

Tổng hợp kiến thức Điện phân nóng chảy và Điều chế kim loại

I. Nguyên tắc chung về điều chế kim loại

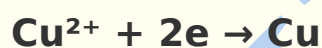
Về nguyên tắc, để điều chế kim loại, người ta thực hiện quá trình khử ion kim loại có trong hợp chất thành nguyên tử kim loại tự do.

Công thức tổng quát: $M^{n+} + ne \rightarrow M$

Trong đó:

- M^{n+} là ion kim loại (trong các hợp chất như oxit, muối, hidroxit).
- n là số electron mà ion kim loại nhận.
- M là nguyên tử kim loại.

Ví dụ: Để điều chế kim loại đồng (Cu) từ ion Cu^{2+} , ta cần thực hiện quá trình khử:



II. Các phương pháp điều chế kim loại

Tùy thuộc vào độ hoạt động hóa học của kim loại mà người ta lựa chọn phương pháp điều chế phù hợp. Có 3 phương pháp chính:

Phương pháp	Nguyên tắc	Phạm vi áp dụng	Ví dụ
1. Thủy luyện	Dùng kim loại có tính khử mạnh hơn (đứng trước trong dãy điện hóa) để khử ion kim loại yếu hơn trong dung dịch muối.	Điều chế các kim loại có tính khử yếu (đứng sau Mg trong dãy điện hóa).	$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ $\text{Zn} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Zn(NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$
2. Nhiệt luyện	Dùng các chất khử mạnh như C, CO, H ₂ , Al ở nhiệt độ cao để khử ion kim loại trong các oxit.	Điều chế các kim loại có tính khử trung bình (đứng sau Al trong dãy điện hóa).	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{(t^\circ)} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{(t^\circ)} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \xrightarrow{(t^\circ)} 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (Phản ứng nhiệt nhôm)}$
3. Điện phân	Dùng dòng điện một chiều để khử ion kim loại trong hợp chất nóng chảy hoặc trong dung dịch.	Điều chế hầu hết các kim loại, đặc biệt là các kim loại mạnh (từ Al trở về trước).	Điện phân nóng chảy NaCl để điều chế Na. Điện phân dung dịch CuSO ₄ để điều chế Cu.

III. Điện phân nóng chảy

Điện phân nóng chảy là phương pháp duy nhất để điều chế các kim loại hoạt động mạnh như K, Na, Ca, Mg, Al.

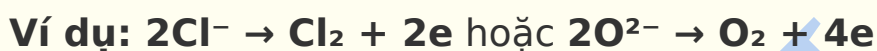
1. Nguyên tắc

Dòng điện một chiều được sử dụng để khử các ion kim loại (cation) tại catot và oxi hóa các anion tại anot của một hợp chất ion ở trạng thái nóng chảy.

- **Tại Catot (cực âm):** Xảy ra quá trình khử cation kim loại.



- **Tại Anot (cực dương):** Xảy ra quá trình oxi hóa anion gốc axit.

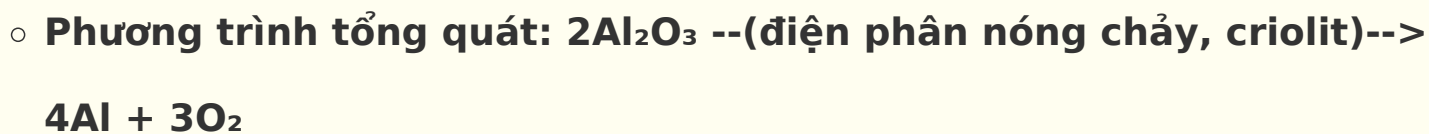


2. Các trường hợp điện phân nóng chảy cụ thể

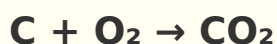
a. Điện phân nóng chảy oxit kim loại (điển hình là Al_2O_3)

Đây là phương pháp công nghiệp duy nhất để sản xuất nhôm.

- **Nguyên liệu:** Quặng boxit (Al_2O_3 có lẫn Fe_2O_3 , SiO_2). Quặng cần được làm sạch để thu được Al_2O_3 gần như tinh khiết.
- **Chất phụ gia:** Criolit (Na_3AlF_6) được thêm vào để:
 - Hạ nhiệt độ nóng chảy của Al_2O_3 từ $\sim 2050^\circ C$ xuống $\sim 900^\circ C$.
 - Tăng độ dẫn điện của hỗn hợp.
 - Tạo lớp ngăn cách, bảo vệ Al nóng chảy không bị oxi hóa bởi không khí.
- **Quá trình điện phân:**



- **Lưu ý:** Anot được làm bằng than chì (graphite). Ở nhiệt độ cao, khí O_2 sinh ra sẽ đốt cháy anot:



Do đó, anot bị ăn mòn dần và phải được thay thế định kỳ.

Ví dụ 1: Điện phân nóng chảy hoàn toàn 102 gam Al_2O_3 thu được bao nhiêu gam nhôm (Al)? (Giả sử hiệu suất 100%).

Hướng dẫn:

Số mol Al_2O_3 : $n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102 / 102 = 1 \text{ mol}$.

Theo phương trình: $2\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{O}_2$

Cứ 2 mol Al_2O_3 tạo ra 4 mol Al.

Vậy 1 mol Al_2O_3 tạo ra 2 mol Al.

Khối lượng Al: $m(\text{Al}) = 2 * 27 = 54 \text{ gam}$.

b. Điện phân nóng chảy muối halogenua (NaCl , MgCl_2 , CaCl_2)

Phương pháp này dùng để điều chế các kim loại kiềm (IA) và kiềm thổ (IIA).

- **Nguyên liệu:** Các muối halogenua khan, ví dụ NaCl , MgCl_2 .

- **Quá trình điện phân NaCl nóng chảy:**

- **Catot (-):** $\text{Na}^+ + 1\text{e} \rightarrow \text{Na}$
- **Anot (+):** $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}$
- **Phương trình tổng quát:** $2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{(điện phân nóng chảy)}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2$

Ví dụ 2: Điện phân nóng chảy 11,7 gam NaCl, thu được khí Cl_2 (đktc). Tính thể tích khí Cl_2 thu được.

Hướng dẫn:

Số mol NaCl: $n(\text{NaCl}) = 11,7 / 58,5 = 0,2 \text{ mol}$.

Theo phương trình: $2\text{NaCl} \rightarrow 2\text{Na} + \text{Cl}_2$

Cứ 2 mol NaCl tạo ra 1 mol Cl_2 .

Vậy 0,2 mol NaCl tạo ra 0,1 mol Cl_2 .

Thể tích Cl_2 (đktc): $V(\text{Cl}_2) = 0,1 * 22,4 = 2,24 \text{ lít}$.

c. Điện phân nóng chảy hidroxit kim loại (NaOH, KOH)

Phương pháp này có thể dùng để điều chế kim loại kiềm nhưng ít phổ biến hơn điện phân muối halogenua do tốn kém và nguy hiểm hơn.

- **Nguyên liệu:** Hidroxit kim loại khan, ví dụ NaOH.
- **Quá trình điện phân NaOH nóng chảy:**
 - **Catot (-):** $\text{Na}^+ + 1\text{e} \rightarrow \text{Na}$
 - **Anot (+):** $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}$
 - **Phương trình tổng quát:** $4\text{NaOH} \xrightarrow{\text{(điện phân nóng chảy)}} 4\text{Na} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Ví dụ 3: Điện phân nóng chảy hoàn toàn a gam NaOH, thu được 1,12 lít khí O₂ (đktc) ở anot. Tính giá trị của a.

Hướng dẫn:

Số mol O₂: $n(\text{O}_2) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ mol}$.

Theo phương trình: $4\text{NaOH} \rightarrow 4\text{Na} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Cứ 4 mol NaOH tạo ra 1 mol O₂.

Để tạo ra 0,05 mol O₂ cần: $n(\text{NaOH}) = 4 * 0,05 = 0,2 \text{ mol}$.

Khối lượng NaOH: $a = m(\text{NaOH}) = 0,2 * 40 = 8 \text{ gam}$.

IV. Bài tập vận dụng tổng hợp

1. **Bài 1 (Nhận biết phương pháp):** Trình bày phương pháp hóa học thích hợp để điều chế các kim loại sau từ hợp chất tương ứng:

a) Cu từ CuSO₄

b) Fe từ Fe₂O₃

c) Na từ NaCl

d) Ag từ AgNO₃

Hướng dẫn giải:

a) Dùng phương pháp thủy luyện (ví dụ dùng Fe đẩy Cu ra khỏi muối): $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$. Hoặc điện phân dung dịch CuSO₄.

b) Dùng phương pháp nhiệt luyện (dùng CO hoặc H₂ khử ở nhiệt độ cao):
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$.

c) Dùng phương pháp điện phân nóng chảy: $2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{đpnc}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2$.

d) Dùng phương pháp thủy luyện (dùng kim loại mạnh hơn Ag như Cu, Fe, Zn): $\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$.

2. **Bài 2 (Tính toán với hiệu suất):** Điện phân nóng chảy muối Al_2O_3 với cường độ dòng điện 9,65A trong thời gian 3000 giây, thu được 2,16 gam Al. Tính hiệu suất của quá trình điện phân.

Hướng dẫn giải:

- Áp dụng công thức Faraday: $m = (A * I * t) / (n * F)$
- Khối lượng Al lý thuyết thu được: $m(\text{Al}) = (27 * 9,65 * 3000) / (3 * 96500) = 2,7$ gam.
- Khối lượng Al thực tế thu được là 2,16 gam.
- Hiệu suất phản ứng: $H\% = (m_{\text{thực tế}} / m_{\text{lý thuyết}}) * 100 = (2,16 / 2,7) * 100 = 80\%$.

3. **Bài 3 (Điện phân anot tan):** Điện phân nóng chảy Al_2O_3 với anot bằng than chì. Sau một thời gian, thu được 10,8 tấn Al và hỗn hợp khí X ở anot có tỉ khối so với H_2 là 16. Tính khối lượng than chì đã tham gia phản ứng tại anot.

Hướng dẫn giải:

- Số mol Al: $n(\text{Al}) = 10,8 * 10^6 / 27 = 0,4 * 10^6$ mol.
- Quá trình ở catot: $\text{Al}^{3+} + 3e \rightarrow \text{Al}$. Suy ra số mol electron trao đổi: $n(e) = 3 * n(\text{Al}) = 1,2 * 10^6$ mol.
- Hỗn hợp khí X gồm CO và CO_2 ($M = 16 * 2 = 32$). Dùng quy tắc đường chéo hoặc lập hệ phương trình, ta tìm được $n(\text{CO}) = n(\text{CO}_2)$.
- Quá trình ở anot: $\text{C} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO} + 2e$ (gọi số mol CO là x) $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 4e$ (gọi số mol CO_2 là y) - Ta có hệ phương trình: (1) $x = y$ (vì tỉ khối) (2) $2x + 4y = n(e) = 1,2 * 10^6$ mol - Giải hệ: $x = y = 0,2 * 10^6$ mol.
- Tổng số mol C đã phản ứng $= x + y = 0,4 * 10^6$ mol.
- Khối lượng than chì (C) đã phản ứng: $m(\text{C}) = 0,4 * 10^6 * 12 = 4,8 * 10^6$ gam

= 4,8 tấn.

VIDOCU.COM