

## 1. Nguyên tắc của phương pháp bảo toàn khối lượng

Định luật bảo toàn khối lượng, do Lomonosov và Lavoisier khám phá, phát biểu rằng: **"Trong một phản ứng hóa học, tổng khối lượng của các chất tham gia phản ứng bằng tổng khối lượng của các sản phẩm tạo thành."**

Đây là một trong những định luật nền tảng và quan trọng nhất của hóa học, đặc biệt hữu ích trong việc giải các bài toán không cần xác định công thức phân tử chính xác của chất ban đầu.

### Phương trình tổng quát:

Xét phản ứng:  $A + B \rightarrow C + D$

Theo định luật, ta luôn có:  $m_A + m_B = m_C + m_D$

## 2. Áp dụng vào bài toán đốt cháy hợp chất hữu cơ

Phản ứng đốt cháy một hợp chất hữu cơ là phản ứng của chất đó với khí oxi ( $O_2$ ) để tạo ra các sản phẩm oxit, thường là  $CO_2$ ,  $H_2O$ , và có thể có  $N_2$ ,  $SO_2$ ,...

### 2.1. Đốt cháy hợp chất chỉ chứa C, H (Hydrocarbon) hoặc C, H, O

Phương trình dạng chữ: Hợp chất hữu cơ + Oxi  $\rightarrow$  Khí Cacbonic + Nước

Công thức bảo toàn khối lượng:

$$m_{\text{hợp chất hữu cơ}} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O}$$

Từ công thức này, ta có thể dễ dàng tính được khối lượng của một trong bốn đại lượng khi biết ba đại lượng còn lại.

### Ví dụ 1:

**Đề bài:** Đốt cháy hoàn toàn 4,6 gam một ancol etylic ( $C_2H_5OH$ ) cần dùng V lít khí  $O_2$  (đktc), thu được 8,8 gam  $CO_2$  và 5,4 gam  $H_2O$ . Tính khối lượng  $O_2$  đã phản ứng.

**Phân tích:** Bài toán cho biết khối lượng chất hữu cơ, khối lượng  $CO_2$  và  $H_2O$ . Ta áp dụng trực tiếp công thức bảo toàn khối lượng để tìm  $m_{O_2}$ .

### Giải:

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng cho phản ứng cháy:

$$m_{C_2H_5OH} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O}$$

$$\Rightarrow 4,6 + m_{O_2} = 8,8 + 5,4$$

$$\Rightarrow 4,6 + m_{O_2} = 14,2$$

$$\Rightarrow m_{O_2} = 14,2 - 4,6 = 9,6 \text{ gam.}$$

### Ví dụ 2:

**Đề bài:** Đốt cháy hoàn toàn m gam một este X cần dùng 11,2 lít  $O_2$  (đktc), sau phản ứng thu được 17,6 gam  $CO_2$  và 7,2 gam  $H_2O$ . Tính giá trị của m.

**Phân tích:** Bài toán cho khối lượng sản phẩm và lượng oxi. Ta cần tìm khối lượng chất hữu cơ ban đầu.

### Giải:

$$\text{Ta có: } n_{O_2} = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ mol} \Rightarrow m_{O_2} = 0,5 * 32 = 16 \text{ gam.}$$

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng:

$$m_{\text{este X}} + m_{\text{O}_2} = m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\Rightarrow m + 16 = 17,6 + 7,2$$

$$\Rightarrow m + 16 = 24,8$$

$$\Rightarrow m = 24,8 - 16 = 8,8 \text{ gam.}$$

## 2.2. Đốt cháy hợp chất chứa C, H, O, N (Amin, Amino Axit, Peptit)

Khi đốt cháy hợp chất hữu cơ chứa nitơ, sản phẩm cháy thường có thêm khí  $\text{N}_2$ .

Phương trình dạng chữ: Hợp chất hữu cơ (chứa N) + Oxi  $\rightarrow$  Khí Cacbonic + Nước + Khí Nitơ

Công thức bảo toàn khối lượng:

$$m_{\text{hợp chất hữu cơ}} + m_{\text{O}_2} = m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{N}_2}$$

**Ví dụ 3:**

**Đề bài:** Đốt cháy hoàn toàn 9 gam một amin đơn chức X, thu được 17,6 gam  $\text{CO}_2$ , 9,9 gam  $\text{H}_2\text{O}$  và 2,24 lít khí  $\text{N}_2$  (đktc). Tính khối lượng  $\text{O}_2$  cần dùng.

**Phân tích:** Tương tự các ví dụ trên, nhưng sản phẩm có thêm  $\text{N}_2$ . Ta đưa khối lượng  $\text{N}_2$  vào phương trình bảo toàn.

**Giải:**

$$\text{Ta có: } n_{\text{N}_2} = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{N}_2} = 0,1 * 28 = 2,8 \text{ gam.}$$

Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng:

$$m_{\text{amin X}} + m_{\text{O}_2} = m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{N}_2}$$

$$\Rightarrow 9 + m_{\text{O}_2} = 17,6 + 9,9 + 2,8$$

$$\Rightarrow 9 + m_{O_2} = 30,3$$

$$\Rightarrow m_{O_2} = 30,3 - 9 = 21,3 \text{ gam.}$$

### 3. Kết hợp Bảo toàn khối lượng và Bảo toàn nguyên tố

Trong nhiều bài toán, bảo toàn khối lượng thường được sử dụng kết hợp với bảo toàn nguyên tố để giải quyết vấn đề một cách hiệu quả. Đặc biệt là để xác định khối lượng oxy trong hợp chất hữu cơ ban đầu.

#### Nguyên tắc bảo toàn nguyên tố:

- **Bảo toàn nguyên tố Carbon (C):**  $n_C \text{ (trong hợp chất)} = n_{CO_2}$
- **Bảo toàn nguyên tố Hydro (H):**  $n_H \text{ (trong hợp chất)} = 2 \times n_{H_2O}$
- **Bảo toàn nguyên tố Nitơ (N):**  $n_N \text{ (trong hợp chất)} = 2 \times n_{N_2}$
- **Bảo toàn nguyên tố Oxi (O):**  $n_O \text{ (trong hợp chất)} + 2 \times n_{O_2} = 2 \times n_{CO_2} + n_{H_2O}$

Từ số mol các nguyên tố, ta có thể tính khối lượng của chúng:  $m_C = 12 \times n_{CO_2}$ ;  
 $m_H = 2 \times n_{H_2O}$ ;  $m_N = 28 \times n_{N_2}$ .

Khối lượng oxy trong hợp chất hữu cơ ban đầu được tính bằng công thức:

$$m_O \text{ (trong hợp chất)} = m_{\text{hợp chất}} - m_C - m_H - m_N$$

#### Ví dụ 4:

**Đề bài:** Đốt cháy hoàn toàn 18 gam một cacbohidrat X cần 13,44 lít  $O_2$  (đktc), thu được  $CO_2$  và  $H_2O$ . Tính khối lượng  $CO_2$  và  $H_2O$  thu được.

**Phân tích:** Cacbohidrat có công thức chung  $C_n(H_2O)_m$ . Ta biết khối lượng X và khối lượng  $O_2$ . Ta có 2 ẩn là  $m_{CO_2}$  và  $m_{H_2O}$ , cần 2 phương trình. Phương trình 1 là bảo toàn khối lượng. Phương trình 2 có thể lập từ bảo toàn nguyên tố Oxi hoặc từ đặc điểm của cacbohidrat.

**Giải:**

$$n_{O_2} = 13,44 / 22,4 = 0,6 \text{ mol} \Rightarrow m_{O_2} = 0,6 \times 32 = 19,2 \text{ gam.}$$

**Cách 1: Dùng bảo toàn khối lượng và bảo toàn nguyên tố Oxi**

1. Áp dụng bảo toàn khối lượng:  $m_X + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O} \Rightarrow 18 + 19,2 = m_{CO_2} + m_{H_2O} \Rightarrow m_{CO_2} + m_{H_2O} = 37,2 \text{ (1)}$

2. Trong X ( $C_n(H_2O)_m$ ), ta có:  $m_X = m_C + m_H + m_O = 12n_C + 2n_{H_2O} + 16n_{O(\text{trong X})}$ . Ta tính khối lượng C và H trong sản phẩm:  $m_C = 12 \times n_{CO_2}$ ;  $m_H = 2 \times n_{H_2O}$ . Khối lượng O trong X là:  $m_{O(\text{trong X})} = 18 - (12 \times n_{CO_2} + 2 \times n_{H_2O})$ .  
Cách này phức tạp.

**Cách 2: Dùng bảo toàn khối lượng và bảo toàn nguyên tố C, H, O**

1. Tính khối lượng các nguyên tố trong X:  $n_{CO_2} = a \text{ mol}$ ;  $n_{H_2O} = b \text{ mol}$ .

$$\Rightarrow m_C = 12a; m_H = 2b.$$

$$\Rightarrow m_{O(\text{trong X})} = 18 - 12a - 2b.$$

2. Bảo toàn nguyên tố Oxi:  $n_{O(\text{trong X})} + 2n_{O_2} = 2n_{CO_2} + n_{H_2O}$

$$\Rightarrow (18 - 12a - 2b)/16 + 2 \times 0,6 = 2a + b$$

Giải phương trình này kết hợp với phương trình (1) từ bảo toàn khối lượng ( $44a + 18b = 37,2$ ) sẽ ra kết quả.

**Cách 3: Phương pháp hiệu quả nhất**

1. Đặt  $n_{\text{CO}_2} = x \text{ mol}$  và  $n_{\text{H}_2\text{O}} = y \text{ mol}$ .

2. Phương trình bảo toàn khối lượng:  **$44x + 18y = 18 + 19,2 = 37,2 \text{ (I)}$**

3. Bảo toàn nguyên tố Oxi: Khối lượng Oxi trong X:  $m_{\text{O(X)}} = 18 - m_{\text{C}} - m_{\text{H}} = 18 - 12x - 2y$ .

Số mol Oxi trong X:  $n_{\text{O(X)}} = (18 - 12x - 2y)/16$ .

Ta có phương trình bảo toàn nguyên tố Oxi:

$$n_{\text{O(X)}} + 2n_{\text{O}_2} = 2n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}$$

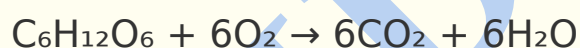
$$\Rightarrow (18 - 12x - 2y)/16 + 2 \times 0,6 = 2x + y$$

$$\Rightarrow 18 - 12x - 2y + 19,2 = 32x + 16y$$

$\Rightarrow \mathbf{44x + 18y = 37,2 \text{ (II)}}$ . Phương trình này trùng với phương trình (I), cho thấy cách này không giải được.

**Lưu ý:** Ví dụ này cho thấy có những bài toán cần thêm dữ kiện hoặc phương pháp khác. Tuy nhiên, nếu đề cho tỉ lệ mol  $\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O}$  hoặc một dữ kiện khác, hệ phương trình sẽ giải được. Giả sử đề cho X là glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), ta sẽ giải như sau:

$$n_{\text{glucose}} = 18 / 180 = 0,1 \text{ mol.}$$



$$0,1 \text{ mol} \rightarrow 0,6 \text{ mol} \rightarrow 0,6 \text{ mol}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,6 \times 44 = 26,4 \text{ gam.}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,6 \times 18 = 10,8 \text{ gam.}$$

Kiểm tra lại:  $m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} = 26,4 + 10,8 = 37,2 \text{ gam}$ . (Khớp với kết quả từ bảo toàn khối lượng).

## 4. Các bước giải bài toán đốt cháy bằng Bảo toàn khối lượng

- Bước 1:** Tóm tắt đề bài. Ghi ra khối lượng hoặc số mol của các chất đã biết (chất hữu cơ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,...).
- Bước 2:** Viết sơ đồ phản ứng cháy để thể hiện rõ các chất tham gia và sản phẩm.
- Bước 3:** Viết biểu thức của Định luật bảo toàn khối lượng cho phản ứng.
- Bước 4:** Thay các giá trị đã biết vào biểu thức và tính toán đại lượng chưa biết.
- Bước 5:** Nếu cần, kết hợp thêm phương pháp bảo toàn nguyên tố để tìm các thông tin khác như công thức phân tử, thành phần phần trăm các nguyên tố.

## 5. Bảng tổng kết các công thức thường dùng

| Trường hợp                         | Công thức Bảo toàn khối lượng                                      | Lưu ý                                 |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Hợp chất $C_xH_y$ hoặc $C_xH_yO_z$ | $m_{\text{chất hữu cơ}} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O}$           | Đây là dạng phổ biến nhất.            |
| Hợp chất $C_xH_yO_zN_t$            | $m_{\text{chất hữu cơ}} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O} + m_{N_2}$ | Luôn nhớ cộng thêm khối lượng $N_2$ . |
| Hỗn hợp nhiều chất hữu cơ          | $m_{\text{hỗn hợp}} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O} (+ m_{N_2})$   | Định luật áp dụng cho cả hỗn hợp.     |