

Вказівки та розв'язки завдання II (районного) етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики 2018-2019 н.р.

9 клас

1. Автомобіль проїхав відстань 40 км. Першу частину шляху автомобіль їхав зі швидкістю в два рази менше середньої швидкості, а другу частину шляху - зі швидкістю в три рази більше середньої. Знайдіть довжину першої частини шляху.

Розв'язання

Позначимо $L = 40$ км, L_1 , L_2 - довжини першої та другої частини шляху відповідно.

u - середня швидкість на всьому шляху, та v_1 , v_2 - середні швидкості на першій та другій частині шляху відповідно.

$$v_1 = \frac{u}{2}, \quad v_2 = 3u$$

Середня швидкість

$$u = \frac{\frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2}}{\frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2}} = \frac{L}{\frac{L}{\frac{u}{2}} + \frac{L}{3u}} = \frac{L}{\frac{2L}{u} + \frac{L}{3u}} = \frac{3uL}{6L_1 + L_2}$$

Тобто

$$6L_1 + L_2 = 3L$$

Враховуючи $L_1 + L_2 = L$

$$5L_1 = 2L$$

$$L_1 = \frac{2}{5}L, \quad L_1 = 16 \text{ км}$$

Відповідь: 16 км

2. Акробат стрибає на сітку з висоти $H = 8$ м. На якій граничній висоті h над підлогою треба натягнути сітку, щоб акробат не вдарився об підлогу під час стрибку? Відомо, що сітка прогинається на $h_0 = 0,5$ м, якщо акробат стрибає на неї з висоти $H_0 = 1$ м

Розв'язання

Позначимо m - маса акробата, k - коефіцієнт пружності сітки.

За законом збереження енергії

$$mg(H + h) = \frac{kh^2}{2} \quad \text{та} \quad mg(H_0 + h_0) = \frac{kh_0^2}{2}$$

Звідси

$$\frac{mg(H + h)}{mg(H_0 + h_0)} = \frac{kh^2}{kh_0^2} \quad \frac{H + h}{H_0 + h_0} = \frac{h^2}{h_0^2} \quad H_0 + h_0 \frac{h^2}{h_0^2} - h_0^2 h - Hh_0^2 = 0$$

$$h = \frac{h_0^2 \pm \sqrt{h_0^4 + 4(H_0 + h_0)Hh_0^2}}{2(H_0 + h_0)}$$

Враховуючи $h_0^4 + 4(H_0 + h_0)Hh_0^2 > h_0^4$

$$h = \frac{h_0^2 + \sqrt{h_0^4 + 4(H_0 + h_0)Hh_0^2}}{2(H_0 + h_0)} \quad h = 1,24 \text{ м}$$

Відповідь: $h = \frac{h_0^2 + \sqrt{h_0^4 + 4(H_0 + h_0)Hh_0^2}}{2(H_0 + h_0)}, \quad h = 1,24 \text{ м}$

3. В герметично закритій посудині в воді плаває шматок льоду масою $M = 0,1 \text{ кг}$, в який вмерзла свинцева кулька масою $m = 5 \text{ г}$. Яку кількість тепла потрібно затратити, щоб кулька почала тонути? Густина свинцю $\rho_1 = 11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, густина льоду $\rho_2 = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Теплота плавлення льоду $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Температура води у посудині дорівнює $t = 0^\circ \text{C}$.

Розв'язання

Щоб кулька почала тонути, необхідно, щоб середня густина льоду з кулькою стала дорівнювати густині води. (Не треба, щоб весь лід розтанув)

Позначимо M_1 - маса льоду, який залишився; ρ_6 - густина води; V - сумарний об'єм льоду та кульки.

Умова того, що кулька почне тонути.

$$\rho_6 = \frac{M_1 + m}{V} \quad M_1 + m = \rho_6 V$$

Враховуючи, що V - сумарний об'єм льоду та кульки дорівнює сумі об'ємів

$$V = \frac{M_1}{\rho_2} + \frac{m}{\rho_1}$$

Тоді

$$M_1 + m = \rho_6 \left(\frac{M_1}{\rho_2} + \frac{m}{\rho_1} \right) \quad M_1 - M_1 \frac{\rho_6}{\rho_2} = \frac{\rho_6}{\rho_1} m - m \quad M_1 \frac{\rho_2 - \rho_6}{\rho_2} = \frac{\rho_6 - \rho_1}{\rho_1} m$$

$$M_1 = \frac{\rho_2 \cdot \rho_6 - \rho_1 \cdot m}{\rho_2 - \rho_6 - \rho_1}$$

Повинно розтанути

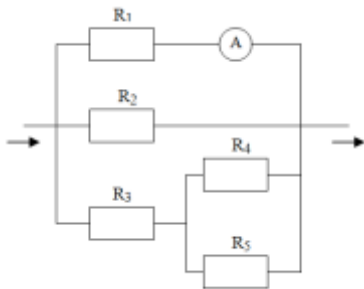
$$\Delta M = M - M_1 = M - \frac{\rho_2 \cdot \rho_6 - \rho_1 \cdot m}{\rho_2 - \rho_6 - \rho_1}$$

Для цього потрібно теплоти

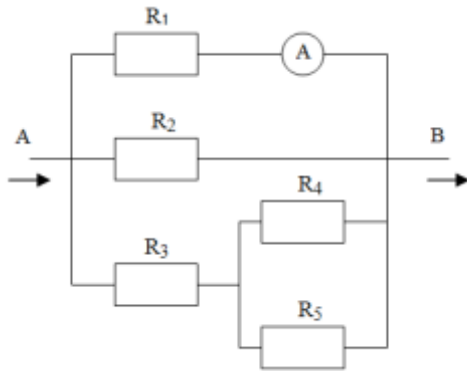
$$Q = \lambda \Delta M = \lambda \cdot \left(M - \frac{\rho_2 \cdot \rho_6 - \rho_1 \cdot m}{\rho_2 - \rho_6 - \rho_1} \right) \quad Q = 19,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 19,5 \text{ кДж}$$

$$\text{Відповідь: } Q = \lambda \cdot \left(M - \frac{\rho_2 \cdot \rho_6 - \rho_1 \cdot m}{\rho_2 - \rho_6 - \rho_1} \right); \quad Q = 19,5 \text{ кДж}$$

4. Амперметр, підключений в ділянку електричного кола, яке зображене на малюнку, показує силу струму $I_1 = 0,5 \text{ А}$. Знайдіть силу струму через резистор R_4 . Опори резисторів: $R_1 = R_4 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = R_5 = 1 \text{ Ом}$. Опором амперметра знехтувати.



Розв'язання



Резистори R_1 і R_2 , а також гілка кола, що містить резистори R_3 , R_4 і R_5 , з'єднані паралельно. Резистор R_3 включений послідовно із паралельно з'єднаними між собою резисторами R_4 і R_5 .

Знайдемо різницю потенціалів U_{AB} по закону Ома для ділянки кола: $U_{AB} = I_1 R_1$, $U_{AB} = 1 \text{ В}$. Під такою ж напругою знаходиться і нижня гілка кола. Тоді по ній протікає струм

$$I = \frac{U_{AB}}{R_{345}}$$

де R_{345} - загальний опір нижньої гілки кола:

$$R_{345} = R_3 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = \frac{R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5}{R_4 + R_5} \quad R_{345} = \frac{5}{3} \text{ Ом} \quad I = \frac{3}{5} \text{ А}$$

Цей струм створить на паралельно з'єднаних резисторах R_4 і R_5 напругу:

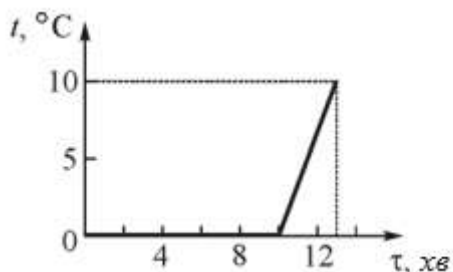
$$U = IR_{45} = \frac{IR_4 R_5}{R_4 + R_5} \quad U = 0,4 \text{ В}$$

Тоді струм, що протікає по резистору R_4 , за законом Ома, дорівнює

$$I_4 = \frac{U}{R_4} \quad I_4 = 0,2 \text{ А}$$

Відповідь: $I_4 = 0,2 \text{ А}$

5. У калориметр з водою і льодом занурили дріт опором $R = 800 \text{ Ом}$ і почали пропускати струм силою $I = 1 \text{ А}$. На графіку наведена залежність температури t в калориметрі від часу τ . Визначте початкову масу льоду m_1 і початкову масу води в рідкому стані m_2 . Питома теплота плавлення льоду $\lambda = 336 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, питома теплоємність води $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.



Розв'язання

З графіка слідує, що за час $\tau_1 = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$ у калориметрі плавиться лід, а ще за час $\tau_2 = 3 \text{ хв} = 180 \text{ с}$ вся вода нагрівається від 0°C до 10°C на $\Delta t = 10^\circ \text{C}$.

На першому етапі отримаємо кількість теплоти λm_1 , на другому етапі - $c \cdot m_1 + m_2 \Delta t$.

Оскільки потужність електрообігрівача $I^2 R$:

$$I^2 R \tau_1 = \lambda m_1$$

$$I^2 R \tau_2 = c \cdot m_1 + m_2 \cdot c \Delta t$$

Тоді

$$m_1 = \frac{I^2 R \tau_1}{\lambda} \quad m_1 = 1,43 \text{ кг}$$

$$m_2 = \frac{I^2 R \tau_2}{c \Delta t} - m_1 \quad m_2 = 2 \text{ кг}$$

Відповідь: $m_1 = \frac{I^2 R \tau_1}{\lambda}$; $m_2 = \frac{I^2 R \tau_2}{c \Delta t} - m_1$; $m_1 = 1,43 \text{ кг}$; $m_2 = 2 \text{ кг}$