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 – $P_в = 2{,}756$ Н. Визначити масу золота і срібла у сплаві. Густина золота $\rho_з = 19300\,\frac{кг}{м^3}$, густина срібла $\rho_c = 10500\,\frac{кг}{м^3}$, густина води $\rho_в = 1000\,\frac{кг}{м^3}$.

Розв'язок:

Маса сплаву $m_0 = m_з + m_c = \frac{P_0}{g}$, де $m_з$ і m_c – маса золота і срібла, відповідно.
Враховауючи закон Архімеда вага сплаву у воді

$$P_в = P_0 - \rho_в g V, \qquad (1)$$

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

$$V = V_з + V_c = \frac{m_з}{\rho_з} + \frac{m_c}{\rho_c}. \qquad (2)$$

З (1) і (2) маємо $$P_в = P_0 - \rho_в g \left(\frac{m_з}{\rho_з} + \frac{m_c}{\rho_c}\right)$$

Представивши масу срібла як $m_c = \frac{p_0}{g} - m_з$ отримаємо

$$P_0 - P_в = \rho_в g \left(\frac{m_з}{\rho_з} + \frac{P_0}{\rho_c g} - \frac{m_з}{\rho_c}\right).$$

Звідки знаходимо, що

$$m_з = \frac{(P_0 - P_в)\rho_з \rho_c - P_0 \rho_з \rho_в}{\rho_в g (\rho_c - \rho_з)}.$$

Вважаючи, що $g = 10$ м/с^2.

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

Тоді маса срібла

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

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

Задача 2. У посудину налили води при температурі T= 300 K і поставили на плиту. Через час t_1 = 20 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

$$Q_1 = cm(T_k - T) = Nt_1, \tag{1}$$

де N – потужність плити, m – маса води, температура кипіння води $T_к$= 373 К.

Для випаровування води потрібно витратити кількість теплоти

$$Q_2 = \frac{m}{2}L = N \cdot t_2\,. \tag{2}$$

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 $S = 0{,}1$ мм^2 в обидвох випадках.

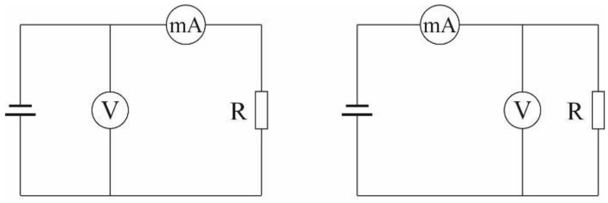


Рис. 1 Рис. 2

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

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

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

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

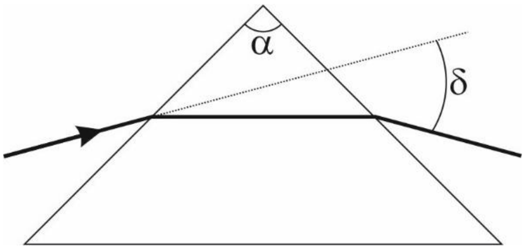
Тоді

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

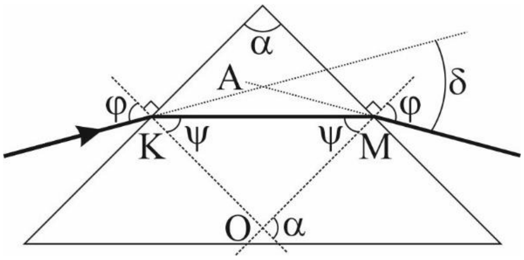
Відповідь: у методі точного вимірювання струму визначений питомий опір становитиме 1,03 Ом·мм^2/м, а у методі вимірювання спаду напруги – 1,00·Ом мм^2/м.

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 $\alpha = 60^0$ (див. рис.), якщо при симетричному ході променів через неї кут відхилення променя від початкового напрямку $\delta = 30^0$.



Розв'язок:



Із закону заломлення світла

$$n = \frac{sin\varphi}{sin\psi}. \tag{1}$$

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

$$\alpha = 2\psi. \tag{2}$$

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

$$\delta = 2\varphi - 2\psi. \tag{3}$$

З (2) і (3) знаходимо

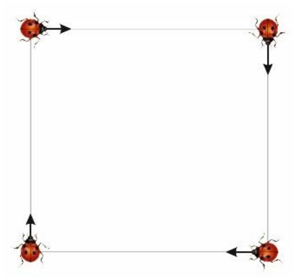
$$\psi = \frac{\alpha}{2} \text{ і } \varphi = \frac{\alpha+\delta}{2}.$$

Підставивши ці вирази в (1) маємо

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

Відповідь: показник заломлення матеріалу призми становить 1,41.

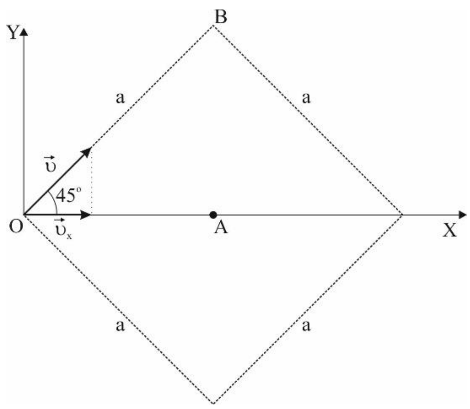
Задача 5. Чотири сонечка, які в початковий момент часу знаходяться у вершинах квадрата із стороною 10 см, одночасно починають рухатись зі швидкістю 5 мм/с таким чином, що в будь-який момент часу кожне сонечко рухається у напрямку сусіднього, як показано на рисунку. Через який час сонечки зустрінуться?



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 знаходитимуться 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 ($\vec{\upsilon}_x$), з якою сонечко наближатиметься до точки А, є постійною в часі, а її модуль дорівнює довжині проекції її швидкості $\vec{\upsilon}$ на вісь ОХ. Тоді

$$\upsilon_x = \upsilon \cdot \cos 45^o$$



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

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

Відповідь: сонечки зустрінуться через 20 с.