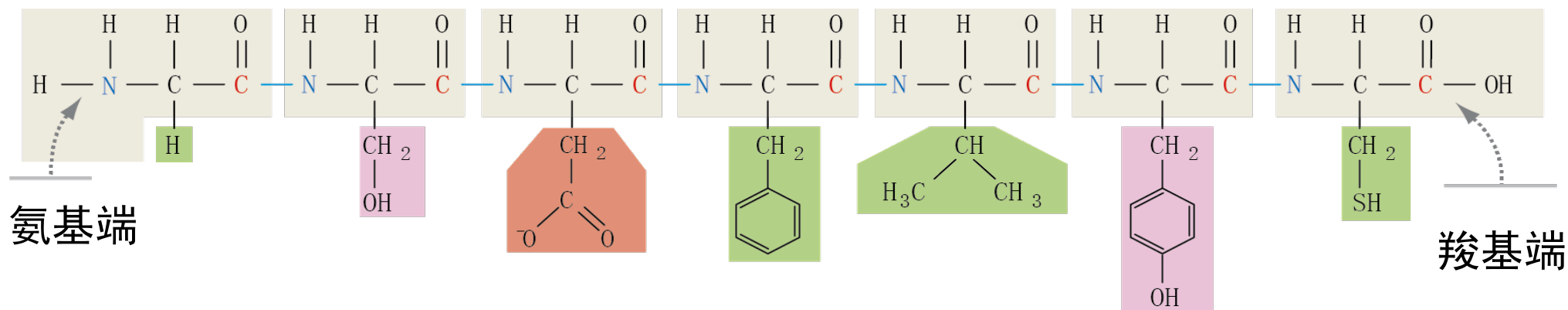
新手村

一条肽链中至少含有 1 个氨基， 1 个羧基。如果一条肽链有2个羧基，则说明有一个羧基在侧链基团上。



新手村

一条肽链含N个氨基酸，则氮原子至少有 N 个，氧原子至少有 N+1 个。



第一关：肽键数

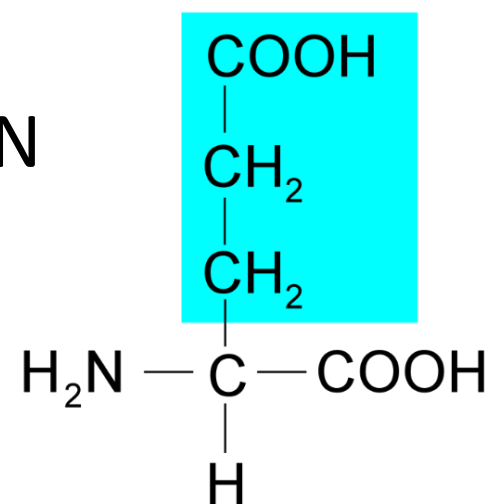
1. 谷氨酸是组成蛋白质的一种氨基酸，其R基为：
 $-\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2$ 。在一个谷氨酸的分子中，含有碳原子和氧原子数？

答：

谷氨酸分子式： $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{N} + \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2 = \text{C}_5\text{H}_9\text{O}_4\text{N}$

碳原子数：5个；

氧原子数：4个



第一关：肽键数

2. 某蛋白质由4条肽链组成，共含有109个肽键，则此蛋白质分子，至少含有一 NH_2 和一 COOH 个数及氨基酸数分别为多少？

答：

至少含有一 NH_2 数：4个；

至少含有一 COOH 数：4个；

氨基酸数： $109+4=113$ 个

第一关：肽键数

3. 现有氨基酸800个，其中氨基总数为810个，羧基总数为808个，则由这些氨基酸合成的含有2条肽链的蛋白质共有肽键、氨基和羧基的数目依次分别为？

答：

肽键数 $=800-2=798$ ；

氨基数 $=2+10=12$ （有10个侧链氨基）；

羧基数 $=2+8=10$ （有8个侧链羧基）。

第一关：肽键数

4. 通常情况下，分子式 $C_{63}H_{103}O_{65}N_{17}S_2$ 的多肽化合物中最多含有肽键个数？

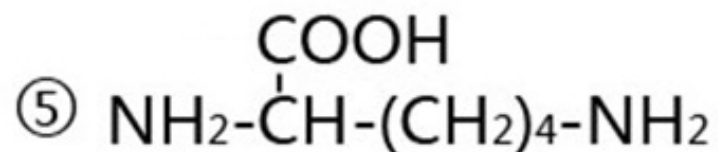
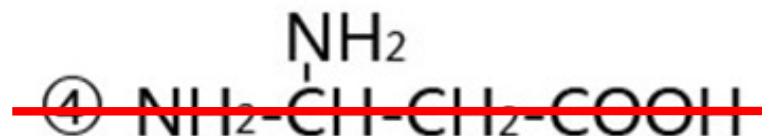
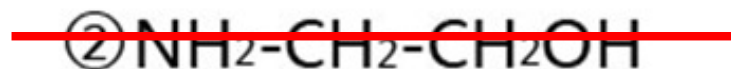
答：

最多氨基酸数：17个

最多肽键数：17-1=16个

第一关：肽键数

5. 下列5种物质中，有的是构成人体的氨基酸，有的不是。若将其中构成人体的氨基酸缩合成肽，则含有的氨基、羧基和肽键的数目依次是？



答：2、2、2

第一关：肽键数

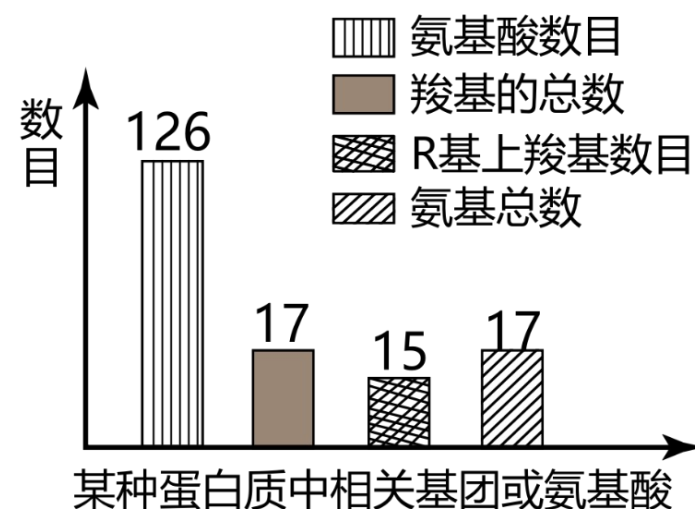
6. 有关下图中蛋白质的叙述，错误的是（ D ）

A. R基中共含15个氨基

B. 共有124个肽键

C. 含有两条肽链

D. 至少含有126个氮原子



126个氨基酸，17个羧基（R基上15个），17个氨基
由羧基信息可知该蛋白质有两条链。

第二关：分子量

7. 假设某一蛋白质分子的相对分子量为11054，21种氨基酸的平均相对分子量为128，在形成该蛋白质分子时脱去水的相对分子量为1746，则组成该蛋白质分子的肽链数是？

答：

氨基酸个数： $128 \cdot N - 1746 = 11054$ ， $N = 100$

脱水个数： $1746 / 18 = 97$

肽链数： $M = 100 - 97 = 3$

第二关：分子量

8. 已知21种氨基酸的平均相对分子质量是128，现有一蛋白质分子由3条肽链组成，在肽链形成空间结构时，产生了4个二硫键（ $-\text{SH} + -\text{SH} \rightarrow -\text{S}-\text{S}- + 2\text{H}$ ），共有肽键97个，此蛋白质分子的相对分子质量最接近（ A ）

A.11046 B.11060 C.12800 D.12280

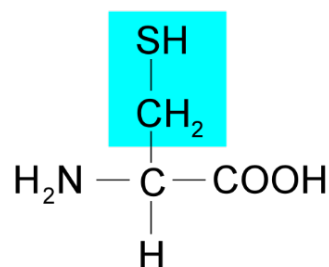
答：

氨基酸数： $N=97+3=100$

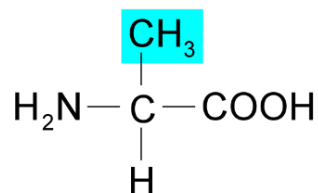
蛋白质分子量： $128 \cdot 100 - 97 \cdot 18 - 8 = 11046$

第三关：赖氨酸和天冬氨酸数

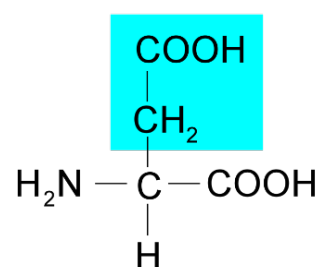
9. 某多肽链为199肽，其分子式为 $C_xH_yN_aO_bS_2$ （ $a > 199$ ， $b > 200$ ），并且由下列5种氨基酸组成。那么该多肽彻底水解后将会得到赖氨酸____个，天冬氨酸____个。



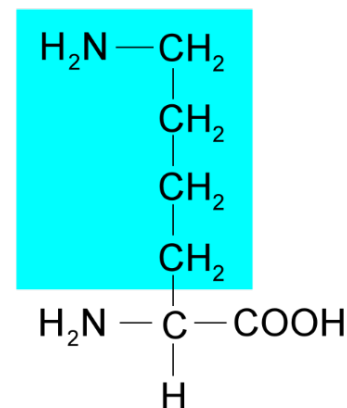
半胱氨酸



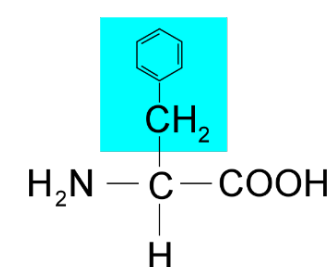
丙氨酸



天冬氨酸



赖氨酸



苯丙氨酸

答：赖氨酸 $a-199$ 个；天冬氨酸 $[b-(199+1)]/2$ 个

第三关：赖氨酸和天冬氨酸数

10. 有一条多肽链由12个氨基酸组成，分子式为 $C_xH_yO_wN_zS$ ($z > 12$, $w > 13$)，这条多肽链经过水解后的产物中有5种氨基酸：半胱氨酸($C_3H_7O_2NS$)、丙氨酸($C_3H_7O_2N$)、天冬氨酸($C_4H_7O_4N$)、赖氨酸($C_6H_{14}O_2N_2$)、苯丙氨酸($C_9H_{11}O_2N$)。水解产物中天冬氨酸的数目和赖氨酸的数目是(**D**)

A. $(y+12)$ 个、 $(z-12)$ 个

B. $(z+12)$ 个、 $(z-13)$ 个

C. $(w-13)$ 个、 $(y+12)$ 个

D. $(w-13)/2$ 个、 $(z-12)$ 个

第四关：水解问题

11. 某十九肽含 4 个天冬氨酸（R基为 $-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ），分别位于第7、8、14、19位。肽酶E1专门作用于天冬氨酸羧基端的肽键。



Q1：该十九肽被肽酶E1完全水解的产物？

答：

水解后片段：1-7 ↓ 8 ↓ 9-14 ↓ 15-19，即

1个七肽；1个天冬氨酸；1个六肽；一个五肽。

第四关：水解问题

Q2：水解产物氧原子数较原十九肽变化？



答：+3个

Q3：水解肽产物氧原子数较原十九肽变化？

答：+3 - 4 = - 1个

