

Розв'язки задач обласної учнівської олімпіади з фізики (9 клас)

Задача 1. Кусок сплаву золота і срібла у повітрі має вагу $P_0 = 3,0$ Н, а у воді – $P_B = 2,756$ Н. Визначити масу золота і срібла у сплаві. Густина золота $\rho_3 = 19300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, густина срібла $\rho_c = 10500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, густина води $\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Розв'язок:

Маса сплаву $m_0 = m_3 + m_c = \frac{P_0}{g}$, де m_3 і m_c – маса золота і срібла, відповідно.

Враховуючи закон Архімеда вага сплаву у воді

$$P_B = P_0 - \rho_B g V, \quad (1)$$

де V – об'єм сплаву, який можна представити як

$$V = V_3 + V_c = \frac{m_3}{\rho_3} + \frac{m_c}{\rho_c}. \quad (2)$$

З (1) і (2) маємо

$$P_B = P_0 - \rho_B g \left(\frac{m_3}{\rho_3} + \frac{m_c}{\rho_c} \right)$$

Представивши масу срібла як $m_c = \frac{P_0}{g} - m_3$ отримаємо

$$P_0 - P_B = \rho_B g \left(\frac{m_3}{\rho_3} + \frac{P_0}{\rho_c g} - \frac{m_3}{\rho_c} \right).$$

Звідки знаходимо, що

$$m_3 = \frac{(P_0 - P_B) \rho_3 \rho_c - P_0 \rho_3 \rho_B}{\rho_B g (\rho_c - \rho_3)}.$$

Вважаючи, що $g = 10$ м/с².

$$m_3 = \frac{(3 - 2,756) \cdot 19300 \cdot 10500 - 3 \cdot 1000 \cdot 19300}{1000 \cdot 10 \cdot (10500 - 19300)} = 96 \text{ г.}$$

Тоді маса срібла

$$m_c = \frac{P_0}{g} - m_3 = \frac{3}{10} - 0,096 = 204 \text{ г.}$$

Відповідь: маса золота у сплаві 96 г, маса срібла – 204 г.

Задача 2. У посудину налили води при температурі $T = 300 \text{ К}$ і поставили на плиту. Через час $t_1 = 20 \text{ хв.}$ вода закипіла. Через який час википить половина води? Теплоємністю посудини знехтувати, теплову потужність плити вважати сталою. Питома теплоємність води $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, питома теплоємність пароутворення води становить $L = 2260 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Розв'язок:

Для нагрівання води до кипіння була витрачена кількість теплоти

$$Q_1 = cm(T_k - T) = Nt_1, \quad (1)$$

де N – потужність плити, m – маса води, температура кипіння води $T_k = 373 \text{ К}$.

Для випаровування води потрібно витратити кількість теплоти

$$Q_2 = \frac{m}{2}L = N \cdot t_2. \quad (2)$$

Поділивши рівняння (1) на (2), знайдемо t_2

$$t_2 = \frac{Lt_1}{2(T_k - T) \cdot c} = 74 \text{ хв.}$$

Відповідь: половина води википить через 74 хв.

Задача 3. Для визначення питомого опору резистивної дротини використовують методи точного вимірювання струму (рис. 1) та вимірювання напруги на дротині (рис. 2). У першому випадку вольтметр показав $U = 0,74$ В, а міліамперметр $I = 140$ мА. У другій схемі вольтметр показав $U = 0,70$ В, а міліамперметр $I = 140$ мА. Внутрішній опір вольтметра $R_V = 2500$ Ом, внутрішній опір міліамперметра $R_A = 0,15$ Ом. Знайдіть питомий опір дротини довжиною $l = 50$ см і площею поперечного перетину $S = 0,1$ мм² в обидвох випадках.

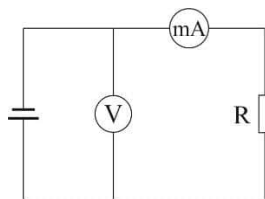


Рис. 1

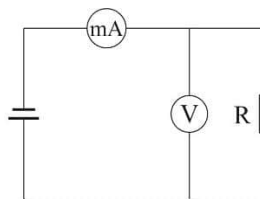


Рис. 2

Розв'язок:

Розглянемо метод точного вимірювання струму (рис. 1). Вольтметр покаже напругу, яка є сумою напруг на мікроамперметрі та дротині:

$$U = U_A + U_R.$$

Позначимо сумарний опір мікроамперметра і дротини R_1 . Тоді

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{0,74}{0,14}, \quad R_1 = 5,28 \text{ ом.}$$

Отже, опір дротини становить

$$R = R_1 - R_A = 5,28 - 0,15 = 5,13 \text{ Ом.}$$

Звідки питомий опір становитиме

$$\rho = \frac{RS}{l} = 1,03 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Розглянемо метод вимірювання спаду напруги (рис. 2). Опір ділянки кола, що містить паралельно з'єднані вольтметр та дротину становитиме:

$$R_2 = \frac{U}{I} = 5 \text{ Ом.}$$

Для паралельного з'єднання опорів вольтметра та дротини маємо

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R}.$$

Звідки

$$R = \frac{5 \cdot 2500}{2500 - 5} = 5,01 \text{ Ом.}$$

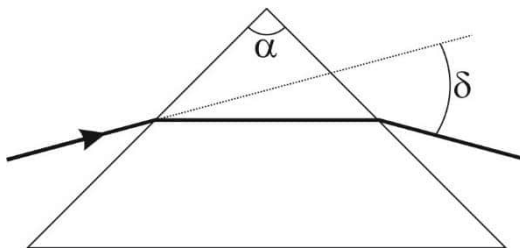
Тоді

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{5,01 \cdot 0,1}{0,5} = 1,0 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

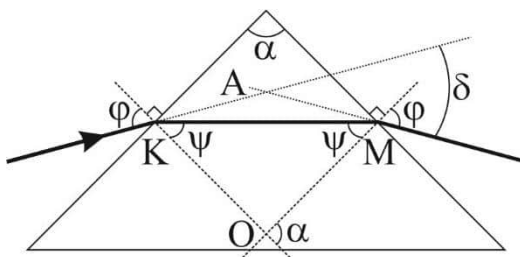
Відповідь: у методі точного вимірювання струму визначений питомий опір становитиме $1,03 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, а у методі вимірювання спаду напруги – $1,00 \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

P.S. Відмінність у результатах, отриманих цими методами, зумовлена неідеальністю вимірювальних приладів. Ідеальний амперметр не мав би мати опору, а вольтметр – мав би мати нескінченно великий опір. Однак, реальні амперметри мають малий, а реальні вольтметри – великий опір.

Задача 4. Знайти показник заломлення рівнобедреної призми із заломлюючим кутом $\alpha = 60^\circ$ (див. рис.), якщо при симетричному ході променів через неї кут відхилення променя від початкового напрямку $\delta = 30^\circ$.



Розв'язок:



Із закону заломлення світла

$$n = \frac{\sin\varphi}{\sin\psi}. \quad (1)$$

Зовнішній кут трикутника ΔKOM дорівнюватиме α , як кут між перпендикулярами до граней призми (див. рис.). Тоді за властивістю зовнішнього кута

$$\alpha = 2\psi. \quad (2)$$

Кути $\angle AKM$ та $\angle AMK$ рівні і дорівнюють $\varphi - \psi$. Тоді, оскільки кут δ є зовнішнім для трикутника ΔKAM , то

$$\delta = 2\varphi - 2\psi. \quad (3)$$

З (2) і (3) знаходимо

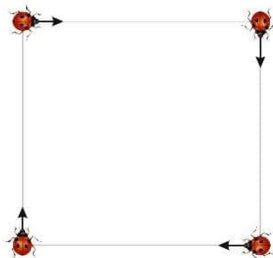
$$\psi = \frac{\alpha}{2} \text{ і } \varphi = \frac{\alpha + \delta}{2}.$$

Підставивши ці вирази в (1) маємо

$$n = \frac{\sin\varphi}{\sin\psi} = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} = 1,41.$$

Відповідь: показник заломлення матеріалу призми становить 1,41.

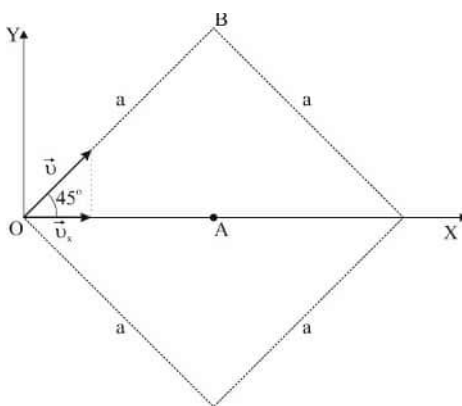
Задача 5. Чотири сонечка, які в початковий момент часу знаходяться у вершинах квадрата із стороною 10 см, одночасно починають рухатись зі швидкістю 5 мм/с таким чином, що в будь-який момент часу кожне сонечко рухається у напрямку сусіднього, як показано на рисунку. Через який час сонечки зустрінуться?



Розв'язок

З огляду на симетрію розташування сонечок в початковий момент часу, симетрію напрямків руху та те, що їх швидкості є однакові за модулем зрозуміло, що в будь-який момент часу до зустрічі сонечки знаходяться у вершинах квадрата. Також із міркувань симетрії зрозуміло, що місцем зустрічі сонечок буде центр квадрата (точка А на рис.). Враховуючи це, розглянемо рух сонечка, яке в початковий момент часу знаходиться в точці О. Виберемо для опису її руху таку систему координат із початком в точці О, щоби вісь ОХ в будь-який момент часу була спрямована до центра квадрата. З рисунка видно, що швидкість (\vec{v}_x), з якою сонечко наближатиметься до точки А, є постійною в часі, а її модуль дорівнює довжині проекції її швидкості \vec{v} на вісь ОХ. Тоді

$$v_x = v \cdot \cos 45^\circ$$



Оскільки відстань $|OA|$ дорівнює $a \cos 45$, то на те, щоби добратись з точки О в точку А, сонечко затратить час

$$t = \frac{a \cos 45}{v \cdot \cos 45} = \frac{a}{v} = 20 \text{ с.}$$

Відповідь: сонечки зустрінуться через 20 с.