

Плавлення та кристалізація. Згоряння речовини.

Розв'яжемо задачу разом.

Задача 1

Яку енергію необхідно затратити, щоб розплавити шматок свинцю масою $m = 2$ кг, взятий при температурі $t_1 = 27^\circ\text{C}$?

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 24000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$Q = ?$

Розв'язання:

Процес складається із двох етапів: на першому етапі свинець нагрівається до температури плавлення, на другому етапі плавиться.

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q_1 – кількість теплоти, необхідна для нагрівання свинцю до температури плавлення $t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$

$$Q_1 = c m (t_{\text{пл}} - t_1)$$

Q_2 – кількість теплоти, необхідна для плавлення свинцю при температурі плавлення.

$$Q_2 = m \lambda$$

$$\text{Отже, } Q = c m (t_{\text{пл}} - t_1) + m \lambda = m (c (t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda)$$

Перевіряємо одиниці вимірювання:

$$[Q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot \text{кг}^\circ\text{C} + \text{кг} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{Дж} + \text{Дж} = \text{Дж}$$

Обчислюємо кількість теплоти:

$$Q = 2 \cdot (130 \cdot (327 - 27) + 24000) = 126\,000 \text{ Дж} = 126 \text{ кДж}$$

Відповідь: 126 кДж

Задача 2

У калориметр поклали алюміній масою 500 г за температури 20°C . Якою буде температура в калориметрі, якщо передати алюмінію кількість теплоти $Q = 450$ кДж?

Дано:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$t_{\text{пл}} = 660 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C = 900 \frac{\text{Дж}}{\text{кг } ^{\circ}\text{C}}$$

$$\lambda = 390\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = 450\,000 \text{ Дж}$$

Розв'язання:

Оцінемо спочатку, скільки потрібно теплоти для нагрівання алюмінію до температури плавлення:

$$Q_1 = c m (t_{\text{пл}} - t_1)$$

$$Q_1 = 900 \cdot 0,5 (660 - 20) = 288\,000 \text{ (Дж)} = 288 \text{ (кДж)}$$

Для того, щоб повністю розплавити алюміній, потрібна кількість теплоти: $Q_2 = Q_1 + m \lambda$

$t - ?$

$$Q_2 = 288\,000 + 0,5 \cdot 390\,000 = 483\,000 \text{ (Дж)} = 483 \text{ (кДж)}$$

За умовою задачі, кількість теплоти Q , передана калориметру, більша за Q_1 і менша за Q_2 : $Q_1 < Q < Q_2$. Тому, переданої кількості теплоти 450 кДж досить, щоб довести алюміній до плавлення, але недостатньо, щоб повністю його розплавити. Тому в кінцевому стані температура алюмінію дорівнюватиме температурі його плавлення $660 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Відповідь: $660 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Задача 3

У калориметрі налито воду масою 2 кг, температура якої 30°C . У калориметр поміщають лід за температури 0°C . Якою могла бути маса льоду, якщо б він весь розтанув?

Дано:

$$t_{\text{в}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{л}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг } ^{\circ}\text{C}}$$

$$m_{\text{в}} = 2 \text{ кг}$$

$$\lambda = 330\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Розв'язання:

У результаті теплообміну вода може охолонути не більше, ніж на $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто до $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому вона віддає кількість теплоти, що не перевищує $Q_1 = c m_{\text{в}} |\Delta t|$, де

$|\Delta t| = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Для плавлення льоду йому необхідно

передати кількість теплоти $Q_2 = m_{\text{л}} \lambda$

З нерівності $Q_2 \leq Q_1$, тобто $m_{\text{л}} \leq c m_{\text{в}} |\Delta t|$

$m_{\text{л}} - ?$

$$\text{Отримаємо масу льоду: } m_{\text{л}} \leq \frac{c m_{\text{в}} |\Delta t|}{\lambda}$$

Обчислимо масу льоду:

$$m_{\text{л}} \leq \frac{4200 \cdot 2 \cdot 30}{330\,000} = 0,76 \text{ (кг)}$$

Відповідь: маса льоду не повинна перевищувати 0,76 кг

Задача 4

У мідній посудині масою 500 г нагрівають 2 л води, узятої за температури 10°C. До якої температури можна нагріти воду, спаливши 50 г спирту? Уважати, що ККД пальника дорівнює 50 %.

Дано:

$$m_3 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг } ^\circ\text{C}}$$

$$q = 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$C_M = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг } ^\circ\text{C}}$$

$$V = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{ККД} = 50\% = 0,5$$

$$t_2 = ?$$

Розв'язання:

Енергія, виділена під час згоряння спирту, йде на

нагрівання води й посудини: $Q_1 = Q_2 + Q_3$

Q_1 за умови задачі складає лише 50% від виділеної

енергії під час згоряння спирту $Q_1 = 0,5 q m_2$

Q_2 - кількість теплоти, необхідна для нагрівання води

$$Q_2 = c_B m_1 (t_2 - t_1)$$

Маса води дорівнює $m_1 = \rho V$ $m_1 = 2 \text{ кг}$

Q_3 - кількість теплоти, необхідна для нагрівання мідної

посудини $Q_3 = c_M m_3 (t_2 - t_1)$

Вирази підставимо у рівняння:

$$0,5 q m_2 = c_B m_1 (t_2 - t_1) + c_M m_3 (t_2 - t_1) \quad \text{або}$$

$$0,5 q m_2 = (c_B m_1 + c_M m_3) (t_2 - t_1)$$

$$t_2 - t_1 = \frac{0,5 q m_2}{c_B m_1 + c_M m_3}$$

Знайдемо t_2 :

$$t_2 = \frac{0,5 q m_2}{c_B m_1 + c_M m_3} + t_1$$

Обчислюємо:

$$t_2 = \frac{0,5 \cdot 26000000 \cdot 0,05}{4200 \cdot 2 + 380 \cdot 0,5} + 10 = 86 \text{ }^\circ\text{C}$$

Відповідь: 86 °C