Розв'язки завдань ІІ 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 $l = \upsilon \cdot t$ 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 $u+u_т$, а проти течії $u-u_т$. Відстань, яку теплохід пропливає за течією $(u+u_т)\cdot t_1$, проти течії – $(u-u_т)\cdot t_2$. Ці відстані однакові, тому $(u+u_т)\cdot t_1 = (u-u_т)\cdot t_2$. 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 ΔV=50 см^3 рідини збільшує висоту на Δh=1 см. Це означає, що кульки вже повністю покриті рідиною. Отже площа перерізу склянки $S = \frac{\Delta V}{\Delta h} = 50\ \text{см}^2$.
Для будь-якої висоти, коли кульки повністю покриті рідиною, наприклад h=14 см, можна записати: $Sh = V_{\text{кул}} + V_{\text{рід}}$, де $V_{\text{рід}}$=500 см^3 (взято з таблиці).
Тоді $V_{\text{кул}}$=50 см$^2\cdot$ 14 см-500 см^3=200 см^3. Отже об'єм однієї кульки 50 см^3.

4. $\upsilon_c = \frac{\upsilon_1+\upsilon_2}{2} = \frac{45}{2} = 22{,}5\,\frac{\text{км}}{\text{год}}$. Першу половину часу велосипедист їхав швидше, отже проїхав більшу частину шляху. Тому на першій половині шляху $\upsilon_1 = 30\,\frac{\text{км}}{\text{год}}$. Формула середньої швидкості $\upsilon_c = \frac{2\upsilon_1\cdot\upsilon_2}{\upsilon_1+\upsilon_2}$, де u_1 – швидкість на першій половині шляху, u_2 – швидкість на другій половині шляху. $(\upsilon_1+\upsilon_2)\cdot\upsilon_c = 2\upsilon_1\cdot\upsilon_2$, $\upsilon_1\upsilon_c + \upsilon_2\upsilon_c = 2\upsilon_1\upsilon_2$, $\upsilon_2 = \frac{\upsilon_1\upsilon_c}{2\upsilon_1-\upsilon_c} = \frac{30\cdot 22{,}5}{60-22{,}5} = 18\,\frac{\text{км}}{\text{год}}$.

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

Розв'язки завдань ІІ 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 ^{0}C. Рівняння теплового балансу: $Q_1=Q_2+Q_3$.

$Q_1 = m_1c(t_0 - t)$; $Q_2 = \lambda m_2$; $Q_3 = m_2c(t - 0^0C) = m_2ct$.

$m_1c(t_0 - t) = \lambda m_2 + m_2ct$. Звідси $t_0 = \dfrac{\lambda m_2 + (m_2 + m_1)ct}{m_1c}$. Підставивши значення фізичних величин, отримаємо: $t_0 = \dfrac{332000 \cdot 1\text{ кг} + 6\text{ кг} \cdot 4200 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^0\text{C}} \cdot 10^0\text{C}}{1\text{ кг} \cdot 4200 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^0\text{C}}}$. t_0≈27,8 ^{0}C.

2. Зусилля у повітрі $F = mg = 150$ Н. У воді $F = m_к g - \rho_в g V_к$. $F = \rho_к V_к g - \rho_в g V_к$.

Звідси $V_к = \dfrac{F}{g(\rho_к - \rho_в)} = 0{,}01$ м^3. Тоді його маса $m = \rho_к V = 25$ кг.

3. $\upsilon_c = \dfrac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2} = \dfrac{45}{2} = 22{,}5\dfrac{\text{км}}{\text{год}}$. Першу половину часу велосипедист їхав швидше, отже проїхав більшу частину шляху. Тому на першій половині шляху $\upsilon_1 = 30\dfrac{\text{км}}{\text{год}}$. Формула середньої швидкості $\upsilon_c = \dfrac{2\upsilon_1 \cdot \upsilon_2}{\upsilon_1 + \upsilon_2}$, де υ_1 – швидкість на першій половині шляху, υ_2 – швидкість на другій половині шляху. $(\upsilon_1 + \upsilon_2)\cdot\upsilon_c = 2\upsilon_1 \cdot \upsilon_2$, $\upsilon_1\upsilon_c + \upsilon_2\upsilon_c = 2\upsilon_1\upsilon_2$, $\upsilon_2 = \dfrac{\upsilon_1\upsilon_c}{2\upsilon_1 - \upsilon_c} = \dfrac{30 \cdot 22{,}5}{60 - 22{,}5} = 18\dfrac{\text{км}}{\text{год}}$.

4. Нехай сторони цегли a, b, c. Запишемо співвідношення для визначення тиску в кожному випадку: $p_1 = \dfrac{mg}{ab}$; $p_2 = \dfrac{mg}{bc}$; $p_3 = \dfrac{mg}{ac}$. Перемножимо ці три рівняння.

$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \dfrac{m^3g^3}{a^2b^2c^2}$ (1). Об'єм цеглини $V = a \cdot b \cdot c$. Тоді $V^2 = a^2 \cdot b^2 \cdot c^2$. Підставимо в (1) $p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \dfrac{m^3g^3}{V^2}$. Оскільки $\rho = \dfrac{m}{V}$, то $p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = \rho^2 m g^3$. Звідси $m = \dfrac{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}{\rho^2 g^3}$.

Після підстановки m = 3,125 кг.

5. $m_{с1}$=27 г. $V_в$= 100 мл, отже $m_в$=100 г. t_0=30 ^{0}C. t_1=70 ^{0}C. $m_{с2}$=9 г.

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

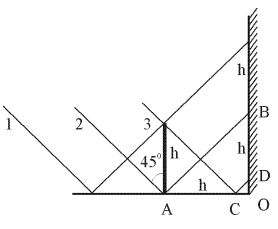
Розв'язки завдань ІІ етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року
9 клас

1. Частота зіткнень катера з хвилями при русі проти хвиль 4 Гц, при попутному русі 2 Гц. Довжина хвилі згідно умови 4 м. Під час руху катера проти хвиль $\lambda = \frac{\upsilon_к + \upsilon_х}{\nu_1}$ (1), за хвилями – $\lambda = \frac{\upsilon_к - \upsilon_х}{\nu_2}$ (2). Тоді $\upsilon_к + \upsilon_х = \lambda \cdot \nu_1 = 16$ м/с; $\upsilon_к - \upsilon_х = \lambda \cdot \nu_2 = 8$ м/с. З цих рівнянь $2\upsilon_к = 24$ м/с. $\upsilon_к = 12$ м/с. Швидкість хвилі $\upsilon_х = 4$ м/с.

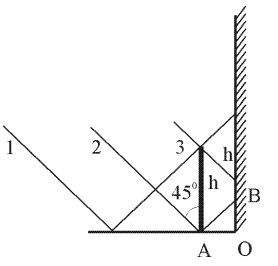
2. За напруги 15 В сила струму $I = 3$ А. $q = It = 60$ Кл. $R = \frac{U}{I} = 5$ Ом. З формули $R = \rho\frac{l}{S}$ визначаємо довжину дроту. $l = \frac{RS}{\rho} = 2{,}5$ м.

3. З таблиці бачимо, що від 6 до 7 хвилини в посудині була лише вода, яка нагрілася на 6 ^{0}C. Для нагрівання всієї води на 6 ^{0}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 ^{0}C, а на кінець 4-ї 4 ^{0}C. Оскільки на кінець 3-ї хвилини температура була 0 ^{0}C, то весь лід розтав між третьою і четвертою хвилинами. Якщо на 6 ^{0}C вода нагрівалася за 1 хв (60 с), то на 4 ^{0}C вона нагрілася за 40 с. Отже весь лід розтав в момент часу t = 3 хв 20 с = 200 с. Можемо записати $Pt = \lambda m_л$. Звідси $m_л = \frac{Pt}{\lambda} = 0{,}2$ кг. 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.



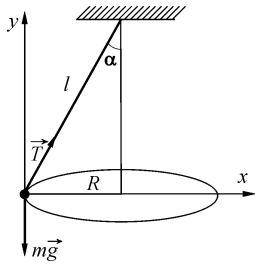
Друга частина тіні утворюється за рахунок тіні від предмета на дзеркалі, яка утворюється променями 2 і 3. AC=h, оскільки кут падіння 45^0. Якщо $l>h$, то аналогічно відбиті промені паралельні, а оскільки кути падіння і відбивання 45^0, то AO=BO=l, CO=OD=l–h, отже AC=BD=h. Якщо $l=h$, точки C і D співпадають з точкою O. 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. $n = \dfrac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$. З малюнка $\alpha = 60^0$, $\gamma = 40^0$. $n = \dfrac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{0{,}64} \approx 1{,}35$.

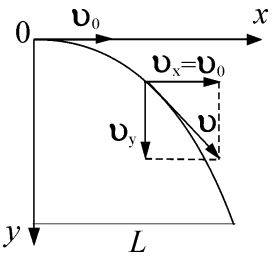
Розв'язки завдань ІІ етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики. 28 грудня 2021 року
10 клас

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



Ox: $ma = T \cdot \sin\alpha$ (1), де $a = \dfrac{\upsilon^2}{R} = \dfrac{\upsilon^2}{l \cdot \sin\alpha}$ – доцентрове прискорення. Oy: $mg = T \cdot \cos\alpha$ (2). Поділивши перше рівняння на друге, отримаємо $\dfrac{\upsilon^2}{g \cdot l \cdot \sin\alpha} = \mathrm{tg}\alpha$. Звідси $\upsilon = \sqrt{g \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot \mathrm{tg}\alpha}$. Після підстановки $\upsilon = \sqrt{10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1\text{ м} \cdot 0{,}7 \cdot 1} \approx 2{,}64\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

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 υ_0 в горизонтальному напрямку і рівноприскореного руху без початкової швидкості у вертикальному напрямку.

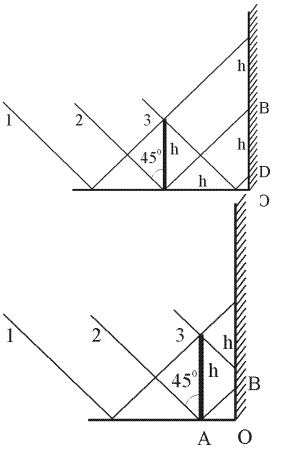


Проекції швидкості на осі: $\upsilon_x=\upsilon_{0x}=\upsilon_0$, $\upsilon_y=g_yt=gt$. Швидкість руху $\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2}$. Час руху визначимо із співвідношення: $t = \dfrac{L}{\upsilon_x} = \dfrac{8\text{ м}}{4\frac{\text{м}}{\text{с}}} = 2\text{ с}$. Тоді проекція швидкості на вісь *Oy* $\upsilon_y = 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{ с} = 20\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Кінцева швидкість руху $\upsilon = \sqrt{16\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 400\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} \approx 20{,}4\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

3. Визначимо швидкість бруска і кулі після взаємодії із закону збереження імпульсу: $m_1\upsilon_1 = (m_1 + m_2)\upsilon$. Звідси υ=10 м/с. Згідно закону збереження енергії $\dfrac{kx_0^2}{2} = \dfrac{(m_1 + m_2)\upsilon^2}{2}$. $x_0 = \upsilon\sqrt{\dfrac{m_1 + m_2}{k}} = 10\text{ см}$. Брусок і куля на пружині здійснюватимуть гармонічні коливання з амплітудою 10 см. Циклічна частота коливань

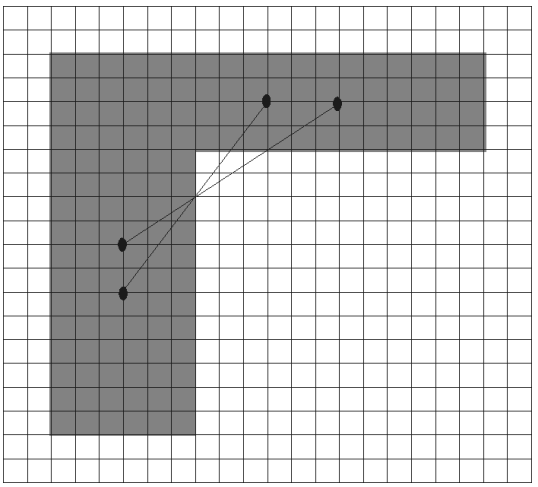
$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} = 100\frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Запишемо рівняння гармонічних коливань за законом синуса, оскільки в початковий момент часу зміщення $x = 0$: $x = x_0 \sin \omega t$, де x=5 см, x_0=10 см.

$5 = 10\sin 100t$; $\sin 100t = \frac{1}{2} = 0{,}5$; $100t = \frac{\pi}{6}$; $t \approx 0{,}005$ 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 45^0. Якщо $l>h$, то аналогічно відбиті промені паралельні, а оскільки кути падіння і відбивання 45^0, то AO=BO=l, CO=OD=$l–h$, отже AC=BD=h. Якщо $l=h$, точки C і D співпадають з точкою O. 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 ІІ 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 І 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^3. Підставивши значення, отримаємо:

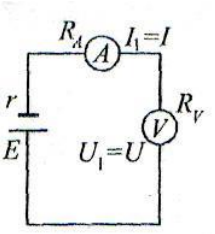
$$Q = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1125 \text{ Дж}.$$

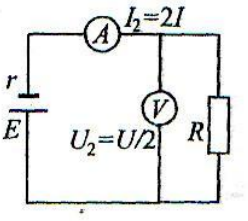
2. На провідник діє сила Ампера $F_A = IBl$. Під дією цієї сили він набуває прискорення $a = \frac{F_A}{m} = \frac{IBl}{m}$. Із законів кінематики. $a = \frac{\upsilon^2}{2s}$. Прирівнюємо вирази: $\frac{IBl}{m} = \frac{\upsilon^2}{2s}$. Звідси $I = \frac{m\upsilon^2}{2Bls}$. $I = 0{,}5$ А.

3. Визначимо швидкість бруска і кулі після взаємодії із закону збереження імпульсу: $m_1\upsilon_1 = (m_1 + m_2)\upsilon$. Звідси $\upsilon = 10$ м/с. Згідно закону збереження енергії $\frac{kx_0^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)\upsilon^2}{2}$. $x_0 = \upsilon\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} = 10$ 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.

$5 = 10\sin 100t$; $\sin 100t = \frac{1}{2} = 0{,}5$; $100t = \frac{\pi}{6}$; $t \approx 0{,}005$ 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 $I_R = I_2 - I_{V2} = 2I - \frac{I}{2} = \frac{3I}{2}$. $R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_2}{I_R} = \frac{U \cdot 2}{2 \cdot 3I} = \frac{R_V}{3}$.





Загальний опір кола у другому випадку $R_x = r + R_A + \frac{R_V R}{R_V + R} = r + R_A + \frac{\frac{R_V^2}{3}}{\frac{4R_V}{3}}$. Тоді закон Ома: $r + R_A + \frac{R_V}{4} = \frac{\varepsilon}{2I}$ (2). Від (1) віднімемо (2): $\frac{3R_V}{4} = \frac{\varepsilon}{2I}$. Звідси $IR_V = U = \frac{2}{3}\varepsilon = 6$ В. $U_2 = \frac{U_1}{2} = 3$ В – 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 А. Після розмикання кола (другий малюнок) струм самоіндукції заряджає конденсатор і тому напруга на ньому відмінна від нуля. В даному випадку U = 4 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 мкФ. Підставивши значення L=25 · 10^{-6} Гн.