

I. Giới thiệu chung về Nhôm Oxit (Al₂O₃)

1. Tên gọi và Công thức

- **Công thức phân tử:** Al₂O₃
- **Tên gọi thông thường:** Nhôm oxit.
- **Tên gọi khác:** Alumina.
- **Tên khoáng vật:** Corundum (corindon).

2. Cấu trúc tinh thể

Al₂O₃ có cấu trúc tinh thể ion, được tạo thành từ các ion Al³⁺ và O²⁻ liên kết với nhau bằng lực hút tĩnh điện rất mạnh. Cấu trúc này làm cho Al₂O₃ rất bền vững, có nhiệt độ nóng chảy cao và độ cứng lớn. Dạng phổ biến và bền nhất của nhôm oxit là α-Al₂O₃ (corundum).

II. Tính chất vật lý

Nhôm oxit là một hợp chất có nhiều tính chất vật lý đặc biệt, quyết định đến các ứng dụng quan trọng của nó.

- **Trạng thái:** Là chất rắn ở điều kiện thường.
- **Màu sắc:** Có màu trắng, dạng bột hoặc tinh thể.
- **Tính tan:** Không tan và không tác dụng với nước.
- **Nhiệt độ nóng chảy:** Rất cao, khoảng 2072°C.

- **Nhiệt độ sôi:** Khoảng 2977°C.
- **Độ cứng:** Rất cứng, đạt 9/10 trên thang độ cứng Mohs, chỉ sau kim cương (10/10). Vì vậy, corundum được dùng làm vật liệu mài.
- **Tính dẫn điện và dẫn nhiệt:** Không dẫn điện nhưng dẫn nhiệt khá tốt.

Các dạng tinh thể của Al_2O_3 có lẫn tạp chất sẽ có màu sắc khác nhau, tạo nên các loại đá quý nổi tiếng:

- **Ruby (Hong ngọc):** Tinh thể corundum có lẫn tạp chất Cr^{3+} (ion crom), tạo ra màu đỏ đặc trưng.
- **Sapphire (Saphia hay xa-phia):** Tinh thể corundum có lẫn tạp chất của Ti^{4+} và Fe^{2+} , Fe^{3+} , tạo ra màu xanh lam.

III. Tính chất hóa học

Tính chất hóa học đặc trưng và quan trọng nhất của Al_2O_3 là **tính lưỡng tính**. Nó vừa có thể tác dụng với dung dịch axit mạnh, vừa tác dụng được với dung dịch bazơ mạnh.

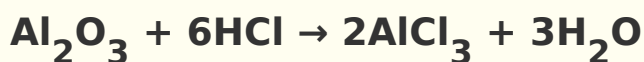
1. Tác dụng với dung dịch axit mạnh

Khi tác dụng với axit mạnh, Al_2O_3 thể hiện tính chất của một oxit bazơ, tạo ra muối và nước.

- **Phương trình tổng quát:** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

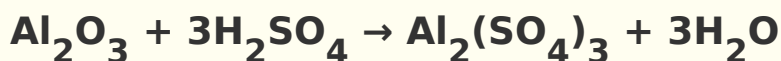
Ví dụ minh họa:

1. Tác dụng với axit clohidric (HCl):



(Nhôm oxit phản ứng với axit clohidric tạo thành muối nhôm clorua và nước)

2. Tác dụng với axit sunfuric (H_2SO_4):



(Nhôm oxit phản ứng với axit sunfuric tạo thành muối nhôm sunfat và nước)

2. Tác dụng với dung dịch bazơ mạnh (kiềm)

Khi tác dụng với dung dịch kiềm mạnh, Al_2O_3 thể hiện tính chất của một oxit axit, tạo ra muối aluminat và nước.

- **Phương trình tổng quát (dạng muối aluminat):** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- **Phương trình tổng quát (dạng phức hidroxơ):** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

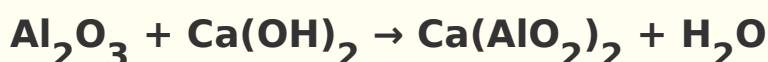
Ví dụ minh họa:

1. Tác dụng với natri hidroxit (NaOH):



(Nhôm oxit phản ứng với natri hidroxit nóng chảy hoặc dung dịch đặc, nóng tạo thành muối natri aluminat)

2. Tác dụng với canxi hidroxit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$):



(Nhôm oxit phản ứng với canxi hiđroxit tạo thành muối canxi aluminat)

3. Tính bền

Do liên kết ion trong phân tử rất bền vững, Al_2O_3 là một hợp chất rất bền với nhiệt. Nó không bị các chất khử mạnh như CO, H_2 khử ở nhiệt độ cao. Để khử Al_2O_3 thành nhôm kim loại, người ta phải dùng phương pháp điện phân nóng chảy.

IV. Trạng thái tự nhiên và Điều chế

1. Trạng thái tự nhiên

Trong tự nhiên, nhôm oxit tồn tại ở cả dạng ngậm nước và dạng khan.

- **Dạng ngậm nước:** Phổ biến nhất là trong thành phần của **quặng boxit (bauxite)**, có công thức chung là $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Đây là nguồn nguyên liệu chính để sản xuất nhôm trên toàn thế giới.
- **Dạng khan:** Tồn tại dưới dạng tinh thể **corundum**. Corundum trong suốt, không màu, rất cứng. Như đã đề cập, các biến thể có màu của corundum là các loại đá quý như ruby và sapphire.

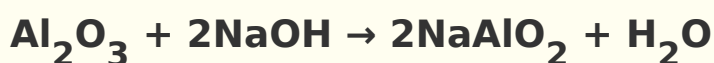
2. Điều chế

a. Trong công nghiệp

Nhôm oxit được sản xuất ở quy mô lớn bằng cách tinh chế quặng boxit thông qua **quá trình Bayer**.

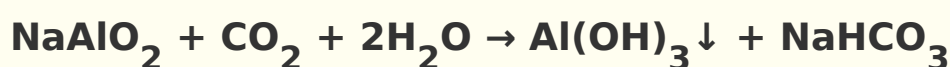
1. Bước 1: Hòa tan quặng

Nghiền nhỏ quặng bôxít rồi cho tác dụng với dung dịch NaOH đặc ở nhiệt độ và áp suất cao. Al_2O_3 và SiO_2 (tạp chất) sẽ tan ra, còn các tạp chất khác như Fe_2O_3 , TiO_2 không tan và được lọc bỏ (phần bùn đỏ).



2. Bước 2: Kết tủa nhôm hiđroxit

Làm nguội dung dịch và sục khí CO_2 qua dung dịch NaAlO_2 để kết tủa $\text{Al}(\text{OH})_3$:



3. Bước 3: Nung nhôm hiđroxit

Lọc lấy kết tủa $\text{Al}(\text{OH})_3$, rửa sạch rồi đem nung ở nhiệt độ cao (khoảng 1200°C) sẽ thu được Al_2O_3 nguyên chất.



b. Trong phòng thí nghiệm

Để điều chế một lượng nhỏ Al_2O_3 , người ta thường dùng phương pháp nhiệt phân nhôm hiđroxit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) hoặc các muối của nhôm như nhôm nitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$).



V. Ứng dụng của Nhôm Oxit

Nhờ các tính chất vật lý và hóa học đặc biệt, Al_2O_3 có rất nhiều ứng dụng quan trọng trong công nghiệp và đời sống.

Lĩnh vực	Ứng dụng cụ thể	Dựa trên tính chất
Luyện kim	Là nguyên liệu chính để sản xuất nhôm bằng phương pháp điện phân nóng chảy.	Thành phần chứa nhôm.
Vật liệu chịu lửa	Chế tạo gạch chịu lửa, chén nung, lớp lót trong các lò luyện kim, lò xi măng.	Nhiệt độ nóng chảy rất cao.
Vật liệu mài	Sản xuất đá mài, giấy nhám, bột đánh bóng kim loại.	Độ cứng rất cao.
Trang sức	Các dạng tinh thể corundum (ruby, sapphire) được dùng làm đồ trang sức, đá quý.	Độ cứng cao, có màu sắc đẹp khi lẫn tạp chất.
Gốm sứ kỹ thuật	Chế tạo bugi đánh lửa, các chi tiết máy cần chịu mài mòn, cách điện và chịu nhiệt.	Bền, cứng, cách điện, chịu nhiệt.
Y học	Sử dụng làm vật liệu cấy ghép trong y khoa (khớp nhân tạo, vật liệu nha khoa) do tính trơ và tương thích sinh học cao.	Tính trơ hóa học, bền cơ học.
Hóa học	Dùng làm chất xúc tác hoặc chất mang xúc tác trong nhiều phản ứng hữu cơ.	Diện tích bề mặt lớn, tính chất hóa học bề mặt.

VI. Bài tập vận dụng

Câu 1 (Tự luận)

Viết các phương trình hóa học để chứng minh Al_2O_3 là một oxit lưỡng tính. Lấy ví dụ với HCl và NaOH.

Gợi ý trả lời:

- Tác dụng với axit HCl: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (Thể hiện tính oxit bazơ)
- Tác dụng với bazơ NaOH: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Thể hiện tính oxit axit)

Câu 2 (Tính toán)

Hòa tan hoàn toàn 15,3 gam Al_2O_3 vào dung dịch H_2SO_4 1M loãng, dư. Tính khối lượng muối nhôm sunfat thu được sau phản ứng. (Cho $\text{Al}=27$, $\text{O}=16$, $\text{S}=32$)

Gợi ý giải:

1. Tính số mol Al_2O_3 : $n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 15,3 / (27 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 15,3 / 102 = 0,15 \text{ mol}$.
2. Viết phương trình hóa học: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.
3. Theo phương trình, tỉ lệ mol là 1:1, vậy $n_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0,15 \text{ mol}$.
4. Tính khối lượng muối: $m_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,15 \cdot (27 \cdot 2 + (32 + 16 \cdot 4) \cdot 3) = 0,15 \cdot 342 = 51,3 \text{ gam}$.

Câu 3 (Trắc nghiệm)

Dãy chất nào sau đây đều tác dụng được với dung dịch NaOH loãng?

A. Al , Al_2O_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$

B. $\text{Al}(\text{OH})_3$, Al_2O_3 , NaHCO_3

C. Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Al

D. CuO , $\text{Al}(\text{OH})_3$, Al_2O_3

Đáp án đúng: B. ($\text{Al}(\text{OH})_3$ và Al_2O_3 có tính lưỡng tính, NaHCO_3 có tính axit yếu tác dụng được với bazơ mạnh).