

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 04 грудня 2024 року  
8 клас

1. Нехай  $n_1$  – початкова концентрація кави в розчині,  $n_2$  – кінцева,  $M$  – маса розчину,  $m$  – маса льоду. Тоді маса чистої кави в розчині дорівнює  $Mn_1 = (M+m)n_2$ , і співвідношення концентрацій виражено через відношення мас  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{M}{M+m}$

Щоб знайти відношення мас розчину кави та льоду, запишемо рівняння теплового балансу. Розчин кави видає кількість теплоти  $cM(t_1 - t_2)$ ,

лід отримує кількість теплоти  $\lambda m + cmt_2$   
тому  $cM(t_1 - t_2) = \lambda m + cmt_2$ , і  $\frac{m}{M} = \frac{c(t_1 - t_2)}{\lambda + ct_2}$

Використовуючи це співвідношення, отримуємо шукане відношення концентрацій  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda + ct_2}{\lambda + ct_1} = 0,72$

Відповідно, концентрація кави в розчині зменшиться на 28 відсотків.

2. Зусилля у повітрі  $F = mg = 150$  Н. У воді  $F = m_{\kappa}g - \rho_{\text{в}}gV_{\kappa}$ .  $F = \rho_{\kappa}V_{\kappa}g - \rho_{\text{в}}gV_{\kappa}$ .

Звідси  $V_{\kappa} = \frac{F}{g(\rho_{\kappa} - \rho_{\text{в}})} = 0,01$  м<sup>3</sup>. Тоді його маса  $m = \rho_{\kappa}V = 25$  кг.

3.  $v_c = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{45}{2} = 22,5$   $\frac{\text{км}}{\text{год}}$ . Першу половину часу велосипедист їхав швидше, отже

проїхав більшу частину шляху. Тому на першій половині шляху  $v_1 = 30$   $\frac{\text{км}}{\text{год}}$ . Формула

середньої швидкості  $v_c = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}$ , де  $v_1$  – швидкість на першій половині шляху,  $v_2$  –

швидкість на другій половині шляху.  $(v_1 + v_2) \cdot v_c = 2v_1 \cdot v_2$ ,  $v_1 v_c + v_2 v_c = 2v_1 v_2$ ,

$$v_2 = \frac{v_1 v_c}{2v_1 - v_c} = \frac{30 \cdot 22,5}{60 - 22,5} = 18 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

Прийняти за правильну відповідь: середня швидкість велосипедиста на другій половині шляху 15 км/год.

4. Нехай сторони цегли  $a, b, c$ . Запишемо співвідношення для визначення тиску в кожному

випадку:  $p_1 = \frac{mg}{ab}$ ;  $p_2 = \frac{mg}{bc}$ ;  $p_3 = \frac{mg}{ac}$ . Перемножимо ці три рівняння.

$$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \frac{m^3 g^3}{a^2 b^2 c^2} \quad (1). \text{ Об'єм цеглини } V = a \cdot b \cdot c. \text{ Тоді } V^2 = a^2 \cdot b^2 \cdot c^2. \text{ Підставимо в (1)}$$

$$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \frac{m^3 g^3}{V^2}. \text{ Оскільки } \rho = \frac{m}{V}, \text{ то } p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \rho^2 m g^3. \text{ Звідси } m = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}{\rho^2 g^3}.$$

Після підстановки  $m = 3,125$  кг.

5.  $m_{c1} = 27$  г.  $V_{\text{в}} = 100$  мл, отже  $m_{\text{в}} = 100$  г.  $t_0 = 30$  °С.  $t_1 = 70$  °С.  $m_{c2} = 9$  г.

$$\eta = \frac{m_{\text{в}} c (t_1 - t_0)}{q (m_{c1} - m_{c2})} \cdot 100\% \approx 4,66\%.$$

**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 04 грудня 2024 року  
9 клас**

1. Частота зіткнень катера з хвилями при русі проти хвиль 4 Гц, при попутному русі 2 Гц.

Довжина хвилі згідно умови 4 м. Під час руху катера проти хвиль  $\lambda = \frac{v_k + v_x}{v_1}$  (1), за хвилями

–  $\lambda = \frac{v_k - v_x}{v_2}$  (2). Тоді  $v_k + v_x = \lambda \cdot v_1 = 16$  м/с;  $v_k - v_x = \lambda \cdot v_2 = 8$  м/с. З цих рівнянь

$2v_k = 24$  м/с.  $v_k = 12$  м/с. Швидкість хвилі  $v_x = 4$  м/с.

2. За напруги 15 В сила струму  $I = 3$  А.  $q = It = 60$  Кл.  $R = \frac{U}{I} = 5$  Ом. З формули

$R = \rho \frac{l}{S}$  визначаємо довжину дроту.  $l = \frac{RS}{\rho} = 2,5$  м.

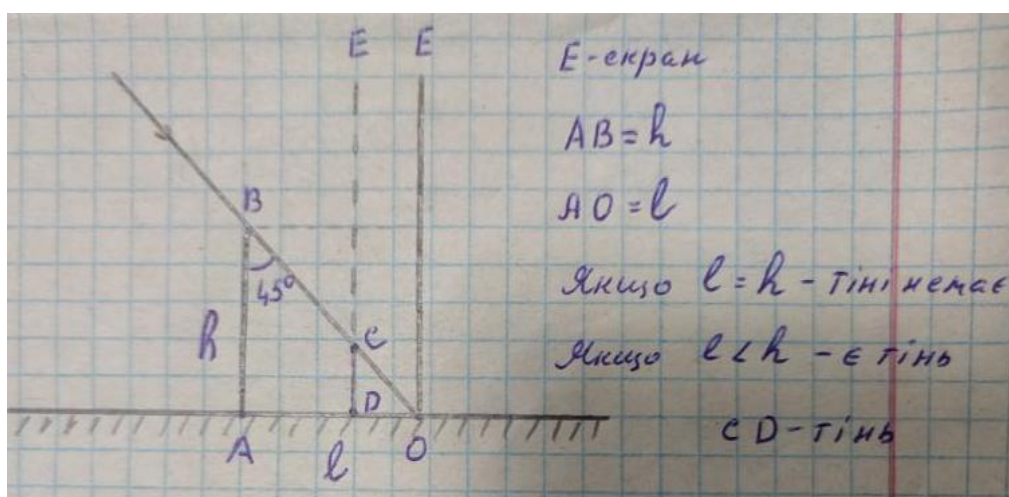
3. З таблиці бачимо, що від 6 до 7 хвилини в посудині була лише вода, яка нагрілася на  $6^\circ\text{C}$ . Для нагрівання всієї води на  $6^\circ\text{C}$  за  $t_1 = 1$  хв = 60 с запишемо:  $Pt_1 = mc\Delta t$ . Звідси маса всієї

води (тобто води, яка була в посудині і води, яка утворилася з льоду)  $m = \frac{Pt_1}{c\Delta t} \approx 0,8$  кг.

Оскільки нагрівник працює однаково, то можна зробити висновок, що на кінець 5-ї хвилини температура була  $10^\circ\text{C}$ , а на кінець 4-ї  $4^\circ\text{C}$ . Оскільки на кінець 3-ї хвилини температура була  $0^\circ\text{C}$ , то весь лід розтав між третьою і четвертою хвилинами. Якщо на  $6^\circ\text{C}$  вода нагрівалася за 1 хв (60 с), то на  $4^\circ\text{C}$  вона нагрілася за 40 с. Отже весь лід розтав в момент часу

$t = 3$  хв 20 с = 200 с. Можемо записати  $Pt = \lambda m_n$ . Звідси  $m_n = \frac{Pt}{\lambda} = 0,2$  кг. Отже початкова

маса води була 0,6 кг.



4.

5.  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ . З малюнка  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\gamma = 40^\circ$ .  $n = \frac{\sqrt{3}}{0,64} \approx 1,35$ . Вважати правильним визначення

$\sin \gamma$  - це відношення протилежного катета до гіпотенузи в прямокутному трикутнику.

**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 04 грудня 2024 року**  
**10 клас**

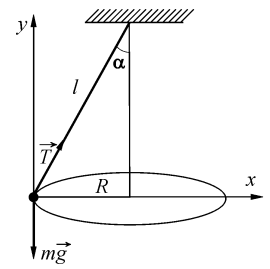
1. Зобразимо сили, які діють на кульку і запишемо II закон Ньютона в проекціях на горизонтальну і вертикальну осі.

Ох:  $ma = T \cdot \sin \beta$  (1), де  $a = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l \cdot \sin \beta}$  – доцентрове прискорення.

Оу:  $mg = T \cdot \cos \beta$  (2). Поділивши перше рівняння на друге, отримаємо

$\frac{v^2}{g \cdot l \cdot \sin \beta} = \text{tg} \beta$ . Звідси  $v = \sqrt{g \cdot l \cdot \sin \beta \cdot \text{tg} \beta}$ . Після підстановки

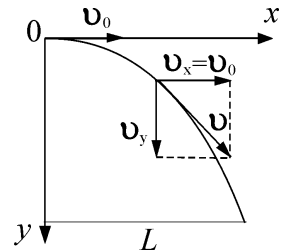
$$v = \sqrt{10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,7 \cdot 1} \approx 2,64 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$



2. Виберемо систему координат, початок відліку якої розмістимо в точці кидання. Вісь  $Ox$  спрямуємо горизонтально, а вісь  $Oy$  вертикально вниз. Рух тіла можна представити як результат додавання рівномірного руху з швидкістю  $u_0$  в горизонтальному напрямку і рівноприскореного руху без початкової швидкості у вертикальному напрямку.

Проекції швидкості на осі:  $u_x = u_{0x} = u_0$ ,  $u_y = g_y t = gt$ . Швидкість

руху  $v = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$ . Час руху визначимо із співвідношення:  $t = \frac{L}{u_x} = \frac{8 \text{ м}}{4 \frac{\text{М}}{\text{с}}} = 2 \text{ с}$ . Тоді проекція



швидкості на вісь  $Oy$   $u_y = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . Кінцева швидкість руху

$$v = \sqrt{16 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} + 400 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2}} \approx 20,4 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

3. Нехай опір вольтметра  $R_V$ , його покази  $U_V$ . В першому колі сила струму однакова  $I_1 = \frac{U_V}{R_V}$ . Тоді для нього можна записати  $U_0 = I_1 R + 3U_V = U_V \frac{R}{R_V} + 3U_V$ .

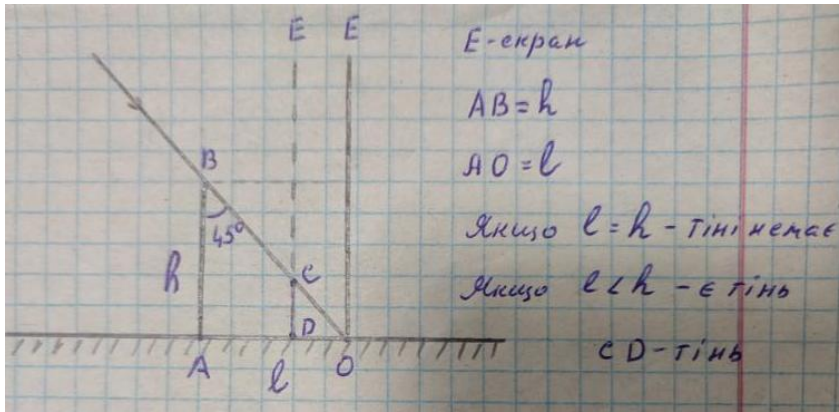
$$\text{Або } U_0 = U_V \left( \frac{R}{R_V} + 3 \right), \quad \frac{U_0}{U_V} = \frac{R}{R_V} + 3 \quad (1).$$

В другому колі сила струму, що проходить через резистор дорівнює суму сил струмів, що проходять через кожен паралельно з'єднаний вольтметр  $I_2 = \frac{3U_V}{R_V}$ . Напряга на вольтметрах

однакова, тому  $U_0 = I_2 R + U_V = 3U_V \frac{R}{R_V} + U_V$ . Або  $U_0 = U_V \left( 3 \frac{R}{R_V} + 1 \right)$ ,  $\frac{U_0}{U_V} = \frac{3R}{R_V} + 1$  (2).

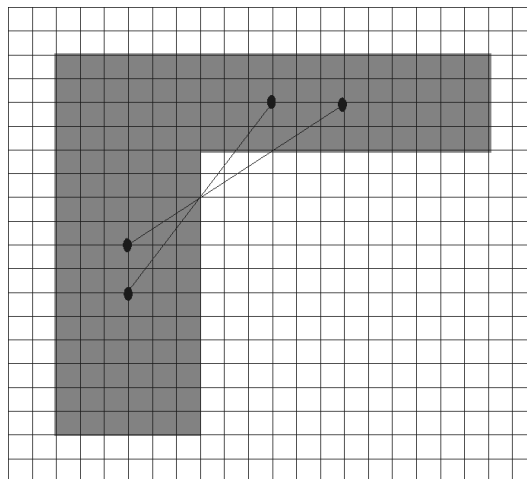
Ліві частини рівнянь (1) та (2) рівні, тому рівні і праві частини.  $\frac{R}{R_V} + 3 = \frac{3R}{R_V} + 1$ . Звідси

$$\frac{R}{R_V} = 1. \text{ Підставимо в (1) } \frac{U_0}{U_V} = 4. \quad U_V = 3 \text{ В}.$$



4.

5. Розбивають фігуру на два прямокутники і визначають центр мас кожного. Він знаходиться на перетині діагоналей. Сполучають їх лінією. Потім розбивають фігуру на два прямокутники іншим способом і роблять аналогічну побудову. Перетин двох ліній дає центр мас фігури.



**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 04 грудня 2024 року  
11 клас**

1. Ділянка 1-2 це ізобарне розширення. Температура точки 2 більша за температуру точки 1. Газ на цій ділянці тепло отримує. Згідно I закону термодинаміки  $Q = A + \Delta U$ . Оскільки газ

ідеальний одноатомний, то  $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ . Враховуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона

$pV = \nu RT$ , можна записати:  $\Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V$ . Робота газу  $A = p \Delta V$ . Отже  $Q = \frac{5}{2} p \Delta V$ . З графіка

$p = 3 \cdot 10^5$  Па,  $\Delta V = 1,5$  л =  $1,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Підставивши значення, отримаємо:

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1125 \text{ Дж}.$$

2. На провідник діє сила Ампера  $F_A = IBl$ . Під дією цієї сили він набуває прискорення

$a = \frac{F_A}{m} = \frac{IBl}{m}$ . Із законів кінематики.  $a = \frac{v^2}{2s}$ . Прирівнюємо вирази:  $\frac{IBl}{m} = \frac{v^2}{2s}$ . Звідси

$$I = \frac{mv^2}{2Bl s}. \quad I = 0,5 \text{ А}.$$

3. Визначимо швидкість бруска і кулі після взаємодії із закону збереження

імпульсу:  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$ . Звідси  $v = 10$  м/с. Згідно закону збереження енергії

$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$ .  $x_0 = v \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} = 10$  см. Брусок і куля на пружині здійснюватимуть

гармонічні коливання з амплітудою 10 см. Циклічна частота коливань

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Запишемо рівняння гармонічних коливань за законом синуса,

оскільки в початковий момент часу зміщення  $x = 0$ :  $x = x_0 \sin \omega t$ , де  $x = 5$  см,  $x_0 = 10$  см.

$$5 = 10 \sin 100t; \quad \sin 100t = \frac{1}{2} = 0,5; \quad 100t = \frac{\pi}{6}; \quad t \approx 0,005 \text{ с}.$$

4. Запишемо закон Ома для замкнутого кола:  $r + R_A + R_V = \frac{\mathcal{E}}{I}$  (1). Струм

через вольтметр  $I = \frac{U}{R_V}$ , де  $U$  – покази вольтметра. Після під'єднання

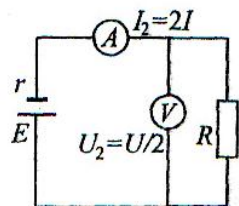
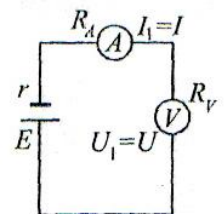
резистора струм через вольтметр  $I_{V2} = \frac{U_2}{R_V} = \frac{U}{2R_V} = \frac{I}{2}$ , оскільки покази

вольтметра зменшилися вдвічі. Струм через резистор

$$I_R = I_2 - I_{V2} = 2I - \frac{I}{2} = \frac{3I}{2}. \quad R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_2}{I_R} = \frac{U \cdot 2}{2 \cdot \frac{3I}{2}} = \frac{R_V}{3}.$$

Загальний опір кола у другому випадку

$$R_x = r + R_A + \frac{R_V R}{R_V + R} = r + R_A + \frac{R_V^2}{4R_V + 3}. \quad \text{Тоді закон Ома:}$$



$$r + R_A + \frac{R_V}{4} = \frac{\mathcal{E}}{2I} \quad (2). \quad \text{Від (1) віднімемо (2): } \frac{3R_V}{4} = \frac{\mathcal{E}}{2I}. \quad \text{Звідси } IR_V = U = \frac{2}{3}\mathcal{E} = 6 \text{ В.}$$

$$U_2 = \frac{U_1}{2} = 3 \text{ В} - \text{новий показ вольтметра.}$$

5. На першому малюнку при замиканні кола струм проходить лише через котушку, оскільки діод ввімкнений в зворотному напрямі, тому покази вольтметра дорівнюють нулю. При цьому сила струму в колі котушки  $I = 1,6 \text{ А}$ . Після розмикання кола (другий малюнок) струм самоіндукції заряджає конденсатор і тому напруга на ньому відмінна від нуля. В даному випадку  $U = 4 \text{ В}$ . Із закону збереження енергії  $\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$ .  $L = \frac{CU^2}{I^2}$ , де  $C$  – ємність конденсатора. З малюнка  $C = 4 \text{ мкФ}$ . Підставивши значення  $L = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$ .