

Відповіді

II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2023-2024 н.р.

7 клас

1. Довжину сліду м'яча l під час одного оберту можна розрахувати як $l = \frac{S}{n}$ (1),

де S – довжина сліду, який залишив м'яч на березі, n – кількість обертів.

Також довжина сліду м'яча під час одного оберту дорівнює довжині кола, яке утворюється тією частиною м'яча, яка дотикається до поверхні землі: $l = \pi d$ (2).

Прирівняємо вирази (1) і (2): $\frac{S}{n} = \pi d$. Звідси $d = \frac{S}{\pi n}$.

$d \approx 0,25$ м.

Відповідь: 0,25 м.

2. За умовою дівчинка та собака рухаються з постійними швидкостями, причому швидкість собаки в $6000 \text{ м} : 1500 \text{ м} = 4$ рази більше.

За час між двома послідовними кидками дівчинка й собака сумарно проходять шлях $30 \text{ м} \cdot 2 = 60 \text{ м}$.

За цей час дівчинка проходить шлях $\frac{1}{1+4} \cdot 60 \text{ м} = 12 \text{ м}$ (можна скласти рівняння: якщо шлях дівчинки між кидками позначити x м, то шлях собаки буде дорівнювати $(60 - x)$ м, і за умовою $\frac{60-x}{x} = 4$, звідки $x = 12$).

Отже, за прогулянку дівчинка встигає $1500 \text{ м} : 12 \text{ м} = 125$ раз кинути іграшку.

Відповідь: 125 раз.

3.

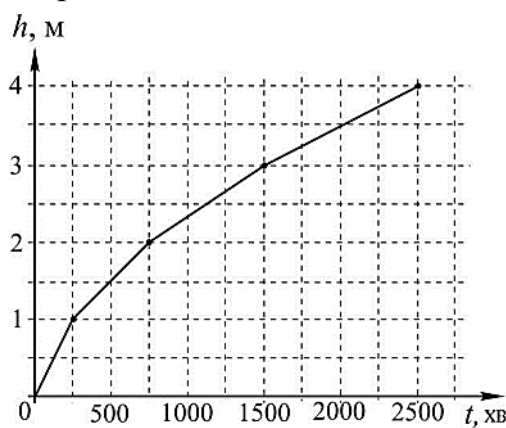


Рис. 1

Відповідь: басейн заповниться водою за 2500 хвилин або 41 годину 40 хвилин.

Відповіді

II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2023-2024 н.р.

8 клас

1. Нехай V_c і V_x – об'єми скла і долиної води, V – місткість пляшки.

Умови плавання до й після доливання:

$$\rho_c V_c g = \frac{3}{4} \rho (V_c + V)g,$$

$$(\rho_c V_c + \rho V_x)g = \rho (V_c + V)g.$$

$$V_x = \frac{\rho_c}{4\rho_c - 3\rho} V = 250 \text{ мл.}$$

Відповідь: 250 мл.

2. Тиск, що створює брусок на горизонтальну поверхню, $p_i = \frac{F}{S_i}$, де $F = mg$ –

сила тяжіння, що діє на брусок, S_i – площі поверхонь його граней ($i = 1, 2, 3$).

Маємо $S_1 = ab$, $S_2 = bc$, $S_3 = ac$.

Таким чином, $p_1 = \frac{mg}{ab}$, $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5 p_1 = 5 \frac{mg}{ab}$ і $p_3 = \frac{mg}{ac} = \frac{p_2}{2} = \frac{5 p_1}{2} = \frac{5mg}{2ab}$.

Звідси випливає, що $a = 5c$, $b = \frac{5c}{2}$ і $a = 2b$.

Отже, $p_1 = \frac{mg}{ab} = \frac{mg}{2bb}$.

Звідси знаходимо, що $b = \frac{\sqrt{mg}}{2p_1} = 0,05 \text{ м.}$

Оскільки $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5p_1$, то $c = \frac{mg}{bp_1} = 0,02 \text{ м.}$

Із формули $p_1 = \frac{mg}{ab}$ знаходимо, що $a = \frac{mg}{bp_1} = 0,1 \text{ м.}$

Об'єм такого бруска дорівнює $V = abc = 0,0001 \text{ м}^3 = 100 \text{ см}^3$.

Отже, густина бруска $\rho = \frac{m}{V} = 8 \text{ г/см.}$

Відповідь: 8 г/см.

3.

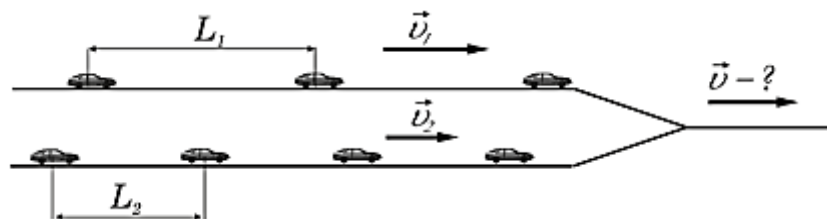


Рис. 1

За час t з першого ряду в загальний перейде $\frac{v_1 t}{L_1}$, а з другого – $\frac{v_2 t}{L_2}$ машин.

Мінімальна швидкість в загальному ряду буде за умови, коли машини рухаються впритул одна до одної.

Тоді повна довжина отриманого за час t загального ряду $L = (\frac{v_1 t}{L_1} + \frac{v_2 t}{L_2}) d$,
формувався він час t і мінімальна швидкість загального ряду

$$v_{min} = \frac{L}{t} = \left(\frac{v_1}{L_1} + \frac{v_2}{L_2} \right) \cdot d = \left(\frac{90}{30} + \frac{60}{10} \right) \cdot 5 = 45 \text{ км/год.}$$

Відповідь: 45 км/год.

4. Якщо увімкнути нагрівник, то енергія $E = Pt_1$ йде на нагрівання води $Q = cm\Delta T$ і в навколишнє середовище $Q_1 = \alpha t_1$, де α – коефіцієнт тепловіддачі.

За законом збереження енергії $E = Q + Q_1$.

$$Pt_1 = cm\Delta T + \alpha t_1 \quad (1)$$

Якщо нагрівник вимкнутий, то кількість теплоти Q , яку отримала вода при нагріванні, передається в навколишнє середовище пропорційно часу $Q_2 = \alpha t_2$.

У даному випадку закон збереження енергії запишеться як $Q = Q_2$;

$$cm\Delta T = \alpha t_2 \quad (2)$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) і (2) отримаємо $\alpha = \frac{Pt_1}{t_1 + t_2}$;

$$m = \frac{\alpha t_1}{c\Delta T} = \frac{Pt_1 t_2}{c\Delta T(t_1 + t_2)} = 4,8 \text{ кг.}$$

Відповідь: 4,8 кг.

Відповіді

II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2023-2024 н.р.

9 клас

1. Тиск, що створює брусок на горизонтальну поверхню, $p_i = \frac{F}{S_i}$, де $F = mg$ – сила тяжіння, що діє на брусок, S_i – площі поверхонь його граней ($i = 1, 2, 3$).

Маємо $S_1 = ab$, $S_2 = bc$, $S_3 = ac$.

Таким чином $p_1 = \frac{mg}{ab}$,

$$p_2 = \frac{mg}{bc} = 5 p_1 = 5 \frac{mg}{ab} \text{ і } p_3 = \frac{mg}{ac} = \frac{p_2}{2} = \frac{5 p_1}{2} = \frac{5 mg}{2 ab}.$$

Звідси випливає, що $a = 5c$, $b = \frac{5c}{2}$ і $a = 2b$. Отже, $p_1 = \frac{mg}{ab} = \frac{mg}{2bb}$.

Звідси знаходимо, що $b = \frac{\sqrt{mg}}{2p_1} = 0,05$ м.

Оскільки $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5p_1$, то $c = \frac{mg}{bp_1} = 0,02$ м.

Із формули $p_1 = \frac{mg}{ab}$ знаходимо, що $a = \frac{mg}{bp_1} = 0,1$ м.

Об'єм такого бруска дорівнює $V = abc = 0,0001 \text{ м}^3 = 100 \text{ см}^3$.

Отже, густина бруска $\rho = \frac{m}{V} = 8$ г/см.

Відповідь: 8 г/см.

2. Для розв'язування задачі необхідно розглянути різні варіанти.

Відстань визначається з теореми Піфагора (або просто лінійкою) за допомогою методу зображень. Оптимальний варіант руху наведено на рис 1.

В одній клітинці десять метрів.

Отже, відстань, яку необхідно пробігти до правого берега, а потім до вогнища (відстань до зображення вогнища), знаходимо з прямокутного трикутника зі сторонами 12 і 5 клітинок – 130 м.

Далі біжимо до води й назад із другим відром: 40 м.

Потім від першого вогнища біжимо до верхнього берега та з відром до другого вогнища (відстань від першого вогнища до зображення другого) – 100 м.

Знову до води й назад із другим відром – 60 м.

Загалом 330 м.

Найменший час, необхідний для того, щоб погасити обидва вогнища, 1 хв 26 с.

Відповідь: 1 хв 26 с.

3. На початку спостережень комар перебував від лінзи на відстані, що більша за $2F$, тому його зображення у лінзі буде дійсне, зменшене, перевернуте й віддалене від лінзи на:

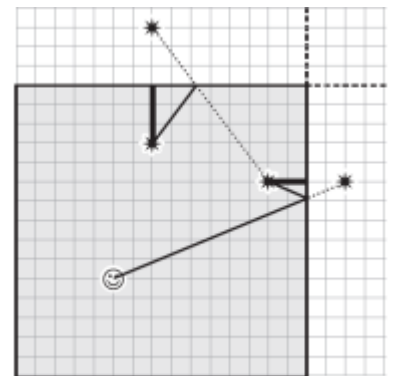


Рис. 1

Відповіді

II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2023-2024 н.р.

10 клас

1. Нехай довжина найменшого ребра дорівнює a , а густина цегли дорівнює ρ .
Маса трьох цеглин вгорі: $M = 3 \cdot (a \cdot 2a \cdot 4a) \cdot \rho = 24 a^3 \cdot \rho$.

Ця маса діє з однаковою силою на ліву й праву опори:

$$F_1 = F_2 = 0,5 M \cdot g = 12 a^3 \rho g.$$

Сила тиску лівої опори на землю:

$$f_1 = F_1 + 2 (a \cdot 2a \cdot 4a) \rho g = 12 a^3 \rho g + 16 a^3 \rho g = 28 a^3 \rho g.$$

Сила тиску правої опори на землю:

$$f_2 = F_2 + (a \cdot 2a \cdot 4a) \rho g = 12 a^3 \rho g + 8 a^3 \rho g = 20 a^3 \rho g.$$

Відношення тисків:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{f_1}{S_1}}{\frac{f_2}{S_2}} = \frac{\frac{28a^3\rho g}{a \cdot 4a}}{\frac{20a^3\rho g}{a \cdot 2a}} = \frac{7}{10}$$

Відповідь: $\frac{7}{10}$.

2. Розглянемо рух першої машини відносно другої.

Відрізок AB , який з'єднує машини на той момент, коли відстань між ними найменша, перпендикулярний до цього вектору.

$$v_{AB} = \sqrt{v_A^2 + v_B^2 - 2v_A v_B \cos \alpha} = 10 \text{ м/с} = v_A,$$

тобто векторний трикутник – рівнобедрений.

Отже, $\angle \beta = 90^\circ - 2\alpha = 30^\circ = \alpha$, $\triangle AOB$ – рівнобедрений.

$$\text{Тому } S_2 = OB = \frac{S_1}{2 \cos \alpha} = \frac{S_1}{\sqrt{3}} \approx 115 \text{ м.}$$

Відповідь: 115 м.

3. Оксана долила 2 кг холодної води за температури 5°C .

Уводимо позначення Δt температури, що відповідає одній клітинці вздовж вертикалі, і $\Delta \tau$ часу, що відповідає одній клітинці вздовж горизонталі.

Тоді на першому етапі $P \cdot 4\Delta \tau = cm_1 6\Delta t$.

Потім відбувся теплообмін між водою: $cm_1 5\Delta t = cm_2 (3\Delta t - t_{\text{хол}})$.

Далі знову відбувається нагрівання: $P \cdot 14\Delta \tau = cm 7\Delta t$, де $m = m_1 + m_2 = 3 \text{ кг}$.
Остання ділянка відповідає кипінню й температурі 100°C .

Отже, згідно з графіком, $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

З двох рівнянь, до яких входить потужність нагрівача P , відразу знаходимо $m_1 = m/3 = 1 \text{ кг}$.

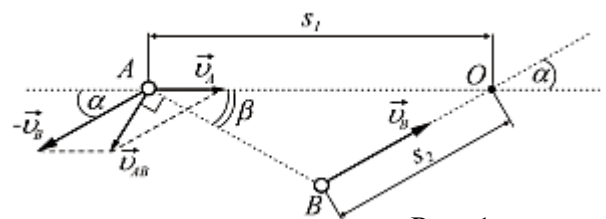


Рис. 1

Отже, Оксана долила $m_2 = m - m_1 = 2$ кг води.

З рівняння теплообміну знаходимо $t_{хол} = 5$ °С.

Відповідь: 5 °С.

4. Нехай кут падіння променя на перше дзеркало дорівнює γ , а на друге – φ (рис. 2). Треба знайти кут β .

Очевидно, що кут β як зовнішній кут трикутника, утвореного променями (ΔABD), дорівнює $2\gamma + 2\varphi$.

З іншого боку, $\varphi + \gamma = \alpha$.

Останнє можна довести, розглянувши чотирикутник $OBCA$, у якому AC і BC – перпендикуляри до дзеркал, які перетинаються під кутом ω .

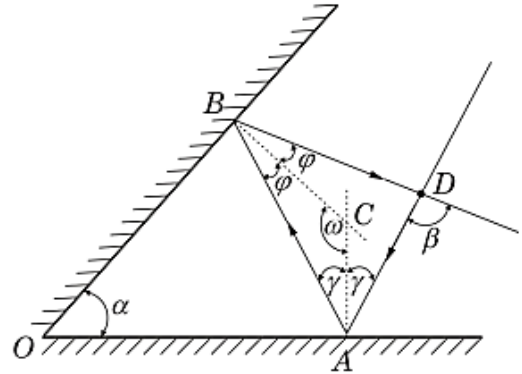


Рис. 2

У чотирикутнику $\alpha = 360^\circ - \omega - 90^\circ - 90^\circ = 180^\circ - \omega$.

З іншого боку, ΔABC $\gamma + \varphi = 180^\circ - \omega$.

Отже, $\varphi + \gamma = \alpha$.

Тепер бачимо, що $\beta = 2 \cdot (\varphi + \gamma) = 2\alpha$.

Цікаво, що величина кута відхилення β не залежить від кута падіння променя на дзеркало.

Відповіді

II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2023-2024 н.р.

11 клас

1. Розглянемо рух першої машини відносно другої.

Відрізок AB , який з'єднує машини на той момент, коли відстань між ними найменша, перпендикулярний до цього вектору.

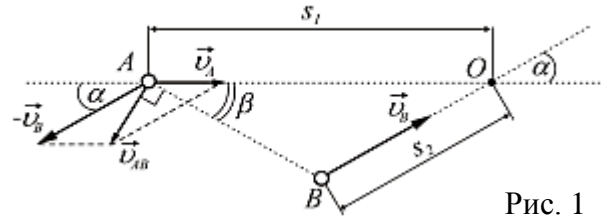


Рис. 1

$v_{AB} = \sqrt{v_A^2 + v_B^2 - 2v_A v_B \cos \alpha} = 10 \text{ м/с} = v_A$, тобто векторний трикутник – рівнобедрений.

Отже, $\angle \beta = 90^\circ - 2\alpha = 30^\circ = \alpha$, $\triangle AOB$ – рівнобедрений.

Тому $s_2 = OB = \frac{s_1}{2 \cos \alpha} = \frac{s_1}{\sqrt{3}} \approx 115 \text{ м}$.

Відповідь: 115 м.

2. Скористаємось рівнянням стану для початкового і кінцевого станів газу

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1, p_2 V = \frac{m}{\mu} R T_2$$

Молярні маси пов'язані співвідношенням: $\mu_2 = \frac{2}{3} \mu_1$.

Кількість тепла, що виділиться при перетворенні озону в кисень дорівнюватиме: $Q = \frac{m}{\mu} q$.

З першого закону термодинаміки $Q = \Delta U$ випливає, що виділення тепла призведе до підвищення температури газу до: $T_2 = T_1 + \frac{\frac{mg}{\mu_1}}{\frac{c_V m}{\mu_2}} = T_1 + \frac{q \mu_2}{c_V \mu_1}$

Відношення тисків дорівнюватиме $\frac{p_2}{p_1} = \frac{\mu_1 T_2}{\mu_2 T_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2} + \frac{q}{c_V T_1} \approx 9,9 \approx 10$

Відповідь: 10.

3. Нехай кут падіння променя на перше дзеркало дорівнює γ , а на друге – φ (рис. 2). Треба знайти кут β .

Очевидно, що кут β як зовнішній кут трикутника, утвореного променями ($\triangle ABD$), дорівнює $2\gamma + 2\varphi$. З іншого боку, $\varphi + \gamma = \alpha$.

Останнє можна довести, розглянувши чотирикутник $OBCA$, в якому AC і BC – перпендикуляри до дзеркал, які перетинаються під кутом ω .

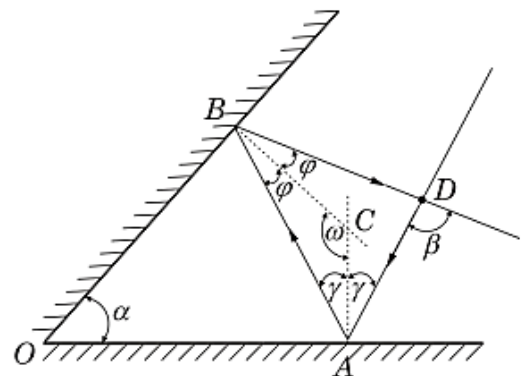


Рис. 2

У чотирикутнику $\alpha = 360^\circ - \omega - 90^\circ - 90^\circ = 180^\circ - \omega$.

$\Delta ABC \quad \gamma + \varphi = 180^\circ - \omega$. Отже, $\varphi + \gamma = \alpha$.

$$\beta = 2 \cdot (\varphi + \gamma) = 2\alpha.$$

Цікаво, що величина кута відхилення β не залежить від кута падіння променя на дзеркало.

4. У першому випадку за законом Ома опір провідника $R_1 = \frac{U_1}{I_1}$ і залежить від його температури $R_1 = R_0(1 + \alpha(T_1 - T_0))$, де R_0 – опір провідника за температури T_0 .

$$\text{Тому } \frac{U_1}{I_1} = R_0(1 + \alpha(T_1 - T_0)) \quad (1).$$

$$\text{Аналогічно для другого випадку: } \frac{U_2}{I_2} = R_0(1 + \alpha(T_2 - T_0)) \quad (2).$$

Розділивши вираз (1) на вираз (2), та зробивши перетворення, отримаємо:

$$T_2 = \frac{U_2 I_1 (1 + \alpha(T_1 - T_0)) - I_2 U_1}{I_2 U_1 \alpha} + T_0 = 3017,4 \text{ K}.$$

Відповідь: 3017,4 K.