$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{C_2}{C_1} \Leftrightarrow V_2=\frac{V_1C_1}{C_2}=\frac{V_1 10^{-3}}{10^{-4}}=10V_1.$$

Vậy phải pha loãng dung dịch HCl (pH = 3) 10 lần để được dung dịch HCl có pH = 4.

Đáp án D.

Ví dụ 5: Pha loãng 1 lít dung dịch NaOH có pH = 13 bằng bao nhiêu lít nước để được dung dịch mới có pH = 11 ?

A. 9. **B.** 99. **C.** 10. **D.** 100.

Hướng dẫn giải

Dung dịch NaOH có pH = 13 $\Rightarrow$ pOH = 1 $\Rightarrow C_1 = [OH^-] = 10^{-1}$

Dung dịch NaOH sau khi pha loãng có pH = 11 $\Rightarrow$ pOH = 3 $\Rightarrow C_2 = [OH^-] = 10^{-3}$

Áp dụng công thức cô cạn, pha loãng dung dịch ta có :

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{C_2}{C_1} \Leftrightarrow V_2=\frac{V_1C_1}{C_2}=\frac{1.10^{-1}}{10^{-3}}=100 \text{ lít} \Rightarrow V_{H_2O}=V_2-V_1=100-1=99 \text{ lít}.$$

Đáp án B.

II. Tính toán cân bằng trong dung dịch chất điện li yếu

1. Cân bằng trong dung dịch axit yếu :

Giả sử có một dung dịch axit yếu HA (HF, CH_3COOH…), có nồng độ ban đầu là C_o, độ điện li là α, hằng số phân li là K_a.

Phương trình điện li :

$$HA + H_2O \rightleftarrows A^- + H_3O^+$$

Hay :

$$HA \rightleftarrows A^- + H^+ \qquad K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

bđ:	C_o			
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$ αC_o
cb:	$C_o-\alpha C_o$		αC_o	αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}=\frac{(\alpha C_o)^2}{C_o-\alpha C_o}=\frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} \qquad (1)$$

Các công thức tính toán gần đúng được rút ra từ công thức (1) :

+ Vì HA là dung dịch chất điện li yếu nên $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow K_a=\alpha^2 C_o$ (2)

Từ công thức (2) ta có thể suy ra công thức tính độ điện li α : $\alpha=\sqrt{\frac{K_a}{C_o}}$

2. Cân bằng trong dung dịch bazơ yếu

Xét dung dịch NH_3 có nồng độ ban đầu là C_o, độ điện li là α, hằng số phân li là K_b.

Phương trình điện li :

$$NH_3 + H_2O \rightleftarrows OH^- + NH_4^+ \quad K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

bđ:	C_o				
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$	αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o		αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{(\alpha C_o)^2}{C_o - \alpha C_o} = \frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} \quad (1)$$

Các công thức tính toán gần đúng được rút ra từ công thức (1) :

+ Vì NH_3 là dung dịch chất điện li yếu nên $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow K_b = \alpha^2 C_o$ (2)

Từ công thức (2) ta có thể suy ra công thức tính độ điện li α : $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_o}}$

Dạng 1 : Tính toán cân bằng trong dung dịch chứa một chất điện li yếu

Phương pháp giải

Cách 1: *Viết phương trình điện li, từ giả thiết ta tính toán lượng ion và chất tan trong dung dịch tại thời điểm cân bằng, thiết lập hằng số cân bằng điện li. Từ đó tính được nồng độ H^+ hoặc OH^- trong dung dịch tại thời điểm cân bằng, sau đó trả lời các câu hỏi mà đề yêu cầu như : Tính pH của dung dịch, độ điện li α...*

Cách 2 : *Sử dụng các công thức gần đúng $K_a = \alpha^2 C_o$, $K_b = \alpha^2 C_o$ để tính toán.*

► *Các ví dụ minh họa* ◄

Ví dụ 1: Giá trị pH của dung dịch axit fomic 1M ($K_a = 1,77.10^{-4}$) là :

A. 1,4. **B.** 1,1. **C.** 1,68. **D.** 1,88.

Hướng dẫn giải

Cách 1 :

Phương trình điện li :

$$HCOOH \rightarrow HCOO^- + H^+ \quad (1); \quad K_a = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

bđ:	C_o				
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$	αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o		αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\alpha C_o)^2}{C_o - \alpha C_o} = \frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} = 1,77.10^{-4} \quad (2)$$

Với C_o = 1M, thay vào (2) ta có phương trình :

$$\alpha^2 + 1,77.10^{-4}\alpha - 1,77.10^{-4} = 0 \Rightarrow \alpha = 0,0132$$

Theo (1) $[H^+] = \alpha C_o = 0,0132M \Rightarrow pH = -\lg[H^+] = 1,88.$

Cách 2 :

Sử dụng công thức $K_a = \alpha^2 C_o$ ta suy ra :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_o}} = \sqrt{\frac{1,77.10^{14}}{1}} = 0,0133 \Rightarrow [H^+] = \alpha C_o = 0,0133M \Rightarrow pH = -\lg[H^+] = 1,88.$$

Đáp án D.

Ví dụ 2: Trong 1 lít dung dịch CH_3COOH 0,01M có $6,26.10^{21}$ phân tử chưa phân li và ion. Độ điện li α của CH_3COOH ở nồng độ đó là (biết số Avogađro=$6,02.10^{23}$) :

A. 4,15%. **B.** 3,98%. **C.** 1%. **D.** 1,34%.

Hướng dẫn giải

Phương trình điện li :

$$CH_3COOH \rightarrow HCOO^- + H^+ \quad (1); \quad K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

bđ:	C_o			
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$ αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o	αC_o

Theo (1) và giả thiết ta thấy tổng nồng độ chất tan và ion ở thời điểm cân bằng là :

$$(C_o - \alpha C_o) + \alpha C_o + \alpha C_o = C_o + \alpha C_o = \frac{n}{V} = \frac{6,26.10^{21}}{6,02.10^{23}.1} = 0,010398 \Rightarrow \alpha = 3,98\%.$$

Đáp án B.

Ví dụ 3: Dung dịch CH_3COONa 0,1M ($K_b = 5,71.10^{-10}$) có $[H^+]$ là :

A. $7,56.10^{-6}$ M. **B.** $1,32.10^{-9}$ M. **C.** $6,57.10^{-6}$ M. **D.** $2,31.10^{-9}$ M.

Hướng dẫn giải

Phương trình điện li :

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

C_M :	C_o	$\rightarrow$	C_o

Phương trình phản ứng thủy phân :

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^- \quad (1); \; K_b = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

C_M :	αC_o	$\rightarrow$	αC_o

Sử dụng công thức $K_b = \alpha^2 C_o$ ta có :

$$\alpha = \sqrt{\frac{5,71.10^{-10}}{0,1}} = 7,556.10^{-5} \Rightarrow [OH^-] = \alpha C_o = 7,556.10^{-6} \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{7,556.10^{-6}} = 1,32.10^{-9} M.$$

Đáp án B.

Ví dụ 4: Cho dung dịch CH_3COOH 0,1M, $K_a = 1,8.10^{-5}$. Để độ điện li của axit axetic giảm một nửa so với ban đầu thì khối lượng CH_3COOH cần phải cho vào 1 lít dung dịch trên là (Cho C=12; H=1; O=16) :

A. 6 gam. **B.** 12 gam. **C.** 9 gam. **D.** 18 gam.

Hướng dẫn giải

Sử dụng công thức gần đúng $K_a = \alpha^2 C_o$ cho dung dịch chất điện li yếu CH_3COOH.

Gọi C_o là nồng độ gốc của dung dịch CH_3COOH, có độ điện li là α. Sau khi thêm axit CH_3COOH vào dung dịch để độ điện li là $0,5\alpha$ thì nồng độ của dung dịch là C_1.

Vì hằng số cân bằng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nên ta có :

$$K_a = \alpha^2 C_o \text{ và } K_a = (0,5\alpha)^2 C_1 \Rightarrow \alpha^2 C_o = (0,5\alpha)^2 C_1 \Rightarrow C_1 = 4C_o = 0,4M.$$

Khối lượng CH_3COOH trong 1 lít dung dịch ban đầu là 0,1.60 = 6 gam.

Tổng khối lượng CH_3COOH trong dung dịch mới (có độ điện li giảm đi một nửa so với dung dịch ban đầu) là 0,4.60 =24 gam. Vậy khối lượng CH_3COOH đã thêm vào là 24 – 6 =18 gam.

Đáp án D.

Dạng 2 : Tính toán cân bằng trong dung dịch chứa một chất điện li yếu và một chất điện li mạnh

Phương pháp giải

Viết phương trình điện li, xác định những ion tham gia vào cân bằng điện li. Từ đó ta tính toán lượng ion và chất tan trong dung dịch tại thời điểm cân bằng, thiết lập hằng số cân bằng điện li. Tính được nồng độ H^+ hoặc OH^- trong dung dịch tại thời điểm cân bằng, sau đó trả lời các câu hỏi mà đề yêu cầu như : Tính pH của dung dịch, độ điện li α...

► *Các ví dụ minh họa* ◄

Ví dụ 1: Dung dịch X gồm CH_3COOH 1M ($K_a = 1,75.10^{-5}$) và HCl 0,001M. Giá trị pH của dung dịch X là :

A. 2,43. **B.** 2,33. **C.** 1,77. **D.** 2,55.

Hướng dẫn giải

	HCl	$\rightarrow$	H^+	+	Cl^-	(1)
C_M:	0,001		0,001		0,001	
	CH_3COOH	$\rightleftarrows$	CH_3COO^-	+	H^+	(2)
bđ:	1		0		0	:C_M
p.li :	x		x		x	:C_M

Các ion tham gia vào cân bằng (2) là CH_3COO^- và H^+.

Từ (1) và (2) ta thấy tại thời điểm cân bằng :

$[CH_3COOH] = (1- x)M$; $[CH_3COO^-] = xM$; $[H^+] = [H^+]_{(1)} + [H^+]_{(2)} = (0,001 + x)M$.

Biểu thức tính $K_a = \frac{(0,001+x).x}{1-x} = 1,75.10^{-5}$

Giải phương trình ta có $x = 3,705.10^{-3} \Rightarrow pH = -lg(0,001+3,705.10^{-3}) = 2,33$.

Đáp án B.

Ví dụ 2: Dung dịch X gồm NH_3 0,1M ($K_b = 1,80.10^{-5}$) và NH_4Cl 0,1M. Giá trị pH của dung dịch X là :

A. 9,62. **B.** 9,26. **C.** 11,62. **D.** 13,62.

Hướng dẫn giải

$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$ (1)

C_M: 0,1 → 0,1 → 0,1

$NH_3 + H_2O \rightarrow OH^- + NH_4^+$ (2)

bđ: 0,1 0 0 :C_M

p.li : x → x → x :C_M

Từ (1) và (2) ta thấy tại thời điểm cân bằng :

$[NH_3] = (0,1- x)M$; $[OH^-] = xM$; $[NH_4^+] = (0,1 + x)M$.

Biểu thức tính $K_a = \frac{(0,1+x).x}{0,1-x} = 1,8.10^{-5}$

Giải phương trình ta có $x = 1,8.10^{-5} \Rightarrow pOH = -lg(1,8.10^{-5}) = 4,74 \Rightarrow pH = 14 - 4,745 = 9,26$.

Đáp án B.

III. Phản ứng axit – bazơ

1. Phản ứng của axit nhiều nấc với dung dịch NaOH hoặc KOH

a. Xét phản ứng của H_2SO_4 với dung dịch NaOH hoặc KOH

$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$ (1)

$NaOH + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + H_2O$ (2)

Đặt $T = \frac{n_{NaOH}}{n_{H_2SO_4}}$, ứng với các giá trị của T ta thu được các chất khác nhau :

Giá trị của T	Chất thu được sau phản ứng
T = 1	$NaHSO_4$
T = 2	Na_2SO_4
T < 1	$NaHSO_4$ và H_2SO_4 dư
T > 2	Na_2SO_4 và NaOH dư
1 < T < 2	Na_2SO_4 và $NaHSO_4$

b. Xét phản ứng của H_3PO_4 với dung dịch NaOH hoặc KOH

$3NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3H_2O$ (1)

$2NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 + 2H_2O$ (2)

$NaOH + H_3PO_4 \rightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$ (3)

Đặt $T = \frac{n_{NaOH}}{n_{H_3PO_4}}$, ứng với các giá trị của T ta thu được các chất khác nhau :

Giá trị của T	Chất thu được sau phản ứng
T = 1	NaH_2PO_4
T = 2	Na_2HPO_4
T = 3	Na_3PO_4
T < 1	NaH_2PO_4 và H_3PO_4 dư
T > 3	Na_3PO_4 và NaOH dư
1 < T < 2	NaH_2PO_4 và Na_2HPO_4
2 < T < 3	Na_3PO_4 và Na_2HPO_4

● **Chú ý :** Khi gặp bài tập liên quan đến phản ứng của P_2O_5 với dung dịch NaOH hoặc KOH thì thay vì viết phản ứng của P_2O_5 với dung dịch kiềm ta sẽ viết phản ứng như sau :

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

Sau đó cho H_3PO_4 phản ứng với NaOH.

2. Phản ứng giữa dung dịch chứa hỗn hợp các axit với dung dịch chứa hỗn hợp các bazơ

Bản chất của phản ứng giữa dung dịch axit và dung dịch bazơ là phản ứng giữa ion H^+ trong dung dịch axit và ion OH^- trong dung dịch bazơ.

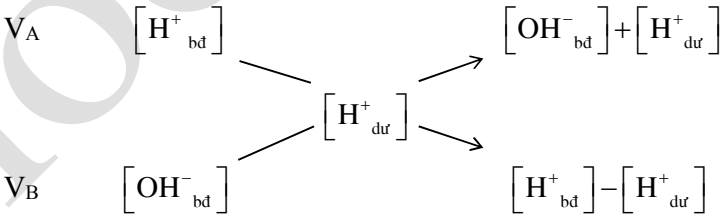
$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \qquad (1)$$

Phản ứng (1) gọi là phản ứng trung hòa.

Sử dụng sơ đồ đường chéo cho trường hợp phản ứng giữa dung dịch axit và dung dịch bazơ còn dư H^+ hoặc OH^-.

a. Nếu axit dư :

Ta có sơ đồ đường chéo :



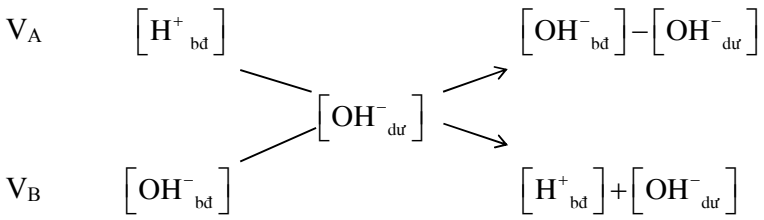
$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_A}{V_B} = \frac{[OH^-_{bđ}] + [H^+_{dư}]}{[H^+_{bđ}] - [H^+_{dư}]}}$$

Trong đó :

- *V_A, V_A là thể tích của dung dịch axit và bazơ.*
- $[OH^-_{bđ}]$ *là nồng độ OH^- ban đầu.*
- $[H^+_{bđ}]$, $[H^+_{dư}]$ *là nồng độ H^+ ban đầu và nồng độ H^+ dư.*

b. Nếu bazơ dư :

Ta có sơ đồ đường chéo :



$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_A}{V_B}=\frac{[OH^-_{bđ}]-[OH^-_{dư}]}{[H^+_{bđ}]+[OH^-_{dư}]}}$$

Trong đó :

- V_A, V_A là thể tích của dung dịch axit và bazơ.

- $[OH^-_{bđ}]$, $[OH^-_{dư}]$ là nồng độ OH^- ban đầu và nồng độ OH^- dư.

- $[H^+_{bđ}]$ là nồng độ H^+ ban đầu.

Dạng 1 : Xác định hoặc tính toán lượng chất tạo thành trong phản ứng của axit nhiều nấc với dung dịch NaOH hoặc KOH

Phương pháp giải

Tính tỉ lệ mol $T=\frac{n_{NaOH}}{n_{axit}}$ hoặc $T=\frac{n_{KOH}}{n_{axit}}$ để từ đó xác định sản phẩm sinh ra trong phản ứng.

Viết phương trình phản ứng tạo ra các sản phẩm, đặt ẩn số mol cho các chất cần tính. Từ giả thiết suy mối quan hệ về số mol giữa các chất trong phản ứng và các chất sản phẩm, lập hệ phương trình, giải hệ phương trình. Từ đó suy ra kết quả mà đề yêu cầu.

Trên đây chỉ là các bước cơ bản để giải bài tập dạng này, ngoài ra để tính toán nhanh ta cần áp dụng linh hoạt định luật bảo toàn khối lượng, bảo toàn nguyên tố, phương pháp đường chéo, phương pháp sử dụng phương trình ion rút gọn…

► *Các ví dụ minh họa* ◄

Ví dụ 1: Trộn lẫn 500 ml dung dịch NaOH 0,1M với 400 ml dung dịch H_2SO_4 0,1M được dung dịch Y. Trong dung dịch Y có các sản phẩm là :

A. Na_2SO_4.
B. $NaHSO_4$.
C. Na_2SO_4 và $NaHSO_4$.
D. Na_2SO_4 và NaOH.

Hướng dẫn giải

Theo giả thiết ta có :

$n_{NaOH}=0,5.0,1=0,05$ mol; $n_{H_2SO_4}=0,4.0,1=0,01$ mol.

$T = \frac{n_{NaOH}}{n_{axit}} = \frac{0,05}{0,04} = \frac{5}{4} \Rightarrow 1 < T < 2 \Rightarrow$ Phản ứng tạo ra hai muối là Na_2SO_4 và $NaHSO_4$.

Đáp án C.

Ví dụ 2: Cho 200 ml dung dịch NaOH 1M tác dụng với 200 ml dung dịch H_3PO_4 0,5M, muối thu được có khối lượng là :

A. 14,2 gam. **B.** 15,8 gam. **C.**16,4 gam. **D.**11,9 gam.

Hướng dẫn giải

Theo giả thiết ta có :

$n_{NaOH} = 0,2.1 = 0,2$ mol; $n_{H_3PO_4} = 0,2.0,5 = 0,1$ mol $\Rightarrow \frac{n_{NaOH}}{n_{H_3PO_4}} = \frac{2}{1} \Rightarrow$ Sản phẩm tạo thành là Na_2HPO_4.

Phương trình phản ứng :

$2NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 + 2H_2O$ (1)

mol: 0,2 → 0,1 → 0,1

Theo (1) ta thấy : $n_{Na_2HPO_4} = 0,1$ mol $\Rightarrow n_{Na_2HPO_4} = 142.0,1 = 14,2$ gam.

Đáp án A.

Ví dụ 3: Cho 14,2 gam P_2O_5 vào 200 gam dung dịch NaOH 8% thu được dung dịch A. Muối thu được và nồng độ % tương ứng là :

A. Na_2HPO_4 và 11,2%. **B.** Na_3PO_4 và 7,66%.

C. Na_2HPO_4 và 13,26%. **D.** Na_2HPO_4; NaH_2PO_4 đều là 7,66%.

Hướng dẫn giải

Theo giả thiết ta có :

$n_{P_2O_5} = \frac{14,2}{142} = 0,1$ mol; $n_{NaOH} = \frac{200.8\%}{40} = 0,4$ mol.

Khi cho P_2O_5 vào dung dịch kiềm thì trước tiên P_2O_5 phản ứng với nước sau đó mới phản ứng với dung dịch kiềm.

Phương trình phản ứng :

$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$ (1)

mol: 0,1 → 0,2

Tỉ lệ $\frac{n_{NaOH}}{n_{H_3PO_4}} = \frac{2}{1} \Rightarrow$ Sản phẩm tạo thành là Na_2HPO_4.

$2NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 + 2H_2O$ (1)

mol: 0,4 → 0,2 → 0,2

Theo (1) ta thấy : $n_{Na_2HPO_4} = 0,2 \text{ mol} \Rightarrow n_{Na_2HPO_4} = 142.0,2 = 28,4 \text{ gam}.$

Khối lượng dung dịch sau phản ứng là : $m = m_{dd\ NaOH} + m_{P_2O_5} = 200 + 14,2 = 214,2 \text{ mol}.$

Nồng độ phần trăm của dung dịch Na_2HPO_4 là :

$$C\%_{Na_2HPO_4} = \frac{28,4}{214,2}.100 = 13,26\%.$$

Đáp án C.

Ví dụ 4: Trộn lẫn 500 ml dung dịch H_2SO_4 0,3M với 200 ml dung dịch hỗn hợp NaOH aM, sau phản ứng thu được dung dịch X chứa 19,1 gam muối. Giá trị của a là :

A. 0,5. **B.** 1. **C.** 1,5. **D.** 2.

Hướng dẫn giải

Theo giả thiết ta thấy dung dịch sau phản ứng chỉ chứa muối nên NaOH đã phản ứng hết.

Phương trình ion rút gọn :

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \qquad (1)$$

Suy ra : $n_{H_2O} = n_{OH^-} = n_{NaOH} = 0,2a \text{ mol}.$

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng ta có :

$$m_{H_2SO_4} + m_{NaOH} = m_{muối} + m_{H_2O} \Rightarrow 0,3.0,5.98 + 0,2a.40 = 19,1 + 0,2a.18 \Rightarrow a = 1$$

Đáp án B.

Dạng 2 : Tính pH, nồng độ mol, thể tích của dung dịch axit, bazơ hoặc tỉ lệ thể tích giữa chúng

Phương pháp giải

*- Khi gặp dạng bài tập cho dung dịch chứa hỗn hợp các axit phản ứng với dung dịch chứa hỗn hợp các bazơ, ta **không** nên viết phương trình phân tử mà nên sử dụng phương trình ion thu gọn :*

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

- Nếu trong hỗn hợp các axit có H_2SO_4 và trong hỗn hợp các bazơ có $Ba(OH)_2$ mà đề bài yêu cầu tính lượng kết tủa thì còn có thêm phản ứng :

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$$

- Dựa vào giả thiết và các phương trình phản ứng ion rút gọn để tính toán suy ra kết quả cần tìm.

- Đối với dạng bài tập xác định nồng độ mol, thể tích của dung dịch axit, bazơ hoặc tỉ lệ thể tích của chúng ta có thể sử dụng phương pháp đường chéo. Cụ thể như sau :

+ Nếu axit dư ta sử dụng công thức :

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\left[OH^-_{bđ}\right] + \left[H^+_{dư}\right]}{\left[H^+_{bđ}\right] - \left[H^+_{dư}\right]}$$

+ Nếu bazơ dư ta sử dụng công thức :

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\left[OH^-_{bđ}\right] - \left[OH^-_{dư}\right]}{\left[H^+_{bđ}\right] + \left[OH^-_{dư}\right]}$$

►*Các ví dụ minh họa*◄

Ví dụ 1: Trộn 3 dung dịch HNO_3 0,3M; H_2SO_4 0,2M và H_3PO_4 0,1M với những thể tích bằng nhau thu được dung dịch X. Dung dịch Y gồm KOH 0,1M và $Ba(OH)_2$ 0,2M. Để trung hòa 300 ml dung dịch X cần vừa đủ V ml dung dịch Y. Giá trị của V là :

A. 600. **B.** 1000. **C.** 333,3. **D.** 200.

Hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng :

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \qquad (1)$$

$$n_{H^+} = n_{HNO_3} + 2.n_{H_2SO_4} + 3.n_{H_3PO_4} = \frac{300}{3.1000}(0,3 + 2.0,2 + 3.0,1) = 0,1 \text{ mol}.$$

Theo (1) ta thấy để trung hòa hết 0,1 mol H^+ thì cần 0,1 mol OH^-.

$$n_{OH^-} = n_{KOH} + 2.n_{Ba(OH)_2} = 0,5V \text{ mol} \Rightarrow 0,5V = 0,1 \Rightarrow V = 0,2 \text{ lít} = 200 \text{ ml}.$$

Đáp án D.

Ví dụ 2: Cho một mẫu hợp kim Na-Ba tác dụng với nước (dư), thu được dung dịch X và 3,36 lít H_2 (đktc). Thể tích dung dịch axit H_2SO_4 2M cần dùng để trung hoà dung dịch X là :

A. 150 ml. **B.** 75 ml. **C.** 60 ml. **D.** 30 ml.

Hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng :

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2Na^+ + 2OH^- + H_2$$

$$Ba + 2H_2O \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^- + H_2$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Theo phương trình và giả thiết ta suy ra :

$$n_{H^+} = n_{OH^-\,(dd\,X)} = 2n_{H_2} = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow n_{H_2SO_4} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow V_{H_2SO_4} = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ lít (75 ml)}.$$

Đáp án B.

Ví dụ 3: Trộn 100 ml dung dịch hỗn hợp gồm H_2SO_4 0,05M và HCl 0,1M với 100 ml dung dịch hỗn hợp gồm NaOH 0,2M và $Ba(OH)_2$ 0,1M thu được dung dịch X. Dung dịch X có pH là :

A. 1,2. **B.** 1,0. **C.** 12,8. **D.** 13,0.

Hướng dẫn giải

$$n_{H^+} = n_{HCl} + 2.n_{H_2SO_4} = 0,02 \text{ mol}; \; n_{OH^-} = n_{NaOH} + 2.n_{Ba(OH)_2} = 0,04 \text{ mol}.$$

Phương trình phản ứng :

$$H^+ \quad + \quad OH^- \quad \rightarrow \quad H_2O \qquad (1)$$

mol: 0,02 → 0,02

Suy ra sau phản ứng : $n_{OH^-(dư)} = 0,04 - 0,02 = 0,02$ mol.

$\Rightarrow [OH^-] = \frac{0,02}{0,2} = 0,1 = 10^{-1} \Rightarrow$ pOH = 1 $\Rightarrow$ pH = 13.

Đáp án D.

Ví dụ 4: Trộn 250 ml dung dịch chứa hỗn hợp HCl 0,08M và H_2SO_4 0,01M với 250 ml dung dịch NaOH aM thu được 500 ml dung dịch có pH = 12. Giá trị a là :

A. 0,13M. **B.** 0,12M. **C.** 0,14M. **D.** 0.10M.

Hướng dẫn giải

Cách 1 : *Sử dụng phương trình ion rút gọn và tính toán đại số thông thường*

Tổng số mol ion H^+ trong dung dịch axit là :

$n_{H^+} = n_{HCl} + 2n_{H_2SO_4} = 0,25.0,08 + 2.0,01.0,25 = 0,025$ mol.

Tổng số mol ion OH^- trong dung dịch bazơ là :

$n_{OH^-} = n_{NaOH} = 0,25a$ mol.

Dung dịch sau phản ứng có pH = 12, suy ra có pOH = 2, suy ra dung dịch sau phản ứng còn bazơ dư, $[OH^-_{dư}] = 10^{-2}M = 0,01M$.

Phương trình phản ứng :

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ (1)

mol: 0,025 $\rightarrow$ 0,025

Theo (1) và giả thiết ta thấy sau phản ứng số mol OH^- dư là (0,5a – 0,025) mol.

Nồng độ OH^- dư là : $\frac{0,25a - 0,025}{0,25 + 0,25} = 0,01 \Rightarrow a = 0,12$.

Cách 2 : *Sử dụng phương pháp đường chéo*

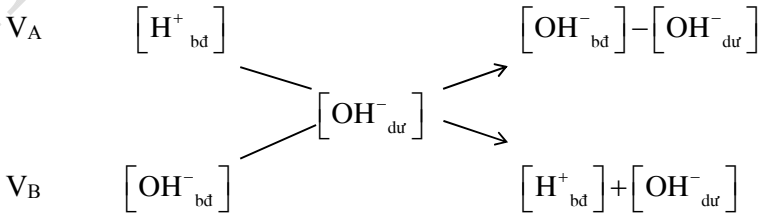
Nồng độ H^+ ban đầu là (0,08 + 0,01.2) = 0,1M.

Nồng độ OH^- ban đầu là aM.

Dung dịch sau phản ứng có pH = 12, suy ra OH^- dư, pOH = 2.

Nồng độ OH^- dư là : $10^{-2} = 0,01$M.

Áp dụng sơ đồ đường chéo cho trường hợp OH^- dư ta có :



$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{[OH^-_{bđ}] - [OH^-_{dư}]}{[H^+_{bđ}] + [OH^-_{dư}]} = \frac{a - 0,01}{0,1 + 0,01} = \frac{1}{1} \Rightarrow a = 0,12.$$

Đáp án B.

Ví dụ 5: Trộn lẫn 3 dung dịch H_2SO_4 0,1M, HNO_3 0,2M và HCl 0,3M với những thể tích bằng nhau thu được dung dịch A. Lấy 300 ml dung dịch A cho phản ứng với V lít dung dịch B gồm NaOH 0,2M và KOH 0,29M thu được dung dịch C có pH = 2. Giá trị V là :

A. 0,134 lít. **B.** 0,214 lít. **C.** 0,414 lít. **D.** 0,424 lít.

Hướng dẫn giải

Nồng độ H^+ ban đầu là (0,1.2.0,1 + 0,2.0,1 + 0,3.0,1) : 0,3 = $\frac{0,7}{3}$ M.

Nồng độ OH^- ban đầu là (0,2 + 0,29) = 0,49M.

Dung dịch sau phản ứng có pH = 2, suy ra H^+ dư.

Nồng độ H^+ dư là : $10^{-2} = 0,01$M.

Áp dụng sơ đồ đường chéo cho trường hợp H^+ dư ta có :

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\left[OH^-_{bđ}\right] + \left[H^+_{dư}\right]}{\left[H^+_{bđ}\right] - \left[H^+_{dư}\right]} = \frac{0,49 + 0,01}{\frac{0,7}{3} - 0,01} = \frac{0,3}{V} \Rightarrow V = 0,134 .$$

Đáp án A.

Ví dụ 6: Dung dịch A gồm HCl 0,2M ; HNO_3 0,3M ; H_2SO_4 0,1M ; $HClO_4$ 0,3M, dung dịch B gồm KOH 0,3M ; NaOH 0,4M ; $Ba(OH)_2$ 0,15M. Cần trộn A và B theo tỉ lệ thể tích là bao nhiêu để được dung dịch có pH = 13 ?

A. 11: 9. **B.** 9 : 11. **C.** 101 : 99. **D.** 99 : 101.

Hướng dẫn giải

Nồng độ H^+ ban đầu là : (0,2 + 0,3 + 0,1.2 + 0,3) = 1M.

Nồng độ OH^- ban đầu là : (0,3 + 0,4 + 0,15.2) = 1M.

Dung dịch sau phản ứng có pH = 13, suy ra OH^- dư, pOH = 1.

Nồng độ OH^- dư là : 10^{-1} = 0,1M.

Áp dụng sơ đồ đường chéo cho trường hợp OH^- dư ta có :

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\left[OH^-_{bđ}\right] - \left[OH^-_{dư}\right]}{\left[H^+_{bđ}\right] + \left[OH^-_{dư}\right]} = \frac{1 - 0,1}{1 + 0,1} = \frac{9}{11}.$$

Đáp án B.

IV. Phản ứng trao đổi ion

Phản ứng trao đổi ion là phản ứng hóa học trong đó các chất phản ứng trao đổi cho nhau những thành phần ion của mình.

Điều kiện để một phản ứng trao đổi ion xảy ra là sản phẩm của phản ứng phải có ***chất kết tủa***, ***chất bay hơi*** hoặc ***chất điện li yếu***.

Chiều của phản ứng trao đổi ion là chiều ***làm giảm nồng độ ion trong dung dịch***.

Các phản ứng thuộc loại phản ứng trao đổi :

+ axit + bazơ

+ axit + muối

+ bazơ + muối

+ muối + muối

Dạng 1 : Sử dụng định luật bảo toàn điện tích để tính toán lượng chất trong dung dịch

Phương pháp giải

● *Nội dung định luật bảo toàn điện tích :* ***Trong một hệ cô lập điện tích được bảo toàn.***

Suy ra trong nguyên tử, phân tử hợp chất ion, dung dịch chất điện li đều có điểm chung là tổng giá trị điện tích âm bằng tổng giá trị điện tích dương.

● *Các hệ quả rút ra từ định luật*

Hệ quả 1: Trong dung dịch :

Tổng số mol ion dương × giá trị điện tích dương = Tổng số mol ion âm × giá trị điện tích âm.

Hệ quả 2: Khi thay thế ion này bằng ion khác thì :

Số mol ion ban đầu × giá trị điện tích của nó = Số mol ion thay thế ×giá trị điện tích của nó.

Ví dụ : Thay ion O^{2-} bằng ion Cl^- thì ta có : $2.n_{O^{2-}} = 1.n_{Cl^-}$

►Các ví dụ minh họa◄

Ví dụ 1: Một cốc nước có chứa a mol Ca^{2+}, b mol Mg^{2+}, c mol Cl^-, d mol HCO_3^-. Hệ thức liên hệ giữa a, b, c, d là :

A. 2a+2b=c-d. **B.** a+b=c+d. **C.** 2a+2b=c+d. **D.** a+b=2c+2d.

Hướng dẫn giải

Theo định luật bảo toàn điện tích ta có :

$2n_{Ca^{2+}} + 2n_{Mg^{2+}} = n_{Cl^-} + n_{HCO_3^-} \Rightarrow 2a + 2b = c + d$.

Đáp án C.

Ví dụ 2: Có hai dung dịch, mỗi dung dịch chứa hai cation và 2 anion không trùng nhau trong các ion sau: K^+ : 0,3 mol; Mg^{2+} : 0,2 mol; NH_4^+ : 0,5 mol; H^+ : 0,4 mol; Cl^- : 0,2 mol; SO_4^{2-} : 0,15 mol; NO_3^- : 0,5 mol; CO_3^{2-} : 0,3 mol. Một trong hai dung dịch trên chứa các ion là :

A. K^+; Mg^{2+}; SO_4^{2-}; Cl^-. **B.** K^+; NH_4^+; CO_3^{2-}; Cl^-.

C. NH_4^+; H^+; NO_3^-; SO_4^{2-}. **D.** Mg^{2+}; H^+; SO_4^{2-}; Cl^-.

Hướng dẫn giải

Theo định luật bảo toàn điện tích ta có : $n_{K^+} + n_{NH_4^+} = n_{Cl^-} + 2n_{CO_3^{2-}}$

Đáp án B.

Ví dụ 3: Một dung dịch chứa 0,02 mol Cu^{2+}, 0,03 mol K^+, x mol Cl^- và y mol SO_4^{2-}. Tổng khối lượng các muối tan có trong dung dịch là 5,435 gam. Giá trị của x và y lần lượt là :

A. 0,01 và 0,03. **B.** 0,02 và 0,05. **C.** 0,05 và 0,01. **D.** 0,03 và 0,02.

Hướng dẫn giải

Theo định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn khối lượng, ta có hệ :

$$\begin{cases} 0,02.2+0,03=x+2y \\ 0,02.64+0,03.39+35,5x+96y=5,435 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x=0,03 \\ y=0,02 \end{cases}$$

Đáp án D.

Ví dụ 4: Dung dịch A có chứa 5 ion : Mg^{2+}, Ba^{2+}, Ca^{2+}, 0,1 mol Cl^- và 0,2 mol NO_3^-. Thêm dần V lít dung dịch K_2CO_3 1M vào A đến khi được lượng kết tủa lớn nhất. V có giá trị là :

A. 150 ml. **B.** 300 ml. **C.** 200 ml. **D.** 250 ml.

Hướng dẫn giải

Phương trình ion rút gọn :

$$Mg^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow MgCO_3\downarrow$$

$$Ba^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow BaCO_3\downarrow$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$$

Khi phản ứng kết thúc, các kết tủa tách khỏi dung dịch, phần dung dịch chứa K^+, Cl^- và NO_3^-.

Để trung hòa điện thì $n_{K^+} = n_{Cl^-} + n_{NO_3^-} = 0,3$ mol $\Rightarrow n_{K_2CO_3} = \frac{1}{2} n_{K^+} = 0,15$ mol.

$\Rightarrow$ V = 0,15 lít = 150 ml.

Đáp án A.

Ví dụ 5: Cho 2,13 gam hỗn hợp X gồm ba kim loại Mg, Cu và Al ở dạng bột tác dụng hoàn toàn với oxi thu được hỗn hợp Y gồm các oxit có khối lượng 3,33 gam. Thể tích dung dịch HCl 2M vừa đủ để phản ứng hết với Y là :

A. 57 ml. **B.** 50 ml. **C.** 75 ml. **D.** 90 ml.

Hướng dẫn giải

Thay các kim loại Cu, Mg, Al bằng một kim loại M.

Sơ đồ phản ứng :

$$M \xrightarrow{O_2} M_2O_n \xrightarrow{HCl} MCl_n$$

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng ta có :

$$m_M + m_{O_2} = m_{M_2O_n} \Rightarrow m_{O_2} = 3,33 - 2,13 = 1,2 \text{ gam} \Rightarrow n_{O^{2-}} = n_O = 2n_{O_2} = 2.\frac{1,2}{32} = 0,075 \text{ mol.}$$

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho phân tử oxit và muối clorua ta có :

$$\begin{cases} n.n_{M^{n+}} = 2.n_{O^{2-}} \\ n.n_{M^{n+}} = 1.n_{Cl^-} \end{cases} \Rightarrow 1.n_{Cl^-} = 2.n_{O^{2-}} = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow n_{HCl} = n_{Cl^-} = 0,15 \text{ mol.}$$

Vậy thể tích HCl cần dùng là : $V_{HCl} = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ lít} = 75 \text{ ml.}$

Đáp án C.

hoc360.net

Dạng 2 : Sử dụng phương trình ion rút gọn để tính toán lượng chất trong dung dịch

Phương pháp giải

Bản chất của phản ứng trao đổi ion trong dung dịch là phản ứng của các cặp ion, tạo ra chất kết tủa, chất bay hơi hoặc chất điện li yếu. Vì vậy khi làm bài tập liên quan đến dạng phản ứng này ta ***chỉ cần viết phương trình ion thu gọn*** *(phương trình biểu diễn phản ứng giữa các cặp ion). Thông qua các phản ứng và giả thiết ta tính được số mol của các ion trong dung dịch. Đối với các ion không tham gia phản ứng trao đổi như Na^+, NO_3^-... ta tính số mol của chúng bằng cách sử dụng định luật bảo toàn điện tích.*

Để tính tổng khối lượng các chất tan trong dung dịch, thay vì phải tính khối lượng của từng chất tan rồi cộng lại với nhau ta đi tính ***tổng khối lượng của các ion (do các chất tan điện li ra) trong dung dịch đó.***

►*Các ví dụ minh họa*◄

Ví dụ 1: Dung dịch X có chứa 0,07 mol Na^+, 0,02 mol SO_4^{2-}, và x mol OH^-. Dung dịch Y có chứa ClO_4^-, NO_3^- và y mol H^+; tổng số mol ClO_4^-, NO_3^- là 0,04 mol. Trộn X và T được 100 ml dung dịch Z. Dung dịch Z có pH (bỏ qua sự điện li của H_2O) là :

A. 1. **B.** 12. **C.** 13. **D.** 2.

Hướng dẫn giải

Áp dụng bảo toàn điện tích cho các dung dịch X và Y ta có :

$$1.n_{Na^+} = 2.n_{SO_4^{2-}} + 1.n_{OH^-} \Rightarrow 0,07 = 0,02.2 + x \Rightarrow x = 0,03$$

$$1.n_{ClO_4^-} + 1.n_{NO_3^-} = 1.n_{H^+} \Rightarrow y = 0,04$$

Phương trình phản ứng:

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

$$\Rightarrow n_{H^+ \text{ dư}} = 0,01 \Rightarrow [H^+] = 0,1 \Rightarrow pH = 1.$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Dung dịch A chứa các ion: CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, SO_4^{2-}, 0,1 mol HCO_3^- và 0,3 mol Na^+. Thêm V lít dung dịch $Ba(OH)_2$ 1M vào A thì thu được lượng kết tủa lớn nhất. Giá trị nhỏ nhất của V là :

A. 0,15. **B.** 0,25. **C.** 0,20. **D.** 0,30.

Hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng :

$$HCO_3^- + OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O \quad (1)$$

mol: 0,1 → 0,1

$$Ba^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow BaCO_3\downarrow \quad (2)$$

Theo các phương trình phản ứng ta thấy : Dung dịch sau phản ứng chỉ còn chứa ion Na^+ và OH^-.

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích ta có $n_{OH^-} = n_{Na^+} = 0,3$ mol.