

PHƯƠNG PHÁP GIẢI TOÁN VỀ PEPTIT



Các em học sinh thân mến,

Thông thường, toán về peptit luôn là đề tài “khó nuốt” với các thí sinh trong các kì thi. Hướng giải quyết chúng sao cho đơn giản luôn là mối bận tâm hàng đầu của mọi thí sinh trong các mùa thi hàng năm.

Cần lưu ý rằng các bài toán peptit hầu hết đều chỉ xét các peptit mạch hở, tạo bởi các α -amino axit có công thức chung $C_nH_{2n+1}NO_2$. Ở đây, ta cũng xét các peptit có đặc điểm như thế.

Các em cần biết rằng một peptit mạch hở, tạo bởi các α -amino axit có công thức chung $C_mH_{2m+1}NO_2$ sẽ có công thức là $C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}$. Hoàn toàn tương tự, hỗn hợp các peptit mạch hở tạo bởi các α -amino axit có công thức chung $C_mH_{2m+1}NO_2$ cũng sẽ có công thức trung bình là $C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}$. Đặc biệt cần chú ý tỉ số $\frac{n}{x}$ thường được sử dụng để biện luận trong các bài toán

peptit. Ở đây, tỉ số $\frac{n}{x}$ chính là số C trung bình của các gốc α -amino axit hiện diện trong peptit (hoặc hiện diện trong hỗn hợp peptit).

Để cụ thể, nếu ta có peptit mạch hở A, công thức Ala-Ala-Gly-Gly-Gly-Gly (a mol) thì tỉ số $\frac{n}{x}$ trong peptit A này sẽ là $\frac{n}{x} = \frac{6a+8a}{2a+4a} = \frac{7}{3} = 2,33$. Giá trị $\frac{n}{x} = 2,33 < \frac{2+3}{2} = 2,5$ phản ánh trong phân tử A, số mol gốc Gly phải nhiều hơn số mol gốc Ala (4a mol gốc Gly so với 2a mol gốc Ala). Khi đó, dùng phương pháp đường chéo ta còn tính được tỉ lệ mol giữa số gốc Gly và Ala trong A

$$\text{là } n_{\text{Gly}} : n_{\text{Ala}} = \frac{3 - \frac{7}{3}}{\frac{7}{3} - 2} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 2 \text{ (phù hợp với công thức của A là Ala-Ala-Gly-Gly-Gly-Gly).}$$

Tương tự, nếu xét hỗn hợp A gồm các peptit mạch hở sau:

$$\begin{cases} \text{Ala-Ala-Ala-Gly} : 1 \text{ mol} \\ \text{Gly-Gly-Gly-Gly-Gly} : 0,2 \text{ mol} \end{cases}$$

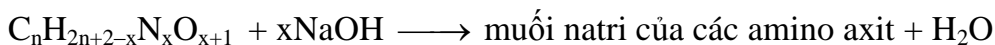
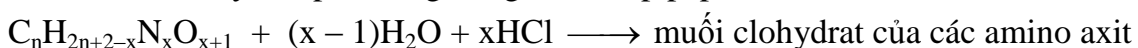
Trong trường hợp này, tỉ số $\frac{n}{x}$ trong hỗn hợp A là $\frac{n}{x} = \frac{11.1+10.0,2}{4.1+5.0,2} = \frac{13}{5} = 2,6$. Giá trị

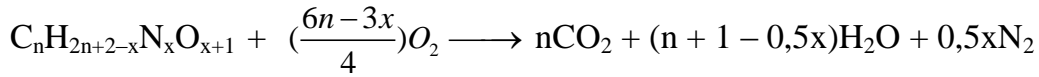
$\frac{n}{x} = 2,6 > \frac{2+3}{2} = 2,5$ phản ánh trong hỗn hợp A, số mol gốc Ala phải nhiều hơn số mol gốc Gly (3 mol gốc Ala so với 2 mol gốc Gly). Hoàn toàn tương tự, phương pháp đường chéo cho ta tỉ lệ mol giữa số gốc Gly và Ala trong A (cũng là tỉ lệ mol giữa Gly và Ala thu được do thủy phân hoàn toàn

A) là $n_{\text{Gly}} : n_{\text{Ala}} = \frac{3-2,6}{2,6-2} = \frac{0,4}{0,6} = \frac{2}{3}$ (phù hợp với hỗn hợp A được tạo bởi 2 mol Gly và 3 mol Ala,

tức thủy phân hoàn toàn A thu được 2 mol Gly và 3 mol Ala).

Các em cần lưu ý các phản ứng khi giải bài tập peptit trên:





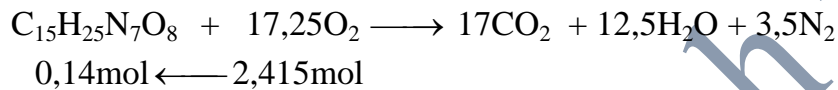
Toán về peptit hầu như luôn sử dụng đến bảo toàn khối lượng, thường gặp nữa là bảo toàn nguyên tố. Ngoài ra cần nhớ số mol O_2 cần để đốt cháy hoàn toàn hỗn hợp gồm các amino axit và peptit thu được do thủy phân một peptit mạch hở X bằng với số mol O_2 cần để đốt cháy hoàn toàn X.

1. Thủy phân m gam hexapeptit mạch hở X công thức Ala-Gly-Gly-Gly-Gly-Gly thu được hỗn hợp Y gồm Ala; Gly; Ala-Gly; Gly-Gly; Gly-Gly-Gly và Gly-Gly-Gly-Gly. Đốt cháy hoàn toàn hỗn hợp Y cần vừa đủ 2,415 mol O_2 . Giá trị m gần với giá trị nào nhất dưới đây?

- A. 68 B. 58 C. 78 D. 48

Giải

Vì số mol O_2 cần để đốt Y bằng số mol O_2 cần để đốt X nên xét phản ứng cháy của X:



Vậy $m = 0,14.431 = 60,34$ (chọn B).

2. A là tetrapeptit mạch hở khi thủy phân hoàn toàn chỉ tạo các amino axit chứa một nhóm NH_2 và một nhóm $COOH$ trong phân tử. Chia một lượng A làm 2 phần bằng nhau

- Phần 1 cho tác dụng với dung dịch HCl vừa đủ rồi cô cạn được 50,5 gam muối khan
- Phần 2 cho tác dụng với dung dịch NaOH vừa đủ rồi cô cạn được 44,7 gam muối khan

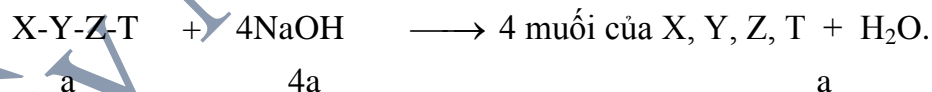
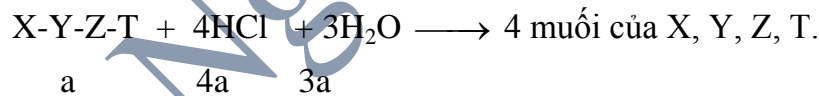
Nếu thủy phân hoàn toàn 20 gam tetrapeptit A trên bằng lượng vừa đủ dung dịch hỗn hợp gồm NaOH 3M và KOH 1M rồi cô cạn được bao nhiêu gam hỗn hợp muối khan?

- A. 30,36 gam B. 39,80 gam C. 28,96 gam D. 45,10 gam

Giải

Đặt tetrapeptit đã cho là X-Y-Z-T (a mol ở mỗi phần).

Các phản ứng:



Bảo toàn khối lượng cho ta hệ $\begin{cases} aM_A + 36,5.4a + 18.3a = 50,5 \\ aM_A + 40.4a - 18a = 44,7 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = 0,1 \\ aM_A = 30,5 \end{cases}$

Đặt công thức trung bình của NaOH và KOH là MOH.

Vì $M = \frac{23.3+39}{4} = 27$ nên nếu thủy phân 30,5 gam peptit A bằng dung dịch hỗn hợp

bazơ trên thì bảo toàn khối lượng cho $30,5 + 0,4(27 + 17) = m_{\text{muối}} + 18.0,1 \Leftrightarrow m_{\text{muối}} = 46,3$ gam.

Do đó nếu thủy phân 20 gam peptit A bằng dung dịch hỗn hợp bazơ trên thì thu được

$$m_{\text{muối}} = \frac{20.46,3}{30,5} = 30,36 \text{ gam.}$$

3. A là hỗn hợp gồm các peptit mạch Ala-Gly; Ala-Ala-Val; Gly-Gly-Gly và Ala-Ala-Ala-Ala-Val. Chia một lượng A làm 3 phần bằng nhau:
 + Phần 1 cho tác dụng với dung dịch HCl dư rồi cô cạn được 16,73 gam muối khan.
 + Phần 2 cho tác dụng với dung dịch NaOH dư rồi cô cạn được 14,7 gam muối khan.
 + Phần 3 đem đốt cháy hoàn toàn cần vừa đủ b mol O₂.

Giá trị b là

- A. 0,875 B. 0,435 C. 1,050 D. 0,525

Giải

Đặt công thức trung bình các peptit đã cho là C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}

Gọi a là số mol hỗn hợp peptit ở mỗi phần, ta có hệ:

$$\begin{cases} a(14n+29x+18)+18a(x-1)+36,5ax=16,73 \\ a(14n+29x+18)+40ax=14,7+18a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} an=0,36 \\ ax=0,14 \end{cases}$$

$$\text{Vậy } b = \frac{a(6n-3x)}{4} = \frac{6.0,36-3.0,14}{4} = 0,435$$

4. A là peptit mạch hở khi thủy phân hoàn toàn chỉ tạo hỗn hợp glyxin và alanin. A có số liên kết peptit không lớn hơn 12. Cho m gam A tác dụng với dung dịch HCl vừa đủ rồi cô cạn được 83,65 gam muối khan, còn nếu cho cùng lượng A trên tác dụng với dung dịch NaOH vừa đủ rồi cô cạn được 73,5 gam muối khan. Giá trị m là

- A. 67,1 B. 47,3 C. 55,5 D. 35,1

Giải

Đặt công thức peptit đã cho là C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1} (với x-1 ≤ 12 ⇔ x ≤ 13)

Gọi a là số mol peptit đã dùng, ta có hệ:

$$\begin{cases} a(14nx+29x+18)+18a(x-1)+36,5ax=83,65 \\ a(14nx+29x+18)+40ax=73,5+18a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} an=1,8 \\ ax=0,7 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{số C trung bình của các gốc Gly và Ala trong peptit A} = \frac{n}{x} = \frac{18}{7}$$

Gọi k, t lần lượt là số gốc Gly và Ala trong phân tử peptit A, ta có $\frac{k}{t} = \frac{3-\frac{18}{7}}{\frac{18}{7}-2} = \frac{\frac{3}{7}}{\frac{4}{7}} = \frac{3}{4}$

Nhưng x = k + t ≤ 13 nên chỉ có k = 3; t = 4; x = 7 là phù hợp.

Do x = 7 nên a = 0,1. Vậy m = a(14n+29x+18) = 14.1,8 + 29.0,7 + 18.0,1 = 47,3

5. A là peptit mạch hở khi thủy phân hoàn toàn chỉ tạo hỗn hợp glyxin và alanin. A có số liên kết peptit lớn hơn 12, nhưng nhỏ hơn 20. Cho m gam A tác dụng với dung dịch HCl vừa đủ rồi cô cạn được 167,3 gam muối khan, còn nếu cho cùng lượng A trên tác dụng với dung dịch NaOH vừa đủ rồi cô cạn được 147 gam muối khan. Giá trị m là

- A. 117,2 B. 92,8 C. 111,1 D. 85,9

Giải

Đặt công thức peptit đã cho là C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1} (với 12 < x-1 < 20 ⇔ 13 < x < 21)

Gọi a là số mol peptit đã dùng, ta có hệ:

$$\begin{cases} a(14n+29x+18)+18a(x-1)+36,5ax=167,3 \\ a(14n+29x+18)+40ax=147+18a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} an=3,6 \\ ax=1,4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{số C trung bình của các gốc Gly và Ala trong peptit A} = \frac{n}{x} = \frac{18}{7}$$

$$\text{Gọi k, t lần lượt là số gốc Gly và Ala trong phân tử peptit A, ta có } \frac{k}{t} = \frac{3-\frac{18}{7}}{\frac{18}{7}-2} = \frac{\frac{3}{7}}{\frac{4}{7}} = \frac{3}{4}$$

Nhưng $13 < x = k + t < 21$ nên chỉ có $k = 6$; $t = 8$ $x = 14$ là phù hợp.

$$\text{Do } x = 14 \text{ nên } a = 0,1. \text{ Vậy } m = a(14n+29x+18) = 14.3,6 + 29.1,4 + 18.0,1 = 92,8$$

6. (THPT Quốc Gia 2015) Cho 0,7 mol hỗn hợp T gồm hai peptit mạch hở là X (x mol) và Y (y mol), đều tạo bởi glyxin và alanin. Đun nóng 0,7 mol T trong lượng dư dung dịch NaOH thì có 3,8 mol NaOH phản ứng và thu được dung dịch chứa m gam muối. Mặt khác, nếu đốt cháy hoàn toàn x mol X hoặc y mol Y thì đều thu được cùng số mol CO₂. Biết tổng số nguyên tử oxi trong hai phân tử X và Y là 13, trong X và Y đều có số liên kết peptit không nhỏ hơn 4. Giá trị của m là

- A. 396,6 B. 340,8 C. 409,2 D. 399,4

Giải

Vì tổng số nguyên tử oxi trong hai phân tử X và Y là 13, trong X và Y đều có số liên kết peptit không nhỏ hơn 4 nên X, Y là các pentapeptit và hexapeptit.

Xem X là pentapeptit C_nH_{2n-3}N₅O₆ (10 < n < 15); Y là hexapeptit C_mH_{2m-4}N₆O₇ (12 < m < 18), dễ dàng tính được 0,7 mol T gồm 0,4 mol X và 0,3 mol Y.

Vì đốt cháy hoàn toàn 0,4 mol X hoặc 0,3 mol Y thì đều thu được cùng số mol CO₂ nên 0,4n = 0,3m tức 4n = 3m. Chỉ có n = 12 và m = 16 là phù hợp. Do đó X là C₁₂H₂₁N₅O₆; Y là C₁₆H₂₈N₆O₇.

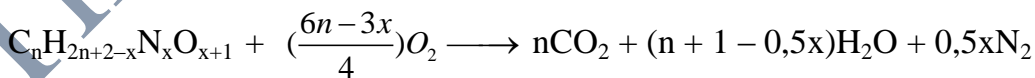
$$\begin{aligned} \text{Bảo toàn khối lượng cho } m &= m_T + m_{\text{NaOH}} - m_{\text{nước}} \\ &= (0,4.331 + 0,3.416) + 40.3,8 - 18(0,4 + 0,3) = 396,6. \end{aligned}$$

7. Hỗn hợp E chứa 3 peptit đều mạch hở. Đốt cháy 0,3 mol E cần dùng 3,6 mol O₂, sản phẩm cháy dẫn qua dung dịch KOH đặc dư, thấy khối lượng dung dịch tăng 188,52 gam. Thủy phân hoàn toàn cũng lượng E trên thu được hỗn hợp F chỉ gồm glyxin và alanin. Tỷ lệ mol n_{glyxin} : n_{alanin} trong F là

- A. 0,50 B. 25,00 C. 20,00 D. 13,33

Giải

Đặt công thức trung bình 3 peptit là C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}, ta có phản ứng:



$$\text{Ta có hệ } \begin{cases} \frac{0,15(6n-3x)}{4} = 1,8 \\ 44.0,15n + 9.0,15(2n+2-x) = 94,26 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = 10,6 \\ x = 5,2 \end{cases} \Leftrightarrow \frac{n}{x} = \frac{53}{26}$$

Gọi a, b lần lượt là số mol Gly và Ala thu được do thủy phân hỗn hợp E, phương pháp

$$\text{đường chéo cho } \frac{a}{b} = \frac{3-\frac{53}{26}}{\frac{53}{26}-2} = \frac{26}{1} = 25 \Rightarrow \text{chọn B.}$$

Lưu ý

Tỉ số $\frac{n}{x} = \frac{53}{26} = 2,038$ cho thấy số gốc Gly trong hỗn hợp E chiếm áp đảo so với số gốc

Ala (gấp 25 lần).

8. Đun nóng 0,08 mol hỗn hợp E gồm 2 peptit mạch hở là X ($C_xH_yO_zN_6$) và Y ($C_nH_mO_6N_t$) cần dùng 300 ml dung dịch NaOH 1,5M, cô cạn dung dịch sau phản ứng thu được rắn Z chỉ chứa a mol muối của glyxin và b mol muối của alanin. Đốt cháy hoàn toàn Z bằng oxi vừa đủ được hỗn hợp gồm H_2O ; N_2 ; Na_2CO_3 và 0,935 mol CO_2 . Tỉ lệ a : b gần nhất với

- A. 0,500. B. 0,730. C. 1,333. D. 5,000.

Giải

Vì số mol NaOH = 0,45 mol nên bảo toàn Na cho số mol $Na_2CO_3 = \frac{0,45}{2} = 0,225$ mol.

Bảo toàn C cho số mol CO_2 thu được do đốt 0,08 mol E = 0,225 + 0,935 = 1,16 mol.

Đặt công thức trung bình các peptit đã cho là $C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}$, ta có hệ:

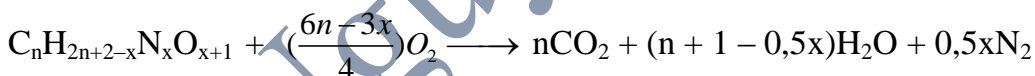
$$\begin{cases} 0,08n = 1,16 \\ 0,08x = 0,45 \end{cases} \Leftrightarrow \frac{n}{x} = \frac{116}{45} \Rightarrow \frac{a}{b} = \frac{3 - \frac{116}{45}}{\frac{116}{45} - 2} = \frac{19}{26} = \frac{19}{26} = 0,730 \text{ (chọn B)}$$

9. Đun nóng 0,16 mol hỗn hợp E gồm 2 peptit mạch hở là X ($C_xH_yO_zN_6$) và Y ($C_nH_mO_6N_t$) cần dùng 600 ml dung dịch NaOH 1,5M, sau phản ứng chỉ thu được dung dịch chứa a mol muối của glyxin và b mol muối của alanin. Mặt khác đốt cháy 30,73 gam E bằng O_2 vừa đủ được hỗn hợp CO_2 ; H_2O và N_2 trong đó tổng khối lượng CO_2 và H_2O là 69,31 gam. Tỉ lệ a : b gần nhất với

- A. 0,333. B. 0,730. C. 1,666. D. 0,500.

Giải

Đặt công thức trung bình 3 peptit là $C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}$, ta có phản ứng cháy của a mol E:



Ta có hệ:
$$\begin{cases} 0,16x = 0,9 \\ a(14n+29x+18) = 30,73 \\ 44an+18a(n+1-0,5x) = 69,31 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = 0,08 \\ n = 14,5 \\ x = 5,625 \end{cases} \Leftrightarrow \frac{n}{x} = \frac{14,5}{5,625} = \frac{116}{45}$$

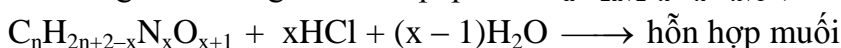
Vậy $\frac{a}{b} = \frac{3 - \frac{116}{45}}{\frac{116}{45} - 2} = \frac{19}{26} = 0,7307$ (chọn B)

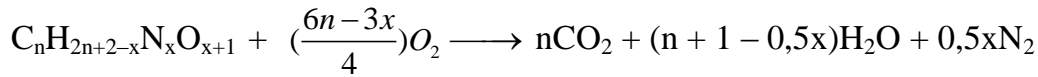
10. Thủy phân hoàn toàn m gam hỗn hợp X gồm các peptit mạch hở Ala-Ala-Ala-Ala; Gly-Gly-Gly-Gly; Ala-Gly-Gly-Gly-Ala và Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala bằng một lượng vừa đủ dung dịch HCl đun nóng, thu được dung dịch chứa (m + 147,25) gam hỗn hợp muối. Đốt cháy hoàn toàn cũng lượng X trên được N_2 ; 330 gam CO_2 và 119,7 gam H_2O . Phần trăm khối lượng peptit Ala-Ala-Ala-Ala-Ala trong E là

- A. 66,63% B. 33,32% C. 77,73% D. 63,30%

Giải

Đặt công thức trung bình các peptit là $C_nH_{2n+2-x}N_xO_{x+1}$ (c mol), ta có phản ứng:





Ta có hệ :

$$\begin{cases} m + 36,5cx + 18c(x-1) = m + 147,25 \\ cn = \frac{330}{44} = 7,5 \\ c(n+1-0,5x) = \frac{119,7}{18} = 6,65 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} cn = 7,5 \\ cx = 2,9 \Leftrightarrow \frac{n}{x} = \frac{75}{29} \\ c = 0,6 \end{cases}$$

Do đó $m_x = c(14n + 29x + 18) = 14.7,5 + 29.2,9 + 18.0,6 = 199,9$ gam.

Mặt khác do $\frac{n}{x} = \frac{55}{27}$ nên hỗn hợp E có $\frac{n_{Gly}}{n_{Ala}} = \frac{3 - \frac{75}{29}}{\frac{75}{29} - 2} = \frac{12}{17} = \frac{12}{17}$ tức E có $\begin{cases} n_{Gly} : 1,2 \text{ mol} \\ n_{Ala} : 1,7 \text{ mol} \end{cases}$

Gọi a là số mol Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala. Đặt công thức trung bình các peptit còn lại là $(Gly)_x(Ala)_y$ (b mol), ta có $6a + by = 1,7 \Leftrightarrow 6a < 1,7 \Leftrightarrow a < 0,283$.

Vậy $\%m_{Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala} < \frac{246.0,3}{199,9} = 62,85\%$ (chọn B).

Ngoài ra hỗn hợp các peptit có phân tử khối lập thành cấp số cộng (*) nên qui đổi thành hỗn hợp 2 peptit để đơn giản hóa bài toán. Thật vậy, các em hãy quan sát bài tập 12 sau đây:

11. A, B là hai amino axit có số C liên tiếp trong dãy đồng đẳng của glyxin ($M_A < M_B$). X là hỗn hợp gồm các peptit mạch hở A-B; A-B-B-A-A; A-A-A-B-B-B-A-A và A-A-B-B-A-B-A-A-B-A-A. Thủy phân hoàn toàn 0,28 mol hỗn hợp X bằng dung dịch NaOH vừa đủ rồi cô cạn, sau đó đốt cháy hoàn toàn lượng muối khan thu được phải cần vừa đủ 3,66 mol O_2 . Mặt khác cũng lượng hỗn hợp X trên phản ứng vừa đủ với 640 ml dung dịch HCl 2M. Khối lượng hỗn hợp X đã dùng trong thí nghiệm là bao nhiêu? Cho biết sản phẩm đốt cháy muối natri của amino axit là CO_2 ; H_2O ; Na_2CO_3 và N_2 .

- A. 69,68 gam B. 85,28 gam C. 95,86 gam D. 88,95 gam.

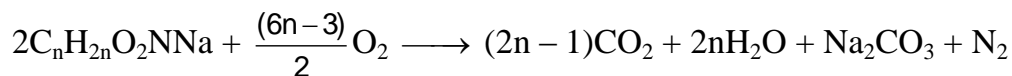
Giải

Do phân tử lượng của A-B; A-B-B-A-A; A-A-A-B-B-B-A-A và A-A-B-B-A-B-A-A-B-A-A lập thành một cấp số cộng (công sai là $2M_A + M_B - 54$) nên có thể xem X gồm A-B (a mol) và A-B-B-A-A (b mol).

Đặt công thức trung bình của A, B là $C_nH_{2n+1}NO_2$ thì muối thu được khi thủy phân hỗn hợp X là $(2a + 5b)$ mol $C_nH_{2n}O_2NNa$.

Tương tự số mol HCl đã phản ứng = $(2a + 5b)$ mol.

Phản ứng cháy của muối:



Vậy ta có hệ: $\begin{cases} a + b = 0,28 \\ 2a + 5b = 1,28 \\ (2a + 5b)\left(\frac{6n-3}{4}\right) = 3,66 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = 0,04 \\ b = 0,24 \\ n = 2,40625 \end{cases}$

Do đó X gồm 0,04 mol Gly-Ala và 0,24 mol Gly-Ala-Ala-Gly-Gly.

Suy ra $m = 0,04.146 + 0,24.331 = 85,28$.

() Khi hỗn hợp các chất hữu cơ có phân tử khối lập thành cấp số cộng và cho cùng các phản ứng trong một bài toán, ta có thể qui đổi chúng thành 2 chất hữu cơ bất kì trong số các chất đã cho trong hỗn hợp.*

Chúc các em học tập, ôn luyện thật tốt và hẹn gặp lại các em ở các chuyên đề kế tiếp.

Thầy Nguyễn Đình Độ