

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

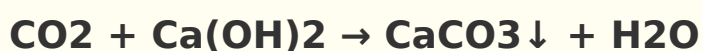
Khi sục khí CO_2 vào dung dịch kiềm, thứ tự phản ứng và sản phẩm tạo thành phụ thuộc vào tỉ lệ mol giữa CO_2 và chất kiềm.

1. Phản ứng của CO_2 với dung dịch kiềm hóa trị II (Ca(OH)_2 , Ba(OH)_2)

Quá trình phản ứng diễn ra theo hai giai đoạn chính:

- **Giai đoạn 1: Tạo kết tủa**

CO_2 tác dụng với dung dịch kiềm tạo ra muối trung hòa (kết tủa).



- **Giai đoạn 2: Hòa tan kết tủa**

Nếu CO_2 dư, nó sẽ tiếp tục phản ứng với kết tủa vừa tạo thành để tạo ra muối axit (tan).



Dựa vào tỉ lệ $T = n(\text{CO}_2) / n(\text{Ca(OH)}_2)$, ta có thể dự đoán sản phẩm:

- $T \leq 1$: Chỉ xảy ra phản ứng tạo kết tủa. Sản phẩm chứa CaCO_3 . Lượng kết tủa: $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)$.
- $1 < T < 2$: Xảy ra cả hai phản ứng. Kết tủa tạo ra bị hòa tan một phần. Sản phẩm chứa CaCO_3 và $\text{Ca(HCO}_3)_2$.
- $T \geq 2$: Phản ứng xảy ra hoàn toàn, kết tủa bị hòa tan hết. Sản phẩm chỉ chứa $\text{Ca(HCO}_3)_2$.

2. Phản ứng của CO₂ với dung dịch hỗn hợp kiềm (NaOH và Ca(OH)₂)

Khi sục CO₂ vào dung dịch chứa cả NaOH và Ca(OH)₂, thứ tự phản ứng ưu tiên như sau để tạo kết tủa tối đa trước:

1. **CO₂ + Ca(OH)₂ → CaCO₃↓ + H₂O** (Tạo kết tủa)
2. **CO₂ + 2NaOH → Na₂CO₃ + H₂O** (Nếu CO₂ còn dư)
3. **CO₂ + Na₂CO₃ + H₂O → 2NaHCO₃** (Nếu CO₂ còn dư)
4. **CO₂ + CaCO₃ + H₂O → Ca(HCO₃)₂** (Hòa tan kết tủa, xảy ra cuối cùng)

Việc nắm vững thứ tự này là chìa khóa để phân tích đồ thị phức tạp.

II. PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

Phương pháp đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của lượng kết tủa (trục tung) vào lượng CO₂ thêm vào (trục hoành), giúp hình dung trực quan quá trình phản ứng và giải bài toán nhanh chóng.

Dạng 1: Đồ thị sục khí CO₂ vào dung dịch Ca(OH)₂ (hoặc Ba(OH)₂)

Đồ thị có dạng hình tam giác cân.

Đồ thị CO₂ tác dụng với Ca(OH)₂

1. Phân tích đồ thị

• Đoạn đi lên (OA): Tạo kết tủa

- Phản ứng: **CO₂ + Ca(OH)₂ → CaCO₃↓ + H₂O**
- Tại một điểm bất kỳ trên đoạn này, ta có: **n(CaCO₃) = n(CO₂)**.

- Đỉnh A là điểm kết tủa đạt cực đại: $n(\text{CaCO}_3 \text{ max}) = n(\text{Ca(OH)}_2)$ và tại đó $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2)$.

• Đoạn đi xuống (AB): Hòa tan kết tủa

- Phản ứng: $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$
- Tại một điểm bất kỳ trên đoạn này, lượng CO_2 đã phản ứng bao gồm lượng CO_2 tạo kết tủa tối đa và lượng CO_2 hòa tan một phần kết tủa.
- Lượng CO_2 hòa tan kết tủa = $n(\text{CaCO}_3 \text{ max}) - n(\text{CaCO}_3 \text{ còn lại})$.
- Tổng lượng CO_2 : $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2) + [n(\text{Ca(OH)}_2) - n(\text{CaCO}_3)] = 2 \cdot n(\text{Ca(OH)}_2) - n(\text{CaCO}_3)$.

2. Công thức giải nhanh

Khi bài toán cho biết lượng kết tủa $n(\text{CaCO}_3) = a \text{ mol}$ và lượng kiềm ban đầu $n(\text{Ca(OH)}_2) = b \text{ mol}$, để tìm lượng CO_2 đã dùng, có hai trường hợp xảy ra:

- Trường hợp 1 (Đoạn đi lên): Kết tủa chưa đạt cực đại.

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = a \text{ mol}$$

- Trường hợp 2 (Đoạn đi xuống): Kết tủa đã bị hòa tan một phần.

$$n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{Ca(OH)}_2) - n(\text{CaCO}_3) = 2b - a \text{ mol}$$

3. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Sục từ từ V lít khí CO_2 (đktc) vào 200 ml dung dịch Ca(OH)_2 1M, thu được 15 gam kết tủa. Tính V.

Giải:

$$n(\text{Ca(OH)}_2) = 0.2 \cdot 1 = 0.2 \text{ mol}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = 15 / 100 = 0.15 \text{ mol}$$

Vì $n(\text{CaCO}_3) < n(\text{Ca(OH)}_2)$ ($0.15 < 0.2$) nên có hai khả năng xảy ra:

- TH1: Ca(OH)_2 dư, CO_2 phản ứng hết.

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0.15 \text{ mol} \rightarrow V = 0.15 \times 22.4 = 3.36 \text{ lít.}$$

- TH2: Kết tủa bị hòa tan một phần.

$$n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{Ca(OH)}_2) - n(\text{CaCO}_3) = 2 \times 0.2 - 0.15 = 0.25 \text{ mol} \rightarrow V = 0.25 \times 22.4 = 5.6 \text{ lít.}$$

Vậy V có thể là 3.36 lít hoặc 5.6 lít.

Ví dụ 2: Từ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của số mol Ba(OH)_2 vào số mol CO_2 , tại điểm đỉnh của đồ thị, trục hoành ghi giá trị x và trục tung ghi giá trị y. Khi số mol CO_2 là $2.6x$ thì số mol kết tủa là bao nhiêu?

Giải:

Tại đỉnh đồ thị: $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ba(OH)}_2) = x \text{ mol}$; $n(\text{kết tủa max}) = y = x \text{ mol}$.

Khi $n(\text{CO}_2) = 2.6x$, ta thấy $n(\text{Ba(OH)}_2) < n(\text{CO}_2) < 2 \cdot n(\text{Ba(OH)}_2)$ (vì $x < 2.6x$). Tuy nhiên, cách làm này không đúng. Phải xét tỉ lệ. Ta có $T = n(\text{CO}_2) / n(\text{Ba(OH)}_2) = 2.6x / x = 2.6 > 2$. Điều này có nghĩa là kết tủa đã bị hòa tan hết. Vậy số mol kết tủa thu được là 0.

Dạng 2: Đồ thị sục khí CO_2 vào dung dịch hỗn hợp NaOH và Ca(OH)_2

Đồ thị có dạng hình thang. Trục hoành là $n(\text{CO}_2)$, trục tung là $n(\text{CaCO}_3)$.

Đồ thị CO_2 tác dụng với hỗn hợp kiềm

1. Phân tích đồ thị

Gọi $n(\text{Ca(OH)}_2) = a \text{ mol}$ và $n(\text{NaOH}) = b \text{ mol}$.

- **Đoạn 1 (Đi lên):** Tạo kết tủa CaCO_3 .



Kết tủa tăng dần từ 0 đến cực đại là **a mol**. Lượng CO_2 cần dùng là **a mol**.

- **Đoạn 2 (Nằm ngang):** CO_2 phản ứng với NaOH .



Lượng kết tủa không đổi (bằng a mol). Lượng CO_2 phản ứng trong giai đoạn này là **b/2 mol**. Tiếp theo là phản ứng $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHCO}_3$, lượng CO_2 phản ứng thêm là **b/2 mol**. Tổng CO_2 phản ứng với các hợp chất của Natri là **b mol**.

- **Đoạn 3 (Đi xuống):** Hòa tan kết tủa CaCO_3 .



Lượng kết tủa giảm từ a mol về 0. Lượng CO_2 cần để hòa tan hết a mol CaCO_3 là **a mol**.

2. Các điểm đặc biệt trên đồ thị

- Điểm bắt đầu tạo kết tủa: $n(\text{CO}_2) = 0$
- Điểm kết tủa cực đại: $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2) = a$
- Điểm bắt đầu hòa tan kết tủa: $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2) + n(\text{NaOH}) = a + b$
- Điểm kết tủa tan hết: $n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{Ca(OH)}_2) + n(\text{NaOH}) = 2a + b$

3. Ví dụ minh họa

Ví dụ: Sục từ từ CO_2 vào một dung dịch chứa x mol Ca(OH)_2 và y mol NaOH .

Đồ thị biểu diễn số mol kết tủa theo số mol CO_2 như sau: Tại điểm $n(\text{CO}_2) = 0.3$ mol thì kết tủa bắt đầu không đổi. Tại điểm $n(\text{CO}_2) = 0.7$ mol thì kết tủa bắt

đầu giảm. Tìm x và y.

Giải:

- Tại điểm kết tủa bắt đầu không đổi, phản ứng tạo kết tủa vừa kết thúc.

Lượng CO_2 lúc này bằng lượng Ca(OH)_2 .

$$\rightarrow n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2) = x = 0.3 \text{ mol.}$$

- Tại điểm kết tủa bắt đầu giảm, các phản ứng với hợp chất của Natri vừa kết thúc.

$$\rightarrow n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca(OH)}_2) + n(\text{NaOH}) = x + y = 0.7 \text{ mol.}$$

- Thay $x = 0.3$ vào phương trình thứ hai: $0.3 + y = 0.7 \rightarrow y = 0.4 \text{ mol.}$

Vậy dung dịch ban đầu chứa 0.3 mol Ca(OH)_2 và 0.4 mol NaOH.

III. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1: Sục V lít CO_2 (đktc) vào 300 ml dung dịch Ba(OH)_2 0.5M, sau phản ứng thu được 19.7 gam kết tủa. Tính giá trị lớn nhất của V.

Bài 2: Hấp thụ hoàn toàn 4.48 lít CO_2 (đktc) vào 500 ml dung dịch hỗn hợp gồm NaOH 0.1M và Ba(OH)_2 0.2M, sinh ra m gam kết tủa. Tính m.

Bài 3: Cho đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của $n(\text{CaCO}_3)$ vào $n(\text{CO}_2)$ khi sục CO_2 vào dung dịch Ca(OH)_2 . Biết rằng khi $n(\text{CO}_2) = 0.6 \text{ mol}$ thì lượng kết tủa thu được là a gam và khi $n(\text{CO}_2) = 1.0 \text{ mol}$ thì lượng kết tủa thu được cũng là a gam. Tính nồng độ mol của dung dịch Ca(OH)_2 ban đầu, biết thể tích dung dịch là 2 lít.