

# Tổng hợp kiến thức chuyên đề: Phương pháp giải bài toán nhiệt nhôm không hoàn toàn

Phản ứng nhiệt nhôm là một phần kiến thức quan trọng trong chương trình Hóa học lớp 12 và thường xuất hiện trong các kỳ thi. Dạng bài toán về phản ứng nhiệt nhôm không hoàn toàn đòi hỏi học sinh phải nắm vững bản chất phản ứng và vận dụng linh hoạt các định luật bảo toàn. Tài liệu này sẽ hệ thống hóa toàn bộ kiến thức cần thiết.

## 1. Cơ sở lý thuyết về phản ứng nhiệt nhôm

### 1.1. Khái niệm

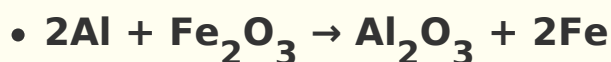
Phản ứng nhiệt nhôm là phản ứng hóa học tỏa nhiệt mạnh, trong đó nhôm (Al) được sử dụng làm chất khử để khử oxit của các kim loại đứng sau nó trong dãy hoạt động hóa học (như Fe, Cr, Cu...) ở nhiệt độ cao.

### 1.2. Phương trình tổng quát



Trong đó, M là kim loại có độ hoạt động hóa học yếu hơn nhôm (ví dụ: Fe, Cr, Cu).

Ví dụ các phương trình thường gặp:



- $8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe}$
- $2\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$
- $2\text{Al} + 3\text{CuO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Cu}$

## 2. Phân loại bài toán nhiệt nhôm

Dựa vào hiệu suất phản ứng, bài toán nhiệt nhôm được chia thành hai loại chính: phản ứng hoàn toàn và phản ứng không hoàn toàn.

| Tiêu chí                                   | Phản ứng hoàn toàn<br>(H=100%)                                                                                                          | Phản ứng không hoàn toàn<br>(H<100%)                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bản chất</b>                            | Phản ứng xảy ra cho đến khi ít nhất một trong hai chất tham gia (Al hoặc oxit kim loại) phản ứng hết.                                   | Phản ứng dừng lại khi cả hai chất tham gia ban đầu (Al và oxit kim loại) đều còn dư.                                                                             |
| <b>Dấu hiệu nhận biết</b>                  | Đề bài ghi rõ "phản ứng xảy ra hoàn toàn" hoặc "thu được hỗn hợp Y. Cho Y tác dụng với NaOH không thấy khí thoát ra" (chứng tỏ Al hết). | Đề bài ghi "sau một thời gian", "hiệu suất H%" hoặc dữ kiện cho thấy cả 2 chất đầu đều dư (ví dụ: hỗn hợp sau phản ứng tác dụng với NaOH dư sinh ra khí $H_2$ ). |
| <b>Thành phần hỗn hợp rắn sau phản ứng</b> | Gồm $Al_2O_3$ , kim loại M và <b>một</b> trong hai chất ban đầu có thể còn dư.                                                          | Gồm $Al_2O_3$ , kim loại M, <b>cả Al dư và oxit <math>M_xO_y</math> dư.</b>                                                                                      |

### 3. Phương pháp giải bài toán nhiệt nhôm không hoàn toàn

#### 3.1. Đặc điểm hỗn hợp sau phản ứng

Vì phản ứng không hoàn toàn nên hỗn hợp chất rắn Y thu được sau phản ứng sẽ chứa:

- Sản phẩm:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , M
- Chất tham gia còn dư: Al dư,  $\text{M}_x\text{O}_y$  dư

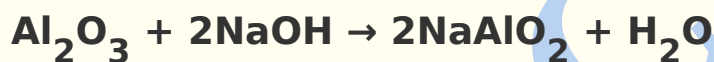
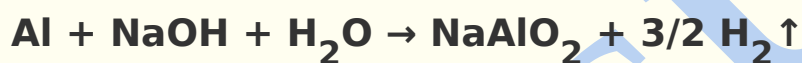
### 3.2. Các bước giải toán chung

1. **Bước 1: Viết phương trình phản ứng.** Xác định tỉ lệ mol giữa các chất.
2. **Bước 2: Sử dụng Định luật Bảo toàn khối lượng.** Khối lượng hỗn hợp ban đầu (X) luôn bằng khối lượng hỗn hợp sau phản ứng (Y).

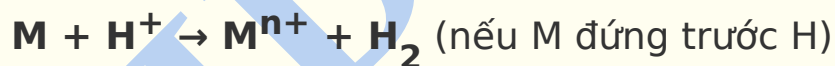
$$m_X = m_Y$$

3. **Bước 3: Phân tích các phản ứng phụ của hỗn hợp Y.** Đây là bước quan trọng nhất để tìm ra lượng chất dư.

- **Tác dụng với dung dịch kiềm ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dư):** Chỉ có Al dư và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  phản ứng. Nếu có khí  $\text{H}_2$  thoát ra, chắc chắn có Al dư.



- **Tác dụng với dung dịch axit ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng) dư:** Các chất Al dư, M,  $\text{M}_x\text{O}_y$  dư và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  đều phản ứng.



4. **Bước 4: Sử dụng Định luật Bảo toàn nguyên tố và Bảo toàn electron.**

- **Bảo toàn nguyên tố:** Số mol mỗi nguyên tố trước và sau phản ứng không đổi. Ví dụ:  $n_{\text{Al(ban đầu)}} = n_{\text{Al(trong Al}_2\text{O}_3)} + n_{\text{Al(du)}}$ .
- **Bảo toàn electron:** Tổng số mol electron cho bằng tổng số mol electron nhận. Phương pháp này rất mạnh khi giải các bài toán phức tạp.

**5. Bước 5: Tính hiệu suất phản ứng (H%).** Hiệu suất luôn được tính theo chất phản ứng hết theo lý thuyết (chất thiếu).

$$\text{H\%} = (\text{Lượng thực tế đã phản ứng} / \text{Lượng ban đầu}) \times 100\%$$

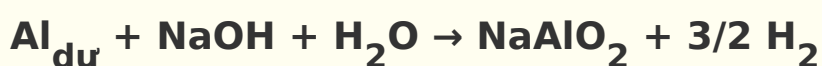
## 4. Ví dụ minh họa

### Dạng 1: Xác định hiệu suất phản ứng

**Ví dụ 1:** Nung nóng hỗn hợp gồm 10,8 gam Al và 32 gam  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (không có không khí) sau một thời gian thu được hỗn hợp rắn Y. Cho Y tác dụng hoàn toàn với dung dịch NaOH dư thấy thoát ra 3,36 lít khí  $\text{H}_2$  (đktc). Tính hiệu suất của phản ứng nhiệt nhôm.

*Hướng dẫn giải:*

- Số mol ban đầu:  $n_{\text{Al}} = 10,8 / 27 = 0,4 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 32 / 160 = 0,2 \text{ mol}$ .
- Phương trình phản ứng:  **$2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$**
- Xét tỉ lệ:  $n_{\text{Al}}/2 = 0,4/2 = 0,2$ ;  $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3}/1 = 0,2$ . Tỉ lệ bằng nhau nên nếu phản ứng hoàn toàn thì cả hai chất đều hết. Hiệu suất có thể tính theo Al hoặc  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- Hỗn hợp Y tác dụng với NaOH dư sinh ra khí  $\text{H}_2$ , chứng tỏ Al còn dư.



5. Số mol  $H_2 = 3,36 / 22,4 = 0,15$  mol.

Từ phương trình trên,  $n_{Al\ dư} = (2/3) * n_{H_2} = (2/3) * 0,15 = 0,1$  mol.

6. Số mol Al đã phản ứng:  $n_{Al\ pư} = n_{Al\ ban\ đầu} - n_{Al\ dư} = 0,4 - 0,1 = 0,3$  mol.

7. Hiệu suất phản ứng (tính theo Al):

**$H\% = (n_{Al\ pư} / n_{Al\ ban\ đầu}) * 100\% = (0,3 / 0,4) * 100\% = 75\%$ .**

## **Dạng 2: Bài toán hỗn hợp sau phản ứng tác dụng với axit**

**Ví dụ 2:** Thực hiện phản ứng nhiệt nhôm m gam hỗn hợp X gồm Al và  $Fe_3O_4$  sau một thời gian thu được hỗn hợp rắn Y. Chia Y thành 2 phần bằng nhau.

- Phần 1 cho tác dụng với dung dịch HCl dư thu được 2,912 lít  $H_2$  (đktc).

- Phần 2 cho tác dụng với dung dịch NaOH dư thu được 0,672 lít  $H_2$  (đktc).

Tính m.

*Hướng dẫn giải:*

1. Xét Phần 2: Tác dụng với NaOH dư sinh ra  $H_2 \rightarrow Al$  dư.

$n_{H_2\ (P2)} = 0,672 / 22,4 = 0,03$  mol.

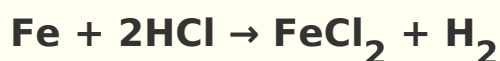
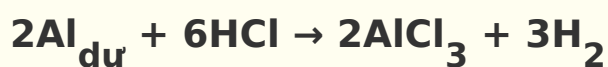


$\rightarrow n_{Al\ dư\ (trong\ P2)} = (2/3) * 0,03 = 0,02$  mol.

2. Xét Phần 1: Tác dụng với HCl dư sinh ra  $H_2$ .

$n_{H_2\ (P1)} = 2,912 / 22,4 = 0,13$  mol.

Khí  $H_2$  sinh ra do Al dư và Fe tạo thành phản ứng:



3. Vì hai phần bằng nhau nên  $n_{\text{Al dư (trong P1)}} = n_{\text{Al dư (trong P2)}} = 0,02 \text{ mol}$ .

$$\rightarrow n_{\text{H}_2 \text{ (do Al dư)}} = (3/2) * n_{\text{Al dư}} = (3/2) * 0,02 = 0,03 \text{ mol}.$$

4.  $n_{\text{H}_2 \text{ (do Fe)}} = n_{\text{H}_2 \text{ (tổng P1)}} - n_{\text{H}_2 \text{ (do Al dư)}} = 0,13 - 0,03 = 0,1 \text{ mol}$ .

$$\rightarrow n_{\text{Fe (trong P1)}} = n_{\text{H}_2 \text{ (do Fe)}} = 0,1 \text{ mol}.$$

5. Từ phản ứng nhiệt nhôm:  **$8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe}$**

Dựa vào số mol Fe tạo thành ở Phần 1 (0,1 mol), ta suy ra số mol các chất đã phản ứng trong Phần 1:

$$n_{\text{Al pư (P1)}} = (8/9) * n_{\text{Fe}} = (8/9) * 0,1 = 8/90 \text{ mol}.$$

$$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ pư (P1)}} = (3/9) * n_{\text{Fe}} = (1/3) * 0,1 = 1/30 \text{ mol}.$$

6. Vậy trong mỗi phần, hỗn hợp ban đầu chứa:

$$n_{\text{Al (trong P1)}} = n_{\text{Al pư}} + n_{\text{Al dư}} = 8/90 + 0,02 = 49/450 \text{ mol}.$$

$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ (trong P1)}} = n_{\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ pư}}$  (vì Al dư nên  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  phải hết trong phần đã phản ứng, nhưng phản ứng tổng thể không hoàn toàn, nên  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ban đầu phải lớn hơn hoặc bằng lượng phản ứng) =  $1/30 \text{ mol}$ .

7. Khối lượng của hỗn hợp X ban đầu (gấp đôi 1 phần):

$$m = 2 * (m_{\text{Al (trong P1)}} + m_{\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ (trong P1)}})$$

$$m = 2 * ( (49/450)*27 + (1/30)*232 ) = 2 * (2,94 + 7,73) = 21,34 \text{ gam}.$$

## 5. Lưu ý quan trọng khi giải bài toán

- Luôn đọc kỹ đề bài để xác định phản ứng là hoàn toàn hay không hoàn toàn. Dấu hiệu "sau một thời gian" hoặc "cho Y tác dụng với NaOH có khí" là chìa khóa.

- Áp dụng triệt để định luật bảo toàn khối lượng ( $m_{\text{đầu}} = m_{\text{sau}}$ ) và bảo toàn nguyên tố. Đây là công cụ cực kỳ hữu hiệu.
- Khi hỗn hợp sau phản ứng tác dụng với axit, có thể dùng phương pháp bảo toàn electron để giải nhanh hơn. Tổng electron mà Al và Fe nhường cho  $H^+$  chính bằng tổng electron mà Al ban đầu có thể nhường (nếu bỏ qua vai trò của Oxi).
- Cần thận khi tính hiệu suất, phải xác định đúng chất giới hạn (chất thiếu) để tính toán.