

Тепловий баланс

- Як дізнатися температуру суміші під час змішування гарячої і холодної води, якщо немає термометра?
- Як дізнатися, яку кількість теплоти віддає одне тіло та одержує інше, якщо їх температури різні?
- Як підрахувати кількість теплоти, яку треба надати одним тілам або забрати в інших тіл, щоб досягти потрібної температури?

Рівняння теплового балансу

Ізольована система — це система тіл, яка не одержує і не віддає енергію, а зменшення або збільшення внутрішньої енергії тіл системи відбувається лише внаслідок теплопередачі між тілами цієї системи.

У такому випадку на підставі закону збереження енергії можна стверджувати: *Скільки теплоти віддадуть одні тіла системи, стільки ж теплоти одержать інші тіла цієї системи.*

Розглянемо випадок, коли теплопередача відбувається тільки між двома тілами, тобто ні з якими іншими тілами вони теплом не обмінюються.

Наляємо у посудину воду й зануримо в неї кулю, нагріту на пальнику. Між кулею та водою почнеться теплопередача, внаслідок якої незабаром установиться *теплова рівновага: куля і вода будуть мати однакову температуру.*

Позначимо:

Q^+ — кількість теплоти, одержана водою;

Q^- — кількість теплоти, віддана кулею.

Закон збереження енергії для процесу теплопередачі:

В ізольованій системі тіл, у якій внутрішня енергія тіл змінюється тільки внаслідок теплопередачі, загальна кількість теплоти, відданої одними тілами системи, дорівнює загальній кількості теплоти, одержаної іншими тілами цієї системи.

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_n^+$$

Розв'язування задач

1. У чашці знаходиться 250 г чаю при температурі 90 °С. Скільки води при температурі 20 °С потрібно долити, щоб охолодити чай до температури 75 °С? Теплоємністю чашки знехтувати, питому теплоємність чаю вважайте рівною питомій теплоємності води.

Дано:

$m_1 = 250 \text{ г}$
 $= 0,25 \text{ кг}$
 $t_1 = 90 \text{ °С}$
 $t_2 = 20 \text{ °С}$
 $t = 75 \text{ °С}$

Розв'язання

Кількість теплоти, віддана гарячим чаєм:

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t)$$

Кількість теплоти, одержана холодною водою:

$$Q_2 = cm_2(t - t_2)$$

Відповідно до рівняння теплового балансу:

$$m_2 = ?$$

$$Q_1 = Q_2$$

Підставимо рівняння (1) і (2) у рівняння (3):

$$cm_1(t_1 - t) = cm_2(t - t_2)$$

$$m_1(t_1 - t) = m_2(t - t_2)$$

$$m_2 = \frac{m_1(t_1 - t)}{t - t_2}; \quad [m_2] = \frac{\text{кг} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}} = \text{кг}$$

$$m_2 = \frac{0,25 \cdot (90 - 75)}{75 - 20} \approx 0,068 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_2 = 68 \text{ г}$.

2. Металеву деталь масою 300 г нагріли в окропі, а потім опустили у воду масою 600 г, що має температуру 22 °С. Через певний час температура води і деталі стала дорівнювати 25 °С. Визначте питому теплоємність речовини, з якої було виготовлено деталь. Тепловими втратами знехтувати.

Дано:

$$m_1 = 300 \text{ г}$$

$$= 0,3 \text{ кг}$$

$$t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_2 = 600 \text{ г}$$

$$= 0,6 \text{ кг}$$

$$t_2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_1 = ?$$

Розв'язання

Кількість теплоти, віддана гарячою деталлю:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t)$$

Кількість теплоти, одержана холодною водою:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2)$$

Відповідно до рівняння теплового балансу:

$$Q_1 = Q_2$$

Підставимо рівняння (1) і (2) у рівняння (3):

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2)$$

$$c_1 = \frac{c_2 m_2 (t - t_2)}{m_1 (t_1 - t)}; \quad [c_1] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{\text{кг} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_1 = \frac{4200 \cdot 0,6 \cdot (25 - 22)}{0,3 \text{ кг} \cdot (100 - 25)} = 336 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

Відповідь: $c_1 = 336 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

3. У холодну воду масою 0,8 кг долили окріп масою 0,2 кг. Температура отриманої суміші дорівнює 40°С. Визначте температуру холодної води до її нагрівання. Тепловими втратами знехтувати.

Дано:

$$m_1 = 0,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

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

$$t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розв'язання

Кількість теплоти, одержана холодною водою:

$$Q_1 = cm_1(t - t_1)$$

Кількість теплоти, віддана гарячою водою:

$$Q_2 = cm_2(t_2 - t)$$

$t_1 - ?$

Відповідно до рівняння теплового балансу:

$$Q_1 = Q_2$$

Підставимо рівняння (1) і (2) у рівняння (3):

$$cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t)$$

$$m_1(t - t_1) = m_2(t_2 - t)$$

$$t - t_1 = \frac{m_2(t_2 - t)}{m_1} \Rightarrow t_1 = t - \frac{m_2(t_2 - t)}{m_1}$$

$$[t_1] = ^\circ\text{C} - \frac{\text{кг} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{\text{кг}} = ^\circ\text{C} - ^\circ\text{C} = ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 40 - \frac{0,2 \cdot (100 - 40)}{0,8} = 25 (^\circ\text{C})$$

Відповідь: $t_1 = 25 ^\circ\text{C}$.

Запитання

1. Яку систему тіл називають теплоізовованою?
2. Сформулюйте закон збереження енергії, на підставі якого складають рівняння теплового балансу.