

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року
7 клас

1. Під час зупинки швидкість тіла рівна нулю. На графіку є дві такі ділянки: від 30 до 60 та від 80 до 100 секунди руху. До першої зупинки тіло рухалося 30 с з швидкістю 15 м/с. Тоді з формули $l = v \cdot t$ визначаємо пройдений шлях. Після підстановки значень отримаємо:

$$l = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 30 \text{ с} = 450 \text{ м}$$

2. Швидкість теплохода відносно Землі за течією $u+u_t$, а проти течії $u-u_t$. Відстань, яку теплохід пропливає за течією $(u+u_t) \cdot t_1$, проти течії – $(u-u_t) \cdot t_2$. Ці відстані однакові, тому $(u+u_t) \cdot t_1 = (u-u_t) \cdot t_2$. Підставимо числові значення і розв'яжемо рівняння: $(u+2) \cdot 9 = (u-2) \cdot 11$ або $11u - 9u = 22+18$. Звідси $u = 20$ км/год.

3. Як видно з табличних даних, починаючи з об'єму 400 см^3 , доливання $\Delta V = 50 \text{ см}^3$ рідини збільшує висоту на $\Delta h = 1 \text{ см}$. Це означає, що кульки вже повністю покриті рідиною. Отже

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta h} = 50 \text{ см}^2$$

площа перерізу склянки

Для будь-якої висоти, коли кульки повністю покриті рідиною, наприклад $h = 14 \text{ см}$, можна

записати: $Sh = V_{\text{кул}} + V_{\text{рід}}$, де $V_{\text{рід}} = 500 \text{ см}^3$ (взято з таблиці).

Тоді $V_{\text{кул}} = 50 \text{ см}^2 \cdot 14 \text{ см} - 500 \text{ см}^3 = 200 \text{ см}^3$. Отже об'єм однієї кульки 50 см^3 .

4. $v_c = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{45}{2} = 22,5 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. 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 u_1 – швидкість на першій половині шляху, u_2 – швидкість на другій половині шляху. $(v_1 + v_2) \cdot v_c = 2v_1 \cdot v_2$, $v_1 v_c + v_2 v_c = 2v_1 v_2$,

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

5. З малюнків $R = 5 \text{ см}$, $t = 16 \text{ с}$. $T = \frac{t}{N} = 0,8 \text{ с}$. $n = \frac{1}{T} = 1,25 \text{ об/с}$. $v = \frac{2\pi R}{T} \approx 0,39 \text{ м/с}$.

**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року
8 клас**

1. Об'єму води $V_1=5$ л відповідає маса води $m_1=5$ кг. За рахунок кількості теплоти, яку віддає тепла вода, лід плавиться і вода, яка утвориться з льоду нагрівається до 10°C . Рівняння теплового балансу: $Q_1=Q_2+Q_3$.

$$Q_1 = m_1 c(t_0 - t) ; \quad Q_2 = \lambda m_2 ; \quad Q_3 = m_2 c(t - 0^\circ\text{C}) = m_2 c t$$

$$m_1 c(t_0 - t) = \lambda m_2 + m_2 c t \quad \text{Звідси} \quad t_0 = \frac{\lambda m_2 + (m_2 + m_1) c t}{m_1 c} \quad \text{Підставивши значення фізичних}$$

$$t_0 = \frac{332000 \cdot 1 \text{ кг} + 6 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10^\circ\text{C}}{1 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} \quad \text{величин, отримаємо:} \quad t_0 \approx 27,8^\circ\text{C}.$$

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

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

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 u_1 – швидкість на першій половині шляху, u_2 –

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

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

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. $V_b=100$ мл, отже $m_b=100$ г. $t_0=30^\circ\text{C}$. $t_1=70^\circ\text{C}$. $m_{c2}=9$ г.

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

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року 9 клас

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

$$\lambda = \frac{v_k + v_x}{v_1} \quad (1), \text{ за хвилями}$$

Довжина хвилі згідно умови 4 м. Під час руху катера проти хвиль

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

$$2v_k = 24 \text{ м/с}, \quad v_k = 12 \text{ м/с}. \text{ Швидкість хвилі } v_x = 4 \text{ м/с}.$$

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

$$l = \frac{RS}{\rho} = 2,5 \text{ м}.$$

визначаємо довжину дроту.

3. З таблиці бачимо, що від 6 до 7 хвилини в посудині була лише вода, яка нагрілася на 6°C .

Для нагрівання всієї води на 6°C за $t_1 = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$ запишемо: $Pt_1 = mc\Delta t$. Звідси маса всієї

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

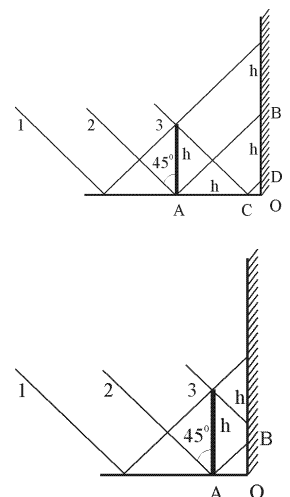
Оскільки нагрівник працює однаково, то можна зробити висновок, що на кінець 5-ї хвилини температура була 10°C , а на кінець 4-ї 4°C . Оскільки на кінець 3-ї хвилини температура була 0°C , то весь лід розтав між третьою і четвертою хвилинами. Якщо на 6°C вода нагрівалася за 1 хв (60 с), то на 4°C вона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

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

маса води була 0,6 кг.

4. Частина тіні на екрані утворюється за рахунок відбитих променів 1 і 2, на шляху яких знаходиться предмет. Оскільки падаючі промені 1 і 2 паралельні, то і відбиті від дзеркала теж паралельні. Площина екрана паралельна предмету, отже висота цієї частини тіні становить h .

Друга частина тіні утворюється за рахунок тіні від предмета на дзеркалі, яка утворюється променями 2 і 3. $AC = h$, оскільки кут падіння 45° . Якщо $l > h$, то аналогічно відбиті промені паралельні, а оскільки кути падіння і відбивання 45° , то $AO = BO = l$, $CO = OD = l - h$, отже $AC = BD = h$. Якщо $l = h$, точки С і D співпадають з точкою О. Отже, для $l \geq h$ довжина тіні буде $2h$. Якщо ж $l < h$ (другий малюнок), $AO = BO = l$ і довжина тіні на екрані буде $l + h$.



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

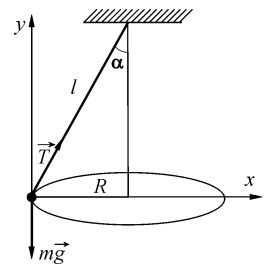
**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року
10 клас**

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

Ох: $ma = T \cdot \sin \alpha$ (1), де $a = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l \cdot \sin \alpha}$ – доцентрове прискорення. Оу: $mg = T \cdot \cos \alpha$ (2). Поділивши перше рівняння на друге, отримаємо

$$\frac{v^2}{g \cdot l \cdot \sin \alpha} = \tan \alpha \quad \text{Звідси} \quad v = \sqrt{g \cdot l \cdot \sin \alpha \cdot \tan \alpha} \quad \text{Після підстановки}$$

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



2. Виберемо систему координат, початок відліку якої розмістимо в точці кидання. Вісь Ох спрямуємо горизонтально, а вісь Оу 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.

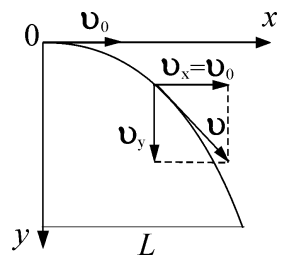
Проекції швидкості на осі: $u_x = u_{0x} = u_0$, $u_y = g_y t = gt$. Швидкість руху

$$t = \frac{L}{u_x} = \frac{8 \text{ м}}{4 \frac{\text{М}}{\text{с}}} = 2 \text{ с}$$

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. Час руху визначимо із співвідношення:

швидкості на вісь Оу $v_y = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 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. Визначимо швидкість бруска і кулі після взаємодії із закону збереження

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

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} \quad x_0 = v \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} = 10 \text{ см}$$

Брусок і куля на пружині здійснюватимуть гармонічні коливання з амплітудою 10 см. Циклічна частота коливань

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

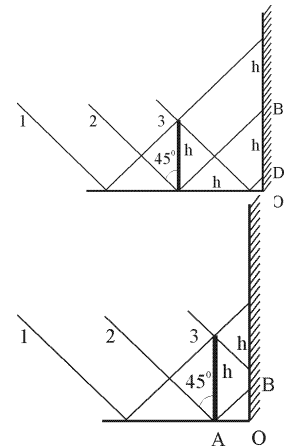
. Запишемо рівняння гармонічних коливань за законом синуса, оскільки в початковий момент часу зміщення $x = 0$: $x = x_0 \sin \omega t$, де $x=5$ см, $x_0=10$ см.

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

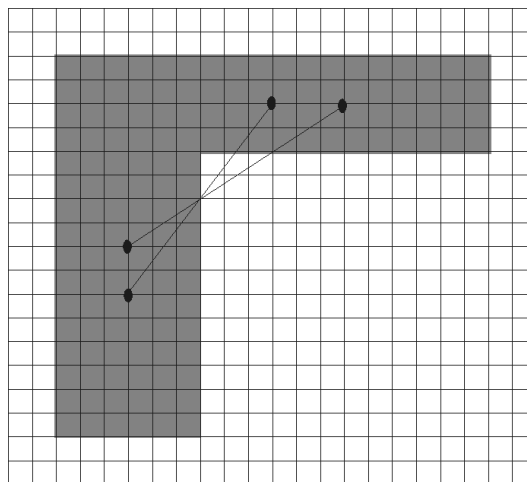
4. Частина тіні на екрані утворюється за рахунок відбитих променів 1 і 2, на шляху яких знаходиться предмет. Оскільки падаючі промені 1 і 2 паралельні, то і відбиті від дзеркала теж паралельні. Площина екрана паралельна предмету, отже висота цієї частини тіні становить h .

Друга частина тіні утворюється за рахунок тіні від предмета на дзеркалі, яка утворюється променями 2 і 3. $AC=h$, оскільки кут падіння 45° . Якщо $l > h$, то аналогічно відбиті промені паралельні, а оскільки кути падіння і відбивання 45° , то $AO=BO=l$, $CO=OD=l-h$, отже $AC=BD=h$. Якщо $l=h$, точки С і D співпадають з точкою О. Отже, для

$l \geq h$ довжина тіні буде $2h$. Якщо ж $l < h$ (другий малюнок), $AO=BO=l$ і довжина тіні на екрані буде $l+h$.



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. 28 грудня 2021 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 $= 1,5 \cdot 10^{-3}$ м³. 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

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{IBl}{m} \quad a = \frac{v^2}{2s} \quad \frac{IBl}{m} = \frac{v^2}{2s} \quad \text{Звідси}$$

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

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

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

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: $r + R_A + R_V = \frac{\varepsilon}{I}$ (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

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

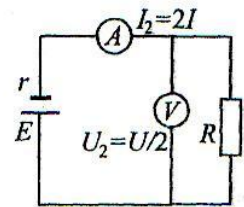
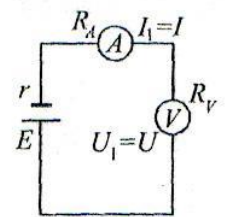
Загальний опір кола у другому випадку

$$R_x = r + R_A + \frac{R_V R}{R_V + R} = r + R_A + \frac{\frac{R_V^2}{3}}{3} .$$

Тоді закон Ома:

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

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



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 $L = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$.