

Розрахунки за термохімічними рівняннями.

Розглянемо приклади використання термохімічних рівнянь для розрахунків.

Приклад 1. Використовуючи термохімічне рівняння: $C_{(m)} + O_{2(z)} = CO_{2(z)}$, $\Delta H_{298} = -394$ кДж розрахуйте масу вугляцю та об'єм кисню за нормальних умов, якщо під час реакції виділилося 788 кДж теплоти.

Дано:

Розв'язок

$$\begin{aligned}\Delta H &= -394 \text{ кДж} \\ m(C) &= 0.012 \text{ кг/моль} \\ V_m(O) &= 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль}\end{aligned}$$

1. Визначимо кількість речовини вуглецю, що вступила в хімічну реакцію. Відповідно до рівняння реакції:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль } C - 394 \text{ кДж} \\ x \text{ моль } C - 788 \text{ кДж} \end{array} \Rightarrow x = \frac{1 \text{ моль} \cdot 788 \text{ кДж}}{394 \text{ кДж}} = 2 \text{ моль}$$

$$m(C) - ? \quad V(O_2) - ?$$

2. Визначимо масу вуглецю:

$$m(C) = \nu(C) \cdot M(C) = 2 \text{ моль} \cdot 0,012 \text{ кг/моль} = 0,024 \text{ кг}$$

3. Визначимо кількість речовини O_2 і його об'єм:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль } O_2 - 394 \text{ кДж} \\ x \text{ моль } O_2 - 788 \text{ кДж} \end{array} \Rightarrow x = \frac{1 \text{ моль} \cdot 788 \text{ кДж}}{394 \text{ кДж}} = 2 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = \nu(O_2) \cdot V_m = 2 \text{ моль} \cdot 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 0,0448 \text{ м}^3$$

$$\text{Відповідь: } m(C) = 0,024 \text{ кг}; \quad V(O_2) = 0,0448 \text{ м}^3.$$

Приклад 2. Використовуючи термохімічне рівняння: $C_{(m)} + O_{2(z)} = CO_{2(z)}$, $\Delta H_{298} = -394$ кДж розрахуйте кількість теплоти, що виділиться під час згорання кисню об'ємом 11,2 л (за нормальних умов).

Дано:

Розв'язок

$$\Delta H = -394 \text{ кДж}$$

1. Визначимо кількість речовини O_2 :

$$\begin{aligned} V_m(O_2) &= 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} \\ V(O_2) &= 11,2 \text{ л} = 0,0112 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad \nu(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m(O_2)} = \frac{0,0112 \text{ м}^3}{0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$\Delta H_1 = ?$$

2. Відповідно до рівняння реакції розрахуємо кількість теплоти, що виділиться під час згорання кисню кількістю речовини 0,5 моль:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль } O_2 - 394 \text{ кДж} \\ 0,5 \text{ моль } O_2 - x \text{ кДж} \end{array} \Rightarrow x = \frac{394 \text{ кДж} \cdot 0,5 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 192 \text{ кДж}$$

$$V(O_2) = \nu(O_2) \cdot V_m = 2 \text{ моль} \cdot 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 0,0448 \text{ м}^3$$

Відповідь: під час згоряння кисню об'ємом 0,0112 м³ виділяється 192 кДж теплоти.

Закон Гесса.

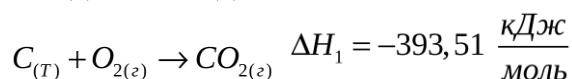
Стандартні теплові ефекти хімічних реакцій обчислюють за **законом Гесса**.

Тепловий ефект хімічної реакції залежить тільки від природи і стану вихідних речовин та продуктів реакції, але не залежить від її шляху.

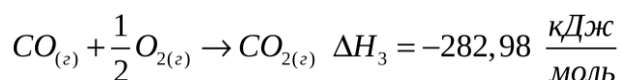
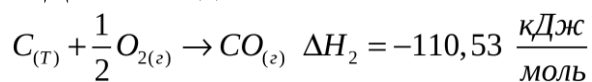
Приклад.

Розглянемо процес одержання CO_{2(г)} із вуглецю та кисню. Цей процес можна здійснювати двома шляхами.

1. Однією стадією:



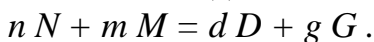
2. Двома стадіями:



$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 = -110,53 + (-282,98) = -393,51 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Для обчислення ентальпій реакцій за стандартних умов ΔH_{298} необхідно знати ентальпії утворення реагуючих речовин і продуктів реакції $\Delta_f H^0_{298}$. Ентальпії утворення речовин $\Delta_f H^0_{298}$ надані в довідкових таблицях.

Нехай необхідно обчислити стандартну ентальпію реакції



У цій реакції N і M – реагуючі речовини, а D і G – продукти реакції. Маленькі букви перед речовинами (n , m , d , g) – коефіцієнти.

Скористаємося наслідком закону Гесса:

Стандартна ентальпія хімічної реакції (ΔH_{298}) дорівнює різниці між сумою ентальпій утворення ($\Delta_f H^0_{298}$) продуктів реакції і сумою ентальпій утворення вихідних речовин з врахуванням коефіцієнтів перед речовинами в рівнянні реакції;

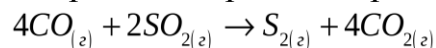
$$\Delta H_{298} = \sum_{\text{прод}} \Delta_f H^0_{298}(\text{прод}) - \sum_{\text{вих}} \Delta_f H^0_{298}(\text{вих})$$

$$\Delta H_{298} = \left[d \cdot \Delta_f H^0_{298}(D) + g \cdot \Delta_f H^0_{298}(G) \right] - \left[n \cdot \Delta_f H^0_{298}(N) + m \cdot \Delta_f H^0_{298}(M) \right].$$

Приклад.

Розрахуйте ентальпію хімічної реакції $CO_{(г)} + SO_{2(г)} \rightarrow S_{2(г)} + CO_{2(г)}$ за стандартної (298 K) температури.

1. Урівнюємо рівняння реакції.



2. Запишемо загальну формулу для розрахунку ΔH_{298} :

$$\Delta H_{298} = \left[\Delta_f H^0_{298}(S_2) + 4 \cdot \Delta_f H^0_{298}(CO_2) \right] - \left[4 \cdot \Delta_f H^0_{298}(CO) + 2 \cdot \Delta_f H^0_{298}(SO_2) \right].$$

3. Необхідні для розрахунку значення ентальпій утворення ($\Delta_f H^0_{298}$) речовин знайдемо в довідковій таблиці

($\Delta_f H^0_{298}(CO)$) = -110,53 кДж/моль, ($\Delta_f H^0_{298}(SO_2)$) = -296,90 кДж/моль,

($\Delta_f H^0_{298}(S_2)$) = 128,37 кДж/моль, ($\Delta_f H^0_{298}(CO_2)$) = -393,51 кДж/моль).

4. З урахуванням табличних значень і коефіцієнтів перед речовинами в рівнянні реакції розрахуємо ΔH_{298} .

$$\Delta H_{298} = [128,37 + 4 \cdot (-393,51)] - [4 \cdot (-110,53) + 2 \cdot (-296,90)] = -409,75 \text{ Кдж.}$$

Запам'ятайте.

1. значення ентальпій утворення слід використовувати з тим знаком, який наведений у таблиці;
2. не можна проводити розрахунки, якщо в рівнянні реакції не поставлені коефіцієнти.