

# Chuyên đề: Phương pháp bảo toàn điện tích trong giải toán Hóa học

Phương pháp bảo toàn điện tích là một công cụ cực kỳ mạnh mẽ và hiệu quả trong việc giải quyết các bài toán Hóa học, đặc biệt là các bài toán liên quan đến dung dịch chất điện li, hỗn hợp muối và kim loại. Nắm vững phương pháp này giúp học sinh tiết kiệm thời gian và tăng độ chính xác khi làm bài.

## I. Nguyên tắc và cơ sở lý thuyết

### 1. Nội dung Định luật bảo toàn điện tích (BTĐT)

Định luật phát biểu rằng: **Trong một dung dịch hoặc một hỗn hợp bất kỳ, tổng số mol điện tích dương của các cation luôn bằng tổng số mol điện tích âm của các anion.**

- Một dung dịch luôn trung hòa về điện.
- Tổng điện tích dương = Tổng điện tích âm.

**Công thức tổng quát:**

$$\sum n_{\text{cation}} \times |\text{điện tích cation}| = \sum n_{\text{anion}} \times |\text{điện tích anion}|$$

Trong đó:

- $n_{\text{cation}}$ ,  $n_{\text{anion}}$ : là số mol của mỗi ion dương và ion âm tương ứng.

- **|điện tích cation|, |điện tích anion|**: là giá trị điện tích tuyệt đối của các ion đó (ví dụ: với  $\text{Al}^{3+}$  là 3, với  $\text{SO}_4^{2-}$  là 2).

## 2. Ví dụ minh họa cơ bản

**Ví dụ 1:** Một dung dịch chứa các ion:  $\text{Na}^+$  (0,1 mol),  $\text{Mg}^{2+}$  (0,05 mol),  $\text{Cl}^-$  (0,1 mol) và  $\text{SO}_4^{2-}$  (x mol). Tìm x.

*Giải:*

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích, ta có:

- Tổng mol điện tích dương =  $n_{\text{Na}^+} \times 1 + n_{\text{Mg}^{2+}} \times 2 = 0,1 \times 1 + 0,05 \times 2 = 0,2$  mol.
- Tổng mol điện tích âm =  $n_{\text{Cl}^-} \times 1 + n_{\text{SO}_4^{2-}} \times 2 = 0,1 \times 1 + x \times 2 = 0,1 + 2x$  mol.

Cho tổng điện tích dương bằng tổng điện tích âm:

$$0,2 = 0,1 + 2x \Rightarrow 2x = 0,1 \Rightarrow x = 0,05 \text{ mol.}$$

## II. Các dạng bài tập vận dụng và phương pháp giải

### 2.1. Dạng 1: Tính khối lượng muối khan khi cô cạn dung dịch

**Phương pháp:** Khối lượng muối khan thu được khi cô cạn một dung dịch bằng tổng khối lượng của tất cả các ion có trong dung dịch đó.

**Công thức:**  $m_{\text{muối}} = \Sigma m_{\text{cation}} + \Sigma m_{\text{anion}}$

Định luật bảo toàn điện tích thường được dùng để tìm số mol của một ion chưa biết trong dung dịch, từ đó hoàn thiện dữ kiện để tính khối lượng.

**Ví dụ 1:** Một dung dịch X chứa 0,02 mol  $\text{Cu}^{2+}$ , 0,03 mol  $\text{K}^{+}$ , x mol  $\text{Cl}^{-}$  và y mol  $\text{SO}_4^{2-}$ . Cô cạn dung dịch thu được 5,435 gam muối khan. Tính giá trị của x và y.

*Giải:*

**1. Áp dụng BTĐT:**

Tổng mol điện tích dương =  $0,02 \times 2 + 0,03 \times 1 = 0,07$  mol.

Tổng mol điện tích âm =  $x \times 1 + y \times 2 = x + 2y$  mol.

$\Rightarrow x + 2y = 0,07$  (Phương trình 1)

**2. Dựa vào khối lượng muối khan:**

$m_{\text{muối}} = m_{\text{Cu}^{2+}} + m_{\text{K}^{+}} + m_{\text{Cl}^{-}} + m_{\text{SO}_4^{2-}}$

$5,435 = (0,02 \times 64) + (0,03 \times 39) + (x \times 35,5) + (y \times 96)$

$5,435 = 1,28 + 1,17 + 35,5x + 96y$

$\Rightarrow 35,5x + 96y = 2,985$  (Phương trình 2)

**3. Giải hệ phương trình:**

Từ (1) và (2), ta có hệ:

◦  $x + 2y = 0,07$

◦  $35,5x + 96y = 2,985$

Giải hệ, ta được:  $x = 0,03$  và  $y = 0,02$ .

**Ví dụ 2:** Dung dịch Y chứa các ion:  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ . Chia Y thành hai phần bằng nhau.

- Phần 1: Tác dụng với lượng dư dung dịch NaOH, đun nóng, thu được 0,672 lít khí (đktc) và 1,07 gam kết tủa.

- Phần 2: Tác dụng với lượng dư dung dịch  $\text{BaCl}_2$ , thu được 4,66 gam kết tủa.

Tính tổng khối lượng các muối khan có trong dung dịch Y.

*Giải:*

Xét trong mỗi phần dung dịch:

### 1. Phân tích Phần 1:

Khí thu được là  $\text{NH}_3$ :  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$$n_{\text{NH}_4^+} = n_{\text{NH}_3} = 0,672 / 22,4 = 0,03 \text{ mol.}$$

Kết tủa là  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$

$$n_{\text{Fe}^{3+}} = n_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 1,07 / 107 = 0,01 \text{ mol.}$$

### 2. Phân tích Phần 2:

Kết tủa là  $\text{BaSO}_4$ :  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$

$$n_{\text{SO}_4^{2-}} = n_{\text{BaSO}_4} = 4,66 / 233 = 0,02 \text{ mol.}$$

### 3. Áp dụng BTĐT cho một phần dung dịch:

Dung dịch chứa các ion:  $\text{Fe}^{3+}$  (0,01 mol),  $\text{NH}_4^+$  (0,03 mol),  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,02 mol) và  $\text{Cl}^-$ .

Tổng mol điện tích dương =  $3 \times n_{\text{Fe}^{3+}} + 1 \times n_{\text{NH}_4^+} = 3 \times 0,01 + 1 \times 0,03 = 0,06 \text{ mol.}$

Tổng mol điện tích âm =  $2 \times n_{\text{SO}_4^{2-}} + 1 \times n_{\text{Cl}^-} = 2 \times 0,02 + n_{\text{Cl}^-} = 0,04 + n_{\text{Cl}^-}$

$$\Rightarrow 0,06 = 0,04 + n_{\text{Cl}^-} \Rightarrow n_{\text{Cl}^-} = 0,02 \text{ mol.}$$

### 4. Tính khối lượng muối trong mỗi phần:

$$m_{\text{muối (1 phần)}} = m_{\text{Fe}^{3+}} + m_{\text{NH}_4^+} + m_{\text{SO}_4^{2-}} + m_{\text{Cl}^-}$$

$$m_{\text{muối (1 phần)}} = (0,01 \times 56) + (0,03 \times 18) + (0,02 \times 96) + (0,02 \times 35,5) = 0,56$$

$$+ 0,54 + 1,92 + 0,71 = 3,73 \text{ gam.}$$

## 5. Tính tổng khối lượng muối trong dung dịch Y ban đầu:

$$m_Y = 2 \times m_{\text{muối (1 phần)}} = 2 \times 3,73 = 7,46 \text{ gam.}$$

## 2.2. Dạng 2: Kim loại tác dụng với dung dịch axit (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng)

**Phương pháp:** Khi kim loại tác dụng với axit, dung dịch sau phản ứng sẽ chứa các cation kim loại và anion gốc axit (có thể có H<sup>+</sup> dư). Bảo toàn điện tích giúp liên kết số mol các ion này với nhau.

**Ví dụ:** Hòa tan hoàn toàn 7,74 gam hỗn hợp X gồm Mg và Al bằng 500 ml dung dịch gồm H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,28M và HCl 1M, thu được dung dịch Y và 8,736 lít khí H<sub>2</sub> (đktc). Tính khối lượng muối trong dung dịch Y.

*Giải:*

### 1. Tính số mol các chất ban đầu:

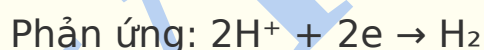
$$n_{\text{H}_2} = 8,736 / 22,4 = 0,39 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,5 \times 0,28 = 0,14 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,14 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Cl}^-} = 0,5 \text{ mol.}$$

$$\text{Tổng } n_{\text{H}^+} \text{ ban đầu} = 2 \times n_{\text{H}_2\text{SO}_4} + n_{\text{HCl}} = 2 \times 0,14 + 0,5 = 0,78 \text{ mol.}$$

### 2. Kiểm tra axit dư hay hết:



$$n_{\text{H}^+ \text{ phản ứng}} = 2 \times n_{\text{H}_2} = 2 \times 0,39 = 0,78 \text{ mol.}$$

Vì  $n_{\text{H}^+ \text{ phản ứng}} = n_{\text{H}^+ \text{ ban đầu}}$ , nên axit phản ứng vừa đủ, kim loại tan hết.

### 3. Xác định các ion trong dung dịch Y:

Dung dịch Y chứa: Mg<sup>2+</sup> (a mol), Al<sup>3+</sup> (b mol), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (0,14 mol), Cl<sup>-</sup> (0,5 mol).

#### 4. Lập hệ phương trình:

- Phương trình khối lượng hỗn hợp:  $24a + 27b = 7,74$  (1)
- Phương trình bảo toàn điện tích cho dung dịch Y:

$$2 \times n_{\text{Mg}^{2+}} + 3 \times n_{\text{Al}^{3+}} = 2 \times n_{\text{SO}_4^{2-}} + 1 \times n_{\text{Cl}^-}$$

$$2a + 3b = 2 \times 0,14 + 0,5 = 0,78 \quad (2)$$

#### 5. Giải hệ phương trình (1) và (2):

Ta được  $a = 0,12$  và  $b = 0,18$ .

#### 6. Tính khối lượng muối:

$$m_{\text{muối}} = m_{\text{kim loại}} + m_{\text{gốc axit}}$$

$$m_{\text{muối}} = 7,74 + m_{\text{SO}_4^{2-}} + m_{\text{Cl}^-} = 7,74 + (0,14 \times 96) + (0,5 \times 35,5) = 7,74 + 13,44 + 17,75 = 38,93 \text{ gam.}$$

### 2.3. Dạng 3: Bài toán $\text{CO}_2/\text{SO}_2$ tác dụng với dung dịch kiềm

**Phương pháp:** Dung dịch sau phản ứng có thể chứa các ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  và các anion  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  (và có thể có  $\text{OH}^-$  dư). Bảo toàn điện tích là một phương trình quan trọng để tìm thành phần dung dịch.

**Ví dụ:** Hấp thụ hoàn toàn 3,36 lít khí  $\text{CO}_2$  (đktc) vào 200 ml dung dịch chứa  $\text{NaOH}$  1M và  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  0,5M. Tính khối lượng kết tủa thu được.

*Giải:*

#### 1. Tính số mol các chất ban đầu:

$$n_{\text{CO}_2} = 3,36 / 22,4 = 0,15 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,2 \times 1 = 0,2 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Na}^+} = 0,2 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,2 \times 0,5 = 0,1 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,1 \text{ mol}.$$

$$\text{Tổng } n_{\text{OH}^-} = n_{\text{NaOH}} + 2 \times n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,2 + 2 \times 0,1 = 0,4 \text{ mol}.$$

## 2. Xét tỉ lệ T:

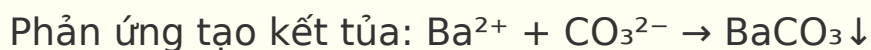
$$T = n_{\text{OH}^-} / n_{\text{CO}_2} = 0,4 / 0,15 \approx 2,67 > 2.$$

Do  $T > 2$  nên  $\text{CO}_2$  phản ứng hết,  $\text{OH}^-$  dư, và muối tạo thành chỉ là muối cacbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).



$$n_{\text{CO}_3^{2-} \text{ tạo thành}} = n_{\text{CO}_2} = 0,15 \text{ mol}.$$

## 3. Tính kết tủa:



$$n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,1 \text{ mol}; n_{\text{CO}_3^{2-}} = 0,15 \text{ mol}.$$

Vì  $n_{\text{Ba}^{2+}} < n_{\text{CO}_3^{2-}}$  nên  $\text{Ba}^{2+}$  phản ứng hết.

$$n_{\text{BaCO}_3} = n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,1 \text{ mol}.$$

## 4. Khối lượng kết tủa:

$$m_{\text{kết tủa}} = 0,1 \times 197 = 19,7 \text{ gam}.$$

## 5. Kiểm tra bằng BTĐT cho dung dịch sau phản ứng:

Dung dịch sau phản ứng chứa:  $\text{Na}^+$  (0,2 mol),  $\text{OH}^-$  dư,  $\text{CO}_3^{2-}$  dư.

$$n_{\text{OH}^- \text{ dư}} = 0,4 - 2 \times 0,15 = 0,1 \text{ mol}.$$

$$n_{\text{CO}_3^{2-} \text{ dư}} = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ mol}.$$

$$\text{Tổng điện tích dương} = n_{\text{Na}^+} = 0,2 \text{ mol}.$$

$$\text{Tổng điện tích âm} = n_{\text{OH}^- \text{ dư}} + 2 \times n_{\text{CO}_3^{2-} \text{ dư}} = 0,1 + 2 \times 0,05 = 0,2 \text{ mol}.$$

$\Rightarrow$  Tổng điện tích dương = Tổng điện tích âm. Phép tính chính xác.

### III. Các bước giải tổng quát và lưu ý quan trọng

#### 1. Các bước giải một bài toán bằng phương pháp BTĐT

1. **Bước 1:** Đọc kỹ đề và xác định tất cả các quá trình hóa học xảy ra.
2. **Bước 2:** Xác định tất cả các ion (cation và anion) có mặt trong dung dịch ở trạng thái cần xét (trước hoặc sau phản ứng). Ghi rõ số mol của các ion đã biết và đặt ẩn cho các ion chưa biết.
3. **Bước 3:** Viết phương trình bảo toàn điện tích cho dung dịch.
4. **Bước 4:** Kết hợp phương trình BTĐT với các dữ kiện khác của bài toán (khối lượng hỗn hợp, khối lượng muối, số mol khí, bảo toàn nguyên tố, bảo toàn khối lượng,...) để lập thành một hệ phương trình.
5. **Bước 5:** Giải hệ phương trình để tìm các ẩn số và trả lời câu hỏi của bài toán.

#### 2. Những lỗi sai thường gặp cần tránh

- **Liệt kê thiếu ion:** Thường quên các ion  $H^+$  hoặc  $OH^-$  còn dư trong dung dịch sau phản ứng. Hoặc quên các ion không tham gia phản ứng như  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ .
- **Xác định sai điện tích ion:** Nhầm lẫn giữa  $Fe^{2+}$  và  $Fe^{3+}$ ,  $SO_3^{2-}$  và  $SO_4^{2-}$ , ...
- **Áp dụng sai thời điểm:** Cần áp dụng định luật cho một dung dịch ở một trạng thái cụ thể, không thể cộng dồn ion từ các trạng thái khác nhau.
- **Không loại trừ chất kết tủa, bay hơi:** Định luật chỉ áp dụng cho các ion tan trong dung dịch. Phải trừ đi lượng ion đã tạo thành kết tủa hoặc chất khí.