

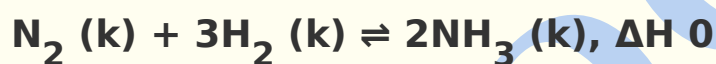
Tổng hợp phương pháp giải bài toán hiệu suất phản ứng tổng hợp Amoniac (NH₃)

Phản ứng tổng hợp amoniac từ nitrogen và hydrogen là một trong những phản ứng quan trọng nhất trong hóa học công nghiệp, nhưng đây là một phản ứng thuận nghịch nên không bao giờ đạt hiệu suất 100%. Việc tính toán hiệu suất phản ứng là một dạng bài tập cốt lõi trong chương trình Hóa học 11.

1. Kiến thức nền tảng

a. Phương trình hóa học

Phản ứng tổng hợp amoniac (quá trình Haber-Bosch) là một phản ứng thuận nghịch, tỏa nhiệt.



- **Điều kiện phản ứng:** Nhiệt độ cao (400-450°C), áp suất rất cao (150-200 bar), và chất xúc tác (thường là sắt).
- **Tỉ lệ mol:** Theo phương trình, cứ 1 mol N₂ phản ứng với 3 mol H₂ để tạo ra 2 mol NH₃.
- **Về thể tích:** Do các chất đều ở thể khí, tỉ lệ về số mol cũng chính là tỉ lệ về thể tích (khi đo ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất).

b. Khái niệm về hiệu suất phản ứng (H%)

Hiệu suất phản ứng là tỉ lệ phần trăm giữa lượng sản phẩm thu được trên thực tế so với lượng sản phẩm tối đa có thể thu được theo lý thuyết.

- **Lượng thực tế:** Là lượng chất (sản phẩm) thực sự thu được sau khi phản ứng kết thúc. Đây là giá trị đề bài thường cho hoặc yêu cầu tính toán trong bài toán thuận.
- **Lượng lý thuyết:** Là lượng chất (sản phẩm) tối đa có thể tạo thành nếu phản ứng xảy ra hoàn toàn (hiệu suất 100%), được tính dựa trên lượng chất phản ứng hết.

2. Công thức và phương pháp tính hiệu suất

a. Công thức tính hiệu suất

Hiệu suất có thể được tính theo lượng sản phẩm tạo thành hoặc lượng chất tham gia đã phản ứng.

1. Tính theo sản phẩm (NH_3):

$$\text{H\%} = (\text{lượng } \text{NH}_3 \text{ thực tế thu được} / \text{lượng } \text{NH}_3 \text{ tính theo lý thuyết}) \times 100\%$$

Lưu ý: Lượng ở đây có thể là số mol, khối lượng hoặc thể tích (đối với chất khí).

2. Tính theo chất tham gia (N_2 hoặc H_2):

$$\text{H\%} = (\text{lượng chất tham gia đã phản ứng} / \text{lượng chất tham gia ban đầu}) \times 100\%$$

Lưu ý quan trọng: Công thức này chỉ được áp dụng cho **chất phản ứng hết (limiting reactant)**. Nếu các chất tham gia được lấy theo đúng tỉ lệ mol của phương trình thì có thể tính theo chất nào cũng được.

b. Cách xác định chất phản ứng hết (limiting reactant)

Để biết chất nào hết, chất nào dư, ta lập tỉ lệ so sánh giữa số mol ban đầu của chất đó với hệ số tỉ lượng của nó trong phương trình phản ứng.

Cho phản ứng: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$

Lấy số mol ban đầu của N_2 và H_2 là n_{N_2} và n_{H_2} . So sánh hai tỉ số:

$$T = n_{\text{N}_2} / 1 \text{ và } T' = n_{\text{H}_2} / 3$$

- Nếu $T < T'$: N_2 phản ứng hết, H_2 dư. Hiệu suất tính theo N_2 .
- Nếu $T > T'$: H_2 phản ứng hết, N_2 dư. Hiệu suất tính theo H_2 .
- Nếu $T = T'$: Cả hai chất đều phản ứng hết (phản ứng vừa đủ). Hiệu suất tính theo chất nào cũng được.

3. Các dạng bài tập thường gặp và phương pháp giải

Dạng 1: Bài toán thuận - Cho hiệu suất, tính lượng sản phẩm

Phương pháp:

1. Viết phương trình phản ứng.
2. Tính số mol các chất tham gia ban đầu.
3. Xác định chất phản ứng hết để tính lượng sản phẩm lý thuyết.

4. Từ lượng lý thuyết và hiệu suất, tính lượng sản phẩm thực tế thu được:

$$\text{Lượng thực tế} = \text{Lượng lý thuyết} \times H\% / 100$$

5. Tính toán các đại lượng khác theo yêu cầu (khối lượng, thể tích).

Ví dụ minh họa:

Ví dụ 1: Cho 4 mol N_2 tác dụng với 14 mol H_2 trong bình phản ứng. Sau phản ứng, hiệu suất đạt 30%. Tính khối lượng NH_3 thu được.

Bài giải:

- Phương trình: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

- Kiểm tra chất phản ứng hết:

Ta có: $n_{N_2}/1 = 4/1 = 4$; $n_{H_2}/3 = 14/3 \approx 4.67$.

Vì $4 < 4.67$ nên N_2 là chất phản ứng hết, H_2 dư. Mọi tính toán lý thuyết phải dựa vào N_2 .

- Tính số mol NH_3 theo lý thuyết (nếu $H=100\%$):

Theo phương trình: $n_{NH_3}(\text{lý thuyết}) = 2 \times n_{N_2} = 2 \times 4 = 8 \text{ mol}$.

- Tính số mol NH_3 thực tế thu được:

$n_{NH_3}(\text{thực tế}) = n_{NH_3}(\text{lý thuyết}) \times H\% = 8 \times (30/100) = 2.4 \text{ mol}$.

- Tính khối lượng NH_3 :

$m_{NH_3} = 2.4 \times 17 = 40.8 \text{ gam}$.

Ví dụ 2: Nén một hỗn hợp gồm 10 lít N_2 và 40 lít H_2 (các thể tích đo ở cùng điều kiện). Sau phản ứng, hiệu suất là 25%. Tính thể tích NH_3 thu được.

Bài giải:

- Phương trình: $\text{N}_2 (\text{k}) + 3\text{H}_2 (\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 (\text{k})$

- Tỷ lệ thể tích cũng là tỷ lệ số mol. Kiểm tra chất phản ứng hết:

$$V_{\text{N}_2}/1 = 10/1 = 10; V_{\text{H}_2}/3 = 40/3 \approx 13.33.$$

Vì $10 < 13.33$ nên N_2 phản ứng hết.

- Tính thể tích NH_3 theo lý thuyết:

$$V_{\text{NH}_3} (\text{lý thuyết}) = 2 \times V_{\text{N}_2} = 2 \times 10 = 20 \text{ lít.}$$

- Tính thể tích NH_3 thực tế thu được:

$$V_{\text{NH}_3} (\text{thực tế}) = V_{\text{NH}_3} (\text{lý thuyết}) \times \text{H\%} = 20 \times (25/100) = 5 \text{ lít.}$$

Dạng 2: Bài toán nghịch - Cho lượng chất tham gia và sản phẩm, tính hiệu suất

Phương pháp:

1. Viết phương trình phản ứng.
2. Tính số mol các chất tham gia ban đầu và số mol sản phẩm thực tế thu được.
3. Xác định chất phản ứng hết.
4. Tính lượng sản phẩm lý thuyết dựa trên chất phản ứng hết.
5. Áp dụng công thức tính hiệu suất:

$$\text{H\%} = (\text{Lượng sản phẩm thực tế} / \text{Lượng sản phẩm lý thuyết}) \times 100\%$$

Ví dụ minh họa:

Ví dụ 1: Trộn 8 mol N_2 với 20 mol H_2 . Sau phản ứng thu được 4 mol NH_3 . Tính hiệu suất của phản ứng.

Bài giải:

- Phương trình: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$
- Số mol thực tế thu được: $n_{\text{NH}_3} (\text{thực tế}) = 4 \text{ mol}$.
- Kiểm tra chất phản ứng hết:

$$n_{\text{N}_2}/1 = 8/1 = 8; n_{\text{H}_2}/3 = 20/3 \approx 6.67.$$

Vì $8 > 6.67$ nên H_2 là chất phản ứng hết. Mọi tính toán lý thuyết phải dựa vào H_2 .

- Tính số mol NH_3 theo lý thuyết:

Theo phương trình: $n_{\text{NH}_3} (\text{lý thuyết}) = (2/3) \times n_{\text{H}_2} = (2/3) \times 20 = 40/3 \approx 13.33 \text{ mol}$.

- Tính hiệu suất phản ứng:

$$\text{H}\% = (n_{\text{NH}_3} (\text{thực tế}) / n_{\text{NH}_3} (\text{lý thuyết})) \times 100\% = (4 / (40/3)) \times 100\% = 30\%.$$

Dạng 3: Bài toán về thành phần hỗn hợp khí sau phản ứng

Đây là dạng bài toán kết hợp, thường yêu cầu tính % thể tích hoặc khối lượng của từng khí trong hỗn hợp sau khi phản ứng kết thúc.

Phương pháp "Ba dòng" (Ban đầu - Phản ứng - Sau phản ứng):

1. Lập bảng tính toán số mol của các chất theo 3 dòng.
2. Dòng "Ban đầu": Điền số mol các chất tham gia đã cho.
3. Dòng "Phản ứng": Tính số mol các chất đã phản ứng và sản phẩm tạo thành dựa trên chất phản ứng hết và hiệu suất.
4. Dòng "Sau phản ứng": Lấy (Ban đầu) - (Phản ứng) cho chất tham gia, và tính tổng sản phẩm tạo thành. Hỗn hợp sau phản ứng sẽ gồm NH_3 và các chất

tham gia còn dư.

5. Từ số mol các khí sau phản ứng, tính toán theo yêu cầu của bài toán.

Ví dụ minh họa:

Ví dụ 1: Cho 5 mol N_2 và 18 mol H_2 vào bình kín. Sau khi phản ứng xảy ra với hiệu suất 20%, tính phần trăm thể tích của mỗi khí trong hỗn hợp thu được.

Bài giải:

- Xác định chất phản ứng hết:

$$n_{N_2}/1 = 5/1 = 5; n_{H_2}/3 = 18/3 = 6.$$

Vì 5 < 6 nên N_2 là chất phản ứng hết. Hiệu suất 20% được tính theo N_2 .

- Số mol N_2 đã phản ứng: $n_{N_2 (pư)} = 5 \times 20\% = 1 \text{ mol}$.

- Lập bảng 3 dòng:

	N_2	$+ 3H_2$	$\rightleftharpoons 2NH_3$
Ban đầu (mol)	5	18	0
Phản ứng (mol)	1	3 (từ 1 mol N_2)	2 (từ 1 mol N_2)
Sau phản ứng (mol)	$5 - 1 = 4$	$18 - 3 = 15$	2

- Hỗn hợp khí sau phản ứng gồm: 4 mol N_2 , 15 mol H_2 , và 2 mol NH_3 .
- Tổng số mol khí sau phản ứng: $n_{\text{hỗn hợp}} = 4 + 15 + 2 = 21 \text{ mol}$.
- Phần trăm thể tích (cũng là phần trăm số mol):

$$\%V_{N_2} = (4 / 21) \times 100\% \approx 19.05\%$$

$$\%V_{H_2} = (15 / 21) \times 100\% \approx 71.43\%$$

$$\%V_{NH_3} = (2 / 21) \times 100\% \approx 9.52\%$$

VIDOCU.COM