

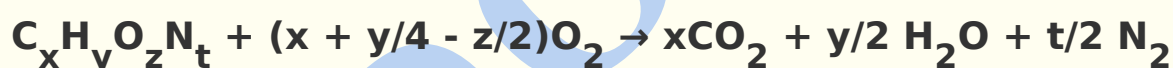
CHUYÊN ĐỀ PHƯƠNG PHÁP BẢO TOÀN NGUYÊN TỐ TRONG BÀI TOÁN ĐỐT CHÁY HỢP CHẤT HỮU CƠ

I. Nguyên tắc chung của phương pháp bảo toàn nguyên tố

Định luật bảo toàn nguyên tố phát biểu rằng: "Trong các phản ứng hóa học thông thường, các nguyên tố luôn được bảo toàn."

Điều này có nghĩa là tổng số mol của một nguyên tố trước phản ứng bằng tổng số mol của nguyên tố đó sau phản ứng. Đây là chìa khóa để giải quyết các bài toán hóa học, đặc biệt là bài toán đốt cháy, một cách nhanh chóng và chính xác mà không cần viết và cân bằng phương trình phản ứng chi tiết.

Xét phản ứng đốt cháy tổng quát của một hợp chất hữu cơ $C_xH_yO_zN_t$:



Dựa vào phương trình này, ta thấy:

- Toàn bộ nguyên tố Carbon (C) trong hợp chất hữu cơ chuyển vào CO_2 .
- Toàn bộ nguyên tố Hydro (H) trong hợp chất hữu cơ chuyển vào H_2O .
- Toàn bộ nguyên tố Nitơ (N) trong hợp chất hữu cơ chuyển vào N_2 .
- Nguyên tố Oxy (O) có trong hợp chất hữu cơ và O_2 tham gia phản ứng, sau đó chuyển vào CO_2 và H_2O .

II. Áp dụng định luật bảo toàn nguyên tố cho từng nguyên tố cụ thể

1. Bảo toàn nguyên tố Carbon (C)

- **Công thức:** $n_{\text{C (trong HCHC)}} = n_{\text{CO}_2}$
- **Giải thích:** Do mỗi phân tử CO_2 chứa 1 nguyên tử C, nên số mol nguyên tử C trong hợp chất hữu cơ ban đầu chính bằng số mol phân tử CO_2 tạo thành.

- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn m gam ankan X, thu được 8.8 gam CO_2 . Tính số mol nguyên tử C có trong m gam X.

Giải:

Ta có: $n_{\text{CO}_2} = 8.8 / 44 = 0.2 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Carbon: $n_{\text{C (trong X)}} = n_{\text{CO}_2} = 0.2 \text{ mol}$.

2. **Ví dụ 2:** Đốt cháy hoàn toàn 0.15 mol hỗn hợp X gồm hai hiđrocacbon, sản phẩm cháy thu được cho hấp thụ hết vào dung dịch Ca(OH)_2 dư, tạo ra 45 gam kết tủa. Tính tổng số nguyên tử C trong hai hiđrocacbon.

Giải:

Phản ứng: $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

Ta có: $n_{\text{CaCO}_3} = 45 / 100 = 0.45 \text{ mol}$.

Theo phương trình, $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CaCO}_3} = 0.45 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Carbon: $n_{\text{C (trong X)}} = n_{\text{CO}_2} = 0.45 \text{ mol}$.

Số nguyên tử C trung bình = $n_{\text{C}} / n_{\text{X}} = 0.45 / 0.15 = 3$.

2. Bảo toàn nguyên tố Hydro (H)

- Công thức: $n_{\text{H (trong HCHC)}} = 2 \times n_{\text{H}_2\text{O}}$

- **Giải thích:** Do mỗi phân tử H_2O chứa 2 nguyên tử H, nên số mol nguyên tử H trong hợp chất hữu cơ ban đầu bằng hai lần số mol phân tử H_2O tạo thành.

- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn m gam ancol Y, thu được 10.8 gam H_2O . Tính số mol nguyên tử H có trong m gam Y.

Giải:

Ta có: $n_{\text{H}_2\text{O}} = 10.8 / 18 = 0.6 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Hydro: $n_{\text{H (trong Y)}} = 2 \times n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 0.6 = 1.2 \text{ mol}$.

2. **Ví dụ 2:** Đốt cháy hoàn toàn 4.6 gam ancol etylic ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Tính khối lượng nước thu được.

Giải:

Ta có: $n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 4.6 / 46 = 0.1 \text{ mol}$.

Số mol nguyên tử H trong ancol = $n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times 6 = 0.1 \times 6 = 0.6 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Hydro: $n_{\text{H (trong ancol)}} = 2 \times n_{\text{H}_2\text{O}}$

$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}} / 2 = 0.6 / 2 = 0.3 \text{ mol}$.

Vậy khối lượng nước thu được là: $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.3 \times 18 = 5.4 \text{ gam}$.

3. Bảo toàn nguyên tố Oxy (O)

- Công thức: $n_{\text{O (trong HCHC)}} + 2 \times n_{\text{O}_2 \text{ (phản ứng)}} = 2 \times n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}$

- **Giải thích:** Tổng số mol nguyên tử O trước phản ứng (trong hợp chất hữu cơ và trong O_2) bằng tổng số mol nguyên tử O sau phản ứng (trong CO_2 và H_2O). Lưu ý n_{O_2} và n_{CO_2} phải nhân 2 vì mỗi phân tử này chứa 2 nguyên tử O.

- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn 0.1 mol axit axetic (CH_3COOH) cần dùng V lít O_2 (đktc), thu được 0.2 mol CO_2 và 0.2 mol H_2O . Tính V.

Giải:

Trong 0.1 mol CH_3COOH có $n_O = 0.1 \times 2 = 0.2$ mol.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Oxy:

$$n_{O \text{ (trong axit)}} + 2 \times n_{O_2} = 2 \times n_{CO_2} + n_{H_2O}$$

$$0.2 + 2 \times n_{O_2} = 2 \times 0.2 + 0.2$$

$$0.2 + 2 \times n_{O_2} = 0.6$$

$$\Rightarrow 2 \times n_{O_2} = 0.4 \Rightarrow n_{O_2} = 0.2 \text{ mol.}$$

$$\text{Vậy } V = 0.2 \times 22.4 = 4.48 \text{ lít.}$$

2. **Ví dụ 2:** Đốt cháy hoàn toàn 18 gam glucozơ ($C_6H_{12}O_6$) cần dùng 19.2 gam O_2 . Sản phẩm cháy gồm CO_2 và H_2O . Tính tổng khối lượng CO_2 và H_2O .

Giải:

Cách này kết hợp bảo toàn khối lượng, nhưng nền tảng là bảo toàn nguyên tố. Ta có thể tính trực tiếp:

$$n_{\text{glucozơ}} = 18 / 180 = 0.1 \text{ mol.}$$

$$n_{O_2} = 19.2 / 32 = 0.6 \text{ mol.}$$

Từ CTPT $C_6H_{12}O_6$, ta có:

Bảo toàn C: $n_{\text{CO}_2} = 6 \times n_{\text{glucozơ}} = 6 \times 0.1 = 0.6 \text{ mol}$.

Bảo toàn H: $n_{\text{H}_2\text{O}} = 12/2 \times n_{\text{glucozơ}} = 6 \times 0.1 = 0.6 \text{ mol}$.

Tổng khối lượng sản phẩm cháy = $m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.6 \times 44 + 0.6 \times 18 = 26.4 + 10.8 = 37.2 \text{ gam}$.

Kiểm tra bằng bảo toàn khối lượng: $m_{\text{glucozơ}} + m_{\text{O}_2} = 18 + 19.2 = 37.2 \text{ gam}$. Kết quả khớp.

4. Bảo toàn nguyên tố Nitơ (N)

- **Công thức:** $n_{\text{N}} (\text{trong HCHC}) = 2 \times n_{\text{N}_2}$

- **Giải thích:** Do mỗi phân tử N_2 chứa 2 nguyên tử N, nên số mol nguyên tử N trong hợp chất hữu cơ ban đầu bằng hai lần số mol phân tử N_2 tạo thành.

- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn 0.2 mol alanin ($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$), thu được V lít khí N_2 (đktc). Tính V.

Giải:

Trong 0.2 mol alanin, số mol nguyên tử N là $n_{\text{N}} = 0.2 \times 1 = 0.2 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Nitơ: $n_{\text{N}} (\text{trong alanin}) = 2 \times n_{\text{N}_2}$

$\Rightarrow n_{\text{N}_2} = n_{\text{N}} / 2 = 0.2 / 2 = 0.1 \text{ mol}$.

Vậy $V = 0.1 \times 22.4 = 2.24 \text{ lít}$.

2. **Ví dụ 2:** Đốt cháy hoàn toàn m gam một amino axit X (chứa 1 nhóm $-\text{NH}_2$) thu được 1.12 lít N_2 (đktc). Tính số mol của X.

Giải:

Ta có: $n_{\text{N}_2} = 1.12 / 22.4 = 0.05 \text{ mol}$.

Áp dụng bảo toàn nguyên tố Nitơ: $n_{\text{N}} (\text{trong X}) = 2 \times n_{\text{N}_2} = 2 \times 0.05 = 0.1$ mol.

Vì X chỉ chứa 1 nguyên tử N (do có 1 nhóm $-\text{NH}_2$), nên số mol của X bằng số mol nguyên tử N.

Vậy $n_{\text{X}} = n_{\text{N}} = 0.1$ mol.

III. Phối hợp các phương pháp để tìm công thức phân tử

Bảo toàn nguyên tố là công cụ cốt lõi để xác định công thức phân tử của hợp chất hữu cơ khi biết sản phẩm cháy.

Các bước thực hiện:

1. Từ khối lượng hoặc thể tích CO_2 , H_2O , N_2 , tính số mol tương ứng (n_{CO_2} , $n_{\text{H}_2\text{O}}$, n_{N_2}).
2. Áp dụng bảo toàn nguyên tố để tìm số mol các nguyên tố trong lượng chất đã đốt cháy:

$$n_{\text{C}} = n_{\text{CO}_2}$$

$$n_{\text{H}} = 2 \times n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_{\text{N}} = 2 \times n_{\text{N}_2}$$

3. Tính khối lượng các nguyên tố: $m_{\text{C}} = 12 \times n_{\text{C}}$; $m_{\text{H}} = 1 \times n_{\text{H}}$; $m_{\text{N}} = 14 \times n_{\text{N}}$.

4. Kiểm tra xem hợp chất có chứa Oxi hay không:

$$m_{\text{O}} = m_{\text{HCHC}} - (m_{\text{C}} + m_{\text{H}} + m_{\text{N}})$$

Nếu $m_{\text{O}} > 0$, tính $n_{\text{O}} = m_{\text{O}} / 16$.

5. Lập tỉ lệ mol các nguyên tố để tìm công thức đơn giản nhất (CTĐGN):

$$x : y : z : t = n_C : n_H : n_O : n_N$$

6. Dựa vào các dữ kiện khác như khối lượng mol (M), tỉ khối hơi để tìm công thức phân tử (CTPT) từ CTĐGN. (CTPT = (CTĐGN)_n).

Ví dụ tổng hợp:

Ví dụ: Đốt cháy hoàn toàn 9 gam hợp chất hữu cơ A (chứa C, H, O), thu được 13.2 gam CO₂ và 5.4 gam H₂O. Biết tỉ khối hơi của A so với H₂ là 45. Tìm công thức phân tử của A.

Giải:

1. Tính số mol sản phẩm cháy:

$$n_{\text{CO}_2} = 13.2 / 44 = 0.3 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 5.4 / 18 = 0.3 \text{ mol.}$$

2. Áp dụng bảo toàn nguyên tố:

$$n_C = n_{\text{CO}_2} = 0.3 \text{ mol} \Rightarrow m_C = 0.3 \times 12 = 3.6 \text{ gam.}$$

$$n_H = 2 \times n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 0.3 = 0.6 \text{ mol} \Rightarrow m_H = 0.6 \times 1 = 0.6 \text{ gam.}$$

3. Tính khối lượng và số mol Oxi:

$$m_O = m_A - (m_C + m_H) = 9 - (3.6 + 0.6) = 4.8 \text{ gam.}$$

$$n_O = 4.8 / 16 = 0.3 \text{ mol.}$$

4. Lập tỉ lệ mol để tìm CTĐGN:

$$x : y : z = n_C : n_H : n_O = 0.3 : 0.6 : 0.3 = 1 : 2 : 1.$$

Vậy công thức đơn giản nhất là (CH₂O)_n.

5. Tìm CTPT:

Khối lượng mol của A là $M_A = 45 \times 2 = 90 \text{ g/mol}$.

Ta có: $(12 \times 1 + 1 \times 2 + 16 \times 1) \times n = 90 \Rightarrow 30n = 90 \Rightarrow n = 3$.

Vậy công thức phân tử của A là $C_3H_6O_3$.

IV. Bảng tổng hợp công thức bảo toàn nguyên tố

Nguyên tố	Công thức bảo toàn	Ghi chú
Carbon (C)	$n_C (\text{trong HCHC}) = n_{CO_2}$	Áp dụng khi sản phẩm cháy là CO_2 .
Hydro (H)	$n_H (\text{trong HCHC}) = 2 \times n_{H_2O}$	Mỗi phân tử nước có 2 nguyên tử H.
Oxy (O)	$n_O (\text{trong HCHC}) + 2 \times n_{O_2} = 2 \times n_{CO_2} + n_{H_2O}$	Tổng O trước phản ứng = Tổng O sau phản ứng.
Nitơ (N)	$n_N (\text{trong HCHC}) = 2 \times n_{N_2}$	Mỗi phân tử N_2 có 2 nguyên tử N.

V. Bài tập vận dụng

- Bài 1 (Cơ bản):** Đốt cháy hoàn toàn 11.1 gam hỗn hợp X gồm 2 este no, đơn chức, mạch hở kế tiếp nhau trong dãy đồng đẳng, thu được 11.7 gam H_2O . Mặt khác, nếu đun 11.1 gam X với dung dịch NaOH dư thu được 11.7 gam hỗn hợp muối và một ancol duy nhất. Xác định công thức của 2 este.

2. **Bài 2 (Thông hiểu):** Đốt cháy hoàn toàn 20.1 gam hỗn hợp X gồm axit axetic, methyl axetat và axit glutamic, thu được 0.8 mol CO_2 và 0.85 mol H_2O . Nếu cho 20.1 gam X tác dụng với dung dịch HCl dư, thu được m gam muối. Tính m.
3. **Bài 3 (Vận dụng cao):** Hỗn hợp E chứa ba peptit X, Y, Z ($M_X M_Y M_Z$) đều mạch hở. Đốt cháy hoàn toàn 0.16 mol E cần dùng vừa đủ 1.995 mol O_2 , thu được CO_2 , H_2O và 0.21 mol N_2 . Mặt khác, thủy phân hoàn toàn 38.34 gam E trong dung dịch NaOH dư, thu được 54.3 gam muối của Gly, Ala và Val. Biết tổng số liên kết peptit trong E là 10. Tính phần trăm khối lượng của X trong hỗn hợp E.