

ВІДПОВІДІ
до завдань II етапу LV Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
2017/2018 навчальний рік
7 клас

№1 Обчислимо значення виразу з урахуванням префіксів до одиниць вимірювання.

А) $1 \text{ ТК} + 200 \text{ МК} = 10^{12} \text{ К} + 200 \cdot 10^6 \text{ К} = 10^{12} \text{ К} + 2 \cdot 10^8 \text{ К} = 10^4 \cdot 10^8 \text{ К} + 2 \cdot 10^8 \text{ К} =$
 $= 10002 \cdot 10^8 \text{ К} = 1,0002 \text{ ТК}.$

Б) $20 \text{ см} + 20 \text{ мл} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ м} + 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Даний вираз з фізичної точки зору немає сенсу, бо неможна додавати фізичні величини з різними одиницями вимірювання (м – одиниця вимірювання довжини, м^3 – одиниця вимірювання об'єму).

В) $\frac{35 \text{ км} \cdot 2 \text{ кг}}{14 \text{ мс}^2} = \frac{35 \cdot 10^3 \cdot 2}{14 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2} = 5 \cdot 10^9 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}.$

Г) $\frac{15 \text{ мкА}}{30 \text{ мм}^2} + \frac{36 \text{ мА}}{90 \text{ см}^2} = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{А}}{\text{м}^2} + \frac{36 \cdot 10^{-3}}{90 \cdot 10^{-4}} \frac{\text{А}}{\text{м}^2} = 4,5 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}.$

Д) $\frac{16 \text{ фм} \cdot 40 \text{ кмоль}}{200 \text{ пм}} + 89 \text{ нс} = \frac{16 \cdot 10^{-15} \cdot 40 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^{-12}} \frac{\text{м} \cdot \text{моль}}{\text{м}} + 89 \text{ нс} = 3,2 \text{ моль} + 89 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$

Даний вираз з фізичної точки зору немає сенсу, бо неможна додавати фізичні величини з різними одиницями вимірювання (моль – одиниці вимірювання кількості речовини, с – одиниця вимірювання часу).

№2 Скільки годин необхідно, щоб виставити в ряд таку кількість кубиків зі стороною $a = 1 \text{ см}$, скільки їх міститься в $V = 1 \text{ м}^3$, якщо на установку одного кубика витрачається $t_0 = 1 \text{ с}$?

Розв'язок

$t = nt_0$ (1) час установки усіх кубиків, n – кількість усіх кубиків

$V = nV_0$ (2) об'єм усіх кубиків

$V_0 = a^3$ (3) об'єм одного кубика

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (3), отримуємо вираз для t

$$t = \frac{Vt_0}{a^3} = \frac{1 \cdot 1}{10^{-6}} = 10^6 \text{ с} = \frac{10^6}{3600} \text{ год.} \approx 277,8 \text{ год.}$$

Відповідь: 277,8 год.

№3 Потяг проходить повз станцію за $t_1 = 25 \text{ с}$, а міст довжиною $L = 200 \text{ м}$ за $t_2 = 35 \text{ с}$. Знайти швидкість потяга.

Розв'язок

В обох випадках потяг рухається рівномірно зі швидкістю v :

$l = vt_1$ (1) повз станцію, l – довжина потяга

$L + l = vt_2$ (2) через міст

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (2), отримуємо вираз для v

$$v = \frac{L}{t_2 - t_1} = \frac{200}{35 - 25} = 20 \text{ м/с.}$$

Відповідь: 20 м/с.

№4 Мотоцикліст (швидкість $v_1 = 20$ м/с), обганяючи вантажівку (швидкість $v_2 = 16,5$ м/с), побачив зустрічний автобус (швидкість $v_3 = 25$ м/с). При якій найменшій відстані до автобуса можна починати обгін, якщо на початку обгону мотоцикліст був за $l_1 = 15$ м від вантажівки, а в кінці обгону він повинен бути попереду вантажівки на $l_2 = 20$ м?

Розв'язок

Мінімальна відстань $l_{\min}$ між мотоциклістом й автобусом відповідає випадку, коли в момент закінчення обгону $t = \tau$ вони зустрічаються.

Розглянемо обгін вантажівки мотоциклістом у системі відліку відносно вантажівки:

$v_1^* = v_1 - v_2$ (1) швидкість мотоцикліста відносно вантажівки

$l_1 + l_2 = v_1^* \tau$ (2) рівномірний рух мотоцикліста відносно вантажівки

Розглянемо зустріч мотоцикліста й автобуса у системі відліку відносно автобуса:

$v_1^{**} = v_1 + v_3$ (3) швидкість мотоцикліста відносно автобуса

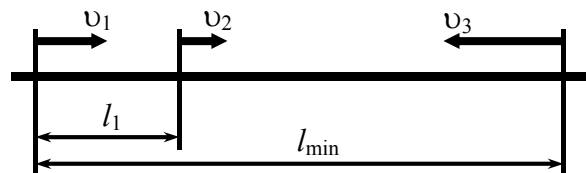
$l_{\min} = v_1^{**} \tau$ (4) рівномірний рух мотоцикліста відносно автобуса

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (4), отримуємо вираз для $l_{\min}$:

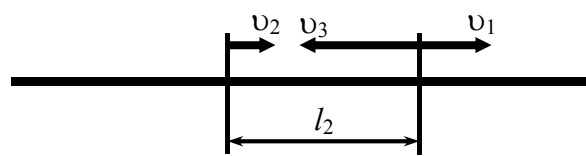
$$l_{\min} = \frac{(v_1 + v_3)(l_1 + l_2)}{v_1 - v_2} = \frac{(20 + 25)(15 + 20)}{20 - 16,5} = 450 \text{ м.}$$

Відповідь: 450 м

① Відносно землі, $t = 0$ с



② Відносно землі, $t = \tau$

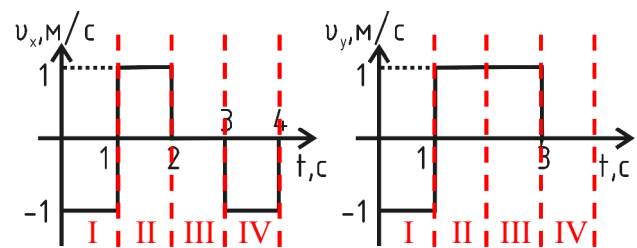


№5 Частинка рухається в одній площині. По графіках залежності проекцій швидкості від часу побудуйте траєкторію частинки, якщо $x(0) = 2$ м, $y(0) = 1$ м.

Розв'язок

Розіб'ємо рух частинки на чотири ділянки, на кожній з яких вона рухається зі сталою швидкістю. Таким чином рух частинки на кожній ділянці прямолінійний рівномірний, отже, траєкторія її руху на кожній ділянці представляє собою відрізок.

Розрахуємо переміщення частинки по осях Ох та Оу для кожної ділянки:

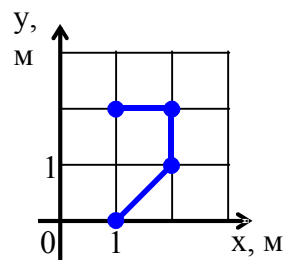


i	$t_i, \text{с}$	$v_{xi}, \text{м/с}$	$S_{xi} = v_{xi} t_i, \text{м}$
1	1	-1	-1
2	1	1	1
3	1	0	0
4	1	-1	-1

i	$t_i, \text{с}$	$v_{yi}, \text{м/с}$	$S_{yi} = v_{yi} t_i, \text{м}$
1	1	-1	-1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	0	0

Розрахуємо координати частинки по осях Ox та Oy для 1-ї, 2-ї, 3-ї та 4-ї секунд, враховуючи те, що переміщення дорівнює зміні координати тіла за певний проміжок часу:

$t, \text{с}$	$x(t), \text{м}$	$y(t), \text{м}$
0	2	1
1	1	0
2	2	1
3	2	2
4	1	2



Відмітимо обчислені положення частинки на координатній площині та сполучимо їх відрізками.

ВІДПОВІДІ
до завдань II етапу LV Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
2017/2018 навчальний рік
8 клас

№1 Яку середню потужність розвиває двигун мотоцикла, якщо при швидкості руху $v = 108 \text{ км/год}$ витрата бензину складає $V = 3,7 \text{ л}$ на $l = 100 \text{ км}$ шляху, а КПД двигуна $\eta = 25\%$ (густина бензину $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$, питома теплота згоряння бензину $q = 46 \text{ МДж/кг}$)?

Розв'язок

Двигун мотоцикла виконує роботу за рахунок енергії згоряння палива:

- $A = \eta Q$ (1) рівняння балансу енергії
 $A = Nt$ (2) робота двигуна мотоцикла
 $l = vt$ (3) рівномірний рух мотоцикла
 $Q = qm$ (4) теплота згоряння бензину
 $m = \rho V$ (5) маса витраченого бензину

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (5), отримуємо вираз для потужності N :

$$N = \frac{\eta q \rho V v}{l} = \frac{0,25 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 700 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 108}{100 \cdot 10^3 \cdot 3,6} = 8935,5 \text{ Вт.}$$

Відповідь: 8,9 кВт

№2 Повз полустанок потяг і електричка проходять за однаковий час $t_1 = 23 \text{ с}$. Рухаючись назустріч електричці, потяг проходить повз неї за $t_2 = 13 \text{ с}$. У скільки разів потяг довше за електричку?

Розв'язок

- $l_1 = v_1 t_1$ (1) рівномірний рух електрички повз полустанок
 $l_2 = v_2 t_2$ (2) рівномірний рух потяга повз полустанок
 $l_2 = (v_1 + v_2) t_2$ (3) рівномірний рух потяга відносно електрички

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (3), отримуємо вираз для відношення довжин потягу та електрички:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{t_2}{t_1 - t_2} = \frac{13}{23 - 13} = 1,3$$

Відповідь: 1,3 рази

№3 Скільки льоду при $T_{01} = -20^\circ\text{C}$ треба кинути у $m_2 = 10 \text{ г}$ переохолодженої до $T_{02} = -5^\circ\text{C}$ води, щоб уся суміш затверділа (питома теплоємність льоду $c_1 = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, питома теплота плавлення льоду $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, питома теплоємність води $c_2 = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$)?

Розв'язок

Після додавання льоду у системі з'являються центри кристалізації, метастабільний стан переохолодженої води порушується і вона перетворюється на лід. Замінімо складний реальний процес уявним: спочатку вся вода нагрівається до 0°C , «позичаючи» при цьому деяку енергію, а потім вода вся замерзає, виділяючи енергію, що компенсує «позичку» та йде на нагрівання льоду до 0°C . Втратами енергії у довкілля нехтуємо.

- $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ (1) рівняння балансу енергії
 $Q_1 = c_1 m_1 (T_{пл} - T_{01})$ (2) нагрівання льоду
 $Q_2 = c_2 m_2 (T_{пл} - T_{02})$ (3) нагрівання води
 $Q_3 = -\lambda m_2$ (4) кристалізація води

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (4), отримуємо вираз для маси льоду m_1 :

$$m_1 = \frac{m_2(\lambda - c_2(T_{III} - T_{02}))}{c_1(T_{III} - T_{01})} = \frac{10^{-2}(330 \cdot 10^3 - 4200 \cdot 5)}{2100 \cdot 20} \approx 0,074 \text{ кг}$$

Відповідь: 74 г

№4 Шматок корка масою $m_1 = 1,2$ г прив'язаний до шматка заліза масою $m_2 = 11,7$ г. Якщо занурити ці тіла у воду, то їхня вага складе $P = 64$ Н. Знайти густину корка, якщо густина заліза $\rho_2 = 7,8$ г/см³.

Розв'язок

$$P = g(m_1 + m_2 - \rho_0(V_1 + V_2)) \quad (1) \text{ вага тіл занурених у воду, } \rho_0 - \text{ густина води}$$

$$m_1 = \rho_1 V_1 \quad (2) \text{ маса корка}$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 \quad (3) \text{ маса заліза}$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (3), отримуємо вираз для густини корка ρ_1 :

$$\rho_1 = m_1 \left(\frac{(m_1 + m_2)g - P}{\rho_0 g} - \frac{m_2}{\rho_2} \right)^{-1} = 1,2 \left(\frac{(1,2 + 11,7)10 - 64}{10} - \frac{11,7}{7,8} \right)^{-1} = 0,24 \text{ г/см}^3$$

Відповідь: 240 кг/м³

№5 На валу масою $m = 10$ кг і довжиною $L = 1$ м закріплений шків масою $M = 20$ кг на відстані $a = 0,4$ м від одного з його кінців. Знайти сили, що діють на підшипники, насаджені на кінці вала.

Розв'язок

Розглянемо рівновагу вала за другою умовою:

① відносно осі, що перпендикулярна до площини рисунку та проходить через т.А

$$N_2 L - \frac{mgL}{2} - Mg(L - a) = 0$$

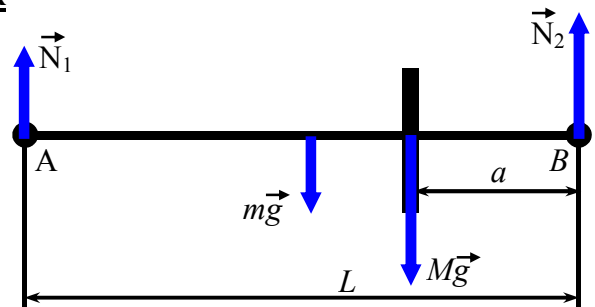
$$N_2 = \frac{mg}{2} + Mg \frac{L - a}{L} = \frac{10 \cdot 10}{2} + 20 \cdot 10 \frac{1 - 0,4}{1} = 170 \text{ Н}$$

② відносно осі, що перпендикулярна до площини рисунку та проходить через т.В

$$N_1 L - \frac{mgL}{2} - Mga = 0$$

$$N_1 = \frac{mg}{2} + Mg \frac{a}{L} = \frac{10 \cdot 10}{2} + 20 \cdot 10 \frac{0,4}{1} = 130 \text{ Н}$$

Відповідь: 130 Н та 170 Н



ВІДПОВІДІ
до завдань II етапу LV Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
2017/2018 навчальний рік
9 клас

№1 Тролейбус масою $m = 11$ т рухається рівномірно зі швидкістю $v = 36$ км/год. Знайти силу струму в обмотці двигуна, якщо напруга дорівнює $U = 550$ В та ККД $\eta 80\%$. Коефіцієнт опору руху дорівнює $\mu = 0,02$.

Розв'язок

- $N = \eta P$ (1) рівняння балансу потужностей
 $N = Fv$ (2) механічна потужність двигуна
 $F = \mu mg$ (3) наслідок 1-го закону Ньютона та закону Амонтона
 $P = UI$ (4) електрична потужність споживана двигуном з електромережі

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (4), отримуємо вираз для сили струму I :

$$I = \frac{\mu mg v}{\eta U} = \frac{0,02 \cdot 11 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 36}{0,8 \cdot 550 \cdot 3,6} = 50 \text{ А}$$

Відповідь: 50 А

№2 Повз полустанок потяг і електричка проходять за однаковий час $t_1 = 23$ с. Рухаючись назустріч електричці, потяг проходить повз неї за $t_2 = 13$ с. У скільки разів потяг довше за електричку?

Розв'язок

- $l_1 = v_1 t_1$ (1) рівномірний рух електрички повз полустанок
 $l_2 = v_2 t_2$ (2) рівномірний рух потяга повз полустанок
 $l_2 = (v_1 + v_2) t_2$ (3) рівномірний рух потяга відносно електрички

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (3), отримуємо вираз для відношення довжин потягу та електрички:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{t_2}{t_1 - t_2} = \frac{13}{23 - 13} = 1,3$$

Відповідь: 1,3 рази

№3 На відстані $h = 2,5$ м від поверхні води (оптична густина $n = 1,3$) у повітрі висить ліхтар. На якій відстані від поверхні води водолаз, що перебуває під водою, побачить зображення ліхтаря?

Розв'язок

Розглянемо хід променів, що падають майже нормально до поверхні води (кут падіння $\alpha \rightarrow 0$): через заломлення променя світла на межі розділу повітря–вода спостерігачу під водою здається, що промінь АС йде з т. А₁.

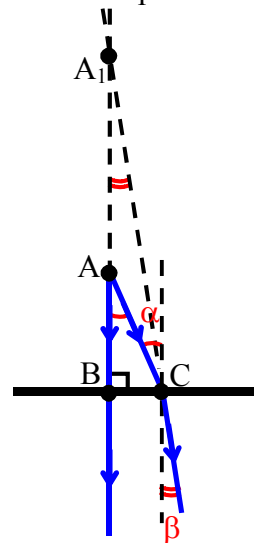
- $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ (1) нескінченно малий кут $\alpha \rightarrow 0$
 $\sin \alpha = n \sin \beta$ (2) закон Снеліуса
 $\sin \beta \approx \tan \beta$ (3) з закону Снеліуса випливає, що $\beta < \alpha$,
тобто $\beta \rightarrow 0$

- $h = BC \tan \alpha$ (4) з прямокутного $\triangle ABC$
 $H = BC \tan \beta$ (5) з прямокутного $\triangle A_1 BC$

Розв'язавши систему рівнянь (2), (4), (5), з урахуванням (1) та (3) отримуємо вираз для уявної висоти ліхтаря над поверхнею води H :

$$H = nh = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ м}$$

Відповідь: 3,25 м



№4 Два однакових чайники закипають при послідовному і паралельному підключенні за однаковий час. Кожен чайник споживає при напрузі $U_0 = 220$ В потужність $P_0 = 400$ Вт. Чому дорівнює опір кабелю, за допомогою якого будинок підключений до електромережі?

Розв'язок

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R_0} \quad (1) \text{ номінальна потужність чайника, } R_0 - \text{опір чайника}$$

$$P_1 = I_1^2 R_0 \quad (2) \text{ потужність чайника при паралельному включенні}$$

$$I_1 = \frac{U_0}{2R + R_0} \quad (3) \text{ струм у чайнику при паралельному включенні, } R - \text{опір кабелю}$$

$$P_2 = I_2^2 R_0 \quad (4) \text{ потужність чайника при послідовному включенні}$$

$$I_2 = \frac{U_0}{R + 2R_0} \quad (5) \text{ струм у чайнику при послідовному включенні}$$

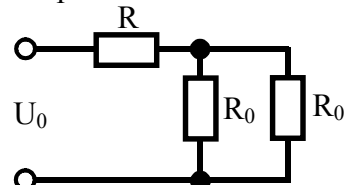
$$P_1 = P_2 \quad (6) \text{ за умовою задачі}$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (6), отримуємо вираз для опору кабелю R :

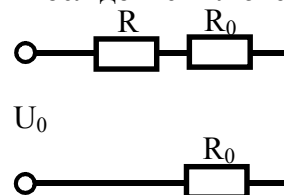
$$R = R_0 = \frac{U_0^2}{P_0} = \frac{220 \cdot 220}{400} = 121 \text{ Ом}$$

Відповідь: 121 Ом

① паралельне включення



② послідовне включення



№5 По горизонтальному провіднику масою $m = 10$ г і довжиною $l = 10$ см проходить струм $I = 10$ А. Провідник підвісили на невагомим непровідних нитках в однорідному вертикальному магнітному полі, і нитки відхилилися на $\alpha = 30^\circ$ від вертикалі. Знайти модуль вектора магнітної індукції.

Розв'язок

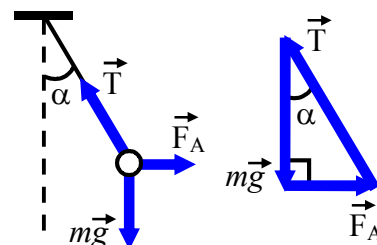
На провідник діють сила тяжіння $m\vec{g}$, сила Ампера $\vec{F}_A$ та сила натягу ниток $\vec{T}$, в результаті він знаходиться у рівновазі, тобто виконується 1-й закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{T} = \vec{0}.$$

Застосуємо правило трьох векторів – вектори $m\vec{g}$, $\vec{F}_A$ та $\vec{T}$ утворюють трикутник, тоді

$$\tan \alpha = \frac{F_A}{mg} = \frac{IBl}{mg} \Rightarrow B = \frac{mg}{Il} \tan \alpha = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \sqrt{3}}{10 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 3} = \frac{\sqrt{3}}{30} \approx 0,058 \text{ Тл}$$

Відповідь: 58 мТл



ВІДПОВІДІ
до завдань II етапу LV Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
2017/2018 навчальний рік

10 клас

№1 Тіло рухається рівноприскорено з початковою швидкістю. Його переміщення за п'ятнадцяту секунду S_{15} на 17 м більше, ніж за десяту S_{10} . Знайдіть прискорення тіла.

Розв'язок

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2$$

(1) закон руху тіла

$$S_{10} = x(10) - x(0)$$

(2) переміщення за десяту секунду

$$S_{15} = x(15) - x(0)$$

(3) переміщення за п'ятнадцяту секунду

$$S_{15} = S_{10} + 17$$

(4) за умовою задачі

З урахуванням (1) вирази (2) і (3) приймають вид:

$$S_{10} = v_{0x} \cdot 10 + \frac{19}{2}a_x, \quad S_{15} = v_{0x} \cdot 15 + \frac{29}{2}a_x \Rightarrow 5a_x = 17 \Rightarrow a_x = 3,4 \text{ м/с}^2.$$

Відповідь: $3,4 \text{ м/с}^2$

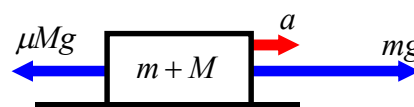
№2 Брусок масою $M = 400 \text{ г}$ під дією вантажу масою $m = 100 \text{ г}$ проходить зі стану спокою шлях $l = 80 \text{ см}$ за $t = 2 \text{ с}$. Знайти коефіцієнт тертя.

Розв'язок

Розглянемо брусок и вантаж як одне ціле тіло складної форми. Тіло рухається під дією зовнішніх сил: сили тяжіння $m\vec{g}$ та $M\vec{g}$, нормальна сила реакції опори $\vec{N}$, сила тертя ковзання $\vec{F}_{\text{тр}}$. Зауважимо, що сили $M\vec{g}$ та $\vec{N}$ компенсують одна одну й на рух тіла не впливають.

$$mg - \mu Mg = (m + M)a \quad (1) \quad \begin{array}{l} \text{2-й закон Ньютона з} \\ \text{урахуванням закону Амонтона} \end{array}$$

$$l = \frac{a}{2}t^2 \quad (2) \quad \text{шлях тіла}$$



Розв'язавши систему рівнянь (1) – (2), отримуємо вираз для коефіцієнта тертя μ :

$$\mu = \frac{mgt^2 - 2l(m + M)}{Mgt^2} = \frac{0,1 \cdot 10 \cdot 4 - 2 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{0,4 \cdot 10 \cdot 4} = 0,2$$

Відповідь: $0,2$

№3 Два однакових чайники закипають при послідовному і паралельному підключенні за однаковий час. Кожен чайник споживає при напрузі $U_0 = 220 \text{ В}$ потужність $P_0 = 400 \text{ Вт}$. Чому дорівнює опір кабелю, за допомогою якого будинок підключений до електромережі?

Розв'язок

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R_0} \quad (1) \quad \text{номінальна потужність чайника, } R_0 - \text{опір чайника}$$

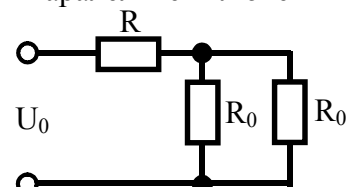
$$P_1 = I_1^2 R_0 \quad (2) \quad \text{потужність чайника при паралельному включенні}$$

$$I_1 = \frac{U_0}{2R + R_0} \quad (3) \quad \text{струм у чайнику при паралельному включенні, } R - \text{опір кабелю}$$

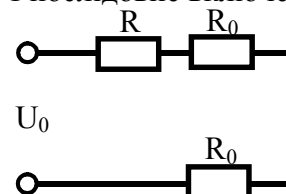
$$P_2 = I_2^2 R_0 \quad (4) \quad \text{потужність чайника при послідовному включенні}$$

$$I_2 = \frac{U_0}{R + 2R_0} \quad (5) \quad \text{струм у чайнику при послідовному включенні}$$

① паралельне включення



② послідовне включення



$$P_1 = P_2 \quad (6) \text{ за умовою задачі}$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (6), отримуємо вираз для опору кабелю R :

$$R = R_0 = \frac{U_0^2}{P_0} = \frac{220 \cdot 220}{400} = 121 \text{ Ом}$$

Відповідь: 121 Ом

№4 Знайти мінімальну силу, яку необхідно прикласти до тіла масою 56 кг, що лежить на горизонтальній площині, щоб зрушити його з місця. Коефіцієнт тертя між тілом і площиною $\sqrt{3}/3$.

Розв'язок

Застосуємо правило трьох векторів, замінивши силу тертя ковзання й нормальну силу реакції опори їх рівнодійною $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_{TP}$, при цьому вектор $\vec{R}$ через закон Амонтона відхиляється від напрямку вектора $\vec{N}$ на кут β

$$\operatorname{tg} \beta = \mu. \quad (1)$$

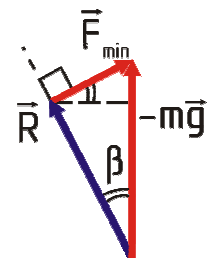
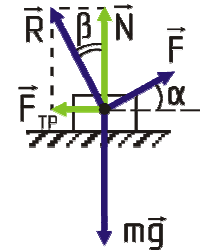
Тоді 1-й закон Ньютона для тіла приймає вид

$$\vec{R} + m\vec{g} + \vec{F} = \vec{0}. \quad (2)$$

Рівняння (2) задає у просторі топологічний трикутник, у якому відома лише сторона mg та кут β між сторонами mg та R . Умова мінімуму сили F означає, що сторона F перпендикулярна до сторони R цього трикутника. Тоді вектор $\vec{F}$ напрямлений під кутом β до горизонту, а його модуль дорівнює

$$F = mg \sin \beta = mg \sin(\operatorname{arctg} \mu) = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}} = 56 \cdot 10 \cdot \sin 30^\circ = 280 \text{ Н}$$

Відповідь: 280 Н



№5 На рисунку задано положення предмета АВ і його зображення A_1B_1 . Знайти графічно положення лінзи і її головних фокусів.

Розв'язок

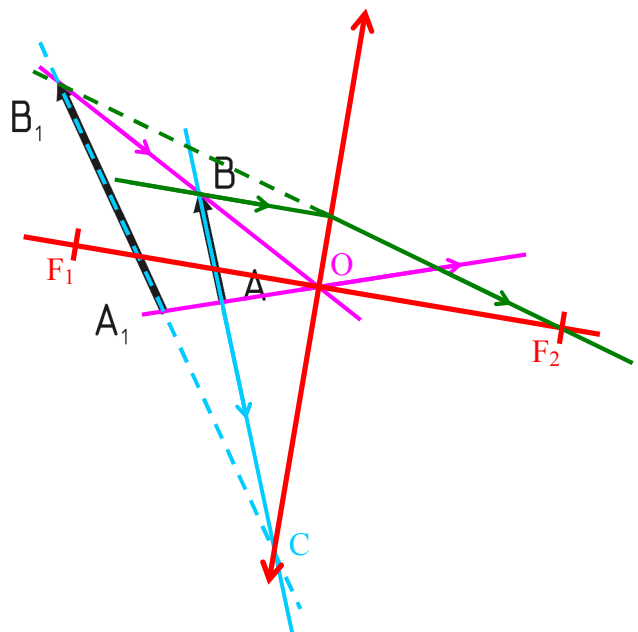
Зображення предмета збільшене пряме уявне, отже, маємо справу зі збирною лінзою. Знайдемо графічно положення лінзи і її головних фокусів, користуючись правилами побудови ходу променів та побудови зображень у лінзах:

① промені BB_1 та AA_1 проходять через оптичний центр лінзи без заломлення; отже на перетині BB_1 та AA_1 отримуємо оптичний центр лінзи т. О;

② промінь ВА після заломлення йде так, що його продовження проходить по лінії зображення B_1A_1 ; отже на перетині ВА та B_1A_1 отримуємо т. С, що належить лінзі;

③ отже лінза – пряма ОС, провівши через т. О пряму, перпендикулярну до ОС, маємо головну оптичну вісь.

④ промінь через т. В паралельний до головної оптичної осі після заломлення проходить через головний фокус лінзи, а його продовження йде через т. B_1 .



ВІДПОВІДІ
до завдань II етапу LV Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
2017/2018 навчальний рік
11 клас

№1 Точковий заряд $q = 10$ нКл знаходиться на відстані $a = 0,5$ м від провідної нескінченної площини. Визначити поверхневу густину зарядів, індукованих на площині, як функцію відстані r від основи перпендикуляра, проведеного з заряду на площину.

Розв'язок

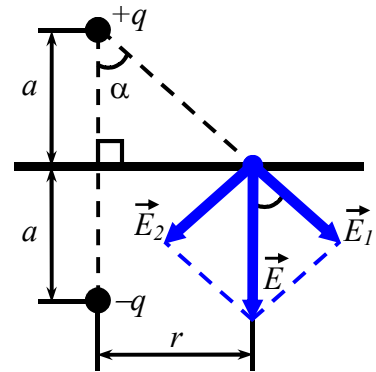
Застосуємо метод дзеркальних зображень і знайдемо напруженість електричного поля на поверхні нескінченної площини, як функцію відстані r від основи перпендикуляра, проведеного з заряду на площину.

$$E_1 = E_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(a^2 + r^2)} \quad (1) \text{ напруженість поля точкового заряду}$$

$$E = 2E_1 \cos \alpha \quad (2) \text{ за принципом суперпозиції}$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \quad (3)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (4) \text{ напруженість поля поблизу металевої поверхні за теоремою Гауса}$$



Розв'язавши систему рівнянь (1) – (4), отримуємо вираз для поверхневої густини зарядів σ , індукованих на площині:

$$\sigma = \frac{qa}{2\pi(a^2 + r^2)^{3/2}} \approx \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5}{2 \cdot 3,14(0,25 + r^2)^{3/2}} = \frac{0,79}{(0,25 + r^2)^{3/2}} \text{ нКл/м}^2$$

Відповідь: $\frac{0,79}{(0,25 + r^2)^{3/2}} \text{ нКл/м}^2$

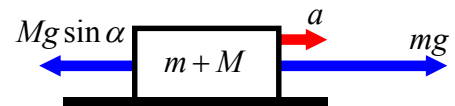
№2 Брусок масою $M = 400$ г на гладкій похилій площині (кут нахилу $\alpha = 30^\circ$) рухається під дією вантажу масою $m = 100$ г. Знайти прискорення вантажів і натяг нитки. Тертям і масами блоку і нитки знехтувати.

Розв'язок

Розглянемо брусок и вантаж як одне ціле тіло складної форми. Тіло рухається під дією зовнішніх сил: сили тяжіння $m\vec{g}$ та $M\vec{g}$, нормальна сила реакції опори $\vec{N}$. Зауважимо, що сила $M\vec{g}$ частково компенсується силою $\vec{N}$.

$$mg - Mg \sin \alpha = (m + M)a \quad (1) \text{ 2-й закон Ньютона}$$

$$T = m(g - a) \quad (2) \text{ вага вантажу, що рухається донизу}$$



Розв'язавши систему рівнянь (1) – (2), отримуємо вирази для прискорення a та натягу нитки T :

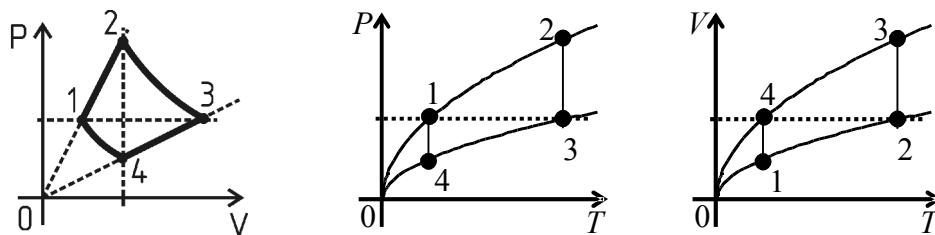
$$a = \frac{m - M \sin \alpha}{(m + M)} g = \frac{0,1 - 0,4 \cdot 0,5}{0,5} 10 = -2 \text{ м/с}^2, \text{ це означає, що брусок рухається донизу, а вантаж угору}$$

$$T = \frac{mMg}{m + M} (1 + \sin \alpha) = \frac{0,1 \cdot 0,4 \cdot 10(1 + 0,5)}{0,5} = 1,2 \text{ Н}$$

Відповідь: $2 \text{ м/с}^2, 1,2 \text{ Н}$

№3 Один моль газу бере участь у процесі, графік якого зображено на PV -діаграмі. Ділянки 1-2 і 3-4 графіка — відрізки прямих, продовження яких проходять через початок координат, а криві 1-4 і 2-3 — ізотерми. Побудувати графік цього процесу на TV - і TP -діаграмі.

Розв'язок



$$P = aV$$

(1) термодинамічний процес на ділянках 1-2 та 3-4

$$PV = \nu RT$$

(2) рівняння Менделєєва-Клапейрона

З системи (1) – (2) отримуємо рівняння процесів 1-2 та 3-4 для TV - і TP -діаграм:

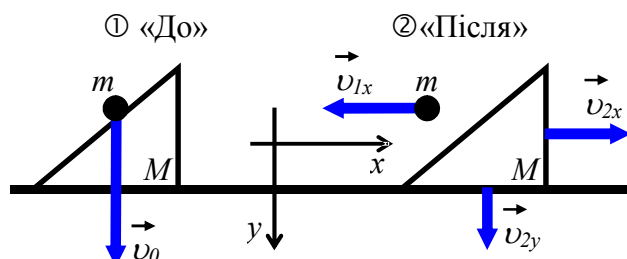
$P = \sqrt{a\nu RT}$, враховуючи $a_{12} > a_{34}$, графік процесу 1-2 на TP -діаграмі розташовується вище графіка процесу 3-4

$V = \sqrt{\frac{\nu RT}{a}}$, враховуючи $a_{12} > a_{34}$, графік процесу 1-2 на TV -діаграмі розташовується нижче графіка процесу 3-4

№4 На клин масою $M = 20$ кг, що стоїть на горизонтальній площині, із висоти $h = 20$ м падає куля масою $m = 4$ кг і відскакує в горизонтальному напрямку. Знайти горизонтальну швидкість клина після удару. Тертям знехтувати, удар кулі об клин вважати абсолютно пружним.

Розв'язок

В задачі йдеться про два удари: спочатку абсолютно пружний удар кулі об клин, а потім абсолютно непружний удар клина об горизонтальну площину.



$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

(1) швидкість кулі до удару за законом збереження енергії

$$X: 0 = -mv_{1x} + Mv_{2x}$$

(2)

$$Y: mv_0 = Mv_{2y}$$

(3) закон збереження імпульсу в проекціях на осі x та y

$$mv_0^2 = mv_{1x}^2 + Mv_{2x}^2 + Mv_{2y}^2$$

(4) закон збереження енергії

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (4), отримуємо вираз для горизонтальної швидкості клина після удару v_{2x} :

$$v_{2x} = \frac{m}{M} \sqrt{2gh \frac{M-m}{M+m}} = \frac{4}{20} \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot \frac{16}{24}} \approx 3,27 \text{ м/с}$$

Відповідь: 3,27 м/с

№5 На рисунку в схемі величини ЕРС батарей $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 100$ В, їхні внутрішні опори $r_1 = r_2 = 1,5$ Ом, опір $R = 12$ Ом і ємність $C = 200$ пф. Визначити заряд конденсатора.

Розв'язок

Після зарядки конденсатора струм крізь нього не тече, отже у всіх компонентах зовнішнього контуру сила струму однакова.

$$I(r_1 + r_2 + R) = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad (1) \text{ друге правило Кірхгофа для зовнішнього контуру}$$

$$U_C + Ir_1 = \varepsilon_1 \quad (2) \text{ друге правило Кірхгофа для контуру з конденсатором та 1-ю батареєю ЕРС}$$

$$q = CU_C \quad (3) \text{ заряд на конденсаторі}$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) – (3), отримуємо вираз для заряду конденсатора q :

$$q = C \frac{\varepsilon_1(r_2 + R) + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2 + R} = 200 \cdot 10^{-12} \frac{100 \cdot 13,5 + 100 \cdot 1,5}{15} = 20 \text{ нКл}$$

Відповідь: 20 нКл

