

PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TẬP VỀ HIĐROCACBON THƠM

I. Phản ứng thế (phản ứng clo hóa, brom hóa, nitro hóa)

Phương pháp giải

Những lưu ý khi làm các bài tập liên quan đến phản ứng thế của hiđrocacbon thơm :

+ Phản ứng clo hóa, brom hóa (t° , Fe) hoặc phản ứng nitro hóa (t° , H_2SO_4 đặc) đối với hiđrocacbon thơm phải tuân theo quy tắc thế trên vòng benzen.

+ Phản ứng clo hóa, brom hóa có thể xảy ra ở phần mạch nhánh no của vòng benzen khi điều kiện phản ứng là ánh sáng khuếch tán và đun nóng (đối với brom).

+ Trong bài toán liên quan đến phản ứng nitro hóa thì sản phẩm thu được ở đây là hỗn hợp các chất, vì vậy ta nên sử dụng phương pháp trung bình để tính toán.

► Các ví dụ minh họa ◀

Ví dụ 1: Lượng clobenzen thu được khi cho 15,6 gam C_6H_6 tác dụng hết với Cl_2 (xúc tác bột Fe) với hiệu suất phản ứng đạt 80% là :

A. 14 gam.

B. 16 gam.

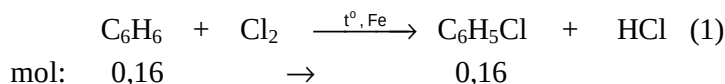
C. 18 gam.

D. 20 gam.

Hướng dẫn giải

$$n_{C_6H_6(p)} = \frac{15,6}{78} \cdot 80\% = 0,16 \text{ mol.}$$

Phương trình phản ứng :



Vậy khối lượng clobenzen thu được là : $0,16 \cdot 112,5 = 18 \text{ gam.}$

Đáp án C.

Ví dụ 2: Hỗn hợp gồm 1 mol C_6H_6 và 1,5 mol Cl_2 . Trong điều kiện có xúc tác bột Fe, t° , hiệu suất 100%. Sau phản ứng thu được chất gì ? bao nhiêu mol ?

A. 1 mol C_6H_5Cl ; 1 mol HCl ; 1 mol $C_6H_4Cl_2$.

B. 1,5 mol C_6H_5Cl ; 1,5 mol HCl ; 0,5 mol $C_6H_4Cl_2$.

C. 1 mol C_6H_5Cl ; 1,5 mol HCl ; 0,5 mol $C_6H_4Cl_2$.

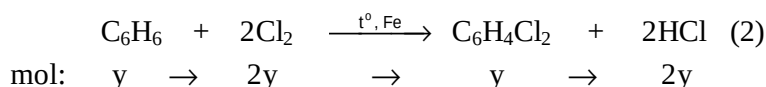
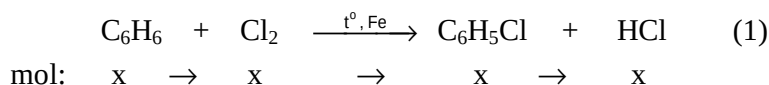
D. 0,5 mol C_6H_5Cl ; 1,5 mol HCl ; 0,5 mol $C_6H_4Cl_2$.

Hướng dẫn giải

$$\text{Tỉ lệ mol } \frac{n_{Cl_2}}{n_{C_6H_6}} = 1,5 \Rightarrow \text{phản ứng tạo ra hỗn hợp hai sản phẩm là } C_6H_5Cl \text{ và } C_6H_4Cl_2$$

Phương trình phản ứng :

Phương trình phản ứng :



Theo giả thiết ta có :
$$\begin{cases} x+y=1 \\ x+2y=1,5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x=0,5 \\ y=0,5 \end{cases}$$

Vậy sau phản ứng thu được 0,5 mol C_6H_5Cl ; 1,5 mol HCl ; 0,5 mol $C_6H_4Cl_2$.

Đáp án D.

Ví dụ 3: Một hợp chất hữu cơ X có vòng benzen có CTĐGN là C_3H_2Br và $M = 236$. Gọi tên hợp chất này biết rằng hợp chất này là sản phẩm chính trong phản ứng giữa C_6H_6 và Br_2 (xúc tác Fe).

A. o- hoặc p-đibrombenzen.

B. o- hoặc p-đibromuabenzen.

C. m-đibromuabenzen.

D. m-đibrombenzen.

Hướng dẫn giải

Đặt CTPT của hợp chất X là $(C_3H_2Br)_n$ suy ra $(12.3+2+80).n = 236 \Rightarrow n = 2$. Do đó công thức phân tử của X là $C_6H_4Br_2$.

Vì hợp chất X là sản phẩm chính trong phản ứng giữa C_6H_6 và Br_2 (xúc tác Fe) nên theo quy tắc thế trên vòng benzen ta thấy X có thể là o- đibrombenzen hoặc p-đibrombenzen.

Đáp án A.

Ví dụ 4: Hidrocacbon X là đồng đẳng của benzen có phần trăm khối lượng cacbon bằng 90,56%. Biết khi X tác dụng với brom có hoặc không có mặt bột sắt trong mỗi trường hợp chỉ thu được một dẫn xuất monobrom duy nhất. Tên của X là :

A. Toluen.

B. 1,3,5-trimetyl benzen.

C. 1,4-đimetylbenzen.

D. 1,2,5-trimetyl benzen.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử của X là C_nH_{2n-6} ($n > 6$)

Theo giả thiết ta có :
$$\frac{12n}{2n-6} = \frac{90,56}{100-90,56} \Rightarrow n = 8 \Rightarrow \text{Vậy X có công thức phân tử là } C_8H_{12}.$$

Vì X tác dụng với brom có hoặc không có mặt bột sắt trong mỗi trường hợp chỉ thu được một dẫn xuất monobrom duy nhất nên tên của X là: 1,4-đimetylbenzen.

Đáp án C.

Ví dụ 5: Đốt cháy hoàn toàn a gam hidrocacbon X thu được a gam H_2O . Trong phân tử X có vòng benzen. X không tác dụng với brom khi có mặt bột Fe, còn khi tác dụng với brom đun nóng tạo thành dẫn xuất chứa 1 nguyên tử brom duy nhất. Tỉ khối hơi của X so với không khí có giá trị trong khoảng từ 5 đến 6. X là

A. Hexan.

B. Hexametyl benzen.

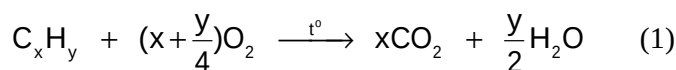
C. Toluen.

D. Hex-2-en.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử của X là C_xH_y

Phương trình phản ứng :



$$\text{mol: } \frac{a}{12x+y} \rightarrow \frac{a}{12x+y} \cdot \frac{y}{2}$$

Theo (1) và giả thiết ta có :
$$\frac{a}{12x+y} \cdot \frac{y}{2} = \frac{a}{18} \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{2}{3}$$

Vậy công thức đơn giản nhất của X là C_2H_3 , công thức phân tử của X là $(C_2H_3)_n$. Vì tỉ khối hơi của X so với không khí có giá trị trong khoảng từ 5 đến 6 nên ta có :

$$29.5 < 27n < 29.6 \Rightarrow 5,3 < n < 6,4 \Rightarrow n = 6 \Rightarrow \text{công thức phân tử của X là } C_{12}H_{18}.$$

Trong phân tử X có vòng benzen. X không tác dụng với brom khi có mặt bột Fe, còn khi tác dụng với brom đun nóng tạo thành dẫn xuất chứa 1 nguyên tử brom duy nhất nên tên của X là :
Hexametyl benzen.

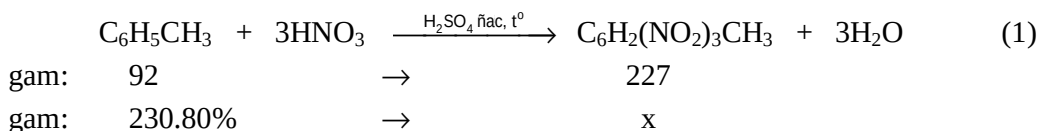
Đáp án B.

Ví dụ 6: TNT (2,4,6- trinitrotoluen) được điều chế bằng phản ứng của toluen với hỗn hợp gồm HNO₃ đặc và H₂SO₄ đặc, trong điều kiện đun nóng. Biết hiệu suất của toàn bộ quá trình tổng hợp là 80%. Lượng TNT (2,4,6- trinitrotoluen) tạo thành từ 230 gam toluen là

A. 550,0 gam. B. 687,5 gam. **C. 454,0 gam.** D. 567,5 gam.

Hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng :



Theo phương trình và giả thiết ta thấy khối lượng TNT (2,4,6-trinitrotoluen) tạo thành từ 230 gam toluen với hiệu suất 80% là :

$$x = \frac{230.80\%.227}{92} = 454 \text{ gam.}$$

Đáp án C.

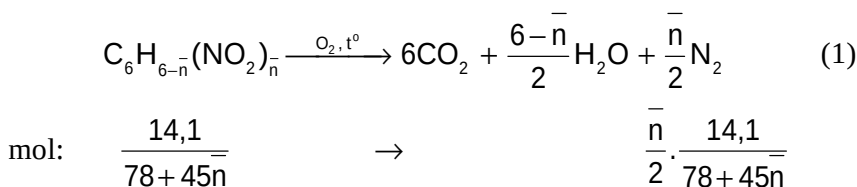
Ví dụ 7: Nitro hóa benzen được 14,1 gam hỗn hợp hai chất nitro có khối lượng phân tử hơn kém nhau 45 đvC. Đốt cháy hoàn toàn hỗn hợp hai chất nitro này được 0,07 mol N₂. Hai chất nitro đó là:

A. **C₆H₅NO₂ và C₆H₄(NO₂)₂.** B. C₆H₄(NO₂)₂ và C₆H₃(NO₂)₃.
C. C₆H₃(NO₂)₃ và C₆H₂(NO₂)₄. D. C₆H₂(NO₂)₄ và C₆H(NO₂)₅.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử trung bình của hai hợp chất nitro là C₆H_{6-n}(NO₂)_n

Sơ đồ phản ứng cháy :



$$\text{Theo (1) và theo giả thiết ta có : } \frac{n}{2} \cdot \frac{14,1}{78+45n} = 0,07 \Rightarrow n = 1,4$$

Theo giả thiết hỗn hợp hai chất nitro có khối lượng phân tử hơn kém nhau 45 đvC nên phân tử của chúng hơn kém nhau một nhóm -NO₂. Căn cứ vào giá trị số nhóm -NO₂ trung bình là 1,4 ta suy ra hai hợp chất nitro có công thức là C₆H₅NO₂ và C₆H₄(NO₂)₂.

Đáp án A.

Ví dụ 8: Nitro hoá bezen thu được hỗn hợp 2 chất hữu cơ X và Y, trong đó Y nhiều hơn X một nhóm $-\text{NO}_2$. Đốt cháy hoàn toàn 12,75 gam hỗn hợp X, Y thu được CO_2 , H_2O và 1,232 lít N_2 (đktc). Công thức phân tử và số mol X trong hỗn hợp là :

A. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ và 0,9.

B. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ và 0,09.

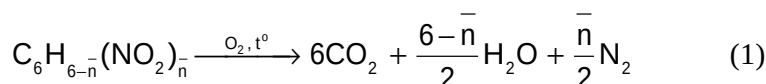
C. $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$ và 0,1.

D. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ và 0,19.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử trung bình của hai hợp chất nitro là $\text{C}_6\text{H}_{6-\bar{n}}(\text{NO}_2)_{\bar{n}}$

Sơ đồ phản ứng cháy :



$$\text{mol: } \frac{12,75}{78+45\bar{n}} \rightarrow \frac{\frac{\bar{n}}{2} \cdot 12,75}{78+45\bar{n}}$$

$$\text{Theo (1) và theo giả thiết ta có : } \frac{\bar{n}}{2} \cdot \frac{12,75}{78+45\bar{n}} = 0,055 \Rightarrow \bar{n} = 1,1$$

Theo giả thiết hỗn hợp hai chất nitro hơn kém nhau một nhóm $-\text{NO}_2$. Căn cứ vào giá trị số nhóm $-\text{NO}_2$ trung bình là 1,1 ta suy ra hai hợp chất X và Y có công thức là $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ và $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$.

$$\text{Tổng số mol của hỗn hợp X và Y là } \frac{12,75}{78+45\bar{n}} = 0,1 \text{ mol.}$$

Áp dụng sơ đồ đường chéo :

$$\begin{array}{ccc} n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2} & 1 & \searrow \\ & 1,1 & \nearrow \\ n_{\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2} & 2 & \nearrow \end{array} \begin{array}{l} 2 - 1,1 = 0,9 \\ 1,1 - 1 = 0,1 \end{array} \Rightarrow \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2}}{n_{\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2}} = \frac{0,9}{0,1} = \frac{9}{1}$$

$$\text{Vậy chọn số mol của } n_{\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2} = \frac{9}{10} \cdot 0,1 = 0,09 \text{ mol.}$$

Đáp án B.

II. Phản ứng trùng hợp

Ví dụ 10: Tiến hành trùng hợp 10,4 gam stiren được hỗn hợp X gồm polistiren và stiren (dư). Cho X tác dụng với 200 ml dung dịch Br_2 0,15M, sau đó cho dung KI dư vào thấy xuất hiện 1,27 gam iot. Hiệu suất trùng hợp stiren là :

A. 60%.

B. 75%.

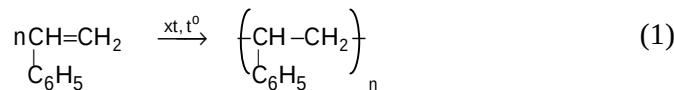
C. 80%.

D. 83,33%.

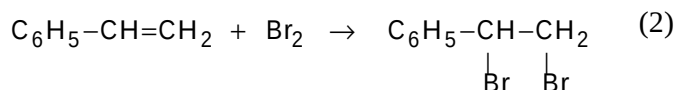
Hướng dẫn giải

$$n_{\text{C}_8\text{H}_8} = \frac{10,4}{104} = 0,1 \text{ mol}; n_{\text{Br}_2} = 0,15 \cdot 0,2 = 0,03 \text{ mol}; n_{\text{I}_2} = \frac{1,27}{254} = 0,005 \text{ mol.}$$

Phương trình phản ứng :



$$\text{mol: } 0,075$$



mol: 0,025 ← 0,025



mol: 0,005 ← 0,005

Theo (3) ta thấy số mol Br_2 dư là 0,005 nên số mol brom phản ứng ở (2) là 0,025 mol và bằng số mol của stiren dư. Vậy số mol stiren tham gia phản ứng trùng hợp là 0,075 mol, hiệu suất phản ứng trùng hợp là $\frac{0,075}{0,1} \cdot 100 = 75\%$.

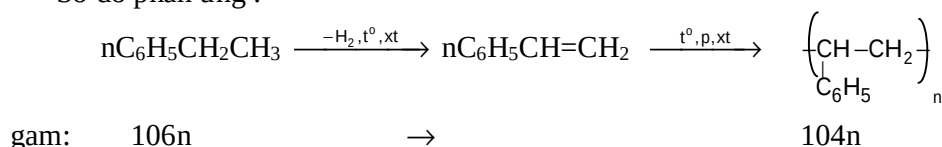
Đáp án B.

Ví dụ 11: Đề hiđro hoá etylbenzen ta được stiren; trùng hợp stiren ta được polistiren với hiệu suất chung 80%. Khối lượng etylbenzen cần dùng để sản xuất 10,4 tấn polisitren là :

A. 13,52 tấn. B. 10,6 tấn. C. 13,25 tấn. D. 8,48 tấn.

Hướng dẫn giải

Sơ đồ phản ứng :



gam: 106n → 104n

tấn: x.80% → 10,4

Vậy khối lượng etylbenzen cần dùng để sản xuất 10,4 tấn polisitren với hiệu suất 80% là :

$$x = \frac{10,4 \cdot 106n}{104n \cdot 80\%} = 13,25 \text{ tấn.}$$

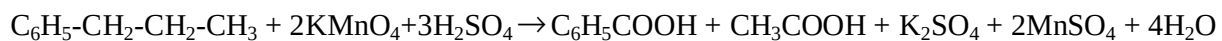
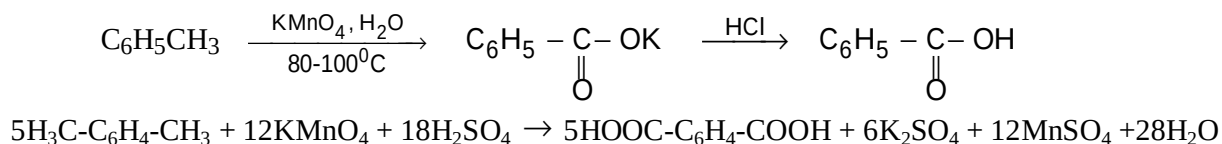
Đáp án C.

III. Phản ứng oxi hóa

Phương pháp giải

Những lưu ý khi làm các bài tập liên quan đến phản ứng oxi hóa hiđrocacbon thơm :

+ Phản ứng oxi hóa không hoàn toàn : Benzen không bị oxi hóa bởi dung dịch KMnO_4 , các đồng đẳng của benzen bị oxi hóa bởi KMnO_4 khi đun nóng. Ví dụ :



+ Phản ứng oxi hóa hoàn toàn : Trong phản ứng oxi hóa hoàn toàn benzen và các đồng đẳng của benzen ta có $n_{\text{C}_n\text{H}_{2n-6}} = \frac{n_{\text{CO}_2} - n_{\text{H}_2\text{O}}}{3}$.

► Các ví dụ minh họa ◀

Ví dụ 12: Để oxi hoá hết 10,6 gam o-xilen (1,2-đimetylbenzen) cần bao nhiêu lít dung dịch KMnO_4 0,5M trong môi trường H_2SO_4 loãng. Giả sử dùng dư 20% so với lượng phản ứng.

A. 0,48 lít.

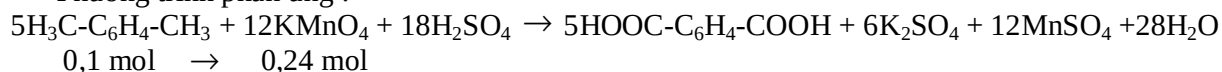
B. 0,24 lít.

C. 0,12 lít.

D. 0,576 lít.

Hướng dẫn giải

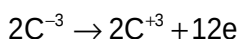
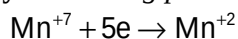
Phương trình phản ứng :



Theo phương trình và giả thiết ta có : $n_{\text{KMnO}_4} = 0,24 + 0,24.20\% = 0,288 \text{ mol}$

$$\text{Vậy } V_{\text{ddKMnO}_4} = \frac{0,288}{0,5} = 0,576 \text{ lít.}$$

• **Chú ý :** Nếu dùng phương pháp bảo toàn electron thì nhanh hơn.



Nên $5.n_{\text{KMnO}_4} = 12.n_{\text{o-xilen}}$, từ đó suy ra kết quả.

Đáp án D.

Ví dụ 13: Đốt cháy hết m gam 2 đồng đẳng của benzen A, B thu được 4,05 gam H_2O và 7,728 lít CO_2 (đktc). Giá trị của m và số tổng số mol của A, B là :

A. 4,59 và 0,04.

B. 9,18 và 0,08.

C. 4,59 và 0,08.

D. 9,14 và 0,04.

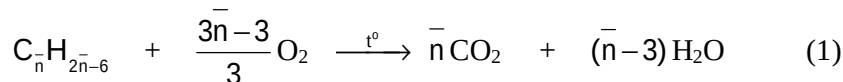
Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử trung bình của A và B là : $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$

$$\text{Theo giả thiết ta có : } n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{4,05}{18} = 0,225 \text{ mol; } n_{\text{CO}_2} = \frac{7,728}{22,4} = 0,345 \text{ mol.}$$

Khối lượng của hai chất A, B là : $m = m_{\text{C}} + m_{\text{H}} = 0,225.2 + 0,345.12 = 4,59 \text{ gam.}$

Phương trình phản ứng :



Theo phương trình phản ứng ta thấy tổng số mol của hai chất A, B là :

$$n_{\text{A, B}} = \frac{n_{\text{CO}_2} - n_{\text{H}_2\text{O}}}{3} = \frac{0,345 - 0,225}{3} = 0,04 \text{ mol.}$$

Đáp án A.

Ví dụ 14: Đốt cháy hết 9,18 gam 2 đồng đẳng của benzen A, B thu được 8,1 gam H_2O và V lít CO_2 (đktc). Giá trị của V là :

A. 15,654.

B. 15,465.

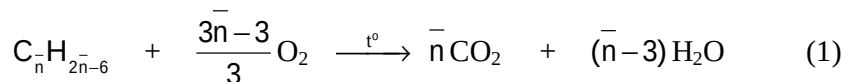
C. 15,546.

D. 15,456.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử trung bình của A và B là : $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$

Phương trình phản ứng :



Theo giả thiết ta có :

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{8,1}{18} = 0,45 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{H}} = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow m_{\text{C}} = 9,18 - 0,9 = 8,28 \text{ gam} \Rightarrow n_{\text{CO}_2} = n_{\text{C}} = \frac{8,28}{12} = 0,69 \text{ mol.}$$

Vậy thể tích CO_2 thu được là : $0,69 \cdot 22,4 = 15,456$ lít.

Đáp án D.

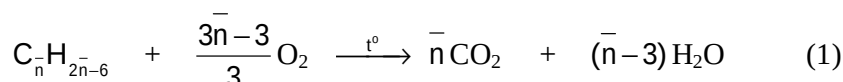
Ví dụ 15: Đốt cháy hết 9,18 gam 2 đồng đẳng kế tiếp thuộc dãy của benzen A, B thu được H_2O và 30,36 gam CO_2 . Công thức phân tử của A và B lần lượt là :

A. C_6H_6 ; C_7H_8 . **B. C_8H_{10} ; C_9H_{12} .** C. C_7H_8 ; C_9H_{12} . D. C_9H_{12} ; $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$.

Hướng dẫn giải

Đặt công thức phân tử trung bình của A và B là : $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$

Phương trình phản ứng :



mol: x $\rightarrow$ x n

$$\text{Theo (1) và giả thiết ta có : } \begin{cases} (14n-6)x = 9,18 \\ nx = 0,69 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 8,625 \\ x = 0,08 \end{cases}$$

Vậy Công thức phân tử của A và B lần lượt là C_8H_{10} và C_9H_{12} .

Đáp án B.

Ví dụ 16: Đốt cháy hoàn toàn một thể tích hơi hợp chất hữu cơ A cần 10 thể tích oxi (đo cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất), sản phẩm thu được chỉ gồm CO_2 và H_2O với $m_{\text{CO}_2} : m_{\text{H}_2\text{O}} = 44 : 9$. Biết $M_A < 150$. A có công thức phân tử là :

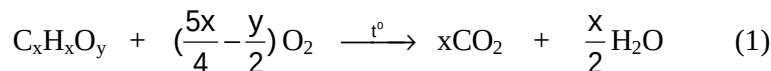
A. $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$. B. $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$. **C. C_8H_8 .** D. C_2H_2 .

Hướng dẫn giải

Từ giả thiết $m_{\text{CO}_2} : m_{\text{H}_2\text{O}} = 44 : 9$ suy ra : $n_{\text{CO}_2} : n_{\text{H}_2\text{O}} = 1 : 0,5 \Rightarrow n_{\text{C}} : n_{\text{H}} = 1 : 1$.

A có thể có hoặc không có oxi, đặt công thức phân tử của A là $\text{C}_x\text{H}_x\text{O}_y$.

Phương trình phản ứng :



mol: 1 $\rightarrow$ $\left(\frac{5x}{4} - \frac{y}{2}\right)$

$$\text{Theo (1) và giả thiết ta có : } \left(\frac{5x}{4} - \frac{y}{2}\right) = 10 \Rightarrow \begin{cases} x = 8 \\ y = 0 \end{cases}$$

Vậy công thức phân tử của A là C_8H_8 .

Đáp án C.

Ví dụ 17: Đốt cháy hoàn toàn hidrocarbon X cho CO_2 và H_2O theo tỉ lệ mol 1,75 : 1 về thể tích. Cho bay hơi hoàn toàn 5,06 gam X thu được một thể tích hơi đúng bằng thể tích của 1,76 gam oxi trong cùng điều kiện. Nhận xét nào sau đây là đúng đối với X ?

- A. X không làm mất màu dung dịch Br_2 nhưng làm mất màu dung dịch KMnO_4 đun nóng.
- B. X tác dụng với dung dịch Br_2 tạo kết tủa trắng.
- C. X có thể trùng hợp thành PS.
- D. X tan tốt trong nước.

Hướng dẫn giải

Theo giả thiết đốt cháy hoàn toàn X cho $n_{\text{CO}_2} : n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,75 : 1 \Rightarrow n_{\text{C}} : n_{\text{H}} = 1,75 : 2 = 7 : 8$.

Đặt công thức phân tử của X là $(\text{C}_7\text{H}_8)_n$.

Theo giả thiết ta có :

$$n_x = n_{\text{O}_2} = \frac{1,76}{32} = 0,055 \text{ mol} \Rightarrow M_x = \frac{5,06}{0,055} = 92 \text{ gam / mol} \Rightarrow (12.7 + 8)n = 92 \Rightarrow n = 1$$

Vậy công thức phân tử của X là C_7H_8 .

Nhận xét đúng đối với X là : X không làm mất màu dung dịch Br_2 nhưng làm mất màu dung dịch KMnO_4 đun nóng (X là toluen: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$).

Đáp án A.

Ví dụ 18: A, B, C là ba chất hữu cơ có %C, %H (theo khối lượng) lần lượt là 92,3% và 7,7%, tỉ lệ khối lượng mol tương ứng là 1 : 2 : 3. Từ A có thể điều chế B hoặc C bằng một phản ứng. C không làm mất màu nước brom. Đốt 0,1 mol B rồi dẫn toàn bộ sản phẩm cháy qua bình đựng dung dịch nước vôi trong dư.

a. Khối lượng bình tăng hoặc giảm bao nhiêu gam ?

- A. Tăng 21,2 gam.
- B. Tăng 40 gam.
- C. Giảm 18,8 gam.
- D. Giảm 21,2 gam.

b. Khối lượng dung dịch tăng hoặc giảm bao nhiêu gam ?

- A. Tăng 21,2 gam.
- B. tăng 40 gam.
- C. giảm 18,8 gam.
- D. giảm 21,2 gam.

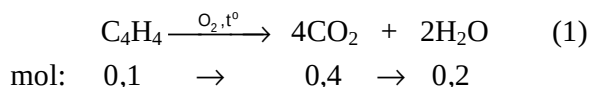
Hướng dẫn giải

Theo giả thiết ta thấy A, B, C có cùng công thức đơn giản nhất.

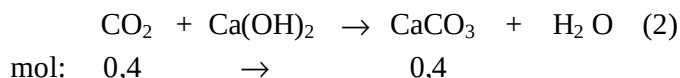
$$n_{\text{C}} : n_{\text{H}} = \frac{92,3}{12} : \frac{7,7}{1} = 1 : 1. \text{ Công thức đơn giản nhất của A, B, C là CH.}$$

Từ A có thể điều chế B hoặc C bằng một phản ứng; C không làm mất màu nước brom nên A là C_2H_2 , B là C_4H_4 ; C là C_6H_6 (benzen).

Sơ đồ đốt cháy B :



Dẫn toàn bộ sản phẩm cháy vào bình đựng nước vôi trong dư thì xảy ra phản ứng :



Khối lượng bình nước vôi trong tăng bằng tổng khối lượng của CO_2 và $\text{H}_2\text{O} = 0,4.44 + 0,2.18 = 21,2 \text{ gam}$.

Khối lượng kết tủa bằng $0,4.100 = 40 \text{ gam}$. Như vậy khối lượng kết tủa tách ra khỏi dung dịch lớn hơn khối lượng nước và CO_2 nên khối lượng dung dịch giảm là $40 - 21,2 = 18,8 \text{ gam}$.

Đáp án AC.