BÀI GIẢNG: PHƯƠNG PHÁP BẢO TOÀN ELECTRON
CHUYÊN ĐỀ: CƠ SỞ HOÁ HỌC
MÔN: KHTN 9 – ÔN THI VÀO 10 CHUYÊN HOÁ
GIÁO VIÊN: PGS.TS NGUYỄN MẬU ĐỨC

MỤC TIÊU

- ✓ *Nêu được nguyên tắc chung chất oxi hoá, chất sử.*
- ✓ *Vận dụng được phương pháp bảo toàn electron vào một số dạng bài tập phản ứng oxi hoá – khử.*

PHƯƠNG PHÁP

Nguyên tắc chung

Khi có nhiều chất oxi hoá, chất khử trong một hỗn hợp phản ứng (Có nhiều phản ứng hoặc phản ứng xảy ra nhiều giai đoạn) thì tổng số electron mà các chất khử cho phải bằng số electron chất oxi hoá nhận. ta chỉ xác định đúng trạng thái đầu và trạng thái cuối của chất oxi hoá hoặc chất khử thì có thể giải được bài toán đã cho.

Bước 1. Viết PTHH xảy ra và xác định các chất thay đổi số oxi hoá.

Bước 2. Viết quá trình nhường và nhận electron của các chất thay đổi số oxi hoá.

Bước 3. Áp dụng định luật bảo toàn electron:

Tổng số mole chất khử nhường = Tổng số mol e chất oxi hoá nhận

$\Longrightarrow$ Từ đó tính được các dữ kiện theo yêu cầu của bài

Dạng 1. Tác dụng với dung dịch HNO_3

$$\sum n_{NO_3^-\text{ (muối kim loại)}} = \sum n_{e\,nhan} = n_{NO_2} + 3n_{NO} + 8n_{N_2O} + 10n_{N_2} + 8n_{NH_4NO_3}$$

$$n_{HNO_3} = 2.n_{NO_2} + 4.n_{NO} + 10.n_{N_2O} + 12.n_{N_2} + 10.n_{NH_4NO_3}$$

$$\text{m}_{\text{muối}} = \begin{cases} m_{M(NO_3)_n} + m_{NH_4NO_3}(1\,KL) \\ m_{KL\,pu} + m_{NO_3^-(muoi)} + m_{NH_4NO_3}(hh\,KL) \end{cases}$$

$$\overset{0}{M} + H\overset{+5}{N}O_3 \longrightarrow \overset{n+}{M}(NO_3)_n + \begin{cases} \overset{+4}{N}O_2 \\ \overset{+2}{N}O \\ \overset{+1}{N_2}O \\ \overset{0}{N_2} \\ \overset{-3}{N}H_4NO_3 \end{cases} + H_2O$$

$$n_{HNO_3} = n_{NO_3^-muoi} + n_{N(sp)}$$

Dạng 2. Tác dụng với dung dịch H_2SO_4 đặc

$$M + H_2SO_4 \longrightarrow M_2(SO_4)_a + \left| \begin{array}{l} SO_2 \uparrow \\ S \downarrow \\ H_2S \uparrow \end{array} \right. + H_2O$$

A là hoá trị cao nhất của kim loại M

Fe đến Ag + H_2SO_4 đặc, nóng ⟶ SP khử luôn là SO_2

K đến Zn + H_2SO_4 đặc nóng ⟶ SP khử SO_2, S, H_2S

Al, Fe, Cr thụ động hoá trong H_2SO_4 đặc, nguội

Ví dụ: $2Fe + 6H_2SO_4 \xrightarrow{t^o} Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$

Ta có: $\begin{cases} n_{SO_4^{2-}(muoi)} = \frac{1}{2} n_{e cho} = \frac{1}{2}.\left(2n_{SO_2} + 6n_S + 8n_{H_2S}\right) \rightarrow n_{SO_4^{2-}(muoi)} = n_{SO_2} + 3n_S + 4n_{H_2S} \\ n_{H_2SO_4} = 2n_{SO_2} + 4n_{H_2S} + 5n_{H_2S} \end{cases}$

$$\left| \begin{array}{l} \overset{+6}{S} + 2e \longrightarrow \overset{+4}{S} \\ \overset{+6}{S} + 6e \longrightarrow \overset{0}{S} \\ \overset{+6}{S} + 8e \longrightarrow \overset{-2}{S} \end{array} \right. \Rightarrow m_{muoi} = m_{KL} + m_{SO_4^{2-}(muoi)} = m_{KL} + 96.(n_{SO_2} + 3n_S + 4n_{H_2S})$$

ĐỀ BÀI

Dạng 1: Kim loại tác dụng với HNO_3

Câu 1: Hoà tan hoàn toàn 12g hỗn hợp X gồm Fe, Cu bằng dung dịch HNO_3 dư, kết thúc thí nghiệm thu được 7,437 lít hỗn hợp B gồm NO và NO_2 (đkc). Có khối lượng 12,2g. Tính khối lượng muối nitrate thu được sau phản ứng.

Câu 2: Hoàn tan hoàn toàn 8,3 gam hỗn hợp gồm (Al và Fe) trong V lít dung dịch HNO_3 1M vừa đủ thu được dung dịch A và 9,916 lít khí gồm (NO và NO_2 (đkc) có tỉ khối so với hydrogen là 21.

a) Tính giá trị của V.

b) Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.

Dạng 2: Kim loại tác dụng với H_2SO_4 đặc

Câu 1: Hoà tan hết 4,2 gam hỗn hợp 3 kim loại Z, Y, Z bằng dung dịch H_2SO_4 đặc, nóng thu được 0,025 mol S (sản phẩm khử duy nhất). Cô cạn dung dịch thu được m gam muối khan.

a) Tính giá trị của m.

b) Tính số mol H_2SO_4 phản ứng.

Câu 2: Cho 7,4 gam hỗn hợp kim loại Al, Mg tan hết trong dung dịch H_2SO_4 đặc, nóng dư thu được hỗn hợp sản phẩm khử gồm 0,015 mol S và 0,0125 mol H_2S và dung dịch X. Cô cạn dung dịch X thu được m gam muối khan.

a) Tính giá trị của m.

b) Tính số mol H_2SO_4 phản ứng.

Dạng 3: Bảo toàn electron tổng hợp

Câu 1: Khử m gam Fe_2O_3 bằng khí CO sau phản ứng thu được rắn A (Fe, FeO) và khí CO_2. Sục toàn bộ khí CO_2, thoát ra vào dung dịch $Ca(OH)_2$ dư thấy tạo 1 gam kết tủa. Chất rắn A cho tác dụng với H_2SO_4 đặc nóng, dư tạo ra 0,4948 lít khí SO_2 (đkc). Tính giá trị của m.

Câu 2: Hoà tan hỗn hợp bột gồm m gam Cu và 4,64 gam Fe_3O_4 vào dung dịch H_2SO_4 loãng, rất dư sau khi các phản ứng kết thúc chỉ thu được dung dịch X. Dung dịch X làm mất màu vừa đủ 100mL dung dịch $KMnO_4$ 0,1M. Tính giá trị của m.

Câu 3: Trộn 5,6 gam bột sắt với 3,2 gam bột lưu huỳnh rồi nung nóng trong điều kiện không có không khí, thu được hỗn hợp rắn Y. Cho Y tác dụng với lượng dư dung dịch HCl, giải phóng hỗn hợp khí Z và còn lại một phần không tan G.

Để đốt cháy hoàn toàn Z và G cần vừa đủ V lít O_2 (ở đkc). Tính giá trị của V.

Dạng 4: Bảo toàn electron kim loại tác dụng với dung dịch muối

Câu 1: Cho 2,24 gam bột sắt vào 200mL dung dịch chứa hỗn hợp gồm $AgNO_3$ 0,1M và $Cu(NO_3)_2$ 0,5M. Sau khi các phản ứng xảy ra hoàn toàn, thu được dung dịch X và m gam chất rắn Y.

Câu 2: Cho 8,3 gam hỗn hợp X gồm Al, Fe tan trong 1 lít dung dịch A gồm $AgNO_3$ 0,1M và $Cu(NO_3)_2$ 0,2M. Sau phản ứng thu được chất rắn B và dung dịch C đã mất màu hoàn toàn. Cho chất rắn B vào HCl không thấy khí thoát ra.

Tính khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp X.

HƯỚNG DẪN GIẢI

Dạng 1: Kim loại tác dụng với HNO_3

Câu 1: Hoà tan hoàn toàn 12g hỗn hợp X gồm Fe, Cu bằng dung dịch HNO_3 dư, kết thúc thí nghiệm thu được 7,437 lít hỗn hợp B gồm NO và NO_2 (đkc). Có khối lượng 12,2g. Tính khối lượng muối nitrate thu được sau phản ứng.

Cách giải:

$m_{muối} = m_{KL} + n_{NO3(muối)} = m_{KL} + 62(n_{NO_2} + 3n_{NO} + 8n_{N_2O} + 10n_{N_2} + 8n_{NH_4NO_3})$

$$12(g)\begin{cases} Fe \\ Cu \end{cases} + HNO_3 \longrightarrow \begin{cases} \overset{+3}{Fe}(NO_3)_3 \\ \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 \end{cases} + \begin{cases} NO: x \\ NO_2: y \end{cases}$$

$$n_B = x + y = \frac{7,437}{24,79} = 0,3$$

$$m_B = 33x + 46y = 12$$

$\longrightarrow \begin{cases} x = 0,1 \\ y = 0,1 \end{cases}$

$m_{muoi\ nitrate} = m_{KL} + m_{NO_3^-} = 12 + 62.(0,1.3 + 0,1) = 37,4(g)$

Câu 2: Hoàn tan hoàn toàn 8,3 gam hỗn hợp gồm (Al và Fe) trong V lít dung dịch HNO_3 1M vừa đủ thu được dung dịch A và 9,916 lít khí gồm (NO và NO_2 (đkc) có tỉ khối so với hydrogen là 21.

a) Tính giá trị của V.

b) Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.

Cách giải:

$$8,3(g)\begin{cases} Al \\ Fe \end{cases} + HNO_3 \longrightarrow \begin{cases} \overset{+3}{Al}(NO_3)_3 \\ \overset{+3}{Fe}(NO_3)_3 \end{cases} + \begin{cases} NO : x \\ NO_2 : y \end{cases}$$

$n_{khi} = x + y = 0,3(1)$

$M = \dfrac{30x + 46y}{x + y} = 42 \Rightarrow 12x = 3y(2)$

$\xrightarrow{(1),(2)} \begin{cases} x = 0,1 \\ y = 0,3 \end{cases}$

a) n_{HNO3} phản ứng = $4n_{NO} + 2NO_2 = 4.0,1 + 2.0,3 = 1(mol)$

$\Rightarrow V_{HNO_3} = 1(L)$

b) $m_{muối\ nitrate} = m_{KL} + n_{NO_3^-}$ (muối)

$= m_{KL} + 62.(3n_{NO} + n_{NO_2})$

$= 8,3 + 61.(3.0,1 + 0,3) = 45,5(g)$

Dạng 2: Kim loại tác dụng với H_2SO_4 đặc

Câu 1: Hoà tan hết 4,2 gam hỗn hợp 3 kim loại Z, Y, Z bằng dung dịch H_2SO_4 đặc, nóng thu được 0,025 mol S (sản phẩm khử duy nhất). Cô cạn dung dịch thu được m gam muối khan.

a) Tính giá trị của m.

b) Tính số mol H_2SO_4 phản ứng.

Cách giải:

a) $m_{muối\ sulfate} = m_{KL} + m_{SO_4^{2-}}$ (muối) = 4,2 + 96.3.0,025 = 11,4(g)

b) $n_{H_2SO_4} = 4.n_S = 4.0,025 = 0,1(mol)$

Câu 2: Cho 7,4 gam hỗn hợp kim loại Al, Mg tan hết trong dung dịch H_2SO_4 đặc, nóng dư thu được hỗn hợp sản phẩm khử gồm 0,015 mol S và 0,0125 mol H_2S và dung dịch X. Cô cạn dung dịch X thu được m gam muối khan.

a) Tính giá trị của m.

b) Tính số mol H_2SO_4 phản ứng.

Cách giải:

a) $m_{\text{muối sulfate}} = m_{KL} + m_{SO_4^{2-}\text{ (muối)}} = 7,4 + 96.(3.0,015 + 4.0,0125) = 16,52(g)$

b) $n_{H_2SO_4(pu)} = 4.n_S + 5n_{H_2S} = 4.0,015 + 5.0,0125 = 0,1225(mol)$

Dạng 3: Bảo toàn electron tổng hợp

Câu 1: Khử m gam Fe_2O_3 bằng khí CO sau phản ứng thu được rắn A (Fe, FeO) và khí CO_2. Sục toàn bộ khí CO_2, thoát ra vào dung dịch $Ca(OH)_2$ dư thấy tạo 1 gam kết tủa. Chất rắn A cho tác dụng với H_2SO_4 đặc nóng, dư tạo ra 0,4948 lít khí SO_2 (đkc). Tính giá trị của m.

Cách giải:

$$\overset{+8/3}{Fe_3}O_4 + CO \longrightarrow \begin{cases} CO_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} CaCO_3 \\ A \begin{cases} Fe \\ FeO \end{cases} \xrightarrow{H_2SO_4 dac, nong} \overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + 0,02(mol)SO_2 \end{cases}$$

$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

$0,01 \leftarrow \quad \frac{1}{100} = 0,01(mol)$

$\overset{+8/3}{Fe_3} \longrightarrow 3Fe^{3+} + \frac{1}{3}e.3 \qquad \overset{+6}{S} + 2e \longrightarrow \overset{+4}{S}$

$x \qquad\qquad \rightarrow x \qquad\qquad 0,04 \leftarrow 0,02$

$\overset{+2}{C} \longrightarrow \overset{+4}{C} + 2e$

$0,01 \rightarrow 0,02$

Áp dụng định luật bảo toàn e: x + 0,02 = 0,04 $\Longrightarrow$ x = 0,02

$m_{Fe_3O_4} = 0,02.232 = 2,64(g)$

Câu 2: Hoà tan hỗn hợp bột gồm m gam Cu và 4,64 gam Fe_3O_4 vào dung dịch H_2SO_4 loãng, rất dư sau khi các phản ứng kết thúc chỉ thu được dung dịch X. Dung dịch X làm mất màu vừa đủ 100mL dung dịch $KMnO_4$ 0,1M. Tính giá trị của m.

Cách giải:

$Fe_3O_4 + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$

$Fe_2(SO_4)_3 + Cu \longrightarrow CuSO_4 + 2FeSO_4$

$10FeSO_4 + 5KMnO_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

$$\begin{cases} Fe_3O_4 \\ Cu \end{cases} \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{cases} Fe_2(SO_4)_3 \\ FeSO_4 \\ CuSO_4 \\ H_2SO_4 du \end{cases} \xrightarrow{KMnO_4} \begin{cases} Fe_2(SO_4)_3 \\ MnSO_4 \\ CuSO_4 \\ K_2SO_4 \\ H_2SO_4 du \end{cases}$$

$n_{KMnO_4} = 0,1.0,1 = 0,01(mol)$

$\overset{+8/3}{Fe_3} \longrightarrow 3\overset{+3}{Fe} + \frac{1}{3}e.3$ $\qquad Mn^{+7} + 5e \longrightarrow Mn^{+2}$

$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 0,01 \rightarrow 0,05$

$\frac{4,64}{232} = 0,02 \rightarrow 0,02$

$Cu \longrightarrow \overset{+2}{Cu} + 2e$

$x \qquad\qquad \rightarrow 2x$

Áp dụng định luật bảo toàn e: 0,02 +2x = 0,05 $\Longrightarrow$ x = 0,015

$\Longrightarrow m_{Cu} = 0,015.64 = 0,96(g)$

Câu 3: Trộn 5,6 gam bột sắt với 3,2 gam bột lưu huỳnh rồi nung nóng trong điều kiện không có không khí, thu được hỗn hợp rắn Y. Cho Y tác dụng với lượng dư dung dịch HCl, giải phóng hỗn hợp khí Z và còn lại một phần không tan G.

Để đốt cháy hoàn toàn Z và G cần vừa đủ V lít O_2 (ở đkc). Tính giá trị của V.

Cách giải:

$n_{Fe} = \frac{5,6}{56} = 0,1(mol); n_S = \frac{3,2}{32} = 0,1(mol)$

Sơ đồ phản ứng:

$$\begin{cases} Fe \\ S \end{cases} \xrightarrow{t^o} \begin{cases} FeS \\ S_{du} \\ Fe_{du} \end{cases} \xrightarrow{+HCl} \begin{cases} \begin{cases} H_2S \\ H_2 \end{cases} \xrightarrow{+O_2} SO_2 + H_2O \\ S\downarrow \xrightarrow{+O_2} SO_2 \\ FeCl_2 \end{cases}$$

$Fe \longrightarrow \overset{+2}{Fe} + 2e$ $\qquad O_2 + 2e.2 \longrightarrow 2\overset{2-}{O}$

$0,1 \qquad\quad \rightarrow 0,2$ $\qquad x \rightarrow 4x$

$S \longrightarrow \overset{+4}{S} + 4e$

$0,1 \qquad\quad \rightarrow 0,4$

Áp dụng định luật bảo toàn e: 0,2 + 0,4 = 4x $\Longrightarrow$ x = 0,15 (mol)

$V_{O_2} = 24,79.0,15 = 3,7185(L)$

Dạng 4: Bảo toàn electron kim loại tác dụng với dung dịch muối

Câu 1: Cho 2,24 gam bột sắt vào 200mL dung dịch chứa hỗn hợp gồm $AgNO_3$ 0,1M và $Cu(NO_3)_2$ 0,5M. Sau khi các phản ứng xảy ra hoàn toàn, thu được dung dịch X và m gam chất rắn Y.

Cách giải:

$Fe + 2AgNO_3 \longrightarrow Fe(NO_3)_2 + 2Ag$

$Fe + Cu(NO_3)_2 \longrightarrow Fe(NO_3)_2 + Cu$

$n_{Fe} = \frac{2,24}{56} = 0,04(mol); n_{AgNO_3} = 0,1.0,2 = 0,02(mol); n_{Cu(NO_3)_2} = 0,5.0,2 = 0,1(mol)$

$2n_{Fe} = 0,08 < n_{Ag^+} + 2n_{Cu^{2+}} = 0,24$

$\Rightarrow$ Fe phản ứng hết

Áp dụng định luật bảo toàn e:

$$2.n_{Fe} = n_{Ag^+} + 2.n_{Cu^{2+}pu} \Rightarrow n_{Cu^{2+}pu} = \frac{2.0,04 - 0,02}{2} = 0,03(mol)$$

$$m = m_{Ag} + m_{Cu} = 0,02.108 + 0,03.64 = 4,08(g)$$

Câu 2: Cho 8,3 gam hỗn hợp X gồm Al, Fe tan trong 1 lít dung dịch A gồm $AgNO_3$ 0,1M và $Cu(NO_3)_2$ 0,2M. Sau phản ứng thu được chất rắn B và dung dịch C đã mất màu hoàn toàn. Cho chất rắn B vào HCl không thấy khí thoát ra.

Tính khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp X.

Cách giải:

$$n_{AgNO_3} = 0,1(mol); n_{Cu(NO_3)_2} = 0,2(mol)$$

$$X\begin{cases}Al\\Fe\end{cases} + \begin{cases}AgNO_3\\Cu(NO_3)_2\end{cases} \longrightarrow Cran\,B\begin{cases}Ag\\Cu\end{cases} + dd\,e\begin{cases}Al(NO_3)_3\\Fe(NO_3)_2\end{cases}$$

Dung dịch C mất màu hoàn toàn $\longrightarrow$ $Cu(NO_3)_2$ phản ứng hết $\longrightarrow$ $AgNO_3$ hết

Chất rắn B + HCl $\nrightarrow$ Không có Al, Fe dư

$\Rightarrow$ Chất rắn B chỉ chứa Ag, Cu

Hỗn hợp X (Al, Fe) phản ứng vừa đủ với dung dịch A ($AgNO_3$, $Cu(NO_3)_2$).

Đặt n_{Al} = a (mol); n_{Fe} = b (mol) $\Rightarrow$ m_X = 27a + 56b = 8,3 (1)

Áp dụng định luật bảo toàn e: 3a + 2b =0,1 + 0,2.2 (2)

$$\xrightarrow{(1),(2)} \begin{cases}a = 0,1 = n_{Al}\\b = 0,1 = n_{Fe}\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}m_{Al} = 0,1.27 = 2,7(g)\\m_{Fe} = 0,1.56 = 5,6(g)\end{cases}$$