

## CHUYÊN ĐỀ QUI TẮC HIỆU SỐ MOL

Các em học sinh thân mến!

Một số bài toán Hóa học như tính hiệu suất phản ứng hidro hóa một hidrocacbon; tìm hiệu suất phản ứng tổng hợp  $\text{NH}_3$ ; tính số mol  $\text{Br}_2$  tối đa mà một hỗn hợp gồm các chất hữu cơ chưa no và  $\text{H}_2$  sau khi hidro hóa, hay hỗn hợp sau phản ứng tách một ankan còn có thể tác dụng được thêm; biện luận cấu tạo một chất hữu cơ . . . đều có thể giải nhanh nhờ dùng qui tắc hiệu số mol.

Lưu ý trong toán tổng hợp  $\text{NH}_3$  thì hiệu số mol giữa hỗn hợp đầu và cuối chính là số mol  $\text{NH}_3$  được tạo ra, còn trong toán tách  $\text{H}_2$  của ankan và cộng  $\text{H}_2$  của các hợp chất hữu cơ chưa no thì hiệu số mol giữa hỗn hợp đầu và cuối chính là số mol  $\text{H}_2$  đã tách hoặc đã cộng.

Điều quan trọng cần biết khi tính hiệu suất một phản ứng là **hiệu suất phải tính theo chất phản ứng hết trên lý thuyết**. Tất nhiên nếu các chất ban đầu đã dùng vừa đủ thì hiệu suất tính theo chất nào cũng cho cùng một kết quả.

### A. TÍNH HIỆU SUẤT PHẢN ỨNG

#### I. HIỆU SUẤT HIĐRO HÓA ANKEN

Ngoài công thức giải nhanh để tính hiệu suất hidro hóa một anken như thầy đã trình bày ở một trong các chuyên đề trước, các em cũng có thể tính rất nhanh hiệu suất hidro hóa một anken dựa vào qui tắc hiệu số mol: **“số mol  $\text{H}_2$  đã phản ứng bằng hiệu số mol giữa hỗn hợp đầu và hỗn hợp cuối”**

**Ví dụ 1** Hỗn hợp khí X gồm  $\text{C}_2\text{H}_4$  và  $\text{H}_2$  có tỉ lệ mol tương ứng 1 : 1. Dẫn X qua Ni nung nóng, thu được hỗn hợp khí Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,75$ . Tính hiệu suất phản ứng hidro hoá

#### Giải

##### + Cách dùng hiệu số mol

Giả sử X gồm 1 mol  $\text{C}_2\text{H}_4$  và 1 mol  $\text{H}_2$ , vậy  $n_X = 2$  mol.

Vì  $m_X = m_Y$  nên  $n_X M_X = n_Y M_Y$ , do đó  $n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 2,0,75 = 1,5$  mol.

Do đó số mol  $\text{H}_2$  đã phản ứng =  $2 - 1,5 = 0,5$  mol.

Vì các chất đã dùng vừa đủ nên hiệu suất  $H = \frac{0,5}{1} = 50\%$

##### + Cách dùng công thức giải nhanh

Ta có  $H\% = (1+k)(1-d_{X/Y}) = (1+1)(1-0,75) = 50\%$

**Ví dụ 2** Hỗn hợp khí X gồm  $\text{C}_2\text{H}_4$  và  $\text{H}_2$  có tỉ lệ mol tương ứng 1 : 2. Dẫn X qua Ni nung nóng, thu được hỗn hợp khí Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,8$ . Tính hiệu suất phản ứng hidro hoá

#### Giải

##### + Cách dùng hiệu số mol

Giả sử X gồm 1 mol  $\text{C}_2\text{H}_4$  và 2 mol  $\text{H}_2$ , vậy  $n_X = 3$  mol.

Vì  $m_X = m_Y$  nên  $n_X M_X = n_Y M_Y$ , do đó  $n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 3,0,8 = 2,4$  mol.

Do đó số mol  $\text{H}_2$  đã phản ứng =  $3 - 2,4 = 0,6$  mol = số mol  $\text{C}_2\text{H}_4$  đã phản ứng.

Chú ý  $\text{H}_2$  dùng dư trên lý thuyết nên hiệu suất tính theo  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

Vậy hiệu suất hidro hóa =  $\frac{0,6}{1} = 60\%$

##### + Cách dùng công thức giải nhanh

$$\text{Ta có } H\% = (1+k)(1-d_{X/Y}) = (1+2)(1-0,8) = 60\%$$

**Ví dụ 3** Hỗn hợp khí X gồm  $C_2H_4$  và  $H_2$  có tỉ lệ mol tương ứng 3 : 2. Dẫn X qua Ni nung nóng, thu được hỗn hợp khí Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,8$ . Tính hiệu suất phản ứng hidro hoá

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Giả sử X gồm 3 mol  $C_2H_4$  và 2 mol  $H_2$ , vậy  $n_X = 5$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 5 \cdot 0,8 = 4 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $H_2$  đã phản ứng =  $5 - 4 = 1$  mol.

Chú ý  $C_2H_4$  dùng dư trên lý thuyết nên hiệu suất tính theo  $H_2$ .

$$\text{Vậy hiệu suất hidro hóa} = \frac{1}{2} = 50\%$$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

Ta có 3 : 2 = 1,5 : 1 nên  $k = 1,5$  và do đó  $H\% = (1+1,5)(1-0,8) = 50\%$

**Ví dụ 4** Hỗn hợp khí X gồm propylen và  $H_2$  có tỉ khối so với  $H_2$  là 16. Dẫn X qua Ni nung nóng, thu được hỗn hợp khí Y có tỉ khối so với  $H_2$  là 20. Tính hiệu suất phản ứng hidro hoá

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Bằng phương pháp đường chéo tìm được  $n_{C_3H_6} : n_{H_2} = 3 : 1$

Giả sử X gồm 3 mol  $C_3H_6$  và 1 mol  $H_2$ , vậy  $n_X = 4$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = \frac{4 \cdot 16}{20} = 3,2 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $H_2$  đã phản ứng =  $4 - 3,2 = 0,8$  mol.

Chú ý  $C_3H_6$  dùng dư trên lý thuyết nên hiệu suất tính theo  $H_2$ .

$$\text{Vậy hiệu suất hidro hóa} = \frac{0,8}{1} = 80\%$$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

Bằng phương pháp đường chéo tính được  $n_{C_3H_6} : n_{H_2} = 3 : 1$ , tức  $k = 3$

$$\text{Vậy } H\% = (1+3)(1 - \frac{16}{20}) = 80\%$$

## II. HIỆU SUẤT TỔNG HỢP $NH_3$

Tương tự trong trường hợp tính hiệu suất hidro hóa một anken, các em cũng có thể tính rất nhanh hiệu suất tổng hợp  $NH_3$  nhờ công thức giải nhanh theo các chuyên đề thầy đã trình bày trước đây, hoặc dựa vào qui tắc hiệu số mol: **“số mol  $NH_3$  đã sinh ra bằng hiệu số mol giữa hỗn hợp đầu và hỗn hợp cuối”**

**Ví dụ 1** Tiến hành tổng hợp  $NH_3$  từ hỗn hợp X gồm  $N_2$  và  $H_2$  (có tỉ lệ mol tương ứng 1 : 3) thu được hỗn hợp Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,8$ . Tính hiệu suất tổng hợp  $NH_3$

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Giả sử X gồm 1 mol  $N_2$  và 3 mol  $H_2$ , vậy  $n_X = 4$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $NH_3$  đã sinh ra =  $4 - 3,2 = 0,8$  mol.

Vì các chất đã dùng vừa đủ nên  $\text{NH}_3$  thu được trên lý thuyết là 2 mol, do đó hiệu suất tổng hợp

$$\text{NH}_3 \text{ là } H = \frac{0,8}{2} = 40\%$$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

$$\text{Ta có } H\% = \frac{(1+k)(1-d_{X/Y})}{2} = \frac{(1+3)(1-0,8)}{2} = 40\%$$

**Ví dụ 2** Tiến hành tổng hợp  $\text{NH}_3$  từ hỗn hợp X gồm  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2$  (có tỉ lệ mol tương ứng 1 : 4) thu được hỗn hợp Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,8$ . Tính hiệu suất tổng hợp  $\text{NH}_3$

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Giả sử X gồm 1 mol  $\text{N}_2$  và 4 mol  $\text{H}_2$ , vậy  $n_X = 5$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 5 \cdot 0,8 = 4 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $\text{NH}_3$  đã sinh ra = 5 - 4 = 1 mol.

Vì  $\text{H}_2$  đã dùng dư nên 1 mol  $\text{N}_2$  phải phản ứng hết trên lý thuyết tạo thành 2 mol  $\text{NH}_3$ , do đó

$$\text{hiệu suất tổng hợp } \text{NH}_3 \text{ là } H = \frac{1}{2} = 50\%$$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

$$\text{Ta có } H\% = \frac{(1+k)(1-d_{X/Y})}{2} = \frac{(1+4)(1-0,8)}{2} = 50\%$$

**Ví dụ 3** Tiến hành tổng hợp  $\text{NH}_3$  từ hỗn hợp X gồm  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2$  (có tỉ lệ mol tương ứng 1 : 2) thu được hỗn hợp Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,8$ . Tính hiệu suất tổng hợp  $\text{NH}_3$

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Giả sử X gồm 1 mol  $\text{N}_2$  và 2 mol  $\text{H}_2$ , vậy  $n_X = 3$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 3 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $\text{NH}_3$  đã sinh ra = 3 - 2,4 = 0,6 mol.

Vì  $\text{N}_2$  đã dùng dư nên 2 mol  $\text{H}_2$  phải phản ứng hết trên lý thuyết tạo thành  $\frac{4}{3}$  mol  $\text{NH}_3$ , do đó

$$\text{hiệu suất tổng hợp } \text{NH}_3 \text{ là } H = \frac{0,6}{\frac{4}{3}} = \frac{0,6 \cdot 3}{4} = 45\%$$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

$$\text{Ta có } H\% = \frac{3(1+k)(1-d_{X/Y})}{2k} = \frac{3(1+2)(1-0,8)}{2 \cdot 2} = 45\%$$

**Ví dụ 4** Tiến hành tổng hợp  $\text{NH}_3$  từ hỗn hợp X gồm  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2$  (có tỉ lệ mol tương ứng 2 : 3) thu được hỗn hợp Y. Biết  $d_{X/Y} = 0,9$ . Tính hiệu suất tổng hợp  $\text{NH}_3$

**Giải**

+ **Cách dùng hiệu số mol**

Giả sử X gồm 2 mol  $\text{N}_2$  và 3 mol  $\text{H}_2$ , vậy  $n_X = 5$  mol.

$$\text{Vì } m_X = m_Y \text{ nên } n_X M_X = n_Y M_Y, \text{ do đó } n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = 5 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ mol.}$$

Do đó số mol  $\text{NH}_3$  đã sinh ra = 5 - 4,5 = 0,5 mol.

Vì  $N_2$  đã dùng dư nên 3 mol  $H_2$  phải phản ứng hết trên lý thuyết tạo thành 2 mol  $NH_3$ , do đó hiệu suất tổng hợp  $NH_3$  là  $H = \frac{0,5}{2} = 25\%$

+ **Cách dùng công thức giải nhanh**

Ta có  $2 : 3 = 1 : 1,5$  nên  $k = 1,5 < 3$ . Vậy  $H\% = \frac{3(1+k)(1-d_{X/Y})}{2k} = \frac{3(1+1,5)(1-0,9)}{2.1,5} = 25\%$

**B. PHẢN ỨNG CỘNG HIĐRO CỦA HỖN HỢP CÁC CHẤT HỮU CƠ CHỨA NO**

Khi dẫn hỗn hợp (X) gồm  $H_2$  và các chất hữu cơ chưa no qua bột Ni nung nóng một thời gian được hỗn hợp (Y) thì “*hiệu số mol giữa hỗn hợp (X) và (Y) chính là số mol  $H_2$  đã tham gia phản ứng cộng*”.

Từ kết quả trên, nếu biết số mol  $H_2$  tối đa mà các chất hữu cơ chưa no trong X có thể tác dụng với  $H_2$ , ta sẽ tính được số mol  $H_2$  tối đa mà hỗn hợp (Y) có thể tác dụng. Đây cũng chính là số mol  $Br_2$  tối đa trong dung dịch mà hỗn hợp (Y) có thể tác dụng.

**Ví dụ 1**

Hỗn hợp X gồm 0,15 mol vinylaxetilen và 0,6 mol  $H_2$ . Nung nóng hỗn hợp X (xúc tác Ni) một thời gian, thu được hỗn hợp Y có tỉ khối so với  $H_2$  bằng 10. Dẫn hỗn hợp Y qua dung dịch brom dư, sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn, khối lượng brom tham gia phản ứng là

- A. 40 gam                      B. 24 gam                      C. 8 gam                      D. 16 gam

**Giải**

Ta có  $m_X = m_Y$  nên  $n_Y = \frac{m_Y}{M_Y} = \frac{m_X}{M_Y} = \frac{0,15.52 + 0,6.2}{20} = 0,45 \text{ mol}$

Vậy số mol  $H_2$  đã tham gia phản ứng cộng  $= (0,15 + 0,6) - 0,45 = 0,3 \text{ mol}$

Vì vinylaxetilen có  $3\pi$  trong phân tử nên 0,15 mol vinylaxetilen có khả năng tác dụng tối đa với  $0,15.3 = 0,45 \text{ mol } H_2$ , như vậy Y còn có khả năng tác dụng tối đa với  $(0,45 - 0,3) = 0,15 \text{ mol } H_2$ , tức cũng  $0,15 \text{ mol } Br_2$  hay  $0,15.160 = 24 \text{ gam } Br_2$  trong dung dịch brom.

**Ví dụ 2**

Hỗn hợp X gồm hiđro, propen, axit acrylic, ancol anlylic ( $C_3H_5OH$ ). Đốt cháy hoàn toàn 0,75 mol X, thu được 30,24 lít khí  $CO_2$  (đktc). Đun nóng X với bột Ni một thời gian, thu được hỗn hợp Y. Tỉ khối hơi của Y so với X bằng 1,25. Cho 0,1 mol Y phản ứng vừa đủ với V lít dung dịch  $Br_2$  0,1M. Giá trị của V là

- A. 0,6.                      B. 0,5.                      C. 0,3.                      D. 0,4.

**Giải**

Vì các chất hữu cơ đã cho đều có 3C trong phân tử nên tổng số mol 3 chất hữu cơ trong X

$= \frac{n_{CO_2}}{3} = \frac{30,24}{3} = 0,45 \text{ mol}$ . Vậy 0,75 mol X gồm 0,45 mol ba chất hữu cơ và  $(0,75 - 0,45) = 0,3 \text{ mol } H_2$ .

Ta có  $m_X = m_Y \Leftrightarrow n_X M_X = n_Y M_Y \Leftrightarrow n_Y = \frac{n_X M_X}{M_Y} = \frac{0,75}{1,25} = 0,6 \text{ mol}$ , nên số mol  $H_2$  đã phản

ứng là  $(0,75 - 0,6) = 0,15 \text{ mol}$ .

Để ý rằng các chất hữu cơ đã cho đều tác dụng với  $H_2$  theo tỉ lệ mol 1 : 1 nên 0,45 mol ba chất hữu cơ trên có khả năng tác dụng tối đa với 0,45 mol  $H_2$ . Vậy 0,6 mol Y còn có khả năng tác dụng tối đa với  $(0,45 - 0,15) = 0,3 \text{ mol } H_2$ , tức cũng 0,3 mol  $Br_2$ .

Do đó 0,1 mol Y có khả năng tác dụng tối đa với  $\frac{0,3}{6} = 0,05 \text{ mol } Br_2$ , suy ra  $V =$

$$\frac{0,05}{0,1} = 0,5 \text{ (lít)}$$

### C. PHẢN ỨNG TÁCH HIDRO CỦA ANKAN

Khi thực hiện phản ứng tách  $H_2$  từ một ankan  $C_nH_{2n+2}$  để được hỗn hợp (X) gồm anken  $C_nH_{2n}$ , ankin  $C_nH_{2n-2}$ , ankan  $C_nH_{2n+2}$  dư và  $H_2$  thì **“hiệu số mol giữa hỗn hợp (X) và ankan ban đầu chính là số mol  $H_2$  đã tách”**.

Cần lưu ý rằng  $H_2$  đã tách ra bao nhiêu mol thì hỗn hợp X cũng có khả năng cộng bấy nhiêu mol  $Br_2$ .

#### Ví dụ 1

Cho butan qua xúc tác thích hợp ở nhiệt độ cao được hỗn hợp X gồm  $C_4H_{10}$ ;  $C_4H_8$ ;  $C_4H_6$  và  $H_2$  có tỉ khối so với butan là 0,4. Nếu cho 0,6 mol X vào dung dịch brom dư thì số mol brom tối đa phản ứng là

- A. 0,48                      B. 0,36                      C. 0,60                      D. 0,24

#### Giải

Ta có  $m_{\text{butan ban đầu}} = m_X$  nên  $n_{\text{butan ban đầu}} = \frac{m_X}{58} = \frac{0,6 \cdot 58 \cdot 0,4}{58} = 0,24 \text{ mol}$

Vậy số mol  $H_2$  đã tách ra =  $0,6 - 0,24 = 0,36 =$  số mol  $Br_2$  đã phản ứng

**Ví dụ 2** Cho etan qua xúc tác thích hợp ở nhiệt độ cao được hỗn hợp X gồm  $C_2H_2$ ;  $C_2H_4$ ;  $C_2H_6$  dư và  $H_2$  có tỉ khối so với etan là 0,7. Nếu cho 0,5 mol X vào dung dịch brom dư thì số mol brom tối đa phản ứng là

- A. 0,15                      B. 0,36                      C. 0,60                      D. 0,24

#### Giải

Ta có  $m_{\text{etan ban đầu}} = m_X$  nên  $n_{\text{etan ban đầu}} = \frac{m_X}{30} = \frac{0,7 \cdot 30 \cdot 0,5}{30} = 0,35 \text{ mol}$

Vậy số mol  $H_2$  đã tách ra =  $0,5 - 0,35 = 0,15 =$  số mol  $Br_2$  đã phản ứng

### D. BIÊN LUẬN CẤU TẠO CHẤT HỮU CƠ DƯA VÀO PHẢN ỨNG CHÁY

Lưu ý rằng **“một chất hữu cơ X mạch hở, chứa C, H hoặc C, H, O cháy cho  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = kn_X$  thì X phải có  $(k + 1)$  liên kết  $\pi$ ”**.

Ứng dụng điều này ta có thể biện luận được cấu tạo hoặc rút ra một số đặc điểm, tính chất của chất hữu cơ.

#### Ví dụ 1

Đốt cháy hoàn toàn axit cacboxylic mạch hở A được  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = n_A$ . Phát biểu đúng là

- A. A có thể cho được phản ứng tráng gương  
 B. A là axit hai lần axit, chưa no (1 nối đôi  $C = C$ )  
 C. A tác dụng với  $Br_2$  theo tỉ lệ mol 1 : 2  
 D. A phải có tối thiểu 2C trong phân tử

#### Giải

Vì axit cacboxylic mạch hở A cháy cho  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = n_A$  nên A phải chứa  $2\pi$  trong phân tử.

Như vậy:

+ Loại A, vì axit cacboxylic cho được phản ứng tráng gương là  $HCOOH$  chỉ có  $1\pi$  trong phân tử.

+ Loại B, vì axit hai lần axit, chưa no (1 nối đôi  $C = C$ ) phải có  $3\pi$  trong phân tử.

+ Loại C, vì do có  $2\pi$  trong phân tử nên axit cacboxylic A hoặc không tác dụng với  $Br_2$  (nếu A là axit nhị chức), hoặc A chỉ tác dụng với  $Br_2$  theo tỉ lệ mol 1 : 1 (nếu A là axit đơn chức).

Vậy chọn D.

#### Ví dụ 2

Đốt cháy hoàn toàn este mạch hở E (chỉ chứa một loại nhóm chức), tạo bởi axit cacboxylic X và ancol Y được  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = 2n_E$ . Ancol Y tác dụng với Na dư cho  $n_Y : n_{H_2} = 1:1$ . Phát biểu nào sau đây đúng?

- A. Y là đồng đẳng của etylen glicol
- B. X phải làm mất màu nước brom
- C. Xà phòng hóa E có thể thu được anđehit hoặc xeton
- D. Đốt cháy X cũng như Y đều thu được  $n_{CO_2} = n_{H_2O}$

**Giải**

Vì este mạch hở E cháy cho  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = 2n_E$  nên E phải chứa  $3\pi$  trong phân tử. Mặt khác ancol Y tác dụng với Na dư cho  $n_Y : n_{H_2} = 1:1$  nên Y phải là ancol nhị chức. Như vậy công thức cấu tạo của E phải có dạng  $R'COOR''$  ( $R'$  no;  $R''$  chưa no, chứa một nối đôi  $C=C$ ). Do đó:

- + Loại A, vì Y là ancol chưa no, không thể là đồng đẳng của etylen glycol.
  - + Loại B, vì X là axit no nên không làm mất màu nước brom (trừ trường hợp X là HCOOH, vì HCOOH là axit no nhưng làm mất màu được nước brom).
  - + Loại C, vì E là este tạo bởi axit cacboxylic X và ancol Y, tức Y là **ancol bền**. Vậy sự xà phòng hóa E phải tạo ancol bền Y.
- Vậy chọn D.

**Ví dụ 3**

Đốt cháy hoàn toàn một lượng este mạch hở E (chỉ chứa chức este) được  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = 2n_E$ . Thủy phân E (môi trường axit) được axit cacboxylic X và ancol Y. Đốt cháy hoàn toàn axit cacboxylic X thu được  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = n_X$ . Phát biểu đúng là

- A. E phải là este hai lần este
- B. X phải là axit cacboxylic no
- C. E phải có công thức chung là  $C_nH_{2n-4}O_2$
- D. Este E phải có ít nhất 5C trong phân tử

**Giải**

Theo đề este E phải chứa  $3\pi$  và axit cacboxylic X phải chứa  $2\pi$  trong phân tử.

Do axit cacboxylic X chứa  $2\pi$  trong phân tử nên X là axit nhị chức no hoặc là axit đơn chức chưa no, một nối đôi  $C=C$ . Nhưng nếu X là axit nhị chức no, công thức  $HOOC-R-COOH$  thì este E khi đó phải có dạng  $R'OOC-R-COOR''$  (loại, vì cấu tạo này không thể có  $3\pi$ ).

Vậy X là axit đơn chức chưa no (một nối đôi  $C=C$ ), công thức  $R-COOH$ , và do đó este E phải có dạng  $RCOOR'$  ( $R$  và  $R'$  đều chưa no, chứa một nối đôi  $C=C$ ). Do đó:

- + Loại A, vì E là este một lần este (este đơn chức).
- + Loại B, vì X là axit đơn chức chưa no (một nối đôi  $C=C$ ).
- + Loại D, vì este E phải có ít nhất 6C trong phân tử (tối thiểu X phải có 3C; tối thiểu Y cũng phải có 3C, tạo este E tối thiểu có 6C, ứng với cấu tạo  $CH_2=CH-COO-CH_2-CH=CH_2$ ).

Vậy chọn C.

**E. TÍNH TOÁN DỰA VÀO PHẢN ỨNG CHÁY**

Dựa vào qui luật “Chất hữu cơ X mạch hở, chứa C, H hoặc C, H, O cháy cho  $n_{CO_2} - n_{H_2O} = kn_X$  thì X phải có  $(k + 1)$  liên kết  $\pi$ ”, suy ra:

- + Chất hữu cơ X mạch hở, chứa C, H hoặc C, H, O, phân tử không có liên kết  $\pi$  (tức  $k = -1$ ), cháy cho  $n_{H_2O} - n_{CO_2} = n_X$ .
- + Chất hữu cơ X mạch hở, chứa C, H hoặc C, H, O, phân tử có 1 liên kết  $\pi$  (tức  $k = 0$ ), cháy

cho  $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}}$ .

+ Chất hữu cơ X mạch hở, chứa C, H hoặc C, H, O, phân tử có 2 liên kết  $\pi$  (tức  $k=1$ ), cháy cho

$n_{\text{CO}_2} - n_{\text{H}_2\text{O}} = n_X$ .

Điều này cũng đúng khi đốt cháy hỗn hợp các chất hữu cơ **đồng đẳng** với X.

**Ví dụ 1**

Đốt cháy hoàn toàn một lượng hỗn hợp 2 ancol đơn chức là đồng đẳng liên tiếp được 0,35 mol  $\text{CO}_2$  và 0,5 mol  $\text{H}_2\text{O}$ . Tìm công thức 2 ancol.

**Giải**

Ta có số C trung bình =  $\frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{hh}}} = \frac{0,35}{0,5 - 0,35} = 2,33$ . Vậy 2 ancol trên là  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  và  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ .

**Ví dụ 2**

Hỗn hợp A gồm ancol X, axit cacboxylic Y (đều no, đơn chức, mạch hở) và este Z tạo ra từ X và Y. Đốt cháy hoàn toàn 1,4 mol A thu được 2,2 mol  $\text{CO}_2$  và 3 mol  $\text{H}_2\text{O}$ . Tìm công thức của X, Y, Z.

**Giải**

Ta có số C trung bình =  $\frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{hh}}} = \frac{2,2}{1,4} = 1,57$  nên có 2 khả năng:

+ Axit Y là  $\text{HCOOH}$ .

Ta phải có  $n_X = 3 - 2,2 = 0,8$  mol nên  $n_{Y;Z} = 1,4 - 0,8 = 0,6$  mol

Đặt công thức ancol X là  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  và công thức trung bình của Y; Z là  $\text{C}_m\text{H}_{2m}\text{O}_2$  ( $m > 1$ )

Ta có  $n_{\text{CO}_2} = 0,8n + 0,6m = 2,2 \Leftrightarrow 4n + 3m = 11$ .

Xét bảng sau:

n	1	2	3
m	2,33	1	âm

Nhưng  $n = 1$  thì X là  $\text{CH}_3\text{OH}$ , do đó Y là  $\text{HCOOH}$ ; Z là  $\text{HCOOCH}_3$ , dẫn đến  $m < 2$  (loại)

+ Ancol X là  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

Ta có  $n_{\text{CH}_3\text{OH}} = 3 - 2,2 = 0,8$  mol nên  $n_{Y;Z} = 1,4 - 0,8 = 0,6$  mol

Đặt công thức trung bình của Y và Z là  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  ( $n > 1$ )

Ta có  $n_{\text{CO}_2} = 0,8 + 0,6n = 2,2 \Leftrightarrow n = 2,33$ .

Vì X là  $\text{CH}_3\text{OH}$  nên Y và Z phải có số C liên tiếp. Vậy Y, Z lần lượt có công thức  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  và  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ , tức X là  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; Y là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và Z là  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ .

**Ví dụ 3**

Hỗn hợp A gồm ancol X, axit cacboxylic Y (đều no, đơn chức, mạch hở) và este Z tạo ra từ X và Y. A không cho phản ứng tráng gương. Chia 0,6 mol A làm 2 phần bằng nhau:

+ Đốt cháy hoàn toàn phần 1 thu được 0,475 mol  $\text{CO}_2$  và 0,725 mol  $\text{H}_2\text{O}$

+ Phần 2 cho tác dụng với một lượng dung dịch NaOH nóng, vừa đủ. Cô cạn dung dịch sau phản ứng được m gam rắn khan.

Giá trị m là

A. 5,5

B. 3,28

C. 4,32

D. 4,1

**Giải**

Số mol mỗi phần = 0,3 mol.

Ta có số C trung bình =  $\frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{hh}}} = \frac{0,475}{0,3} = 1,58$  và hỗn hợp A không tráng gương nên ancol X

phải là  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

Để thấy  $n_{\text{CH}_3\text{OH}} = 0,725 - 0,475 = 0,25$  mol. Do đó  $n_{\text{Y}; \text{Z}} = 0,3 - 0,25 = 0,05$  mol

Đặt công thức trung bình của Y và Z là  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ .

Ta có  $n_{\text{CO}_2} = 0,25 + 0,05n = 0,475 \Leftrightarrow n = 4,5$ .

Vì X là  $\text{CH}_3\text{OH}$  nên Y và Z phải có số C liên tiếp. Vậy Y, Z lần lượt có công thức  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  và  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ , tức X là  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; Y là  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  và Z là  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$ .

Vì  $n_{\text{Y}; \text{Z}} = 0,3 - 0,25 = 0,05$  mol nên phần 2 phải tạo 0,05 mol  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COONa}$ .

Vậy  $m = 0,05 \cdot 110 = 5,5$

Trên là một số bài toán sử dụng qui tắc hiệu số mol để giải nhanh kết quả cần tìm. Chúc các em tìm thấy niềm vui trong học tập và hẹn gặp các em ở các chuyên đề hoặc Đề thi thử kế tiếp.

-----**CHÚC CÁC EM THÀNH CÔNG**-----

Thầy Nguyễn Đình Độ