



专题知识整合

ZHUANTI ZHISHI ZHENGHE

与蛋白质相关的计算题，题型较多，难度较大。但总体上可分为三种类型，且每类题型都有相应解题策略。如下表：

题目类型	解题策略
蛋白质(或多肽)中原子数计算	用原子守恒解答
多肽种类计算	用数学中“排列组合”解答
基因表达中氨基酸与 DNA、RNA 中碱基数的关系	用比例关系解答

一、多肽中各原子数的计算

氨基酸的结构通式是解答此类题目的突破口。在一个氨基酸中，若不考虑 R 基，至少含有 2 个碳原子、2 个氧原子、4 个氢原子和 1 个氮原子。在脱水缩合形成多肽时，要失去部分 H、O 原子，但是碳原子、氮原子的数目不会减少。其相关数量关系如下：

(1) 碳原子数 = 氨基酸的分子数 \times 2 + R 基上的碳原子数。

(2) 氢原子数 = 各氨基酸中氢原子的总数 - 脱去的水分子数 \times 2。

(3) 氧原子数 = 各氨基酸中氧原子的总数 - 脱去的水分子数。

(4) 氮原子数 = 肽链数 + 肽键数 + R 基上的氮原子数 = 各氨基酸中氮原子的总数。

(5) 由于 R 基上的碳原子数不好确定，且氢原子数较多，因此以氮原子数或氧原子数的计算为突破口，计算氨基酸的分子式或氨基酸个数最为简便。

(6) 含 2 个氨基的氨基酸数 = N 原子数 - 肽键数 - 1。

(7) 含 2 个羧基的氨基酸数为：
$$\frac{\text{O 原子数} - \text{肽键数} - 2}{2}$$

[例 1] 某多肽链为 199 肽，其分子式为 $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_a\text{O}_b\text{S}_2$ ($a > 199$ 、 $b > 200$)，并且由下列 5 种氨基酸组成。那么该多肽彻底水解后将会分别得到赖氨酸、天冬氨酸的个数为()



A. $a-199$ 、 $(b-200)/2$

B. $a-200$ 、 $b-200$

C. $a-199$ 、 $(b-199)/2$

D. $a-200$ 、 $(b-200)/2$

[解析] 从题意知该多肽为 199 肽, 则它是由 199 个氨基酸组成的; 又知该多肽分子式为 $C_xH_yNaO_bS_2$, 其中 N 有 a 个, 则可知组成该多肽的 199 个氨基酸共有 a 个氨基; 又知组成该多肽的 5 种氨基酸中只有赖氨酸含有 2 个氨基, 所以赖氨酸个数为 $a-199$ 。由于组成该多肽的 5 种氨基酸中只有天冬氨酸含有 2 个羧基, 设该多肽共含有天冬氨酸为 d 个, 反应前 199 个氨基酸中氧原子共有 $4d+(199-d)\times 2$, 形成 199 肽时脱去 198 个水分子, 每个水分子含一个氧原子, 所以该多肽分子中尚存在氧原子数为 $b=4d+(199-d)\times 2-198=2d+200$, $d=(b-200)/2$ 。

[答案] A

二、多肽种类的计算

多肽的不同取决于氨基酸的数目、种类和排列顺序。对于氨基酸数目相同的多肽来说, 则取决于氨基酸的种类和排列顺序。可以借助下面的示意图(□代表要安放的氨基酸的位置), 结合数学中“排列组合”的相关知识, 推导出相关的计算规律。(以 20 种氨基酸形成的四肽化合物为例)



(1)若每种氨基酸数目无限, 可形成肽类化合物的种类有 20^4 种(即 1 号位置安放氨基酸的情况有 20 种, 2、3、4 号也是如此, 即 $20\times 20\times 20\times 20=20^4$ 种)。

(2)若每种氨基酸只有一个, 可形成肽类化合物的种类有 $(20\times 19\times 18\times 17)$ 种[即 1 号位置安放氨基酸的情况有 20 种, 2 号位置安放的氨基酸只能在剩余的 19 种中选择.....即 $(20\times 19\times 18\times 17)$ 种]。

[例 2] 现有足量的甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸 3 种氨基酸, 它们能形成的三肽种类以及包含 3 种氨基酸的三肽种类分别最多有()

A. 9 种, 9 种

B. 6 种, 3 种

C. 18 种, 6 种

D. 27 种, 6 种

[解析] 由上述“规律(1)”很容易计算出足量的 3 种氨基酸构成的三肽有 $3^3=27$ 种。对于包含 3 种氨基酸的三肽种类的理解, 可借用示意图“□—□—□”来分析, 即第一个位置的氨基酸有 3 种情况, 第二个位置只能从另 2 种氨基酸中任选 1 种, 第三个位置只能安放剩余的 1 种, 虽然这 3 种氨基酸足量, 但是仍需按“规律(2)”计算, 即 $3\times 2\times 1=6$ 种。

[答案] D

三、氨基酸数与相应 DNA、RNA 片段中碱基数的计算

基因表达中, DNA 控制 mRNA 的合成, mRNA 指导蛋白质的合成。DNA 中碱基排列顺序转录为 mRNA 中碱基排列顺序, 进而翻译为蛋白质中氨基酸的排列顺序。其数量关系图解如下:

DNA(基因) $\xrightarrow{\text{转录}}$ mRNA $\xrightarrow{\text{翻译}}$ 蛋白质

碱基数 : 碱基数 : 氨基酸数
6 : 3 : 1

由于 mRNA 中有终止密码子等原因, 上述关系应理解为每合成 1 个氨基酸至少需要 mRNA 上的 3 个碱基和 DNA(基因)上的 6 个碱基。

[例 3] 氨基酸的平均相对分子质量为 120, 如有一个两条链的多肽, 相对分子质量是 12 276, 合成这个多肽的氨基酸的数目和指导它合成的 DNA 分子脱氧核苷酸数目至少依次是()

- A. 144, 864 B. 144, 432
C. 120, 720 D. 120, 360

[解析] 多肽的相对分子质量 = 氨基酸的数目 \times 氨基酸平均相对分子质量 - (氨基酸的数目 - 肽链条数) \times 18, 把相应数字代入上式可得: 氨基酸的数目 = 120, 再根据基因控制蛋白质合成过程中: DNA 分子中脱氧核苷酸数 : 相应 mRNA 分子核糖核苷酸数 : 指导合成的蛋白质上氨基酸数 = 6 : 3 : 1, 可知 DNA 分子中脱氧核苷酸数目 = $6 \times 120 = 720$ 。

[答案] C

强化针对训练

QIANGHUA ZHENDUI XUNLIAN

1. 已知天冬酰胺的 R 基为 $-\text{C}_2\text{H}_4\text{ON}$, 现有分子式为 $\text{C}_{63}\text{H}_{103}\text{O}_{18}\text{N}_{17}\text{S}_2$ 的多肽, 其中含有 2 个天冬酰胺。在上述多肽中最多有肽键()

- A. 17 个 B. 16 个
C. 15 个 D. 14 个

解析: 选 D 多肽 $\text{C}_{63}\text{H}_{103}\text{O}_{18}\text{N}_{17}\text{S}_2$ 中有 17 个 N, 因含有两个天冬酰胺(R 基为 $-\text{C}_2\text{H}_4\text{ON}$), 故该多肽由 15 个氨基酸脱水缩合而成, 形成的肽键数目为 14。

2. 某条多肽的相对分子质量为 2 778, 若氨基酸的平均相对分子质量为 110, 如考虑终止密码子, 则编码该多肽的基因长度至少是()

- A. 75 对碱基 B. 78 对碱基
C. 90 对碱基 D. 93 对碱基

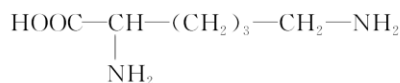
解析: 选 D 设多肽是由 m 个氨基酸构成的, 蛋白质的相对分子质量 = $110m - 18(m - 1) = 2 778$, 则 m 等于 30。那么控制该多肽的密码子有 31 个(终止密码子不编码氨基酸), 则控制该多肽合成的基因至少有 93 对碱基。

3. (2013·济南模拟) 某多肽的分子式为 $\text{C}_{42}\text{H}_{65}\text{N}_{11}\text{O}_9$, 它彻底水解后只得到以下 3 种氨基酸, 则此多肽中含有的赖氨酸个数为()



甘氨酸

苯丙氨酸



赖氨酸

- A. 2 个 B. 3 个
C. 5 个 D. 8 个

解析: 选 B 假设甘氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸的数目分别为 a 、 b 、 c 。由于这三种氨基酸都只含有一个羧基, 该多肽的氧原子数=肽键中的氧原子数+游离的羧基中的氧原子数, 即 $9=\text{肽键中的氧原子数}+2$ 。因此, 该多肽含有 7 个肽键, 8 个氨基酸, 即 $a+b+c=8$ 。根据该多肽含有的氮原子数分析, 可得 $a+b+2c=11$, 可求出 $c=3$ 。

4. 现有氨基酸 100 个, 其中氨基总数为 102 个, 羧基总数为 101 个, 则由这些氨基酸合成的含有 2 条肽链的蛋白质中, 含有氧原子的数目是()

- A. 101 B. 102
C. 103 D. 104

解析: 选 D 这个蛋白质分子中有 98 个肽键(每个肽键含有 1 个氧原子), 3 个羧基(每个羧基含有 2 个氧原子), 故多肽中氧原子数目为 $98 \times 1 + 3 \times 2 = 104$ 个。

5. (2013·江西四市联考) 经测定, 某多肽链分子式是 $\text{C}_{21}\text{H}_x\text{O}_y\text{N}_4\text{S}_2(-\text{SH} + -\text{SH} \rightarrow -\text{S}-\text{S}- + 2\text{H})$, 其中含有一个二硫键($-\text{S}-\text{S}-$)。已知该多肽是由下列氨基酸中的几种作为原料合成的: 苯丙氨酸($\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$)、天冬氨酸($\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$)、丙氨酸($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$)、亮氨酸($\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$)、半胱氨酸($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$)。下列有关该多肽的叙述, 正确的是()

- A. 该多肽水解后产生的氨基酸分别是半胱氨酸、天冬氨酸、丙氨酸和亮氨酸
B. 该多肽中 H 原子数和 O 原子数分别是 32 和 5
C. 该多肽形成过程中至少需要 4 种 tRNA
D. 该多肽在核糖体上形成, 形成过程中相对分子质量减少了 56

解析: 选 D 根据该多肽链中 N 的数目=氨基端(1 个)+肽键中的 N+R 基中的 N(五种氨基酸中都没有)可推出, 肽键中的 N 为 3 个, 该多肽链由 4 个氨基酸组成; 半胱氨酸、天冬氨酸、丙氨酸和亮氨酸的碳元素之和为 $3+4+3+6=16$, 与题目中该多肽链的分子式不符。根据该多肽链中碳元素和硫元素的数目, 可确定组成该多肽链的氨基酸应该为一个苯丙氨酸($\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$)、一个亮氨酸($\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$)、两个半胱氨酸($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$); 该多肽中 H 原子数为 $11+7+13+7-3 \times 2-2=30$, O 原子数为 $2+2+2+2-3 \times 1=5$ 。该多肽由 3 种氨基酸组成, 其形成过程中至少需要 3 种 tRNA。该多肽在核糖体上形成, 形成过程中相对分子质量减少 18×3 (形成肽键时脱水)+2(形成一个二硫键脱下 2 个 H)=56。

6. 现有足量的 a、b 两种氨基酸, 则这两种氨基酸脱水缩合可以形成二肽的种类数是

()

A. 6

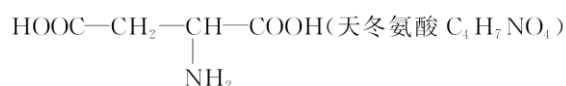
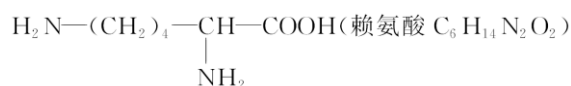
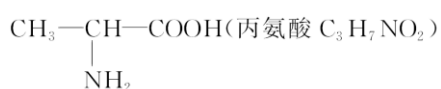
B. 2

C. 4

D. 8

解析：选 C 二肽由两个氨基酸组成，这个问题实际上是求两种氨基酸在两个位置上的排列方式的种类。二肽的第一个位置上的氨基酸有两种选择(a 或者 b)，第二个位置上的氨基酸也有两种选择，所以种类数为 $2 \times 2 = 4$ ，即有 a-a、b-b、a-b、b-a 4 种，a-b 中 a 提供羧基，b 提供氨基形成肽键，b-a 中 b 提供羧基，a 提供氨基形成肽键，这是两种不同的二肽。此结果可以推而广之， n 种氨基酸形成 m 肽的种类数为 n^m 种。

7. 现有一种“十三肽”，分子式为 $C_{54}H_{95}N_{17}O_{20}$ ，已知将它彻底水解后只得到下列氨基酸。



(1) 将该“十三肽”彻底水解后有 _____ 个丙氨酸， _____ 个赖氨酸， _____ 个天冬氨酸。

(2) 和未水解的化合物相比，水解后哪几种元素的数目增加了？ _____。哪几种元素的数目减少了？ _____。

解析：(1) “十三肽”是由 13 个氨基酸脱水缩合而生成的，所以“十三肽”的 C、N 数目为全部氨基酸中的 C、N 数之和。设水解后有 x 个丙氨酸， y 个赖氨酸， z 个天冬氨酸，

$$\text{依题意有：} \begin{cases} x+y+z=13 \text{ (按氨基酸数建立等式)} \\ 3x+6y+4z=54 \text{ (按C原子数建立等式)} \\ x+2y+z=17 \text{ (按N原子数建立等式)} \end{cases}$$

解方程组得 $x=6$ ， $y=4$ ， $z=3$ 。

(2) 水解时肽键打开，水分子中的—OH 和肽键中的—CO—相连，水分子中的—H 和肽键中的—NH—相连，因此和未水解的多肽相比，水解后 H 和 O 两种元素的数量增加了，其他元素的数目都没有减少。

答案：(1) 6 4 3 (2) H 和 O 无