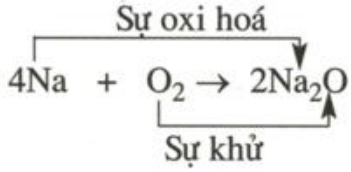
Bài 25 PHẢN ỨNG OXI HOÁ – KHỬ

- **Thế nào là chất oxi hoá, chất khử, sự oxi hoá, sự khử, phản ứng oxi hoá – khử ?**
- **Làm thế nào để lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử ?**

I - PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ

Chúng ta hãy xét một số phản ứng để hiểu được bản chất của phản ứng oxi hoá – khử.

1. Phản ứng của natri với oxi

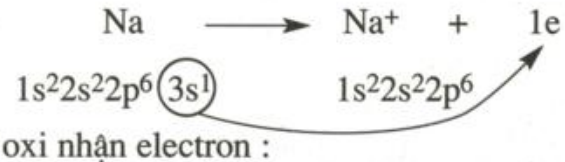


Dễ dàng nhận thấy rằng đó là *phản ứng oxi hoá – khử* vì tồn tại *đồng thời sự oxi hoá và sự khử.*

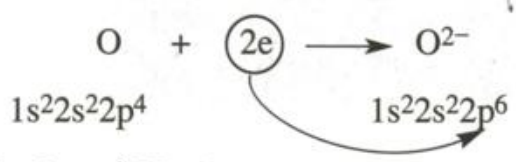
Natri *kết hợp với oxi*, natri là *chất khử,* còn *oxi* là *chất oxi hoá.*

Dựa vào kiến thức về cấu tạo nguyên tử và liên kết ion, ta nhận thấy có sự cho – nhận electron.

Nguyên tử natri nhường electron :



Nguyên tử oxi nhận electron :



Sự hình thành phân tử Na_2O :

$$2Na^+ + O^{2-} \rightarrow Na_2O$$

Nguyên tử natri *nhường electron, là chất khử. Sự nhường electron* của natri được gọi là *sự oxi hoá* nguyên tử natri.

Nguyên tử oxi *nhận electron, là chất oxi hoá. Sự nhận electron* của oxi được gọi là *sự khử* nguyên tử oxi.

Ta cũng nhận thấy có sự thay đổi số oxi hoá của nguyên tố tham gia phản ứng :

– *Số oxi hoá* của nguyên tố *natri tăng từ 0 lên +1*. Natri là *chất khử. Sự làm tăng số oxi hoá* của Na là *sự oxi hoá* nguyên tử natri.

– *Số oxi hoá* của nguyên tố oxi *giảm từ 0 xuống – 2*. Oxi là *chất oxi hoá. Sự làm giảm số oxi hoá* của oxi *là sự khử* nguyên tử oxi.

Vậy có thể nói, trong phản ứng oxi hoá – khử *có sự cho – nhận electron hay có sự thay đổi số oxi hoá của một số nguyên tố.*

2. Phản ứng của sắt với dung dịch muối đồng sunfat

$$Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu$$

Ở phản ứng này, ta không thể dựa vào dấu hiệu chất kết hợp với oxi và chất cung cấp oxi để kết luận về phản ứng oxi hoá – khử. Nhưng dựa vào sự cho – nhận electron hoặc sự thay đổi số oxi hoá ta thấy :

Sự cho – nhận electron :

$$\overset{0}{Fe} + Cu\overset{+2}{S}O_4 \rightarrow \overset{0}{Cu} + Fe\overset{+2}{S}O_4 \quad (2e)$$

– Nguyên tử sắt *nhường electron*, là *chất khử. Sự nhường electron* của nguyên tử sắt được gọi là *sự oxi hoá* nguyên tử sắt.

– Ion đồng *nhận electron*, là *chất oxi hoá. Sự nhận electron* của ion đồng được gọi là *sự khử* ion đồng.

Sự thay đổi số oxi hoá :

– *Số oxi hoá* của sắt *tăng từ 0 đến +2*. Nguyên tử sắt *là chất khử.* Sự làm *tăng số oxi hoá* của sắt được gọi là *sự oxi hoá* nguyên tử sắt.

– *Số oxi hoá* của đồng *giảm từ +2 xuống 0*. Ion đồng *là chất oxi hoá.* Sự làm *giảm số oxi hoá* của ion đồng được gọi là *sự khử* ion đồng.

Phản ứng của sắt với dung dịch đồng sunfat cũng là *phản ứng oxi hoá – khử* vì tồn tại *đồng thời sự oxi hoá và sự khử.*

3. Phản ứng của hiđro với clo

$$\overset{0}{H_2} + \overset{0}{Cl_2} \rightarrow \overset{+1\ -1}{2HCl}$$

Ta đã biết liên kết trong phân tử HCl là liên kết cộng hoá trị. Vì vậy, ở phản ứng này không có sự nhường và nhận electron. Tuy nhiên, số oxi hoá của các chất trong phản ứng có thay đổi.

Số oxi hoá của hiđro *tăng từ 0 lên +1*. Hiđro là *chất khử*. Sự làm *tăng số oxi hoá* của hiđro là *sự oxi hoá* nguyên tử hiđro.

Số oxi hoá của clo *giảm từ 0 xuống –1*. Clo là *chất oxi hoá*. Sự làm *giảm số oxi hoá* của clo là *sự khử* nguyên tử clo.

Trong phản ứng của hiđro với clo *xảy ra đồng thời sự oxi hoá và sự khử*. Đó cũng là *phản ứng oxi hoá – khử*.

4. Định nghĩa

Chất khử là chất *nhường electron* hay là *chất có số oxi hoá tăng* sau phản ứng. *Chất khử* còn được gọi là *chất bị oxi hoá*.

Chất oxi hoá là chất *nhận electron* hay là *chất có số oxi hoá giảm* sau phản ứng. *Chất oxi hoá* còn được gọi là *chất bị khử*.

Sự oxi hoá (quá trình oxi hoá) một chất là *làm cho chất đó nhường electron* hay *làm tăng số oxi hoá* của chất đó.

Sự khử (quá trình khử) một chất là *làm cho chất đó nhận electron* hay *làm giảm số oxi hoá* của chất đó.

Phản ứng oxi hoá – khử là phản ứng hoá học trong đó có sự chuyển electron giữa các chất(*) phản ứng ; hay *phản ứng oxi hoá – khử là phản ứng hoá học trong đó có sự thay đổi số oxi hoá của một số nguyên tố.*

II - LẬP PHƯƠNG TRÌNH HOÁ HỌC CỦA PHẢN ỨNG OXI HOÁ – KHỬ

Để lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử, ta cần biết công thức hoá học của các chất tham gia và tạo thành, còn việc lựa chọn *hệ số* thích hợp

(*) "Chất" ở đây được hiểu theo nghĩa rộng, có thể là nguyên tử, phân tử hoặc ion.

đặt trước công thức các chất trong phương trình hoá học có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau.

Ta sẽ làm quen với một trong các phương pháp : Đó là *phương pháp thăng bằng electron*. Phương pháp này dựa trên nguyên tắc : *Tổng số electron do chất khử nhường phải đúng bằng tổng số electron mà chất oxi hoá nhận.*

Để lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử theo phương pháp thăng bằng electron, ta thực hiện các bước sau đây :

Thí dụ 1 : Lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử sau :

$$Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$$

Bước 1 : Xác định số oxi hoá của những nguyên tố có số oxi hoá thay đổi.

$$\overset{+3}{Fe_2O_3} + \overset{+2}{CO} \rightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{CO_2}$$

Bước 2 : Viết quá trình oxi hoá và quá trình khử, cân bằng mỗi quá trình.

$$\overset{+2}{C} \rightarrow \overset{+4}{C} + 2e \quad \text{(quá trình oxi hoá)}$$

$$\overset{+3}{Fe} + 3e \rightarrow \overset{0}{Fe} \quad \text{(quá trình khử)}$$

Bước 3 : Tìm hệ số thích hợp sao cho *tổng số electron do chất khử nhường bằng tổng số electron mà chất oxi hoá nhận.*

$$\begin{array}{l|l} 3\times & \overset{+2}{C} \rightarrow \overset{+4}{C} + 2e \\ 2\times & \overset{+3}{Fe} + 3e \rightarrow \overset{0}{Fe} \end{array}$$

Bước 4 : Đặt hệ số của chất oxi hoá và chất khử vào sơ đồ phản ứng. Hoàn thành phương trình hoá học.

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

Thí dụ 2 : Lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử sau :

$$MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

Bước 1 : $\overset{+4}{Mn}O_2 + H\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{+2}{Mn}Cl_2 + \overset{0}{Cl_2} + H_2O$

Bước 2 : $\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{0}{Cl} + 1e$

$$\overset{+4}{Mn} + 2e \rightarrow \overset{+2}{Mn}$$

Bước 3 :

$$2 \times \left| \overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{0}{Cl} + 1e \right.$$

$$1 \times \left| \overset{+4}{Mn} + 2e \rightarrow \overset{+2}{Mn} \right.$$

Bước 4 : $MnO_2 + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

Nhận thấy có hai phân tử HCl mà số oxi hoá của nguyên tố clo không thay đổi, chúng đóng vai trò là chất tạo môi trường. Phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử được viết như sau :

$$\overset{+4}{Mn}O_2 + 4\overset{-1}{H}Cl \rightarrow \overset{+2}{Mn}\overset{-1}{Cl}_2 + \overset{0}{Cl}_2 + 2H_2O$$

Trong phản ứng này, một số phân tử HCl là chất khử, một số phân tử HCl khác là chất tạo môi trường.

III - Ý NGHĨA CỦA PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ

Phản ứng oxi hoá – khử là một trong những quá trình quan trọng nhất của thiên nhiên. Sự hô hấp, quá trình thực vật hấp thụ khí cacbonic giải phóng oxi, sự trao đổi chất và hàng loạt quá trình sinh học khác đều có cơ sở là các phản ứng oxi hoá – khử.

Sự đốt cháy nhiên liệu trong các động cơ, các quá trình điện phân, các phản ứng xảy ra trong pin và trong ăcquy đều bao gồm sự oxi hoá và sự khử. Hàng loạt quá trình sản xuất như luyện kim, chế tạo hoá chất, chất dẻo, dược phẩm, phân bón hoá học,... đều không thực hiện được nếu thiếu các phản ứng oxi hoá – khử.

BÀI TẬP

1. Một nguyên tử lưu huỳnh (S) chuyển thành ion sunfua (S^{2-}) bằng cách

A. nhận thêm một electron.

B. nhường đi một electron.

C. nhận thêm hai electron.

D. nhường đi hai electron.

Hãy tìm đáp án đúng.

2. Trong phản ứng : $Cl_2 + 2KBr \rightarrow Br_2 + 2KCl$, nguyên tố clo

A. chỉ bị oxi hoá.

B. chỉ bị khử.

C. không bị oxi hoá, cũng không bị khử.

D. vừa bị oxi hoá, vừa bị khử.

Hãy tìm đáp án đúng.

3. Trong phản ứng : $2Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$, nguyên tố sắt

A. bị oxi hoá.

B. bị khử.

C. không bị oxi hoá, cũng không bị khử.

D. vừa bị oxi hoá, vừa bị khử.

Hãy tìm đáp án đúng.

4. Các câu sau đây đúng hay sai ?

a) Sự đốt cháy natri trong khí clo là một phản ứng oxi hoá – khử.

b) Na_2O bao gồm các ion Na^{2+} và O^{2-}.

c) Khi tác dụng với CuO, CO là chất khử.

d) Sự oxi hoá ứng với sự giảm số oxi hoá của một nguyên tố.

e) Sự khử ứng với sự tăng số oxi hoá của một nguyên tố.

5. Tính số oxi hoá của :

a) cacbon trong CH_4, CO, C, CO_2, CO_3^{2-}, HCO_3^-.

b) lưu huỳnh trong SO_2, H_2SO_3, S^{2-}, S, SO_3^{2-}, HSO_4^-, HS^-.

c) clo trong ClO_4^-, ClO^-, Cl_2, Cl^-, ClO_3^-, Cl_2O_7.

6. Lập các phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử theo các sơ đồ dưới đây và xác định vai trò của từng chất trong phản ứng :

a) $Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + MnO_2 + KOH$

b) $FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

c) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

d) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

e) $Fe_3O_4 + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO + H_2O$

g) $Fe + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + H_2O$

h) $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$

7. Điiot pentaoxit (I_2O_5) tác dụng với cacbon monooxit tạo ra cacbon đioxit và iot.

a) Lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử trên.

b) Khi cho 1 lít hỗn hợp khí có chứa CO và CO_2 tham gia phản ứng thì khối lượng điiot pentaoxit bị khử là 0,50 g. Tính thành phần phần trăm về thể tích của CO trong hỗn hợp khí. Biết rằng ở điều kiện thí nghiệm, thể tích mol của chất khí V = 24 lít.

Tư liệu

LẬP PHƯƠNG TRÌNH HOÁ HỌC CỦA PHẢN ỨNG OXI HOÁ – KHỬ THEO PHƯƠNG PHÁP TĂNG – GIẢM SỐ OXI HOÁ

Có nhiều phương pháp lập phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá – khử. Ngoài phương pháp thăng bằng electron như đã viết trong bài học, người ta thường dùng phương pháp tăng – giảm số oxi hoá. Phương pháp này dựa trên nguyên tắc : Trong một phản ứng oxi hoá – khử, tổng số số oxi hoá tăng bằng tổng số số oxi hoá giảm.

Các thí dụ :

Thí dụ 1 : $\overset{+3}{Fe_2O_3} + \overset{+2}{CO} \rightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{CO_2}$

– Số oxi hoá của nguyên tố Fe giảm : $-3 \mid \times 2$

– Số oxi hoá của nguyên tố C tăng : $+2 \mid \times 3$

Phương trình hoá học của phản ứng được viết là :

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

Thí dụ 2 : $\overset{+4}{Mn}O_2 + H\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{+2}{Mn}\overset{-1}{Cl}_2 + H_2O + \overset{0}{Cl}_2$

Số oxi hoá của nguyên tố Mn giảm : $-2 \mid \times 1$

Số oxi hoá của nguyên tố Cl tăng : $+1 \mid \times 2$

Bước đầu ta có :

$$MnO_2 + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2$$

Phản ứng trên còn có hai phân tử HCl tham gia tạo môi trường, nên phương trình được viết là :

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

Thí dụ 3 : $\overset{+2-1}{Fe}S_2 + \overset{0}{O}_2 \rightarrow \overset{+3\ -2}{Fe_2O_3} + \overset{+4-2}{S}O_2$

Trong phân tử FeS_2 :

– Số oxi hoá của nguyên tố Fe tăng : +1

– Số oxi hoá của nguyên tố S tăng : $+5 \times 2 = +10$

Tổng số số oxi hoá tăng : $+11 \mid \times 4$

Trong phân tử O_2 số oxi hoá của O giảm : $-2 \times 2 = -4 \mid \times 11$

Phương trình hoá học của phản ứng được viết là :

$$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$