

CHUYÊN ĐỀ 4: PHẢN ỨNG OXI HÓA KHỬ

Phần I: HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

I. SỐ OXI HÓA

1. Khái niệm

Số oxi hóa là điện tích quy ước của nguyên tử trong phân tử khi coi tất cả các electron liên kết đều chuyển hoàn toàn về nguyên tử có độ âm điện lớn hơn (xem như hợp chất có liên kết ion).

Số oxi hoá được viết ở dạng số đại số, dấu viết trước, số viết sau và viết ở phía trên, chính giữa kí hiệu nguyên tố.

$\pm n \leftarrow$ số oxi hóa

Ví dụ: $X \leftarrow$ Nguyên tố

2. Quy tắc xác định số oxi hóa

Số oxi hóa của nguyên tử một nguyên tố là một số đại số được gán cho nguyên tử của nguyên tố đó theo các quy tắc sau:

- **Quy tắc 1:** Trong đơn chất số oxi hóa của nguyên tử bằng 0.

Ví dụ: $\overset{0}{Cl}_2, \overset{0}{O}_2, \overset{0}{Na}, \overset{0}{C}, \dots$

- **Quy tắc 2:**

Trong phân tử các hợp chất, thông thường số oxi hoá của hydrogen (H) là +1, của oxygen (O) là -2, các kim loại điển hình có số oxi hoá dương bằng số electron hoá trị.

Nguyên tử	Hydrogen (H)	Oxygen (O)	Kim loại kiềm (IA)	Kim loại kiềm thổ (IIA)	Aluminium (Al)
Số oxi hóa	+1	-2	+1	+2	+3
Ngoại lệ	$\overset{-1}{Na}H, \overset{-1}{Ca}H_2, \dots$	$\overset{+2}{O}F_2, \overset{-1}{H}_2\overset{-1}{O}_2, \dots$			

* Nhóm nguyên tử :

$SO_4 = -2$; $NO_3 = -1$; $PO_4 = -3$; $SO_3 = -2$; $OH = -1$; $AlO_2 = -1$; $ZnO_2 = -2$

- **Quy tắc 3:** Trong hợp chất tổng số oxi hóa của các nguyên tố nhân với số nguyên tử của từng nguyên tố bằng 0.

Ví dụ: $\overset{x}{N}\overset{+1}{H}_3 \Rightarrow 1 \cdot x + 3 \cdot 1 = 0 \Rightarrow x = -3 \Rightarrow \overset{-3}{N}\overset{+1}{H}_3$

- **Quy tắc 4**

* **Trong ion đơn nguyên tử:** số oxi hóa của ion đơn nguyên tử bằng điện tích của ion.

VD : $\overset{+2}{Fe}^{2+}, \dots$

* **Trong ion đa nguyên tử:** tổng số oxi hóa của các nguyên tố nhân với số nguyên tử của từng nguyên tố bằng điện tích của ion.

Ví dụ: $\overset{x}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}}_4^+ \Rightarrow 1.4 + x = +1 \Rightarrow x = -3 \Rightarrow \overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}}_4^+$

• $\overset{x}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3^- : x + 3(-2) = -1 \Rightarrow x = +5 \Rightarrow \overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3^-$

Cách viết số oxi hóa: $\overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}}_3 ; \overset{+1}{\text{H}}\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3 ; \overset{+1}{\text{H}}\overset{+3}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_2$

II. CHẤT OXI HOÁ, CHẤT KHỬ, PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ

1. Các khái niệm

- Chất khử (chất bị oxi hóa) là chất nhường e (**số oxi hóa tăng** sau phản ứng).
- Chất oxi hóa (chất bị khử) là chất nhận e (**số oxi hóa giảm** sau phản ứng).
- Quá trình *nhường e* là *quá trình oxi hóa = sự oxi hóa*
- Quá trình *nhận e* là *quá trình khử = sự khử*
- **Phản ứng oxi hóa – khử** là phản ứng có sự **nhường và nhận e = có sự chuyển dịch e giữa các chất phản ứng.**

* **Cách nhận biết phản ứng oxi hóa – khử:**

- Phải có sự thay đổi số oxi của 1 hay một số nguyên tố trước và sau phản ứng.

- **Có mặt đơn chất trong phản ứng** => **phản ứng oxi hóa - khử**

III. CÂN BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP THẺ BẰNG ELECTRON (NÂNG CAO)

1. Nguyên tắc cân bằng

Phương pháp này dựa vào sự bảo toàn e : $\sum e \text{ nhường} = \sum e \text{ nhận}$.

Các bước thực hiện:

Bước 1: Xác định số oxi hóa các nguyên tố có số oxi hóa thay đổi.

Bước 2: Viết các quá trình oxi hóa, quá trình khử (cân bằng mỗi quá trình) → tìm hệ số cho mỗi quá trình sao cho $\sum e \text{ nhường} = \sum e \text{ nhận}$.

Bước 3: Xác định hệ số các chất có chứa số oxi hóa thay đổi → hoàn chỉnh các hệ số các nguyên tố còn lại dựa trên các định luật bảo toàn (bảo toàn nguyên tố) và theo trình tự sau: Kim loại (ion dương) → gốc acid (ion âm) → môi trường (acid, base) → nước (cân bằng hydrogen).

2. Một số thí dụ:

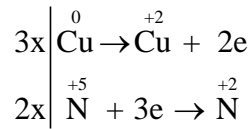
Thí dụ 1: $\overset{0}{\text{Cu}} + \overset{+5}{\text{H}}\overset{+5}{\text{N}}\overset{+5}{\text{O}}_3 \rightarrow \overset{+2}{\text{Cu}}(\overset{+5}{\text{N}}\overset{+5}{\text{O}}_3)_2 + \overset{+2}{\text{N}}\overset{+5}{\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$

Nhận xét:

$\overset{+5}{\text{N}}$	$\begin{array}{l} \nearrow \overset{+5}{\text{N}} \\ \searrow \overset{+2}{\text{N}} \end{array}$: Không đổi	}	→ ghi hệ số sơ khởi ở chất có chứa $\overset{+2}{\text{N}}$ (<i>thay đổi</i>).
		: Thay đổi		

Áp dụng quy tắc trên cho những trường hợp tương tự

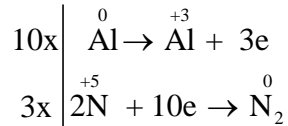
Cách nhớ để viết quá trình oxi hóa và quá trình khử: Tăng nhường giảm nhận hoặc viết cộng e bên số oxi hóa lớn.



Xác định **hệ số sơ khởi**: $3\overset{0}{\text{Cu}} + \overset{+5}{\text{HNO}_3} \rightarrow 3\overset{+2}{\text{Cu}}(\overset{+5}{\text{NO}_3})_2 + 2\overset{+2}{\text{NO}} + \text{H}_2\text{O}$

Hoàn chỉnh các hệ số còn lại: $3\overset{0}{\text{Cu}} + 8\overset{+5}{\text{HNO}_3} \rightarrow 3\overset{+2}{\text{Cu}}(\overset{+5}{\text{NO}_3})_2 + 2\overset{+2}{\text{NO}} + 4\text{H}_2\text{O}$

Thí dụ 2: $\overset{0}{\text{Al}} + \overset{+5}{\text{HNO}_3} \rightarrow 3\overset{+3}{\text{Al}}(\overset{+5}{\text{NO}_3})_3 + 2\overset{0}{\text{N}_2} + \text{H}_2\text{O}$

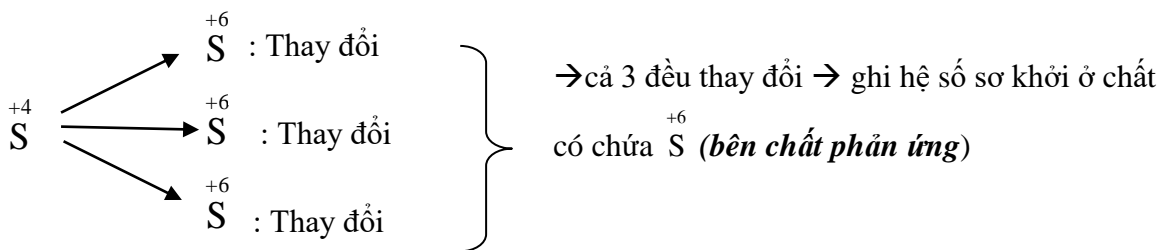


Xác định **hệ số sơ khởi**: $10\overset{0}{\text{Al}} + \overset{+5}{\text{HNO}_3} \rightarrow 10\overset{+2}{\text{Al}}(\overset{+5}{\text{NO}_3})_3 + 3\overset{0}{\text{N}_2} + \text{H}_2\text{O}$

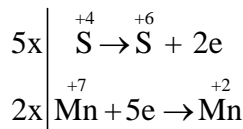
Hoàn chỉnh các hệ số còn lại: $10\overset{0}{\text{Al}} + 36\overset{+5}{\text{HNO}_3} \rightarrow 10\overset{+3}{\text{Al}}(\overset{+5}{\text{NO}_3})_3 + 3\overset{0}{\text{N}_2} + 18\text{H}_2\text{O}$

Thí dụ 3: $\overset{+4}{\text{S}}\text{O}_2 + \overset{+7}{\text{KMnO}_4} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \overset{+6}{\text{H}_2}\text{S}\text{O}_4 + \overset{+2}{\text{Mn}}\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4 + \overset{+6}{\text{K}_2}\text{S}\text{O}_4$

Nhận xét:



Áp dụng quy tắc trên cho những trường hợp tương tự



Xác định **hệ số sơ khởi**: $5\overset{+4}{\text{S}}\text{O}_2 + 2\overset{+7}{\text{KMnO}_4} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\overset{+6}{\text{H}_2}\text{S}\text{O}_4 + 2\overset{+2}{\text{Mn}}\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4 + \overset{+6}{\text{K}_2}\text{S}\text{O}_4$

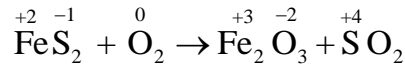
Hoàn chỉnh các hệ số còn lại: $5\overset{+4}{\text{S}}\text{O}_2 + 2\overset{+7}{\text{KMnO}_4} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\overset{+6}{\text{H}_2}\text{S}\text{O}_4 + 2\overset{+2}{\text{Mn}}\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4 + \overset{+6}{\text{K}_2}\text{S}\text{O}_4$

Thí dụ 4: Phản ứng có từ 3 trường hợp thay đổi số oxi hóa trở lên

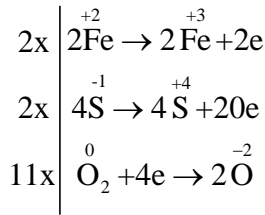
Cách giải quyết:

- Cách 1: Viết mọi phương trình biểu diễn sự thay đổi số oxi hóa, chú ý sự ràng buộc hệ số ở 2 vế của phản ứng và hệ số trong cùng phân tử.
- Cách 2: Nếu một phân tử có nhiều nguyên tố thay đổi số oxi hóa, có thể xét chung cả nhóm hoặc toàn bộ phân tử, đồng thời chú ý sự ràng buộc hệ số ở phía sau.

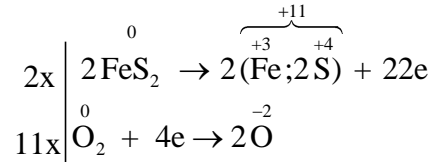
Áp dụng:



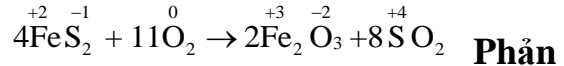
Cách 1:



Cách 2:



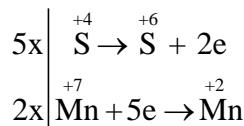
Thí dụ $4\overset{+2}{\text{Fe}}\overset{-1}{\text{S}}_2 + 11\overset{0}{\text{O}}_2 \rightarrow 2\overset{+3}{\text{Fe}}\overset{-2}{\text{O}}_3 + 8\overset{+4}{\text{S}}\text{O}_2$ **5:**



ứng không xác định rõ môi trường

- **Cách giải quyết:** Có thể cân bằng nguyên tố bằng phương pháp đại số khi đã xác định hệ số của các chất thay đổi số oxi hóa hoặc qua trung gian phương trình ion thu gọn.

- **Áp dụng:** $\overset{+4}{\text{K}_2}\overset{+4}{\text{S}}\text{O}_3 + \overset{+7}{\text{K}}\overset{+7}{\text{Mn}}\text{O}_4 + \overset{+1}{\text{K}}\overset{+1}{\text{H}}\overset{+1}{\text{S}}\text{O}_4 \rightarrow \overset{+6}{\text{K}_2}\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4 + \overset{+2}{\text{Mn}}\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$



Đặt các hệ số hợp thức của KHSO_4 , K_2SO_4 và H_2O là a, b, c.

Bảo toàn nguyên tố K: $12+a=2b$; Bảo toàn nguyên tố H: $a=2c$;

Bảo toàn nguyên tố S: $5+a=b+2 \Rightarrow$ Giải hệ : $a=6; b=9; c=3$



Thí dụ 6: Phản ứng có nguyên tố tăng hay giảm nhiều nấc:

- **Cách giải quyết:**

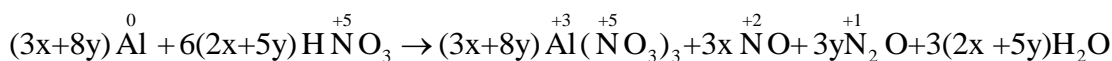
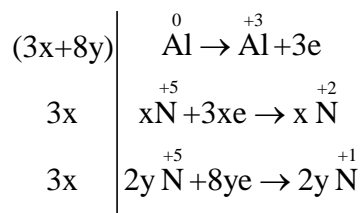
- Cách 1: Viết mọi phương trình thay đổi số oxi hóa, đặt ẩn số cho từng nấc tăng, giảm số oxi hóa

(*rất dễ nhầm! cẩn thận*)

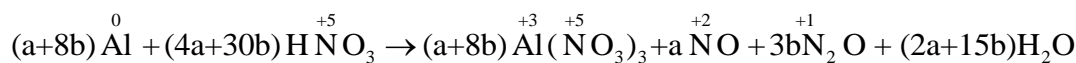
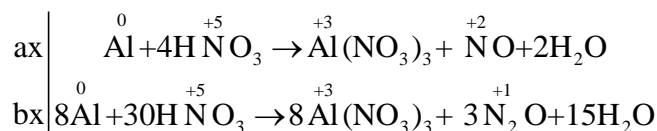
- Cách 2: Tách ra thành hai hay nhiều phản ứng với từng nấc số oxi hóa tăng, hay giảm (*có lợi trong việc giải toán*). Nhân hệ số trước khi gom các phản ứng lại.

- **Áp dụng:** $\overset{0}{\text{Al}} + \overset{+5}{\text{H}}\overset{+5}{\text{N}}\text{O}_3 \rightarrow \overset{+3}{\text{Al}}(\overset{+5}{\text{N}}\text{O}_3)_3 + \overset{+2}{\text{N}}\text{O} + \overset{+1}{\text{N}_2}\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

Cách 1:



Cách 2: Tách thành 2 phương trình:

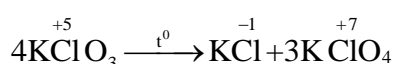
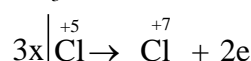
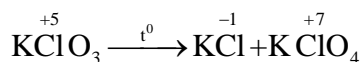
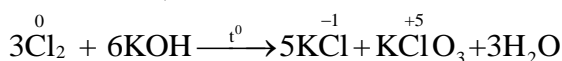
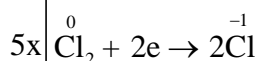
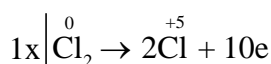
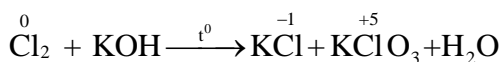


Nhận xét: - Nếu là giải toán, cứ để nguyên các phương trình để tính toán, không cần gom lại.

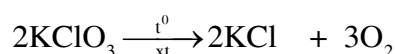
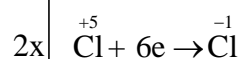
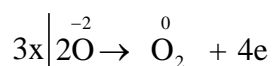
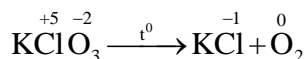
- Với 2 phương trình trên ta có liên hệ: $a=3x$; $b=y$.

- Tùy theo đề bài cho tỉ lệ số mol của NO và N₂O thì ta mới xác định được hệ số của NO và N₂O.

Thí dụ 7: Phản ứng tự oxi hóa – tự khử: Trong đó 1 chất vừa là chất oxi hóa vừa là chất khử → ghi hệ số sơ khởi bên chất tạo thành.



Thí dụ 8: Phản ứng nội oxi hóa - khử: Trong cùng 1 chất mà nguyên tố này đóng vai trò là oxi hóa, nguyên tố kia đóng vai trò là chất khử → ghi hệ số sơ khởi bên chất tạo thành.



Một số chất là chất khử hay chất oxi hóa còn phụ thuộc vào môi trường tiến hành phản ứng:

Chất	Môi trường tiến hành phản ứng	Sản phẩm sau phản ứng
$\overset{+7}{\text{KMnO}_4}$	Môi trường acid (H ₂ SO ₄)	$\overset{+2}{\text{Mn}}$ (MnCl ₂ , MnSO ₄)
	Môi trường trung tính (H ₂ O)	$\overset{+4}{\text{Mn}}$ (MnO ₂ , KOH)
	Môi trường base	$\overset{+6}{\text{Mn}}$ (K ₂ MnO ₄)
$\overset{+7}{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$	Môi trường acid (H ₂ SO ₄)	$\overset{+3}{\text{Cr}}$ Cr ₂ (SO ₄) ₃

Ví dụ

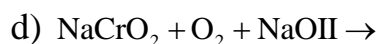
- Môi trường acid:



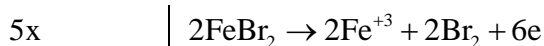
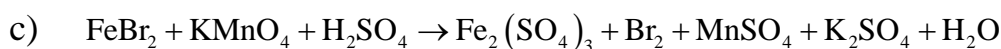
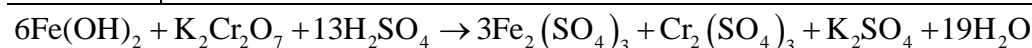
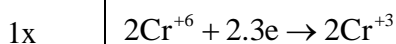
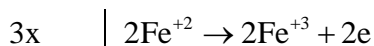
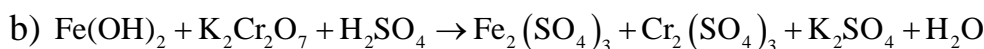
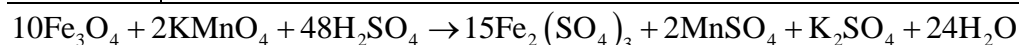
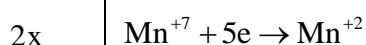
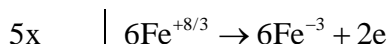
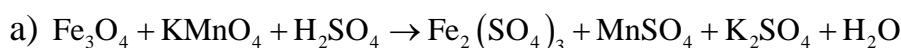
- Môi trường trung tính: $3\text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{OH} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$

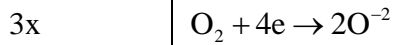
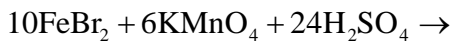
- Môi trường base: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{KOH}_{\text{đặc}} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Ví dụ 2: Xác định sản phẩm và cân bằng các phản ứng sau theo phương pháp thăng bằng electron:



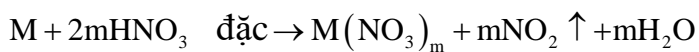
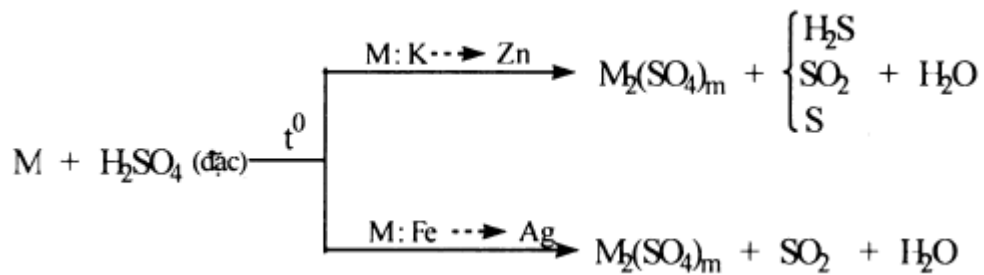
Giải





•Oxi hoá kim loại

Sản phẩm khử phụ thuộc vào tính khử của kim loại, nồng độ của axit, nhiệt độ tiến hành phản ứng,... Nói chung thì axit bị khử xuống bậc oxi hóa càng thấp khi nồng độ càng loãng và tác dụng với kim loại càng mạnh:



(trừ Au, Pt)