

CHUYÊN ĐỀ NHÔM VÀ HỢP CHẤT - BÀI TOÁN ĐỒ THỊ

A. LÝ THUYẾT TRỌNG TÂM VỀ NHÔM (Al)

I. Vị trí, cấu hình electron và tính chất vật lí

- **Vị trí:** Ô số 13, chu kì 3, nhóm IIIA trong bảng tuần hoàn.
- **Cấu hình electron:** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ hoặc $[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$. Có 3 electron lớp ngoài cùng, dễ nhường 3 electron để đạt cấu hình bền của khí hiếm, thể hiện số oxi hóa +3 trong các hợp chất.
- **Tính chất vật lí:**
 - Màu trắng bạc, có ánh kim.
 - Kim loại nhẹ ($D = 2,7 \text{ g/cm}^3$), dẻo (dễ dát mỏng, kéo sợi).
 - Dẫn điện và dẫn nhiệt tốt (tốt hơn sắt, kém hơn đồng).
 - Nhiệt độ nóng chảy: 660°C .

II. Tính chất hóa học của Nhôm

Nhôm là kim loại có tính khử mạnh, chỉ sau kim loại kiềm và kiềm thổ. Trong các phản ứng hóa học, nhôm dễ dàng nhường 3 electron:



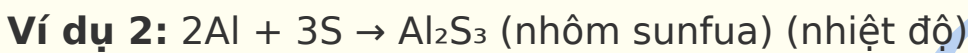
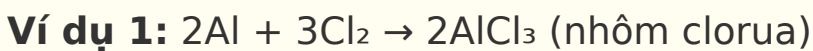
1. Tác dụng với phi kim

Nhôm tác dụng trực tiếp với nhiều phi kim ở nhiệt độ cao.

- **Với Oxi:** Nhôm bền trong không khí do có lớp màng Al_2O_3 mỏng, bền chắc bảo vệ. Khi đốt nóng, nhôm cháy sáng trong không khí tạo thành Al_2O_3 .



- **Với Halogen và các phi kim khác:** Tác dụng mạnh với halogen tạo muối clorua.

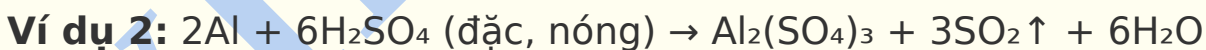
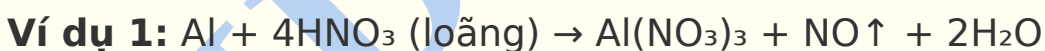


2. Tác dụng với dung dịch axit

- **Với axit loại 1 (HCl , H_2SO_4 loãng):** Nhôm khử mạnh ion H^+ trong dung dịch axit thành khí H_2 .



- **Với axit loại 2 (HNO_3 , H_2SO_4 đặc, nóng):** Nhôm khử N^{+5} , S^{+6} xuống các số oxi hóa thấp hơn, không tạo ra H_2 .



- **Lưu ý quan trọng:** Nhôm bị thụ động hóa trong dung dịch HNO_3 đặc, nguội và H_2SO_4 đặc, nguội. Do đó, người ta có thể dùng thùng nhôm để chuyên chở các axit này.

3. Tác dụng với nước

Về lý thuyết, nhôm có thể tác dụng với nước ở điều kiện thường. Tuy nhiên, phản ứng này nhanh chóng dừng lại do lớp Al(OH)_3 không tan được tạo thành và bám chặt vào bề mặt nhôm, ngăn không cho nhôm tiếp xúc với nước. Nếu phá bỏ lớp màng oxit bảo vệ (ví dụ: cạo sạch hoặc tạo hỗn hống Al-Hg), nhôm sẽ phản ứng với nước.



4. Tác dụng với dung dịch kiềm (NaOH , Ca(OH)_2 ,...)

Nhôm tan được trong dung dịch kiềm mạnh. Quá trình phản ứng diễn ra qua 2 giai đoạn:

1. Nhôm tác dụng với nước tạo Al(OH)_3 : $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}_3\downarrow + 3\text{H}_2\uparrow$
2. Al(OH)_3 là hidroxit lưỡng tính nên bị hòa tan trong kiềm: $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4\text{]} \text{ (hoặc } \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O})$



Ví dụ: Cho một mẫu nhôm vào dung dịch Ca(OH)_2 dư, thấy có khí không màu thoát ra và mẫu nhôm tan dần.



5. Phản ứng nhiệt nhôm

Ở nhiệt độ cao, nhôm có thể khử được oxit của các kim loại đứng sau nó trong dãy hoạt động hóa học (từ Zn trở đi).



Phản ứng tỏa rất nhiều nhiệt, làm kim loại tạo thành bị nóng chảy.

Ứng dụng: Dùng để điều chế một số kim loại khó nóng chảy (Cr, Fe) và hàn gắn đường ray xe lửa (hỗn hợp tecmit: Al và Fe_2O_3).

Ví dụ 1: $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$ (Phản ứng tecmit)

Ví dụ 2: $2\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$

B. HỢP CHẤT QUAN TRỌNG CỦA NHÔM

I. Nhôm oxit (Al_2O_3)

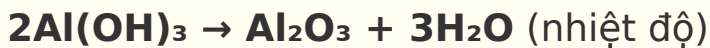
- **Tính chất:** Là chất rắn, màu trắng, không tan trong nước, rất bền, nhiệt độ nóng chảy rất cao ($\sim 2050^\circ\text{C}$).
- **Tính lưỡng tính:** Al_2O_3 tác dụng được với cả axit mạnh và kiềm mạnh.
 - **Tác dụng với axit:** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - **Tác dụng với kiềm:** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- **Ứng dụng:** Dạng ngậm nước dùng làm chất hút ẩm. Dạng oxit khan (corindon) có độ cứng cao dùng làm vật liệu mài. Boxit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) là nguyên liệu chính để sản xuất nhôm.

II. Nhôm hidroxit ($\text{Al}(\text{OH})_3$)

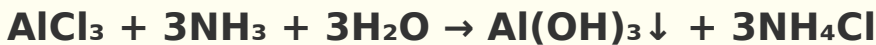
- **Tính chất:** Là chất rắn, màu trắng, kết tủa ở dạng keo, không tan trong nước.
- **Tính lưỡng tính:** $\text{Al}(\text{OH})_3$ tác dụng được với cả axit mạnh và kiềm mạnh.
 - **Tác dụng với axit:** $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

◦ **Tác dụng với kiềm:** $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (natri aluminat)

• **Tính kém bền nhiệt:** Bị nhiệt phân hủy tạo oxit tương ứng.



• **Điều chế:** Cho dung dịch muối nhôm tác dụng với dung dịch amoniac (NH_3) dư.



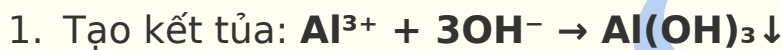
(Không dùng kiềm mạnh dư vì sẽ hòa tan kết tủa).

C. CÁC DẠNG BÀI TẬP ĐẶC TRƯNG

I. Bài toán đồ thị muối nhôm

Dạng 1: Cho từ từ dung dịch kiềm (OH^-) vào dung dịch muối Al^{3+}

Khi cho OH^- vào dung dịch chứa Al^{3+} , xảy ra các phản ứng theo thứ tự:



Đồ thị biểu diễn số mol kết tủa ($n\downarrow$) theo số mol OH^- ($n\text{OH}^-$) có dạng hình tam giác không cân.

Các công thức tính nhanh dựa vào đồ thị:

• Khi kết tủa đang tăng (đoạn đồng biến): $n\text{OH}^- = 3n\downarrow$

• Khi kết tủa đã đạt cực đại và đang bị hòa tan (đoạn nghịch biến): $n\text{OH}^- = 4n\text{Al}^{3+} - n\downarrow$

• Tại điểm kết tủa cực đại: $n\downarrow_{\text{max}} = n\text{Al}^{3+}$ và $n\text{OH}^- = 3n\text{Al}^{3+}$

Ví dụ: Cho từ từ dung dịch NaOH đến dư vào 100ml dung dịch AlCl_3 1M. Để thu được 3,9 gam kết tủa thì cần thể tích dung dịch NaOH 1M là bao nhiêu?

Giải:

$$n_{\text{Al}^{3+}} = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\downarrow} = 3,9 / 78 = 0,05 \text{ mol}$$

Ta thấy $n_{\downarrow} < n_{\text{Al}^{3+}}$ nên có 2 trường hợp xảy ra:

TH1: Kết tủa chưa đạt cực đại (Al^{3+} dư).

$$n_{\text{OH}^-} = 3n_{\downarrow} = 3 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ mol} \rightarrow V_{\text{NaOH}} = 0,15 / 1 = 0,15 \text{ lít} = 150 \text{ ml.}$$

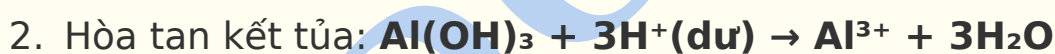
TH2: Kết tủa đã đạt cực đại và bị hòa tan một phần.

$$n_{\text{OH}^-} = 4n_{\text{Al}^{3+}} - n_{\downarrow} = 4 \cdot 0,1 - 0,05 = 0,35 \text{ mol} \rightarrow V_{\text{NaOH}} = 0,35 / 1 = 0,35 \text{ lít} = 350 \text{ ml.}$$

Vậy có 2 giá trị thể tích NaOH thỏa mãn là 150 ml và 350 ml.

Dạng 2: Cho từ từ dung dịch axit (H^+) vào dung dịch aluminat (AlO_2^-)

Khi cho H^+ vào dung dịch chứa AlO_2^- , xảy ra các phản ứng theo thứ tự:



Đồ thị biểu diễn số mol kết tủa ($n_{\downarrow}$) theo số mol H^+ (n_{H^+}) cũng có dạng hình tam giác không cân.

Các công thức tính nhanh dựa vào đồ thị:

- Khi kết tủa đang tăng: $n_{\text{H}^+} = n_{\downarrow}$
- Khi kết tủa đã đạt cực đại và đang bị hòa tan: $n_{\text{H}^+} = 4n_{\text{AlO}_2^-} - 3n_{\downarrow}$
- Tại điểm kết tủa cực đại: $n_{\downarrow_max} = n_{\text{AlO}_2^-}$ và $n_{\text{H}^+} = n_{\text{AlO}_2^-}$

Ví dụ: Cho từ từ dung dịch HCl vào 200ml dung dịch NaAlO_2 1M. Để thu được 7,8 gam kết tủa thì cần thể tích dung dịch HCl 1M là bao nhiêu?

Giải:

$$n_{\text{AlO}_2^-} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\downarrow} = 7,8 / 78 = 0,1 \text{ mol}$$

Ta thấy $n_{\downarrow} < n_{\text{AlO}_2^-}$ nên có 2 trường hợp xảy ra:

TH1: Kết tủa chưa đạt cực đại (AlO_2^- dư).

$$n_{\text{H}^+} = n_{\downarrow} = 0,1 \text{ mol} \rightarrow V_{\text{HCl}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ lít} = 100 \text{ ml.}$$

TH2: Kết tủa đã đạt cực đại và bị hòa tan một phần.

$$n_{\text{H}^+} = 4n_{\text{AlO}_2^-} - 3n_{\downarrow} = 4 \cdot 0,2 - 3 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ mol} \rightarrow V_{\text{HCl}} = 0,5 / 1 = 0,5 \text{ lít} = 500 \text{ ml.}$$

Vậy có 2 giá trị thể tích HCl thỏa mãn là 100 ml và 500 ml.

II. Bài toán nhiệt nhôm

Phản ứng nhiệt nhôm là phản ứng giữa Al và oxit kim loại (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CuO ,...) ở nhiệt độ cao. Dạng bài này thường xoay quanh việc tính hiệu suất phản ứng hoặc xử lý hỗn hợp chất rắn sau phản ứng.

1. Phương pháp giải chung

- **Bảo toàn khối lượng:** $m(\text{hỗn hợp trước}) = m(\text{hỗn hợp sau})$.
- **Bảo toàn nguyên tố:** Số mol mỗi nguyên tố (Al, Fe, O,...) trước và sau phản ứng là không đổi.
- **Bảo toàn electron:** Khi hỗn hợp sau phản ứng tác dụng với axit, tổng số mol electron nhường bằng tổng số mol electron nhận.

- Xác định chất phản ứng hết, chất dư. Hiệu suất tính theo chất phản ứng hết.

2. Ví dụ minh họa

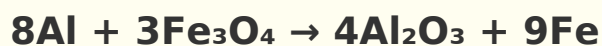
Ví dụ: Trộn 10,8 gam Al với 34,8 gam Fe_3O_4 rồi tiến hành phản ứng nhiệt nhôm trong điều kiện không có không khí. Sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn, thu được hỗn hợp chất rắn X. Cho X tác dụng với dung dịch HCl dư, thu được V lít khí H_2 (đktc). Tính V.

Giải:

$$n_{\text{Al}} = 10,8 / 27 = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 34,8 / 232 = 0,15 \text{ mol}$$

Phương trình phản ứng:



$$\text{Lập tỉ lệ: } n_{\text{Al}}/8 = 0,4/8 = 0,05; n_{\text{Fe}_3\text{O}_4}/3 = 0,15/3 = 0,05.$$

Tỉ lệ bằng nhau nên phản ứng xảy ra hoàn toàn, không có chất dư.

$$\text{Theo phương trình, } n_{\text{Fe}} = (9/3) * n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 3 * 0,15 = 0,45 \text{ mol.}$$

Hỗn hợp rắn X sau phản ứng gồm Al_2O_3 và Fe.

Khi X tác dụng với HCl dư:



$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{Fe}} = 0,45 \text{ mol}$$

$$V_{\text{H}_2} = 0,45 * 22,4 = 10,08 \text{ lít.}$$

$$\text{Vậy } V = 10,08.$$