

Пароутворення і конденсація.

Розв'язуємо задачу разом.

Задача 1

У калориметрі знаходиться вода масою $m_b = 1$ кг за температури $t_b = 20$ °С. Скільки пари, що має температуру $t_{\pi} = 100$ °С, потрібно впустити в калориметр, щоб температура в ньому підвищилася до $t = 40$ °С?

Дано:

$$m_b = 1 \text{ кг}$$

$$t_b = 20 \text{ °С}$$

$$t_{\pi} = 100 \text{ °С}$$

$$t = 40 \text{ °С}$$

$$C_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Розв'язання:

Відповідно до рівняння теплового балансу

$$Q_1 = Q_2, \text{ де } Q_b = c_b m_b (t - t_b), \text{ а } Q_{\pi} = L m_{\pi} + c_b m_{\pi} (t_{\pi} - t) \text{ —}$$

віддана парою кількість теплоти.

В останній формулі враховано, що вода, яка

утворилася в результаті конденсації пари,

буде віддавати тепло при остиганні. Звідси

m_{π} - ?

$$m_{\pi} = m_b \frac{c_b (t - t_b)}{L + c_b (t_{\pi} - t)}.$$

Перевіряємо одиниці величин:

$$[m_{\pi}] = \text{кг} \cdot \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot \text{°С}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot \text{°С}} = \text{кг}.$$

Обчислюємо масу пари:

$$m_{\pi} = 1 \cdot \frac{4200 \cdot (40 - 20)}{2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot (100 - 40)} = 0,033 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: 33 г.

Задача 2

Суміш, що складається з $m_{\text{л}} = 5$ кг льоду й $m_b = 15$ кг води при загальній температурі $t_1 = 0$ °С, потрібно нагріти до температури $\Theta = 80$ °С, пропускаючи водяну пару з температурою $t_2 = 100$ °С. Знайдіть необхідну масу пари m_{π} .

Дано:

$$m_{\text{л}} = 5 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = 15 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Theta = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

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

$$C_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг } ^{\circ}\text{C}}$$

Розв'язання:

Рівняння теплового балансу має вигляд:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{в}}.$$

Інакше:

$$m_{\text{п}} L + m_{\text{п}} c_{\text{в}} (t_2 - \Theta) = m_{\text{л}} \lambda + m_{\text{л}} c_{\text{л}} (\Theta - t_1) + m_{\text{в}} c_{\text{в}} (\Theta - t_1).$$

Звідси знаходимо масу пари:

$$m_{\text{п}} = \frac{m_{\text{л}} \lambda + m_{\text{л}} c_{\text{л}} (\Theta - t_1) + m_{\text{в}} c_{\text{в}} (\Theta - t_1)}{L + c_{\text{в}} (t_2 - \Theta)}.$$

$m_{\text{л}} - ?$

Перевірка одиниць величин:

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

Обчислюємо масу пари:

$$m = \frac{5 \cdot 330 \cdot 10^3 + 5 \cdot 2100 \cdot 80 + 15 \cdot 4200 \cdot 80}{2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot 20} = 3,2 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: маса пари 3,2 кг.

Задача 3

Колба містить воду за температури 0°C. Відпомповуючи з колби повітря, заморозили всю воду завдяки її випаровуванню. Яка частина води при цьому випарувалася?

Дано:

$$t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

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

$$\frac{m_2}{m} - ?$$

Розв'язання:

Позначимо m – масу всієї води до відпомповування,

m_1 – масу льоду, що утворилася, m_2 – масу води, що

випарувалася. Тоді $m = m_1 + m_2$ Звідси $m_1 = m - m_2$

Під час кристалізації води виділяється кількість теплоти,

що дорівнює λm_1 . Для випаровування води потрібна

кількість теплоти, що дорівнює $L m_2$.

Відповідно до закону збереження енергії можна

записати: $\lambda m_1 = L m_2$

$$\lambda(m - m_2) = L m_2 \quad \text{Звідси отримуємо:}$$

$$m - m_2 = \frac{L m_2}{\lambda}, \text{ або}$$

$$(m - m_2) \lambda = L m_2 \quad \text{розкриємо дужки:}$$

$$m \lambda - m_2 \lambda = L m_2$$

$$m \lambda = L m_2 + m_2 \lambda = m_2 (L + \lambda)$$

$$m = \frac{m_2 (L + \lambda)}{\lambda} \quad \text{Остаточно отримуємо:} \quad m_2 = \frac{m \lambda}{\lambda + L}$$

$$\text{Обчислимо } m_2 = \frac{m \cdot 330000}{330000 + 2300000} = 0,125 \text{ m}$$

$$\text{Остаточно отримуємо:} \quad \frac{m_2}{m} = \frac{0,125 \text{ m}}{m} = 0,125 \cdot 100 \% = 12.5 \%$$

Відповідь: випарувалося 12.5 % початкової маси води.