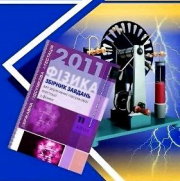


11

Державна
підсумкова
атестація

Фізика



2011

Видання за згодою



«Навчальники
і посібники»

ВАРІАНТ №1

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2				X
1.3	X			
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5	X			
1.6			X	
1.7			X	
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2			X	
2.3			X	
2.4				X

3.1	500 Дж.
3.2	0,59.
3.3	2500.

3.1

$$V = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$$

$$p_1 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_1 = (27 + 273) \text{ К} = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = (127 + 273) \text{ К} = 400 \text{ К}$$

$$Q = ?$$

Балон жорсткий ($V = \text{const}$), тому $A_{\text{зовн}} = 0$.
 За I законом термодинаміки $Q = A_{\text{зовн}} + \Delta U = \Delta U$.
 Зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального газу $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V - p_1 V)$.

За законом Шарля $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$. Кінцевий тиск газу $p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1}$.

$$\text{Отже, } Q = \frac{3}{2} p_1 V \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right).$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[Q] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{К}}{\text{К}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{Q\} = \frac{3}{2} \cdot 10^5 \cdot 0,01 \cdot \left(\frac{400}{300} - 1 \right) = 500 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: 500 Дж.

3.2

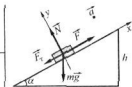
$$P$$

$$a = 0$$

$$\mu = 0,4$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\eta = ?$$



$$\text{ККД похилої площини } \eta = \frac{A_z}{A_s} \cdot 100\%$$

Нехай h — висота похилої площини.

$$\text{Тоді } A_z = mgh; \quad A_s = F \cdot l = \frac{Fh}{\sin \alpha}.$$

Знайдемо силу F .

$$\text{За I законом Ньютона } \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_f + \vec{N} = 0;$$

$$Ox: \begin{cases} F - mg \sin \alpha - F_t = 0, \\ Oy: \begin{cases} -mg \cos \alpha + N = 0. \end{cases} \end{cases}$$

Оскільки $F_t = \mu N$, то

$$F = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha).$$

$$\text{Отже, } \eta = \frac{mgh \cdot \sin \alpha}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)h} = \frac{\sin \alpha}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\eta = \frac{0,5}{0,4 \cdot 0,87 + 0,5} = 0,59.$$

Відповідь: 0,59.

3.3

$$t = 1 \text{ с}$$

$$S = 60 \text{ км} = 6 \cdot 10^4 \text{ м}$$

$$n = ?$$

Оскільки сигнал рухається зі швидкістю $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, то на шлях до цілі й назад витрачається

$$\text{час } t_1 = \frac{2S}{c}. \text{ Тоді } n = \frac{t}{t_1} = \frac{tc}{2S_{\text{max}}}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [n] = \frac{\text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{м}} = 1.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[n] = \frac{1 \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 6 \cdot 10^4} = 2500.$$

Відповідь: 2500.

Задача 4.1

$$R = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda = 200 \text{ нм} = 200 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 250 \text{ нм} = 250 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$N = ?$$

Рівняння Ейнштейна для фотоелекту:

$$h\nu = A_{\text{max}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$$

$$\text{Частота фотона, який падає на поверхню кулі: } \nu = \frac{c}{\lambda}.$$

$$\text{Робота виходу електронів } A_{\text{max}} = h\nu_{\text{max}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}.$$

По мірі виривання електронів поверхня кулі заряджається позитивно. Електричне поле зарядженої кулі гальмує електрони, що вирвалися з поверхні. Електрони перестануть вириватися, якщо

$$\frac{mU_{\max}^2}{2} = e\varphi, \text{ де } \varphi = \frac{kq}{R} \text{ — потенціал поверхні зарядженої кулі.}$$

Заряд, який втратила куля $q = N \cdot e$. Маємо $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} + e \cdot \frac{keN}{R}$.

$$\text{Звідси: } hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\max}} \right) = \frac{ke^2 N}{R}; \quad \frac{Rhc(\lambda_{\max} - \lambda)}{\lambda_{\max} \cdot \lambda} = ke^2 N.$$

$$\text{Отже, } N = \frac{hcR(\lambda_{\max} - \lambda)}{ke^2 \cdot \lambda_{\max} \cdot \lambda}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[N] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \text{Кл}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Дж}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = 1.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{N\} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 10^9 \cdot 1,6^2 \cdot 10^{-38} \cdot 200 \cdot 10^{-9} \cdot 250 \cdot 10^{-9}} = 1,73 \cdot 10^6.$$

Відповідь: $1,73 \cdot 10^6$.

ВАРІАНТ №2

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2			X	
1.3	X			
1.4				X

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6				X
1.7		X		
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2			X	
2.3	X			
2.4			X	

3.1 $1,326 \cdot 10^{-5}$ Па.

3.2 31°C .

3.3 150 м/с .

3.1

$$N = 4 \cdot 10^{17}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$\lambda = 400 \text{ нм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$S = 1 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$P = ?$$



За законом збереження імпульсу $F \Delta t = \Delta p \cdot N$, де F — сила тиску світла на поверхню, Δp — зміна імпульсу одного фотона.

Оскільки поверхня повністю відбиває світло, то $\Delta p = 2 \frac{h}{\lambda}$.

$$\text{Тоді } F = \frac{\Delta p \cdot N}{\Delta t} = \frac{2hN}{\lambda \Delta t}$$

$$\text{Тиск випромінювання на поверхню } P = \frac{F}{S} = \frac{2hN}{\lambda \cdot \Delta t \cdot S}$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [P] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{P\} = \frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4 \cdot 10^{17}}{4 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-4}} = 1,326 \cdot 10^{-5} \text{ (Па)}.$$

Відповідь: $1,326 \cdot 10^{-5}$ Па.

3.2

$$t_s = 124^{\circ}\text{C}$$

$$t = 40^{\circ}\text{C}$$

$$m_s = m_a$$

$$c_s = 450 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$c_a = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$t_a = ?$$

Рівняння теплового балансу:

$$c_s m_s (t_s - t) = c_a m_a (t - t_a); \quad c_s (t_s - t) = c_a (t - t_a);$$

$$t - t_a = \frac{c_s}{c_a} (t_s - t); \quad t_a = t - \frac{c_s}{c_a} (t_s - t).$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [t_a] = ^{\circ}\text{C} - \frac{\text{Дж/(кг} \cdot \text{К)}}{\text{Дж/(кг} \cdot \text{К)}} \cdot ^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{C}.$$

Підставимо значення фізичних величин: $\{t_s\} = 40 - \frac{450}{4200} \cdot (124 - 40) = 31$ (°C).

Відповідь: 31°C.

3.3

$$\begin{aligned} v_1 &= 120 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_2 &= 90 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_3 &= ? \end{aligned}$$



У найвищій точці траєкторії швидкість снаряда дорівнює нулю, тому і його імпульс теж дорівнює нулю.

Нехай маса кожного уламка m . За законом збереження імпульсу $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 + m\vec{v}_3 = 0$, звідки $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 = 0$.

Тоді $\vec{v}_3 = -(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)$ і $|\vec{v}_3| = |\vec{v}_1 + \vec{v}_2|$. Враховуючи, що вектори \vec{v}_1 та \vec{v}_2 перпендикулярні, за теоремою Піфагора маємо $v_3 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.

Одиниці вимірювання: $[v_3] = \sqrt{\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{v_3\} = \sqrt{120^2 + 90^2} = 150$ (м/с).

Відповідь: 150 м/с.

Задача 4.1

$$\begin{aligned} t_s &= 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с} \\ N &= 4000 \\ t_0 &= 1 \text{ с} \\ S_{\text{min}} &= ? \\ S_{\text{max}} &= ? \end{aligned}$$

Електромагнітні хвилі, які посилає локатор, відбившись від цілі, повертаються до антени локатора і нею ж приймаються. Мінімальну відстань до цілі визначають зі співвідношення $2S_{\text{max}} = c \cdot t_s$, де $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — швидкість

поширення електромагнітних хвиль у повітрі. Звідси $S_{\text{min}} = \frac{c \cdot t_s}{2}$.

Максимальну відстань до цілі обчислюють за формулою $2S_{\text{max}} = c \cdot \tau$,

де $\tau = \frac{t_0}{N}$ — час між двома послідовними імпульсами. Тоді $S_{\text{max}} = \frac{c \cdot t_0}{2N}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[S] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \text{м}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{S_{\text{min}}\} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2} = 300 \text{ (м)}; \quad \{S_{\text{max}}\} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 1}{2 \cdot 4 \cdot 10^3} = 3,75 \cdot 10^4 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 300 м; $3,75 \cdot 10^4$ м.

ВАРІАНТ №3

	А	Б	В	Г
1.1 ¹	—	—	—	—
1.2 ²	—	—	—	—
1.3			X	
1.4			X	

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6		X		
1.7		X		
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2			X	
2.3				X
2.4	X			

3.1 194 МДж.

3.2 $1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

3.3 У 16 разів.

3.1

$m = 1 \text{ кг}$

$U = 9 \text{ В}$

$\eta = 0,5$

$k = 0,093 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$

$Q = ?$

ККД електролітичної ванни $\eta = \frac{A_s}{A_e}$. Тоді $A_s = \frac{A_e}{\eta}$.

Корисна робота — робота струму $A_s = UIt$.

За першим законом Фарадея

$m = kIt$, звідки $It = \frac{m}{k}$. Отже, $A_s = \frac{Um}{k}$.

Затрачена кількість теплоти $Q = A_s = \frac{Um}{k\eta}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[Q] = \frac{\text{В} \cdot \text{кг}}{\text{кг}/\text{Кл}} = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Дж}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[Q] = \frac{9 \cdot 1}{0,093 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5} = 1,94 \cdot 10^8 \text{ (Дж)}. \quad Q = 194 \text{ МДж}.$$

Відповідь: 194 МДж.

3.2

$P = 90 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$

$t = 1 \text{ с}$

$N = 3 \cdot 10^{17}$

$p = ?$

Імпульс фотона $p = \frac{h}{\lambda}$.

Потужність лазера $P = \frac{E}{t} = \frac{N \cdot h\nu}{t} = \frac{N \cdot hc}{t \cdot \lambda} = \frac{N \cdot c \cdot p}{t}$.

¹ Умова задачі 1.1 допускає різну інтерпретацію і тому є некоректною.

² Умова задачі 1.2 є некоректною.

Отже, імпульс фотона $p = \frac{I \cdot P}{Nc}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[p] = \frac{\text{с} \cdot \text{Вт}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{Н} \cdot \text{с} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[p] = \frac{1 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{17} \cdot 3 \cdot 10^8} = 1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Відповідь: $1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

3.3

$m = 4$

$n = 1$

$$\frac{R_m}{R_n} = ?$$

$$\frac{E_n}{E_m} = ?$$



Електрон рухається по колу під дією сили Кулона: $ma = F_e$.

$$\frac{mV^2}{R} = \frac{ke^2}{R^2}, \text{ звідси } mV^2 = \frac{ke^2}{R}.$$

$$\text{Кінетична енергія електрона } W_n = \frac{mV^2}{2} = \frac{ke^2}{2R}.$$

Потенціальна енергія взаємодії електрона і ядра $W_n = -\frac{ke^2}{R}$.

Повна енергія $E = W_n + W_n = -\frac{ke^2}{2R}$.

Енергія атома в стаціонарних станах $E_n = -\frac{E_1}{n^2}$ та $E_m = -\frac{E_1}{m^2}$, де $E_1 = 13,6 \text{ еВ}$ — енергія іонізації атома Гідрогену з основного стану.

$$\text{Звідси } \frac{E_n}{E_m} = \frac{m^2}{n^2}.$$

Оскільки $E_n = -\frac{ke^2}{2R_n}$ і $E_m = -\frac{ke^2}{2R_m}$, то $\frac{E_n}{E_m} = \frac{R_m}{R_n}$. Тоді $\frac{R_m}{R_n} = \frac{E_n}{E_m}$.

Обчислимо потрібні відношення:

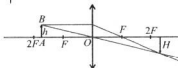
$$\frac{E_n}{E_m} = \frac{4^2}{1^2} = 16; \quad \frac{R_m}{R_n} = \frac{1}{16}.$$

Відповідь: модуль енергії зростає у 16 разів, а радіус зменшується у 16 разів.

Задача 4.1

$$\begin{array}{l} h = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м} \\ H_1 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м} \\ \Delta d = 1,5 \text{ см} = 0,015 \text{ м} \\ H_2 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м} \\ \hline F = ? \end{array}$$

Оскільки в обох випадках на екрані утворюється дійсне збільшене зображення, то свічка міститься між фокусом і подвійним фокусом збиральної лінзи.



Формула тонкої лінзи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$.

Збільшення лінзи $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$.

Звідси $f = \frac{Hd}{h}$. Підставимо цей вираз у формулу тонкої лінзи:

$$\frac{1}{d} + \frac{h}{Hd} = \frac{1}{F}; \quad \frac{H+h}{Hd} = \frac{1}{F}; \quad d = \frac{F(H+h)}{H}$$

У першому випадку $d_1 = \frac{F(H_1+h)}{H_1}$, а у другому — $d_2 = \frac{F(H_2+h)}{H_2}$.

Зміщення свічки відносно лінзи

$$\Delta d = d_2 - d_1 = F \left(\frac{H_2+h}{H_2} - \frac{H_1+h}{H_1} \right) = F \frac{h(H_1 - H_2)}{H_1 H_2}$$

Отже, фокусна відстань лінзи $F = \frac{\Delta d H_1 H_2}{h(H_1 - H_2)}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[F] = \frac{\text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{F\} = \frac{0,015 \cdot 0,15 \cdot 0,1}{0,05 \cdot (0,15 - 0,1)} = 0,09 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 0,09 м.

ВАРІАНТ №4

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2				X
1.3				X
1.4				X

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6			X	
1.7			X	
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1	X			
2.2		X		
2.3			X	
2.4			X	

3.1	$q = 10^{-4} \cos(500t)$ Кл.
3.2	500.
3.3	$2 \cdot 10^{-3}$ Кл.

3.1

$$C = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 4 \text{ Гн}$$

$$q_m = 100 \text{ мкКл} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

$$q(0) = q_m$$

$$q(t) = ?$$

Оскільки $q(0) = q_m$, то рівняння коливань має вигляд $q = q_m \cos(\omega_0 t)$.

$$\text{Циклічна частота } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Обчислимо циклічну частоту: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}} = 500 \text{ (Гц)}.$

Рівняння коливань $q = 10^{-4} \cos(500t)$ Кл. *Відповідь:* $q = 10^{-4} \cos(500t)$ Кл.

3.2

$$v_m = 2 \text{ кГц} = 2 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$\lambda = 300 \text{ м}$$

$$t = T_m$$

$$N = ?$$

$$\text{Кількість коливань } N = \frac{t}{T} = \frac{T_m}{T}.$$

$$\text{Період електромагнітних коливань } T = \frac{\lambda}{c}.$$

Період звукових коливань $T_m = \frac{1}{v_m}$. Звідси $N = \frac{c}{v_m \cdot \lambda}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[N] = \frac{\text{м/с}}{\text{Гц} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м/с}}{\text{м/с}} = 1.$

Підставимо значення: $\{N\} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^3 \cdot 300} = 500$. *Відповідь:* 500.

3.3

$$S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$R = 0,25 \text{ Ом}$$

$$B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$\beta_1 = 0^\circ; \beta_2 = 60^\circ$$

$$q = ?$$

Заряд, що пройде по контуру $q = I_1 \cdot \Delta t$.

$$\text{Індукційний струм } I_1 = \frac{E_1}{R}. \text{ ЕРС індукції } E_1 = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|.$$

Зміна магнітного потоку

$$|\Delta\Phi| = |\Phi_2 - \Phi_1| = |BS \cos\beta_2 - BS \cos\beta_1| = BS \cdot |\cos\beta_2 - \cos\beta_1|.$$

Отже, $q = \frac{BS}{R} \cdot |\cos\beta_2 - \cos\beta_1|$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[q] = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{В/А}} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Дж/Кл}} = \text{Кл}.$$

Підставимо значення величин: $\{q\} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{0,25} \cdot \left| \frac{1}{2} - 1 \right| = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (Кл)}.$

Відповідь: $2 \cdot 10^{-3}$ Кл.



Задача 4.1

$$S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$t = 5 \text{ хв} = 300 \text{ с}$$

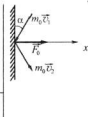
$$N = 1 \cdot 10^{25}$$

$$m_0 = 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

$$v = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$p = ?$$



α — кут між напрямом швидкості руху молекул і поверхнею стінки. Модуль імпульсу сили, яка діє на стінку за час t :

$$Ft = (m_0 v_2 \sin \alpha + m_0 v_1 \sin \alpha) \cdot N.$$

Оскільки зіткнення молекул зі стінкою абсолютно пружні, то $v_1 = v_2 = v$, тому

$$F = \frac{2m_0 v \sin \alpha \cdot N}{t} \text{ — сила тиску.}$$

Отже, тиск молекул на стінку $p = \frac{F}{S} = \frac{2m_0 v \sin \alpha \cdot N}{t \cdot S}.$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[p] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{p\} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-26} \cdot 600 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 10^{25}}{300 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 20 \text{ (Па)}.$$

Відповідь: 20 Па.

ВАРІАНТ №5

	А	Б	В	Г
1.1	X			
1.2				X
1.3			X	
1.4			X	

	А	Б	В	Г
1.5	X			
1.6			X	
1.7	X			
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1	X			
2.2		X		
2.3			X	
2.4	X			

3.1	$2,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
3.2	0,4 м.
3.3	$0,91 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3.1

$$m_1 = 0,4 \text{ т}$$

$$m_2 = 0,6 \text{ т}$$

$$M_1 = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M = ?$$

$$\text{Молярна маса суміші } M = \frac{m}{\nu}$$

Загальна кількість речовини

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} = \frac{0,4 \text{ т}}{M_1} + \frac{0,6 \text{ т}}{M_2} = \frac{m(0,4M_2 + 0,6M_1)}{M_1M_2}$$

Отже, молярна маса суміші

$$M = \frac{mM_1M_2}{m(0,4M_2 + 0,6M_1)} = \frac{M_1M_2}{0,4M_2 + 0,6M_1}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[M] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{M\} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0,4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

3.2

$E_i = 1,6 \text{ В}$

$\Delta t = 1 \text{ с}$

$N = 50$

$\Delta B = 0,2 \text{ Тл}$

$\beta = 0^\circ$

$a = ?$

Зміна магнітного потоку через рамку $\Delta\Phi = \Delta B \cdot S = \Delta B \cdot a^2$.

ЕРС індукції $E_i = N \cdot \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{N\Delta B a^2}{\Delta t}$.

Отже, сторона квадратної рамки $a = \sqrt{\frac{E_i \cdot \Delta t}{N\Delta B}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[a] = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{Тл}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \cdot \text{с}}{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}}} = \sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{a\} = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 1}{50 \cdot 0,2}} = 0,4 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 0,4 м.

3.3

$v_1 = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_2 = 2,5 \frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{25 \text{ м}}{36 \text{ с}}$

$l_1 = \frac{l}{3}$

$l_2 = \frac{2l}{3}$

$v_c = ?$

Середня швидкість $v_c = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2} = \frac{l}{t_1 + t_2}$.

Час руху на кожній ділянці

$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{l}{3v_1}; \quad t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{2l}{3v_2}$.

Середня швидкість

$v_c = \frac{l}{t_1 + t_2} = \frac{l}{\frac{l}{3v_1} + \frac{2l}{3v_2}} = \frac{3v_1 \cdot v_2}{v_2 + 2v_1}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[v_c] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} : \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{v_c\} = \frac{3 \cdot 2,5 \cdot \frac{25}{36}}{\frac{25}{36} + 2 \cdot 2,5} \approx 0,91 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Відповідь: $0,91 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Задача 4.1

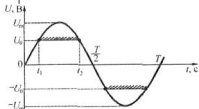
$$U_0 = 60 \text{ В}$$

$$\Delta t = \frac{T}{3}$$

$$U_a = ?$$

Нехай коливання напруги у мережі змінного струму відбуваються за законом $U = U_m \sin(\omega t)$.

Графік зміни напруги з часом має вигляд



З графіка видно, що лампа засвічується в момент часу t_1 і гасне в момент t_2 . Тривалість свічення лампи впродовж періоду становить $\Delta t = 2(t_2 - t_1)$.

$$\text{Визначимо } t_1: U_0 = U_m \sin(\omega t_1); \quad \omega t_1 = \arcsin \frac{U_0}{U_m}.$$

$$\text{Оскільки циклічна частота } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ то } t_1 = \frac{T}{2\pi} \arcsin \frac{U_0}{U_m}.$$

$$\text{Лампа гасне у момент часу } t_2 = \frac{T}{2} - t_1. \text{ Тоді } \Delta t = 2\left(\frac{T}{2} - 2t_1\right);$$

$$\Delta t = T - 4 \frac{T}{2\pi} \arcsin \frac{U_0}{U_m} = T \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{U_0}{U_m}\right).$$

$$\text{За умовою } \Delta t = \frac{T}{3}, \text{ тому } \frac{T}{3} = T \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{U_0}{U_m}\right);$$

$$\frac{2}{\pi} \arcsin \frac{U_0}{U_m} = \frac{2}{3}; \quad \arcsin \frac{U_0}{U_m} = \frac{\pi}{3}; \quad \frac{U_0}{U_m} = \sin \frac{\pi}{3}; \quad \frac{U_0}{U_m} = \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad U_m = \frac{2U_0}{\sqrt{3}}.$$

$$\text{Діюче значення напруги } U_a = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{2U_0}{\sqrt{6}}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою: $[U_a] = \text{В}$.

$$\text{Обчислимо діюче значення напруги: } \{U_a\} = \frac{2 \cdot 60}{\sqrt{6}} = 49 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 49 В.

ВАРІАНТ №6

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2			X	
1.3		X		
1.4			X	

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6			X	
1.7				X
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1	X			
2.2				X
2.3				X
2.4	X			

3.1 $i = -0,05 \sin(500t)$ А.

3.2 У 4 рази.

3.3 Збільшити у 2,25 разу.

3.1

$$C = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 4 \text{ Гн}$$

$$q_m = 100 \text{ мкКл} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

$$q(0) \approx q_m$$

$$i(t) = ?$$

Оскільки $q(0) = q_m$, то рівняння коливань має вигляд $q = q_m \cos(\omega_0 t)$.

$$\text{Циклічна частота } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Обчислимо циклічну частоту $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}} = 500$ (Гц).

Рівняння коливань заряду $q = 10^{-4} \cos(500t)$ Кл.

Рівняння коливань сили струму

$$i(t) = q'(t) = -500 \cdot 10^{-4} \sin(500t) = -0,05 \sin(500t) \text{ А.}$$

Відповідь: $i = -0,05 \sin(500t)$ А.

3.2

$$T_1 = T_2 = T$$

$$M_1 = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = ?$$

Середня кінетична енергія поступального руху молекул

$$E_k = \frac{3}{2} kT = \frac{m_0 v^2}{2}.$$

$$\text{Маса молекули } m_0 = \frac{M}{N_A}.$$

$$\text{Тоді } \frac{3}{2} kT = \frac{M v^2}{2 N_A}; \quad 3kT = \frac{M v^2}{N_A}.$$

Середня квадратична швидкість молекул газу

$$v = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

Відношення середніх квадратичних швидкостей

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$\left[\frac{v_2}{v_1} \right] = \sqrt{\frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}} = 1.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\left\{ \frac{v_2}{v_1} \right\} = \sqrt{\frac{32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}}} = 4.$$

Відповідь: У 4 рази.

3.3

$$v_1 = 9 \text{ МГц} \approx 9 \cdot 10^6 \text{ Гц}$$

$$\lambda_2 = 50 \text{ м}$$

$$\frac{C_2}{C_1} = ?$$

Довжини хвиль, які приймає радіоприймач

$\lambda_1 = 2\pi c \sqrt{C_1 L}$ та $\lambda_2 = 2\pi c \sqrt{C_2 L}$, де $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — швидкість поширення електромагнітних хвиль у повітрі.

$$\text{Тоді } \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}.$$

$$\text{Отже, } \frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)^2.$$

$$\text{Оскільки } \lambda_1 = \frac{c}{v_1}, \text{ то } \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\lambda_2 \cdot v_1}{c} \right)^2.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$\left[\frac{C_2}{C_1} \right] = \left(\frac{\text{м} \cdot \text{Гц} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} \right)^2 = \left(\frac{\text{м} \cdot \frac{1}{\text{с}} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}}}{1} \right)^2 = 1.$$

Обчислимо отримане відношення:

$$\left\{ \frac{C_2}{C_1} \right\} = \left(\frac{50 \cdot 9 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} \right)^2 = 2,25 \text{ разу.}$$

Відповідь: Смієць потрібно збільшити у 2,25 разу.

Задача 4.1

$$l = 1 \text{ м}$$

$$B = 10 \text{ мТл} = 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$\omega = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$q = 90^\circ$$

$$U = ?$$



Під дією сили Лоренца (сторонньої сили) відрив носії заряду (електрони) вгорі і стрічка відхиляється з одного кінця на інший, внаслідок чого на кінцях стрічки накопичується

рівномірні заряди і виникає різниця потенціалів U . Електричне поле вгорі і стрічки протидіє подальшому руху відриву електронів. Перетівання заряду припиняється, коли $F_{\text{ел}} = F_{\text{л}}$.

$$F_{\text{ел}} = q \cdot E = \frac{q \cdot U}{l}.$$

Сила Лоренца $F_{\text{л}} = qvB$, де $v_s = \omega \frac{l}{2}$ — лінійна швидкість руху середньої стрічки.

$$\text{Тоді } \frac{q \cdot U}{l} = qv_s B.$$

$$\text{Отже, } U = v_s B l = \frac{\omega B l^2}{2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за стрічковою формулою:

$$[U] = \frac{1}{\text{с}} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

Підставимо значення фізичних величин в стрічкову формулу:

$$[U] = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{2} = 0,01 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 0,01 В.

ВАРІАНТ №7

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2				X
1.3	X			
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6			X	
1.7		X		
1.8				X

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2	X			
2.3			X	
2.4			X	

3.1 $1,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

3.2 51° .

3.3 2351 м .

3.1

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} \quad \left| \begin{array}{l} 4x \\ v_0 = 0 \\ h = 3,2 \text{ м} \\ \Delta p_x = ? \end{array} \right.$$



Швидкість, якої набуває м'ячик перед ударом $v = \sqrt{2gh}$.

При абсолютно пружних зіткненнях $v_1 = v_2 = v$.

Зміна імпульсу (проекція на вісь Ox): $\Delta p_x = 2mv$. Отже, $\Delta p_x = 2m\sqrt{2gh}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\Delta p_x] = \text{кг} \cdot \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \text{м} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Підставимо значення: $[\Delta p_x] = 2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,2} = 1,6 \text{ (кг} \cdot \text{м/с)}$.

Відповідь: $1,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

3.2

$$\begin{array}{l} n_1 = 1,3 \\ n_2 = 1,6 \\ \gamma = 90^\circ \\ \alpha = ? \end{array}$$



Закон заломлення світла $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$.

Якщо $\beta = 90^\circ - \alpha$, то $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{n_2}{n_1}$; $\text{tg} \alpha = \frac{n_2}{n_1}$.

Отже, $\alpha = \text{arctg} \frac{n_2}{n_1}$. Підставимо значення: $[\alpha] = \text{arctg} \frac{1,6}{1,3} = 51^\circ$.

Відповідь: 51° .

3.3

$$\begin{array}{l} L = 2 \text{ мГн} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \\ d = 1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ \epsilon = 11 \\ S = 800 \text{ см}^2 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \\ \lambda = ? \end{array}$$

Період коливань коаксиалу $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Ємність плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$.

$$\text{Довжина хвилі: } \lambda = c \cdot T; \quad \lambda = 2\pi c \sqrt{L \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}}$$

Перевіримо одиниці вимірювання:

$$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\text{Гн} \cdot \frac{\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2}{\text{м}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\lambda\} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{11 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-2}}} \approx 2351 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 2351 м.

Задача 4.1

$n=2$ $m = \infty$ $E_0 = 13,6 \text{ eV} = 21,76 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $E_\infty = 1,6 \text{ eV} = 2,56 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $\lambda = ?$	Енергія атома Гідрогену в стаціонарному стані з номером n дорівнює $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$, де E_0 — енергія іонізації атома з основного стану.
---	---

Якщо атом було іонізовано, то енергія іонізації атома: $E_i = E_m - E_n = \frac{E_0}{n^2}$.

Фотон не лише іонізував атом, а й надав електрону кінетичної енергії. За законом збереження енергії маємо:

$$E_\phi = E_i + E_e = \frac{E_0}{n^2} + E_e; \quad \frac{hc}{\lambda} = \frac{E_0}{n^2} + E_e$$

Отже, довжина хвилі фотона $\lambda = \frac{hc}{\frac{E_0}{n^2} + E_e}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[\lambda] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{Дж}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\lambda\} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 4}{21,76 \cdot 10^{-19} + 4 \cdot 2,56 \cdot 10^{-19}} = 2,49 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

Відповідь: $2,49 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 249 \text{ нм}$.

ВАРІАНТ №8

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2	X			
1.3		X		
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5				X
1.6				X
1.7			X	
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2		X		
2.3		X		
2.4				X

3.1	$4,5 \cdot 10^{-2}$ м.
3.2	Напруга не змінилася.
3.3	2 Гц.

3.1

$U = 400$ В

$B = 1,5$ мТл = $1,5 \cdot 10^{-3}$ Тл

$m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

$q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$\alpha = 90^\circ$

$R = ?$

За рахунок роботи електричного поля електрон набуває кінетичної енергії $\frac{mv^2}{2} = qU$. Тоді $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$. Рух по колу у магнітному полі під дією сили Лоренца

$$\frac{mv^2}{R} = qvB; \quad R = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \cdot \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \sqrt{\frac{2Um}{qB^2}}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[R] = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{кг}}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}^2}} = \sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{Кл} \cdot \text{Кл} \cdot \text{Н}^2}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{Н}^2 \cdot \text{с}^2}} = \sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{Н} \cdot \text{с}^2}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}.$$

Підставимо значення: $\{R\} = \sqrt{\frac{2 \cdot 400 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^2}} = 4,5 \cdot 10^{-2}$ (м).

Відповідь: $4,5 \cdot 10^{-2}$ м.

3.2

$U_1 = 200$ В

$d_1 = 1$ см = 10^{-2} м

$d_2 = 2$ см = $2 \cdot 10^{-2}$ м

$\Delta U = ?$

Оскільки розводять пластини конденсатора, приєднаного до джерела напруги, то $U = \text{const}$ і $\Delta U = 0$.

Відповідь: напруга між пластинами конденсатора не змінилася.

3.3

$v = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$l = 75$ см = $0,75$ м

$\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$

$v = ?$

За умовою, при відстані між точками l різниця фаз між ними $\Delta\phi$. Якщо ж відстань між точками дорівнює довжині хвилі, то різниця фаз становить $\Delta\phi_1 = 2\pi$.

Складемо пропорцію $\frac{2\pi}{\pi/2} = \frac{\lambda}{l}$. Звідси $\lambda = 4l$. Частота

хвилі $v = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4l}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}; n = \frac{\text{л}}{\text{с}} = \text{Гц}$.

Підставимо значення фізичних величин в оригінальну формулу:

$$\{v\} = \frac{5}{4 \cdot 0,75} = 2 \text{ (Гц)}$$

Відповідь: 2 Гц.

Задача 4.1

$$m_1 = 1,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 6 \text{ г} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$v = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$l = 1 \text{ м}$$

$$h = ?$$



За умовою удар центральний і пружиний. За законом збереження імпульсу

$$m_2 v = (m_1 + m_2) \cdot u,$$

де u — швидкість тіл з миттєво після зіткнення.

$$\text{Звідси } u = \frac{m_2 v}{m_1 + m_2}.$$

Якщо виступати овором повітря, то нова механічна енергія системи після зіткнення зберігається: $E_1 = E_2$.

$$\frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} = (m_1 + m_2) g h.$$

$$\text{Отже, } h = \frac{u^2}{2g} = \frac{m_2^2 \cdot v^2}{2g(m_1 + m_2)^2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за оригінальною формулою:

$$[h] = \frac{\text{кг}^2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{кг}^2} = \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в оригінальну формулу:

$$\{h\} = \frac{\{6 \cdot 10^{-3}\}^2 \cdot 400^2}{2 \cdot 9,8 \cdot \{1,2 + 6 \cdot 10^{-3}\}^2} = 0,2 \text{ (м)}$$

Відповідь: 0,2 м.

ВАРИАНТ №9

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2		X		
1.3				X
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6		X		
1.7			X	
1.8	X			

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2			X	
2.3				X
2.4		X		

3.1 86,4 км.

3.2 22°.

3.3 0,13 с.

3.1

$h_1 = 100$ м

$h_2 = 200$ м

$R = 6,4 \cdot 10^6$ м

$l = ?$



$l = AC = AB + BC$;

$$AB = \sqrt{(R + h_1)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh_1 + h_1^2}.$$

Оскільки висота антени значно менша, ніж радіус Землі, то доданком h^2 знехтуємо. Тоді $AB = \sqrt{2Rh_1}$.

Аналогічно $BC = \sqrt{2Rh_2}$.

Отже, $l = \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[l] = \sqrt{\text{м} \cdot \text{м}} = \text{м}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[l] = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 200} + \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 100} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $8,64 \cdot 10^4$ м = 86,4 км.

3.2

$\alpha_1 = 60^\circ$

$\beta_1 = 40^\circ$

$\alpha_2 = 30^\circ$

$\beta_2 = ?$



Закон заломлення світла

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{n_2}{n_1}; \quad \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Тоді $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2}$, звідси $\sin \beta_2 = \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$.

Отже, $\sin \beta_2 = \frac{\sin 40^\circ \cdot \sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = 0,37$; $\beta_2 = \arcsin 0,37 = 22^\circ$

Відповідь: 22° .

3.3

$$m_1 = m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$k_2 - k_1 = 2100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$N_1 = 40$$

$$N_2 = 100$$

$$t_1 = t_2 = t$$

$$T_2 = ?$$

Період коливань пружинного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{t}{N}, \text{ тоді } k = \frac{4\pi^2 m N^2}{t^2}. \text{ Відношення жорсткостей}$$

$$\text{двох пружин } \frac{k_2}{k_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2, \text{ звідси } k_1 = k_2 \frac{N_1^2}{N_2^2}.$$

$$\text{Тоді } \Delta k = k_2 - k_1 = k_2 \left(1 - \frac{N_1^2}{N_2^2}\right), \text{ звідси } k_2 = \frac{\Delta k \cdot N_2^2}{N_2^2 - N_1^2}.$$

Період коливань другого маятника:

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_2}} = 2\pi\sqrt{\frac{m(N_2^2 - N_1^2)}{\Delta k \cdot N_2^2}}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[T_2] = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{л}}{\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \text{л}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{\text{с}^2} = \text{с}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[T_2] = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot (100^2 - 40^2)}{2100 \cdot 100^2}} = 0,13 \text{ (с)}.$$

Відповідь: 0,13 с.

Задача 4.1

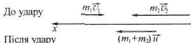
$$m_1 = 0,5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$v_1 = v_2 = v$$

$$Q = 160 \text{ Дж}$$

$$v = ?$$



Після абсолютно непружного центрального зіткнення кульки продовжують рухатися як одне ціле зі швидкістю u .

За законом збереження імпульсу в проекції на Ox

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = (m_1 + m_2) \cdot u.$$

$$\text{Оскільки } v_1 = v_2 = v, \text{ то } (m_2 - m_1)v = (m_1 + m_2) \cdot u. \text{ Тоді } u = \frac{(m_2 - m_1)v}{m_1 + m_2}.$$

За законом збереження енергії при непружному зіткненні: $E_{\text{к1}} = E_{\text{к2}} + Q.$

У початковому стані $E_{\text{с1}} = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2)$.

У кінцевому стані $E_{\text{с2}} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot \frac{(m_2 - m_1)^2 v^2}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{(m_2 - m_1)^2 v^2}{2(m_1 + m_2)}$.

Маємо $\frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} = \frac{(m_2 - m_1)^2 v^2}{2(m_1 + m_2)} + Q$; $Q = \frac{((m_1 + m_2)^2 - (m_2 - m_1)^2) v^2}{2(m_1 + m_2)}$;

$$Q = \frac{2m_1 m_2 \cdot v^2}{m_1 + m_2}. \quad \text{Отже, } v = \sqrt{\frac{Q(m_1 + m_2)}{2m_1 m_2}}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{кг}^2}} = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{\text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{v\} = \sqrt{\frac{160 \cdot (0,5 + 2)}{2 \cdot 0,5 \cdot 2}} \approx 14,1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Відповідь: 14,1 м/с.

ВАРІАНТ №10

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2			X	
1.3		X		
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6	X			
1.7		X		
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2			X	
2.3	X			
2.4			X	

3.1 9°.

3.2 1,25 еВ.

3.3 2 см.

3.1

$N = 200$

$l = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$

$\lambda = 750 \text{ нм} = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

$k = 1$

$\varphi = ?$

Умова максимуму на дифракційній решітці

$$d \sin \varphi = k \lambda.$$

Період $d = \frac{l}{N}$. Маємо $\frac{l \sin \varphi}{N} = k \lambda$; $\sin \varphi = \frac{k \lambda N}{l}$.

Одиниці вимірювання: $[\sin \varphi] = \frac{\text{м}}{\text{м}} = 1$.

Обчислимо синус кута: $\sin \varphi = \frac{1 \cdot 7,5 \cdot 10^{-7} \cdot 200}{10^{-3}} = 0,15$.

Отже, $\varphi = \arcsin 0,15 \approx 9^\circ$.

Відповідь: 9°.

3.2

$E_\phi = 2,5 \text{ еВ}$

$E_{\phi 2} = 2E_\phi$

$E_{x1} = E_x$

$E_{x2} = 3E_x$

$A_{\text{max}} = ?$

Рівняння фотоэффекту:

$$\begin{cases} E_\phi = A_{\text{max}} + E_x, \\ 2E_\phi = A_{\text{max}} + 3E_x; \end{cases} \quad \begin{cases} E_\phi = 2E_x, \\ A_{\text{max}} = E_\phi - E_x; \end{cases} \quad A_{\text{max}} = E_\phi - \frac{E_\phi}{2} = \frac{E_\phi}{2}.$$

Підставимо значення фізичних величин: $\{A_{\text{max}}\} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ (еВ)}$.

Відповідь: 1,25 еВ.

3.3

$B = 0,02 \text{ Тл}$

$p = 6,4 \cdot 10^{-21} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

$R = ?$

При русі електрона по колу $\frac{mv^2}{R} = e v B$.

Тоді $R = \frac{mv}{eB} = \frac{p}{eB}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[R] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{л}}{\text{А} \cdot \text{с}} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{Н}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{R\} = \frac{6,4 \cdot 10^{-23}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,02} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 2 см.

Задача 4.1

$$\frac{n}{R = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^7 \text{ м}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Період коливань математичного маятника:} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \text{ На поверхні Землі: } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}. \end{array} \right.$$

У результаті піднімання маятника над поверхнею Землі його період зростає, оскільки прискорення вільного падіння зменшується: $T = nT_0$.

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{g_0}{g}}. \text{ За умовою } T = nT_0, \text{ тому } \sqrt{\frac{g_0}{g}} = n; \quad \frac{g_0}{g} = n^2.$$

$$\text{На поверхні Землі } g_0 = \frac{GM}{R^2}, \text{ а на висоті } h \text{ над поверхнею } g = \frac{GM}{(R+h)^2}.$$

$$\text{Відношення прискорень } \frac{g_0}{g} = \left(\frac{R+h}{R}\right)^2. \text{ Тоді } n^2 = \left(\frac{R+h}{R}\right)^2; \quad n = \frac{R+h}{R}.$$

Отже, $h = R(n-1)$. *Одиниці вимірювання:* $[h] = \text{м}$. $h = 6,4 \cdot 10^7 (n-1) \text{ м}$.

Відповідь: $h = 6,4 \cdot 10^7 (n-1) \text{ м}$.

ВАРІАНТ №11

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2			X	
1.3				X
1.4				X

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6			X	
1.7		X		
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1	X			
2.2	X			
2.3		X		
2.4	X			

3.1 2 мкА.

3.2 0,3 м.

3.3 1,9 МПа.

3.1

$$S = 2 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$R = 1 \text{ Ом}$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10 \frac{\text{мТл}}{\text{с}} = 10^{-2} \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$$

$$I_1 = ?$$

 Індукційний струм $I_1 = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$.

 ЕРС індукції у витку $\mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$.

 Зміна магнітного потоку $\Delta \Phi = \Delta B \cdot S$.

$$\text{Отже, } I_1 = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S}{R}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[I_1] = \frac{\text{Тл}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{Вб}}{\text{с} \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{с} \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \text{А}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{I_1\} = 10^{-2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-4}}{1} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (А)}.$$

Відповідь: 2 мкА.

3.2

$$v = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$k = 2$$

$$d = 10 \text{ мкм} = 10^{-5} \text{ м}$$

$$L = 2,5 \text{ м}$$

$$x = ?$$



Умова дифракційного максимуму

$$d \sin \varphi = k \lambda.$$

 Для малих кутів $\sin \varphi = \text{tg} \varphi = \frac{x}{L}$.

$$\text{Звідси } \frac{d \cdot x}{L} = k \lambda; \quad x = \frac{L k \lambda}{d}. \text{ Довжина хвилі } \lambda = \frac{c}{v}.$$

$$\text{Отже, } x = \frac{L k c}{d \cdot v}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою: $[x] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{Гц}} = \text{м}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{x\} = \frac{2,5 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^{14}} = 0,3 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 0,3 м.

3.3

$$\begin{aligned} p_1 &= 4 \text{ МПа} = 4 \cdot 10^6 \text{ Па} \\ T_1 &= (27 + 273) \text{ К} = 300 \text{ К} \\ T_2 &= 285 \text{ К} \\ m_2 &= 0,5 m_1 \\ p_2 &= ? \end{aligned}$$

Рівняння стану ідеального газу

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1 \quad \text{та} \quad p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2.$$

$$\text{Звідси} \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2}{2T_1}. \quad \text{Отже,} \quad p_2 = \frac{p_1 T_2}{2T_1}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[p_2] = \frac{\text{Па} \cdot \text{К}}{\text{К}} = \text{Па}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{p_2\} = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot 285}{2 \cdot 300} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$.

Відповідь: 1,9 МПа.

Задача 4.1

$$\begin{aligned} C &= 20 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф} \\ L &= 450 \text{ мГн} = 0,45 \text{ Гн} \\ W_e &= 3 W_m \\ t &= ? \end{aligned}$$

У початковий момент заряд на пластинках конденсатора максимальний і з часом зменшується. Тому рівняння коливань заряду має вигляд $q = q_m \cos(\omega_0 t)$.

Рівняння коливань струму в контурі $i = q'(t) = -q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t)$.

Енергія електричного поля конденсатора в момент t

$$W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2}{2C} \cos^2(\omega_0 t).$$

Енергія магнітного поля котушки в цей же момент

$$W_m = \frac{L \cdot i^2}{2} = \frac{L \cdot q_m^2 \omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t).$$

За умовою $W_e = 3W_m$. Тому $\frac{q_m^2}{2C} \cos^2(\omega_0 t) = \frac{3Lq_m^2 \omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t)$;

$$\cos^2(\omega_0 t) = 3LC\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t).$$

Звідси $\text{tg}^2(\omega_0 t) = \frac{1}{3LC\omega_0^2}$.

Циклічна частота вільних електромагнітних коливань у контурі $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$,

$$\text{тоді } \operatorname{tg}^2(\omega_0 t) = \frac{1}{3}.$$

Для мінімального часу $\operatorname{tg}(\omega_0 t) = \frac{1}{\sqrt{3}}$, тобто $\omega_0 t = \frac{\pi}{6}$. Отже, $t = \frac{\pi}{6\omega_0} = \frac{\pi\sqrt{LC}}{6}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[t] = \sqrt{\Gamma\text{н} \cdot \Phi} = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \sqrt{\frac{\text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}}} = \text{с}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{t\} = \frac{3,14 \cdot \sqrt{0,45 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}}{6} = 1,57 \cdot 10^{-3} (\text{с}).$$

Відповідь: 1,57 мс.

ВАРІАНТ №12

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2		X		
1.3				X
1.4			X	

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6			X	
1.7				X
1.8	X			

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2				X
2.3			X	
2.4	X			

3.1	2500.
3.2	$\delta(t) = 40\sin(50t)$ В.
3.3	$2,5 \cdot 10^{-5}$ м.

3.1

$$t = 1 \text{ с}$$

$$S = 60 \text{ км} = 6 \cdot 10^4 \text{ м}$$

$$N = ?$$

Оскільки сигнал рухається зі швидкістю світла $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, то на шлях до цілі й назад витрачається

час $t_1 = \frac{2S}{c}$. Отже, $N = \frac{t}{t_1} = \frac{tc}{2S}$. Одиниці вимірювання: $[N] = \frac{\text{с} \cdot \text{м} / \text{с}}{\text{м}} = 1$.

Підставимо значення: $\{N\} = \frac{1 \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 6 \cdot 10^4} = 2500$.

Відповідь: 2500.

3.2

$$S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$N = 100$$

$$\omega = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

$$\Phi(0) = \Phi_{\text{max}}$$

$$\delta(t) = ?$$

Якщо $\Phi(0) = \Phi_{\text{max}}$, то $\Phi = \Phi_{\text{max}} \cos(\omega t) = BS \cos(\omega t)$.

Рівняння ЕРС $\delta(t) = -N\Phi' = NBS\omega \cdot \sin(\omega t)$.

Підставимо значення фізичних величин в отримане рівняння:

$$\delta(t) = 100 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 50 \cdot \sin(50t) = 40\sin(50t) \text{ (В)}.$$

Відповідь: $\delta(t) = 40\sin(50t)$ В.

3.3

$$\lambda = 500 \text{ нм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 2$$

$$\Delta x = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$L = 4 \text{ м}$$

$$d = ?$$



Умова дифракційного максимуму $d \sin \varphi = k\lambda$. Для малих кутів $\sin \varphi = \text{tg} \varphi = \frac{x}{L}$. Звідси $\frac{d \cdot x}{L} = k\lambda$.

¹ Питомий опір алюмінію дорівнює $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$x = \frac{Lk\lambda}{d}$ — відстань від нульового максимуму до k -го максимуму.

Відстань між двома максимумами:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{Lk_2\lambda}{d} - \frac{Lk_1\lambda}{d} = \frac{L\lambda}{d}(k_2 - k_1).$$

Отже, $d = \frac{L\lambda}{\Delta x}(k_2 - k_1)$

Перевіримо одиниці вимірювання за оглядовою формулою: $[d] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}$.

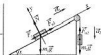
Підставимо числові фізичні величини в оглядову формулу:

$$\{d\} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{8 \cdot 10^{-1}}(2 - 1) = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

Відповідь: $2,5 \cdot 10^{-7}$ м.

Задача 4.1

$m_1 = 6 \text{ кг}$
 $m_2 = 5 \text{ кг}$
 $\mu = 0,3$
 $\alpha = 30^\circ$
 $a = ?$
 $F_{\text{нат}} = ?$



Оскільки нитка нерозтяжна, то $a_1 = a_2 = a$. На зв'язані тіла вільно вибрані діють рівні за модулем сили натягу $F_{\text{нат}1} = F_{\text{нат}2} = F_{\text{нат}}$.

За другим законом Ньютона

$$\begin{cases} m_1 a = F_{\text{нат}} + m_1 g \sin \alpha + F_{\text{нат}} + N, \\ m_2 a = F_{\text{нат}} + m_2 g. \end{cases}$$

У проекціях для першого тіла:

$$\begin{cases} O_x: m_1 a = F_{\text{нат}} - m_1 g \sin \alpha - F_{\text{нат}}, \\ O_y: 0 = N - m_2 g \cos \alpha. \end{cases}$$

Оскільки $F_{\text{нат}} = \mu N$, то

$$m_1 a = F_{\text{нат}} - m_1 g \sin \alpha - \mu m_2 g \cos \alpha. \quad (1)$$

Для другого тіла:

$$m_2 a = m_2 g - F_{\text{нат}}. \quad (2)$$

Додамо рівності (1) та (2): $(m_1 + m_2) a = m_2 g - m_1 g \sin \alpha - \mu m_2 g \cos \alpha$.

Звідси $a = g \cdot \frac{m_2 - m_1 \sin \alpha - \mu m_2 \cos \alpha}{m_1 + m_2}$.

З рівності (2) маємо $F_{\text{нат}} = m_2(g - a) = m_2 \left(g - g \cdot \frac{m_2 - m_1 \sin \alpha - \mu m_2 \cos \alpha}{m_1 + m_2} \right)$;

$$F_{\Sigma} = \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2} (1 + \sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[a] = \frac{\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{НГ}}{\text{кг}} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$; $[F_{\Sigma}] = \frac{\text{кг} \cdot \text{НГ} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{\text{кг}} = \text{Н}$.

Підставимо значення фізичних величин в отримані формули:

$$[a] = 9,8 \cdot \frac{5 - 6 \cdot \sin 30^\circ - 0,3 \cdot 6 \cdot \cos 30^\circ}{6 + 5} = 0,39 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right);$$

$$[F_{\Sigma}] = \frac{5 \cdot 6 \cdot 9,8}{6 + 5} (1 + \sin 30^\circ + 0,3 \cdot \cos 30^\circ) = 47,0 \text{ Н}.$$

Відповідь: прискорення $0,39 \text{ м/с}^2$; сила натягу нитки 47 Н .

ВАРІАНТ №13

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2		X		
1.3			X	
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6		X		
1.7				X
1.8				X

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2	X			
2.3	X			
2.4		X		

3.1 3 с.

3.2 6 год.

3.3 3,2 В.

3.1

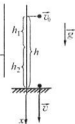
$$v_0 = 0$$

$$t_2 = 2 \text{ с}$$

$$h_2 = 40 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t = ?$$



Для всього часу руху: $h = \frac{gt^2}{2}$.

Для часу $t - t_2$: $h_1 = \frac{g(t-t_2)^2}{2}$. Оскільки

$$h_2 = h - h_1, \text{ то } \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-t_2)^2}{2} = h_2. \text{ Звідси}$$

$$2tt_2 - t_2^2 = \frac{2h_2}{g}; \quad 2tt_2 = \frac{2h_2}{g} + t_2^2.$$

Отже, $t = \frac{h_2}{gt_2} + \frac{t_2}{2}$.

Одиниці вимірювання: $[t] = \frac{\text{м}}{\text{м/с}^2 \cdot \text{с}} = \text{с}$. Обчислення: $\{t\} = \frac{40}{10 \cdot 2} + \frac{2}{2} = 3 \text{ (с)}$.

Відповідь: 3 с.

3.2

$$t = 24 \text{ год}$$

$$N_p = 3,75 \cdot 10^6$$

$$N_0 = 4 \cdot 10^6$$

$$T = ?$$

За законом радіоактивного розпаду через час t залишилося ядер $N_t = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$. Розпалося ядер $N_p = N_0 - N_t = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$.

$$2^{-\frac{t}{T}} = 1 - \frac{N_p}{N_0}; \quad 2^{-\frac{t}{T}} = 1 - \frac{3,75 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} = \frac{1}{16} = 2^{-4}.$$

Отже, $-\frac{t}{T} = -4$; $T = \frac{t}{4} = \frac{24}{4} = 6 \text{ (год)}$.

Відповідь: 6 год.

3.3

$$E_{\phi 1} = 3 \text{ eВ} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$U_{s1} = 2 \text{ В}$$

$$E_{\phi 2} = 1,4 \cdot E_{\phi 1}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$U_{s2} = ?$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Рівняння фотоэффекту: } E_{\phi} = A_{\text{вн}} + \frac{mU^2}{2} \\ \text{Рух електрона в зазірному полі:} \end{array} \right\} \frac{mU^2}{2} = A_{\text{вн}} - eU_s, \text{ Тоді } E_{\phi} = A_{\text{вн}} + eU_s.$$

$$\text{За умовою } \begin{cases} E_{\phi 1} = A_{\text{вн}} + eU_{s1}, \\ 1,4E_{\phi 1} = A_{\text{вн}} + eU_{s2}. \end{cases}$$

$$\text{Віднімемо від другого рівняння перше: } 0,4E_{\phi 1} = eU_{s2} - eU_{s1}.$$

$$\text{Отже, } U_{s2} = U_{s1} + \frac{0,4E_{\phi 1}}{e}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [U_{s2}] = \text{В} + \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{U_{s2}\} = 2 + \frac{0,4 \cdot 4,8 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,2 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 3,2 В.

Задача 4.1

$$U = 1,5 \text{ кВ} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$d = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$S = 0,2 \text{ м}^2$$

$$d_2 = 2d$$

$$\varepsilon = 1$$

$$A = ?$$

$$\omega_1 = ?$$

$$\omega_2 = ?$$

Після від'єднання від джерела струму заряд на пластинках конденсатора зберігається $q = \text{const}$. За рахунок виконаної роботи змінюється енергія електричного поля конденсатора

$$A = W_2 - W_1 = \frac{q^2}{2C_2} - \frac{q^2}{2C_1}.$$

Ємність плоского повітряного конденсатора:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \text{ — у початковому стані; } C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_2} = \frac{\varepsilon_0 S}{2d} \text{ — у кінцевому стані.}$$

$$\text{Звідси } C_2 = \frac{C_1}{2}. \text{ Тоді } A = \frac{q^2}{C_1} - \frac{q^2}{2C_1} = \frac{q^2}{2C_1}. \text{ Оскільки } q = C_1 U, \text{ то}$$

$$A = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$\{A\} = \frac{\Phi \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}^2}{\text{м}} = \Phi \cdot \text{В}^2 = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{Кл} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{Дж}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{A\} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot (1,5 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 0,02} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

Густина енергії електричного поля конденсатора $\omega = \frac{W_e}{V}$. Енергія

електричного поля конденсатора $W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 S}$. Об'єм конденсатора

$V = Sd$. Тоді

$$\omega = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 S \cdot Sd} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S^2}.$$

Густина енергії електричного поля конденсатора залежить від заряду та площі. Оскільки при розсуванні пластин ці параметри не змінюються, то і

густина енергії теж не змінюється: $\omega_1 = \omega_2 = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S^2}$.

Заряд конденсатора $q = C_1 U = \frac{\epsilon_0 S U}{d}$.

Отже, $\omega_1 = \omega_2 = \frac{\epsilon_0^2 S^2 U^2}{2\epsilon_0 S^2 d^2} = \frac{\epsilon_0 U^2}{2d^2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$\{\omega\} = \frac{\frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \text{В}^2}{\text{м}^2} = \frac{\Phi \cdot \text{В}^2}{\text{м}^3} = \frac{\frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2}{\text{м}^3} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\omega\} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,5^2 \cdot 10^6}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right).$$

Відповідь: $1 \cdot 10^{-4}$ Дж; $2,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$.

ВАРІАНТ №14

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2		X		
1.3			X	
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5	---	---	---	---
1.6		X		
1.7			X	
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2				X
2.3		X		
2.4		X		

3.1 36,7 Дж.

3.2 78.

3.3 $2 \cdot 10^5$ Па.

3.1
 $r = 2 \text{ Ом}$
 $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$
 $R = 12 \text{ Ом}$
 $t = 6 \text{ с}$
 $Q = ?$

 Закон Ома для повного кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$.

 Кількість теплоти, яка виділяється на резисторі R :

$$Q = I^2 R t = \frac{\mathcal{E}^2 R t}{(R+r)^2}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[Q] = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}}{\text{Ом}^2} = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{с}}{\text{Ом}} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Дж}$$

 Підставимо значення: $\{Q\} = \frac{10^2 \cdot 12 \cdot 6}{(12+2)^2} = 36,7 \text{ (Дж)}$

Відповідь: 36,7 Дж.

3.2
 $T_1 = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$
 $T_2 = 60 \text{ хв} = 3600 \text{ с}$
 $R_1 = 1,3 R_2$
 $\frac{v_1}{v_2} = ?$
 $\frac{v_1}{v_2} = ?$

Лінійна швидкість кінця стрілки:

$$v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1}$$

$$v_2 = \frac{2\pi R_2}{T_2}$$

Отже, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$

 Одиниці вимірювання: $\left[\frac{v_1}{v_2}\right] = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{с}} = 1$. Обчислення: $\left\{\frac{v_1}{v_2}\right\} = 1,3 \cdot \frac{3600}{60} = 78$.

Відповідь: 78.

¹ У задачі 1.5 правильної відповіді немає. Абсолютний показник заломлення вказує, у скільки разів швидкість світла у вакуумі більша за швидкість світла в даній речовині.

3.3

$$V_1 = 20 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p_1 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$$

$$p_2 = 0,6 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$p = ?$$

Газ, який містився у першій посудині, знаєє ізотермічного розширення до об'єму $V_1 + V_2$.

Рівняння Бойля — Маріотта: $p_1 V_1 = p_1' \cdot (V_1 + V_2)$.

$$p_1' = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} \text{ — тиск першого газу після розширення.}$$

Аналогічно тиск другого газу після розширення дорівнює $p_2' = \frac{p_2 V_2}{V_1 + V_2}$.

Тиск суміші газів після розширення: $p = p_1' + p_2' = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[p] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3} = \text{Па}$.

$$\text{Обчислення: } \{p\} = \frac{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$

Відповідь: $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Задача 4.1

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

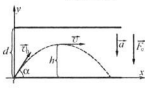
$$v_0 = 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$U = 425 \text{ В}$$

$$d = 10^{-2} \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$h = ?$$



Електрон рухається по параболі під дією електричної сили. Максимальна висота підняття електрона

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2a}$$

За другим законом Ньютона $ma = F_e$. Електрична сила $F_e = qU$.

Напруженість електричного поля між пластинами конденсатора $E = \frac{U}{d}$. Тому

$$ma = \frac{qU}{d}; \quad a = \frac{qU}{md}. \text{ Отже, } h = \frac{mdv_0^2 \sin^2 \alpha}{2qU}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[h] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2}{\text{Кл} \cdot \text{В}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{м}}{\text{Дж}} = \text{м}$.

$$\text{Обчислення: } \{h\} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-2} \cdot (10^7)^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 425} \approx 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 1,67 мм.

ВАРІАНТ №15

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2		X		
1.3				X
1.4			X	

	А	Б	В	Г
1.5	X			
1.6	X	X	X	X
1.7		X		
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2				X
2.3		X		
2.4	X			

3.1	$820,7 \cdot 10^6$ Н/Кл.
3.2	12 кДж.
3.3	$x_{21} = 3 + 0,5t$; $x_{31} = 6 - 2,5t$.

3.1

$$q_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

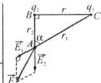
$$q_2 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

$$r = 0,4 \text{ м}$$

$$r_1 = 0,5 \text{ м}$$

$$r_2 = 0,3 \text{ м}$$

$$E - ?$$



Оскільки $r_1^2 = r_2^2 + r^2$, то трикутник

ABC — прямокутний і $\cos \alpha \approx \frac{r_2}{r_1} = \frac{3}{5}$.

За принципом суперпозиції

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. За теоремою косинусів

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos(180^\circ - \alpha) = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha, \text{ де } E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2}; E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}.$$

$$\text{Маємо } E = k \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} + \frac{2q_1q_2}{r_1^2r_2^2} \cdot \cos \alpha}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [E] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \sqrt{\frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^4}} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[E] = 9 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{\frac{25 \cdot 10^{-6}}{0,25^2} + \frac{49 \cdot 10^{-6}}{0,09^2} + \frac{2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 0,25 \cdot 0,09}} = 820,7 \cdot 10^6 \text{ (Н/Кл)}.$$

Відповідь: $820,7 \cdot 10^6$ Н/Кл.

3.2

$$R_1 = 3 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 5 \text{ Ом}$$

$$Q_1 = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$Q_3 - ?$$



Оскільки $U = \text{const}$, то $Q_1 = \frac{U^2}{R_1} \cdot t$; $Q_3 = \frac{U^2}{R_3} \cdot t$.

Складемо відношення $\frac{Q_1}{Q_3} = \frac{R_3}{R_1}$.

¹ Завдання 1.6 некоректне, можна вибрати всі чотири дистрактори.

Отже, $Q_1 = \frac{Q \cdot R_1}{R_2}$. Перевіримо одиниці вимірювання: $[Q_1] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Ом}}{\text{Ом}} = \text{Дж}$.

Підставимо значення: $[Q_1] = \frac{20 \cdot 10^7 \cdot 3}{5} = 12 \cdot 10^7$ (Дж).

Відповідь: 12 кДж.

3.3

$$\begin{array}{l} x_1 = -2 + 0,5t \\ x_2 = 1 + t \\ x_3 = 4 - 2t \\ x_{21} = ? \\ x_{31} = ? \end{array}$$



Рівняння руху другого тіла відносно першого:

$$x_2 = x_2 - x_1 = (1+t) - (-2+0,5t) = 3+0,5t.$$

Аналогічно $x_{31} = x_3 - x_1 = (4-2t) - (-2+0,5t) = 6-2,5t$.

Відповідь: $x_{21} = 3 + 0,5t$; $x_{31} = 6 - 2,5t$.

Задача 4.1

$$\begin{array}{l} v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с} \\ B = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \\ \alpha = 30^\circ \\ m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \\ q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\ h = ? \end{array}$$



Заряджена частинка, що рухається в однорідне магнітне поле під кутом до напрямку ліній магнітної індукції, рухається по спіралі з кроком $h = v_z \cdot T$, де

v_z — проекція швидкості на вісь OZ , T — період обертання частинки. За другим законом Ньютона $m a_z = F_z$.

Звідси $m \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{R} = qvB \sin \alpha$; $R = \frac{mv}{qB} \sin \alpha$ — радіус витка спіралі.

Період обертання електрона дорівнює $T = \frac{2\pi \cdot R}{v \sin \alpha} = \frac{2\pi mv \sin \alpha}{v \sin \alpha qB} = \frac{2\pi m}{qB}$.

Отже, $h = \frac{2\pi mv \cos \alpha}{qB}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[h] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м}$.

Підставимо значення: $[h] = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,86}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 2,06 \cdot 10^{-3}$ (м).

Відповідь: 2,06 мм.

ВАРІАНТ №16

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2			X	
1.3				X
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6			X	
1.7			X	
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1		X		
2.2	X			
2.3				X
2.4				X

3.1	578 м/с^2
3.2	24 Н
3.3	Ні максимум, ні мінімум.

3.1

$$m = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$v = 2 \text{ м/с}$$

$$B = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a = ?$$



Протон рухається по колу під дією сили Лоренца: $mv = F_L$. Сила Лоренца дорівнює

$$F_L = qv \sin \alpha = qvB \quad (\sin \alpha = 1).$$

$$\text{Отже, } a = \frac{qvB}{m}.$$

$$\text{Одиниці вимірювання: } [a] = \frac{\text{Кл} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{Тл}}{\text{кг}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}}{\text{кг}} = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$\text{Обчислення: } [a] = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 5,78 \cdot 10^5 \text{ (м/с}^2\text{)}. \quad a = 578 \text{ м/с}^2.$$

Відповідь: 578 м/с^2 .

3.2

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$m_1 = 3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$F_a = ?$$



Модулі прискорень зв'язаних тіл $a_1 = a_2 = a$.

За другим законом Ньютона:

$$1 \text{ тіло: } m_1 a = m_1 g - F_a;$$

$$2 \text{ тіло: } m_2 a = F_a - m_2 g.$$

Поділивши першу рівність на другу, маємо:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1 g - F_a}{F_a - m_2 g}; \quad m_1 F_a - m_1 m_2 g = m_2 m_1 g - m_2 F_a;$$

$$(m_1 + m_2) F_a = 2 m_1 m_2 g;$$

$$\text{Отже, } F_a = \frac{2 m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}. \quad \text{Одиниці вимірювання: } [F_a] = \frac{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}.$$

¹ Оскільки сполуки FeCl не існують, то обчислення зробили для сполуки FeCl₂.

Підставимо значення: $\{F_s\} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10}{3+2} = \frac{120}{5} = 24 \text{ (Н)}$.

Відповідь: 24 Н.

3.3

$$\lambda = 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\Delta l = 0,125 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$m - ?$$



Когерентні хвилі від джерел A і B при накладанні інтерферують. Умова максимуму чи мінімуму у точці O :

$$\Delta l = m \frac{\lambda}{2}. \text{ Звідси } m = \frac{2\Delta l}{\lambda}.$$

Якщо m — парне, то в точці O спостерігається максимум, якщо m — непарне, то мінімум.

Одиниці вимірювання: $\{m\} = \frac{\text{м}}{\text{м}} = 1$. Обчислення: $\{m\} = \frac{2 \cdot 0,125 \cdot 10^6}{500 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{2}$.

Отже, в точці O не буде спостерігатися ні максимум, ні мінімум.

Відповідь: ні максимум, ні мінімум.

Задача 4.1

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t_2 = 1 \text{ с}$$

$$h_2 = \frac{1}{3} h$$

$$v_0 = 0$$

$$h - ?$$



Рух тіла по вертикалі рівноприскорений з прискоренням \vec{g} (опором повітря знехтуємо).

1 ділянка: $h_1 = \frac{2}{3} h = \frac{gt_1^2}{2}$. Вся висота: $h = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2}$.

Підставимо значення h у перше рівняння:

$$\frac{2}{3} \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2}; \quad 2(t_1 + t_2)^2 = 3t_1^2. \text{ Одержали квадратне рівняння:}$$

$t_1^2 - 4t_1 \cdot t_2 - 2t_2^2 = 0$. Розв'язками цього рівняння є:

$$1) t_1 = \frac{4t_2 + \sqrt{16t_2^2 + 8t_2^2}}{2} = t_2(2 + \sqrt{6}) \approx 4,45 \text{ (с)}$$

$$2) t_1 = t_2(2 - \sqrt{6}) = -0,45 \text{ (с)} < 0 \text{ — не має фізичного змісту.}$$

$$\text{Отже, } h = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2} = \frac{gt_2^2(3 + \sqrt{6})^2}{2}.$$

Одиниці вимірювання: $\{h\} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}^2 = \text{м}$. Обчислення: $\{h\} = \frac{10 \cdot 5,45^2}{2} = 148,5 \text{ (м)}$.

Відповідь: 148,5 м.

ВАРІАНТ №17

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2			X	
1.3		X		
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5		X		
1.6		X		
1.7			X	
1.8				X

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2		X		
2.3				X
2.4	X			

3.1 3,54 Н.

3.2 2,7 мм

3.3 34 °С.

3.1

$m = 1 \text{ кг}$
 $l = d = 2R$
 $F_{\text{виску}} = ?$



Якщо стіна гладка, то лінія дії F_a проходить через центр кулі. За третім законом Ньютона $F_{\text{виску}} = N$. Умова рівноваги: $m\vec{g} + \vec{F}_a + \vec{N} = 0$.

$$\begin{cases} O_x: N = F_a \sin \alpha, \\ O_y: mg = F_a \cos \alpha. \end{cases}$$

Поділимо рівняння, отримаємо: $\frac{N}{mg} = \tan \alpha$. Звідси $N = mg \cdot \tan \alpha$.

Оскільки $\tan \alpha = \frac{R}{\sqrt{(l+R)^2 - R^2}} = \frac{R}{\sqrt{9R^2 - R^2}} = \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{\sqrt{2}}{4}$, то $F_{\text{виску}} = N = \frac{mg\sqrt{2}}{4}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[F_{\text{виску}}] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{F_{\text{виску}}\} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 1,41}{4} = 3,54 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: 3,54 Н.

3.2

$U = 8000 \text{ В}$
 $E = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$
 $d = ?$

Зв'язок між напругою і напруженістю ($E = \text{const}$):
 $dE = U$, звідки $d = \frac{U}{E}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[d] = \text{В} : \frac{\text{В}}{\text{м}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{d\} = \frac{8000}{3 \cdot 10^6} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 2,7 мм.

3.3

$V_1 = 10 \text{ л}$	Рівняння теплового балансу: $Q_1 = Q_2$.
$V_2 = 40 \text{ л}$	
$t_1 = 90^\circ\text{C}$	
$t_2 = 20^\circ\text{C}$	
$t = ?$	

Кількість теплоти, що віддає гаряча вода $Q_1 = cm_1(t_1 - t) = c\rho V_1(t_1 - t)$.

Кількість теплоти, що одержує холодна вода

$Q_2 = cm_2(t - t_2) = c\rho V_2(t - t_2)$.

$V_1(t_1 - t) = V_2(t - t_2); \quad V_1t_1 - V_1t = V_2t - V_2t_2; \quad V_1t_1 + V_2t_2 = t(V_1 + V_2);$

$$\text{Отже, } t = \frac{V_1t_1 + V_2t_2}{V_1 + V_2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[t] = \frac{\text{л} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{л}} = ^\circ\text{C}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{t\} = \frac{10 \cdot 90 + 40 \cdot 20}{10 + 40} = \frac{1700}{50} = 34 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Відповідь: 34 $^\circ\text{C}$.

Задача 4.1

$R_1 = 3 \text{ Ом}$

$I_1 = 0,8 \text{ А}$

$R_2 = 14 \text{ Ом}$

$I_2 = 0,2 \text{ А}$

$P_{\text{max}} = ?$



За законом Ома для замкненого кола:

$I = \frac{\epsilon}{R+r}$. Потужність, яка виділяється на

зовнішньому опорі: $P = I^2 R$. Тоді

$$P = \frac{\epsilon^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\epsilon^2 R}{R^2 + 2Rr + r^2} = \frac{\epsilon^2}{R + 2r + r^2/R}.$$

$P = P_{\text{max}}$, якщо $f = R + 2r + \frac{r^2}{R}$ досягає мінімуму. Умова мінімуму:

$f'(R) = 1 - \frac{r^2}{R^2} = 0$ і зміна знаку похідної з мінуса на плюс. Звідки $R = r$. Тоді

$I = \frac{\epsilon}{2r}$ і $P_{\text{max}} = \frac{\epsilon^2 r}{(2r)^2} = \frac{\epsilon^2}{4r}$. Знайдемо ЕРС і внутрішній опір джерела:

$$\begin{cases} \delta = I_1(r + R_1), \\ \delta = I_2(r + R_2); \end{cases} \quad \begin{cases} \delta = I_1(r + R_1), \\ I_1(r + R_1) = I_2(r + R_2); \end{cases} \quad \begin{cases} \delta = I_1(r + R_1), \\ r(I_1 - I_2) = I_2R_2 - I_1R_1; \end{cases}$$

Звідси $r = \frac{I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2}$;

$$\delta = I_1 \left(R_1 + \frac{I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2} \right) = I_1 \cdot \frac{I_1R_1 - I_2R_1 + I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2} = \frac{I_1I_2(R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}$$

Підставивши вирази для δ та r у формулу для обчислення P_{\max} , маємо:

$$P_{\max} = \frac{\delta^2}{4r} = \frac{I_1^2 I_2^2 (R_2 - R_1)^2}{4(I_1 - I_2)(I_2R_2 - I_1R_1)}$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[P_{\max}] = \frac{A^2 \cdot A^2 \cdot \text{Ом}^2}{A \cdot A \cdot \text{Ом}} = A^2 \cdot \text{Ом} = \text{Вт}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{P_{\max}\} = \frac{0,8^2 \cdot 0,2^2 \cdot 11^2}{4 \cdot 0,6 \cdot (0,2 \cdot 14 - 0,8 \cdot 3)} = 3,23 \text{ (Вт)}.$$

Відповідь: 3,23 Вт.

ВАРІАНТ №18

	А	Б	В	Г
1.1				X
1.2			X	
1.3			X	
1.4				X

	А	Б	В	Г
1.5				X
1.6				X
1.7	X			
1.8	X			

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2			X	
2.3			X	
2.4			X	

3.1 488 нм.

3.2 1,2 Ом.

3.3 40 Ом.

3.1

$$n = 4$$

$$n = 2$$

$$E_4 = 13,6 \text{ eВ} =$$

$$= 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\lambda = ?$$

$E_4 = 13,6 \text{ eВ}$ — енергія іонізації атома Гідрогену з основного стану. Енергія електрона у стаціонарному стані виражається співвідношеннями:

$$E_n = -\frac{E_4}{n^2}.$$

За другим постулатом Бора, енергія фотона, що випромінює атом, дорівнює

$$\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_m = E_4 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad \frac{hc}{\lambda} = E_4 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad \frac{hc}{\lambda} = E_4 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) = \frac{3}{16} E_4.$$

$$\text{Отже, } \lambda = \frac{16hc}{3E_4}.$$

Перевіримо однієї вимірювання за ступінчастою формулою:

$$[\lambda] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{кг}}}{\text{Дж}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[\lambda] = \frac{16 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,88 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}. \quad \lambda = 488 \text{ нм}.$$

Відповідь: 488 нм.

3.2

$$k = 10$$

$$U_1 = 120 \text{ В}$$

$$I_1 = 5 \text{ А}$$

$$U_2 = 6 \text{ В}$$

$$R_2 = ?$$



При замкненні вторинної ланки коефіцієнт трансформації дорівнює $k = \frac{U_1}{U_2}$. ЕРС у вторинному колі $\mathcal{E}_2 = \frac{U_2}{k}$.

За законом Ома для замкненого кола $\mathcal{E}_2 = I_2(R + R_2) = I_2 R + I_2 R_2$, де R — опір навантаження, R_2 — опір вторинної обмотки. Оскільки $I_1 R = U_2$, то $\mathcal{E}_2 = U_2 + I_2 R_2$.

$$\text{Звідси } R_2 = \frac{\mathcal{E}_2 - U_2}{I_2} = \frac{\frac{U_2}{k} - U_2}{I_2} = \frac{U_2 - kU_2}{kI_2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[R_2] = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[R_2] = \frac{120 - 10 \cdot 6}{5 \cdot 10} = 1,2 \text{ (Ом)}.$$

Відповідь: 1,2 Ом.

3.3

$$P = 37 \text{ Вт}$$

$$t = 500 \text{ мс} = 50000 \text{ с}$$

$$m = 0,3 \text{ г} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$k = 0,0104 \cdot 10^{-6} \text{ мГ/Кл}$$

$$R = ?$$

За першим законом Фарадея маса висліженого на електроді водню рівна $m = \lambda It$, звідси $I = \frac{m}{\lambda t}$.

Використавши потужність $P = I^2 R$, тоді $R = \frac{P}{I^2}$ або

$$R = \frac{P \lambda^2 t^2}{m^2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[R] = \frac{\text{Вт} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \text{с}^2}{\frac{\text{Вт} \cdot \text{с}^2}{\text{Кл}^2}} = \frac{\text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}^2} = \text{Ом}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[R] = \frac{37 \cdot 0,0104^2 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{-8}} = 40 \text{ (Ом)}.$$

Відповідь: 40 Ом.

Задача 4.1

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$F_0 = 120 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,066$$

$$a = ?$$



Сани руляються рівноприскорено від дії чотирьох викладених на рисунку сил. За другим законом Ньютона $ma = F_x + N + mg + F_0$.

У проєкціях

$$\begin{cases} O_x: ma = F_0 \cos \alpha - F_{\text{тр}}, \\ O_y: 0 = F_0 \sin \alpha + N - mg. \end{cases}$$

З другого рівняння знайдемо $N = mg - F_0 \sin \alpha$.

Тоді $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg - \mu F_0 \sin \alpha$.

Підставимо значення сили тертя у перше рівняння і отримаємо:

$$a = \frac{F_0}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[a] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} - \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[a] = \frac{120}{100} \cdot (0,87 + 0,066 \cdot 0,5) - 0,066 \cdot 10 = 0,42 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

Відповідь: $0,42 \text{ м/с}^2$.

ВАРІАНТ №19

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2		X	X	
1.3	X			
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5				X
1.6		X		
1.7	X			
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1	X	X	X	X
2.2				X
2.3	X			
2.4	X			

3.1	0,51 м/с.
3.2	310 нм
3.3	0,8 В.

3.1

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$F = 0,2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$v_m = ?$$

З рівняння $F = 0,2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{6}\right)$ маємо: $\omega = \frac{\pi}{4} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$;
 $F_m = 0,2 \text{ Н}$.

Максимальне прискорення $a_m = \frac{F_m}{m}$.

Оскільки $a_m = v_m \cdot \omega$, то $v_m = \frac{a_m}{\omega} = \frac{F_m}{m \omega}$.

Перевіримо однієї вимірювання за отриманою формулою:

$$[v_m] = \frac{\text{Н}}{\text{кг} \cdot \frac{1}{\text{с}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[v_m] = \frac{0,2 \cdot 4}{0,5 \cdot 3,14} = 0,51 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: 0,51 м/с.

3.2

$$N = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$n = 2,42$$

$$\lambda = ?$$

Довжина світлової хвилі $\lambda = \frac{v}{\nu}$. Швидкість поширення світла у середовищі $v = \frac{c}{n}$. Звідси $\lambda = \frac{c}{n\nu}$.

¹ Текст завдання 1.2 некоректний. Правильні дані відомі далі.

² Заданя 2.1 не має правильної відповіді. Швидкість освітлення при $t = 5 \text{ с}$.

Перевіримо однієї вимірювання за отриманою формулою:

$$[\lambda] = \frac{c}{\Gamma_k} = \frac{m}{c \cdot \frac{1}{\lambda}} = m.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\lambda\} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,42 \cdot 4 \cdot 10^{12}} = 310 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 310 нм.

3.3

$$I_m = 4,3 \text{ mA} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I = 1,6 \text{ mA} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$C = 25 \text{ nF} = 25 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$L = 1 \text{ мГн} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$U = ?$$

Повна енергія у коливальному контурі зберігається $W_1 = W_2$. Енергія електромагнітного поля дорівнює: $W_2 = \frac{L \cdot I_m^2}{2}$.

У статі 2: $W_2 = \frac{L \cdot I^2}{2} + \frac{C \cdot U^2}{2}$. Прорівнявши енергії, отримаємо:

$$\frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2} + \frac{C \cdot U^2}{2}. \text{ Звідси } U = \sqrt{\frac{L \cdot (I_m^2 - I^2)}{C}}.$$

Перевіримо однієї вимірювання за отриманою формулою:

$$\{U\} = \sqrt{\frac{\Gamma_n \cdot A^2}{\Phi}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \text{А}^2}{\frac{\text{Кл}}{\text{В}}}} = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{В}}{\text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{В}^2 \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}}} = \text{В}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{U\} = \sqrt{\frac{10^{-3} \cdot (4,3^2 - 1,6^2) \cdot 10^{-4}}{25 \cdot 10^{-9}}} = 0,8 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 0,8 В.

Задача 4.1

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$v = 628 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$E = 500 \text{ В/м}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$N = ?$$



Рух електрона відбувається уздовж осі Ox рівношвидкісною з прискоренням a . Запишемо рівняння проєкції швидкості електрона на вісь Ox :

$v_x = v_y \cdot \cos \alpha = a \cdot t$. У момент зупинки електрона $v_x = 0$, тоді

$t = \frac{mv_0 \cdot \cos \alpha}{qE}$. Відомо, що OX' на електрон діє лише електрична сила $F_e = qE$. За

другим законом Ньютона $a = \frac{F_e}{m}$, тоді час гальмування електрона

$t = \frac{mv_0 \cdot \cos \alpha}{qE}$. У площині, перпендикулярній до OX' , електрон рухається по

колу під дією сили Лоренца. За другим законом Ньютона $mv_{\text{тан}} = F_L$, де сила

Лоренца $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$, доцентрове прискорення $a_{\text{тан}} = \frac{v^2 \cdot \sin^2 \alpha}{R}$.

Звідси $\frac{mv_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{R} = qv_0 B \cdot \sin \alpha$, тоді $R = \frac{mv_0 \cdot \sin \alpha}{qB}$.

Період обертання електрона $T = \frac{2\pi R}{v_0 \sin \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$. Кількість оборотів, що

зробить електрон до зупинки $N = \frac{t}{T} = \frac{mv_0 \cos \alpha}{qE} \cdot \frac{qB}{2\pi m} = \frac{Bv_0 \cos \alpha}{2\pi E}$.

Перевіримо правильність вимірювання за отриманою формулою:

$$[N] = \frac{\frac{\text{Тл} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{В}}{\text{м}}}}{1} = \frac{\frac{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{В}}}{1} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = 1.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[N] = \frac{0,1 \cdot 621 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 980} = 10 \text{ (оборотів)}.$$

Відповідь: 10 оборотів.

ВАРІАНТ №20

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2		X		
1.3			X	
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6		X		
1.7		X		
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2	X			
2.3	---	---	---	---
2.4			X	

3.1	$p\sqrt{2}$.
3.2	$1,58 \text{ м/с}^2$.
3.3	45° .

3.1

p

$t = \frac{T}{4}$

$|\Delta p| = ?$

Імпульс тіла: $p_1 = p_2$. $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$. За теоремою Піфагора $\Delta p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = \sqrt{2p^2} = p\sqrt{2}$.

Відповідь: зміна імпульсу дорівнює $p\sqrt{2}$.

3.2

$l = 0,16 \text{ м}$

$T = 2 \text{ с}$

$g = ?$

Період коливань математичного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; $T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}$.

Звідси $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою: $[g] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Підставимо значення: $\{g\} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,16}{2^2} = 1,58 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$.

Відповідь: $1,58 \text{ м/с}^2$.

3.3

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$m = 0,01 \text{ кг}$

$l = 0,2 \text{ м}$

$B = 0,25 \text{ Тл}$

$I = 2 \text{ А}$

$\alpha = ?$

Умова рівноваги: $0 = m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_N$.

Ox : $\begin{cases} F_A = F_N \sin \alpha, \\ mg = F_N \cos \alpha; \end{cases} \Rightarrow \frac{F_A}{mg} = \text{tg } \alpha$.

Сила Ампера: $F_A = BIl$. Тоді $\text{tg } \alpha = \frac{BIl}{mg}$.

¹ Правильна відповідь (2,76 м) не вказана.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[\operatorname{tg} \alpha] = \frac{\text{Тл} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = 1.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[\operatorname{tg} \alpha] = \frac{0,25 \cdot 2 \cdot 0,2}{0,01 \cdot 10} = 1. \text{ Звідки } \alpha = 45^\circ.$$

Відповідь: 45° .

Задача 4.1

$$\delta = 10 \text{ В}$$

$$r = 4 \text{ Ом}$$

$$R = 200 \text{ Ом}$$

$$t = 6 \cdot 3600 \text{ с} = 21600 \text{ с}$$

$$M = 65,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$n = 2$$

$$m = ?$$



Сила струму, що проходить через електролітичну ванну: $I = \frac{\delta}{R+r}$.

За I законом Фарадея маса виділеної на електроді речовини дорівнює: $m = k \cdot I \cdot t$.

За II законом Фарадея електрохімічний еквівалент $k = \frac{M}{n \cdot F}$, де n —

валентність цинку, F — стала Фарадея. Одержимо: $m = \frac{M \delta t}{n F (R+r)}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[m] = \frac{\text{кг} \cdot \text{В} \cdot \text{с}}{\text{моль} \cdot 1 \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{Кл}} = \text{кг} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}} = \text{кг}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[m] = \frac{65,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 21600}{2 \cdot 96,5 \cdot 10^3 \cdot 204} = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

Відповідь: 360 мг.

ВАРІАНТ №21

	А	Б	В	Г
1.1		X		
1.2	X			
1.3		X		
1.4				X

	А	Б	В	Г
1.5	X			
1.6			X	
1.7				X
1.8				X

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2			X	
2.3			X	
2.4			X	

3.1 240 В.

3.2 $\frac{v+u}{u}$.

3.3 2 В.

3.1

$C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$U_1 = 600 \text{ В}$

$C_2 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$U_2 = ?$



Початковий заряд:

$q = C_1 U_1$. Ємність

з'єднання: $C = C_1 + C_2$.

Заряд зберігається:

$q = (C_1 + C_2) U_2$.

Отже, $U_2 = \frac{C_1 U_1}{C_1 + C_2}$. Перевіримо одиниці вимірювання: $[U] = \frac{\text{Ф} \cdot \text{В}}{\text{Ф}} = \text{В}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{U_2\} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 600}{2 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6}} = 240 \text{ (В)}$.

Відповідь: 240 В.

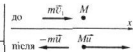
3.2¹

$v_1 = v$

$v_2 = 0$

$u_1 = u_2 = u$

$M/m = ?$



Запишемо закон збереження

імпульсу в проекції на вісь Ox:

$mv_1 = Mu_2 - mu_1$.

Враховувавши умову задачі, отримаємо: $mv = Mu - mu$. Звідси $m(v + u) = Mu$.

Отже, $\frac{M}{m} = \frac{v+u}{u}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$\left[\frac{M}{m} \right] = \frac{\text{м}}{\text{с}} : \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1$.

Відповідь: $\frac{v+u}{u}$.

¹ Некоректна умова задачі 3.2. Будемо вважати, що задані лише швидкості u і v , а маси m і M не задані. Інакше відповідь буде m/M .

3.3

$$U_{AB} = 16 \text{ В}$$

$$R_1 = R_2 = R_4 = R_6 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = R_5 = R_7 = 1 \text{ Ом}$$

$$U_1 = ?$$

то $U_3 = U_1$.

$$\text{На 4: } U_4 = U_3 + U_1 = 2U_1.$$

Оскільки $R_{1-3} = 2 \text{ Ом} = R_4$, то $R_{1-4} = 1 \text{ Ом} = R_5$.

Звідси $U_5 = U_{1-4} = U_4 = 2U_1$. Тоді $U_6 = U_5 + U_4 = 4U_1$.

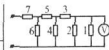
Оскільки $R_{1-5} = 2 \text{ Ом} = R_6$, то $R_{1-6} = 1 \text{ Ом} = R_7$. Тоді $U_7 = U_6 = 4U_1$.

Загальна напруга $U = U_7 + U_6 = 8U_1$. Звідси $U_1 = \frac{U}{8}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{U_1\} = \frac{16}{8} = 2 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 2 В.



$$U_1 = U_2. \text{ Оскільки}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 1 \text{ Ом} = R_3,$$

Задача 4.1

$$i = 3$$

$$p_2 = 2p_1$$

$$V_2 = 4V_1$$

$$\eta = ?$$



$$\text{ККД циклу: } \eta = \frac{A}{Q_{\text{сп}}}.$$

Аналіз: $1 \rightarrow 2$: $p = \text{const}$, $V \uparrow$, $T \uparrow$, $A_{\text{раб}} > 0$, $\Delta U_{12} > 0$, $Q_{12} > 0$ — газ одержує тепло.

$2 \rightarrow 3$: $V = \text{const}$, $A_{\text{раб}} = 0$, $p \downarrow$, $T \downarrow$, $\Delta U_{23} < 0$, $Q_{23} < 0$ — газ віддає тепло.

$3 \rightarrow 1$: $p \uparrow$, $V \downarrow$, $A_{\text{раб}} < 0$. Об'єднаний газовий закон для переходу $3 \rightarrow 1$:

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ звідки } T_3 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1} = 2T_1. \text{ Газ охолоджується, } \Delta U_{31} < 0, \text{ тому}$$

$Q_{31} < 0$ — газ віддає тепло. Отже, газ одержує тепло лише в процесі $1 \rightarrow 2$.

1) $Q_{\text{сп}} = Q_{12}$. За 1 законом термодинаміки $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$. Робота газу $A_{12} = p_2(V_2 - V_1) = 2p_1 \cdot 3V_1 = 6p_1 V_1$.

Зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального газу:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1).$$

З рівняння стану ідеального газу масо: $\nu R T_2 = p_2 V_2$; $\nu R T_1 = p_1 V_1$.

$$\text{Тоді } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \cdot 2p_1 \cdot 3V_1 = 9p_1 V_1.$$

Отже, $Q_{\text{сп}} = 6p_1 V_1 + 9p_1 V_1 = 15p_1 V_1$.

2) Робота ідеального газу за шість дорівнює площі затінуваного трикутника.

$$A = A_{123} = \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(\rho_2 - \rho_1) = \frac{1}{2} \cdot 3P_1 \cdot \rho_1 = \frac{3}{2} P_1 \rho_1.$$

$$\text{Отже, } \eta = \frac{\frac{3}{2} P_1 \rho_1}{15 P_1 \rho_1} = \frac{3}{30} = 0,1.$$

Єдиний вимірник: $[\eta] = 1$.

Відповідь: ККД дорівнює 0,1.

ВАРІАНТ №22

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2		X		
1.3		X		
1.4	X			

	А	Б	В	Г
1.5			X	
1.6	X			
1.7				X
1.8		X		

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2		X		
2.3	X			
2.4		X		

3.1	$\pi \rho \left(1 + \frac{v^2}{gR} \right); \pi \rho \left(1 - \frac{v^2}{gR} \right)$
3.2	$9 \cdot 10^{17}$ фотонів.
3.3	0,528 с.

3.1

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$R = 800 \text{ м}$$

$$v = 720 \text{ км/год} = 200 \text{ м/с}$$

$$\rho = ?$$

$$F_{\text{н}} = ?$$

$$F_{\text{в}} = ?$$



Сила тиску дорівнює вазі тіла. У нижній точці:

$$F_{\text{н}} = F_{\text{г}} = m(g + a).$$

У верхній точці:

$$F_{\text{н}} = F_{\text{г}} = m(g - a).$$

Допоміжне прискорення:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

$$\text{Отже, } F_{\text{н}} = \pi \rho \left(1 + \frac{v^2}{gR} \right); \quad F_{\text{в}} = \pi \rho \left(1 - \frac{v^2}{gR} \right).$$

Подальші обчислення неможливі, оскільки не задано масу тіла.

3.2

$$P = 360 \text{ мВт} = 360 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$E_{\text{ф}} = 2,5 \text{ еВ} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$N = ?$$

$$\text{Потужність лазера: } P = \frac{E_{\text{л}}}{t}; \quad E_{\text{л}} = N \cdot E_{\text{ф}} -$$

$$\text{енергія енергій. Оскільки: } P = \frac{NE_{\text{ф}}}{t},$$

$$\text{Отже, } N = \frac{Pt}{E_{\text{ф}}}. \quad \text{Перевіримо одиниці розмірювання: } [N] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{Дж}} = 1.$$

$$\text{Обчислення: } \{N\} = \frac{360 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{4 \cdot 10^{-19}} = 9 \cdot 10^{17} \text{ (фотонів)}.$$

Відповідь: $9 \cdot 10^{17}$ фотонів.

3.3

$$\begin{aligned} m &= 0,2 \text{ кг} \\ x_m &= 0,05 \text{ м} \\ x_p &= 0,01 \text{ м} \\ F_m &= 0,2 \text{ Н} \\ T &= ? \end{aligned}$$

Жорсткість пружини: $k = \frac{F_m}{x_p}$, Період коливань пружинного маятника: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{mx_p}{F_m}}$.

Одиний вимірювання: $[T] = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}}} = \sqrt{\text{с}^2} = \text{с}$.

Обчислення: $[T] = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,01}{0,2}} = 0,628 \text{ (с)}$.

Відповідь: 0,628 с.

Задача 4.1

$$\begin{aligned} v_0 &= 2 \text{ м/с} \\ t_1 &= 2 \text{ с} \\ a &= \text{const} \\ t &= 3 \text{ с} \\ \frac{l}{S} &= ? \end{aligned}$$



Тіло рухається зі сталою прискоренням a , направленим проти початкової швидкості, впродовж часу t_1 гальмує на шляху S_1 , а потім впродовж часу $t_2 = t - t_1 = 1 \text{ (с)}$ — розганяється у протилежному напрямку, проб-

иваючи шлях S_2 .

1 ділянка (AB): $S_1 = \frac{v_0}{2} \cdot t_1$; $0 = v_0 - at_1$, звідси $a = \frac{v_0}{t_1}$;

2 ділянка (BC): $S_2 = \frac{at_2^2}{2} = \frac{v_0 \cdot t_2^2}{2t_1}$. Шлях тіла за весь час t : $l = S_1 + S_2 =$

$$= \frac{v_0 t_1}{2} + \frac{v_0 t_2^2}{2t_1} = \frac{v_0 (t_1^2 + t_2^2)}{2t_1}$$
, Переміщення тіла за час t : $S = S_1 - S_2 =$

$$= \frac{v_0 t_1}{2} - \frac{v_0 t_2^2}{2t_1} = \frac{v_0 (t_1^2 - t_2^2)}{2t_1}$$
, Відношення: $\frac{l}{S} = \frac{v_0 (t_1^2 + t_2^2)}{2t_1} \cdot \frac{2t_1}{v_0 (t_1^2 - t_2^2)} = \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_1^2 - t_2^2}$,

Перевіримо одиний вимірювання: $\left[\frac{l}{S} \right] = \frac{\text{с}^2}{\text{с}^2} = 1$.

Підставимо значення фізичних величин: $\left[\frac{l}{S} \right] = \frac{2^2 + 1^2}{2^2 - 1^2} = \frac{4+1}{4-1} = \frac{5}{3}$.

Відповідь: $\frac{5}{3}$.

ВАРИАНТ №23

	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2			X	
1.3			X	
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5				X
1.6				X
1.7		X		
1.8				X

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2			X	
2.3			X	
2.4			X	

3.1	1 см.
3.2	5 мм.
3.3	5 мс.

3.1

$$H_\alpha = 50 \text{ эВ} = 8 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$m = 4 \text{ а.о.м.} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$q = 2e = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$x = ?$

Рух по колу під дією сили Лоренца:

$$m \frac{v^2}{R} = qvB, \text{ звідси } R = \frac{mv}{qB}.$$

Кінетична енергія α -частинки: $H_\alpha = \frac{mv^2}{2}$.

Тоді $v = \sqrt{\frac{2H_\alpha}{m}}$. Отже, $R = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2H_\alpha}{m}} = \sqrt{\frac{2H_\alpha \cdot m}{q^2 B^2}}$.

Перевіримо одиниці вираження за отриманою формулою:

$$[R] = \frac{\sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{Тл}^2}}}{\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А} \cdot \text{м}}}} = \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$[R] = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-18} \cdot 6,64 \cdot 10^{-27}}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1}} = 0,01 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 1 см.

3.2

$$k = 200 \text{ н/м} = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$$

$$m = 2 \text{ г} = 2000 \text{ мг}$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$x = ?$



Знаємомо $F_{\text{пр}}$. За II законом

Ньютона $mg = F_{\text{пр}}$. За

законом Гука $F_{\text{пр}} = kx$.

Отже, $x = \frac{mg}{k}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[x] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \frac{\text{м} \cdot \text{Н}}{\text{Н}} = \text{м}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{x\} = \frac{2000 \cdot 0,5}{2 \cdot 10^3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 5 мм.

3.3

$$\begin{array}{l} m_1 = m \\ m_2 = 2m \\ v_1 = 3v \\ v_2 = v \\ p' = ? \end{array}$$

до
після



За законом збереження імпульсу
 $p = p'$.
Імпульс системи до взаємодії
 $p = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 3mv + 2mv = 5mv$.

Отже, $p' = 5mv$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[p'] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Відповідь: 5 mv.

Задача 4.1

$$\begin{array}{l} \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon \\ R = 0,01 \text{ Ом} \\ r_1 = 0,005 \text{ Ом} \\ r_2 = ? \end{array}$$



За законом Ома для замкненого кола
 $I = \frac{2\varepsilon}{r_1 + r_2 + R}$. Звідки $\varepsilon = \frac{I(r_1 + r_2 + R)}{2}$.

Припустимо, що напруга на клеммах першої батареї дорівнює нулю. Тоді
 $\varepsilon = Ir_1$. Звідси $Ir_1 = \frac{I(r_1 + r_2 + R)}{2}$; $2r_1 = r_1 + r_2 + R$; $r_2 = r_1 - R = -0,005 \text{ (Ом)}$.

Оскільки $r_2 < 0$, то припущення хибне. Якщо напруга на клеммах другої батареї дорівнює нулю, то $\varepsilon = Ir_2$; $Ir_2 = \frac{I(r_1 + r_2 + R)}{2}$;

$$2r_2 = r_1 + r_2 + R; r_2 = r_1 + R = 0,015 \text{ (Ом)}.$$

Відповідь: 0,015 Ом.

ВАРІАНТ №24

	А	Б	В	Г
1.1				X
1.2			X	
1.3			X	
1.4		X		

	А	Б	В	Г
1.5				X
1.6				X
1.7	X			
1.8			X	

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2			X	
2.3			X	
2.4			X	

3.1	$46 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$
3.2	6 нКл.
3.3	$1,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

3.1

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$x = 2 + 3t + 5t^2$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$p = ?$$

Рівняння швидкості: $v = x'(t) = 3 + 10t$. Швидкість у момент часу $t = 2 \text{ с}$: $v = 3 + 10 \cdot 2 = 23 \text{ (м/с)}$. Тоді імпульс тіла: $p = mv$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{p\} = 2 \cdot 23 = 46 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right)$$

Відповідь: $46 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

3.2

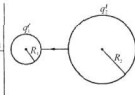
$$R_1 = R$$

$$R_2 = 3R$$

$$q_1 = 0$$

$$q_2 = 24 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\Delta q = ?$$



Заряд перестас перетікати,

якщо $\varphi_1 = \varphi_2$.

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{kq'_1}{R_1}, \\ \varphi_2 = \frac{kq'_2}{R_2} = \frac{kq'_2}{3R_1} \end{cases} \Rightarrow 3q'_1 = q'_2$$

Закон збереження заряду: $q'_1 + q'_2 = q_1$; $4q'_1 = q_2$. Отже, $q'_1 = \frac{q_2}{4}$. Заряд, який

перетік на першу кулю, дорівнює: $\Delta q = q'_1 - q_1 = q'_1 = \frac{q_2}{4}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\Delta q\} = \frac{24 \cdot 10^{-9}}{4} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)}. \quad \Delta q = 6 \text{ нКл.}$$

Відповідь: 6 нКл.

3.3

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$ $P_e = 0$ $\omega = ?$	$\left. \begin{array}{l} \text{Якщо } P_e = 0, \text{ то } a_{\text{звн}} = g. \text{ Доцентрове прискорення: } a_n = \omega^2 R; \\ \omega = \sqrt{\frac{a_n}{R}} = \sqrt{\frac{g}{R}}. \end{array} \right\}$
---	--

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[\omega] = \sqrt{\frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}}} = \sqrt{\frac{1}{\text{с}^2}} = \frac{1}{\text{с}}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{\omega\} = \sqrt{\frac{10}{6,4 \cdot 10^6}} = \frac{1}{8 \cdot 10^3} = \frac{1}{800} = 1,25 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right).$$

Відповідь: $1,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Задача 4.1

$s = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ $F_{\text{тп}} = 15 \text{ Н}$ $p_1 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па} = p_{\text{ат}}$ $T_1 = 265 \text{ К}$ $T_2 = ?$	$\left. \begin{array}{l} \text{I} \\ p_1 \\ V \\ T_1 \end{array} \right\} p_{\text{ат}}$	$\left. \begin{array}{l} \text{II} \\ p_2 \\ V' \\ T_2 \end{array} \right\} p_{\text{ат}}$	Процес, що відбувається з газом, ізохорний, бо $V = \text{const}$, $v = \text{const}$. Застосуємо закон Шарля:
--	--	--	--

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, звідки $T_2 = \frac{p_2 T_1}{T_1}$. Початковий тиск газу $p_1 = p_{\text{ат}}$. Кінцевий тиск газу

$$p_2 = p_{\text{ат}} + \frac{F_{\text{тп}}}{S}. \text{ Тоді } T_2 = T_1 \cdot \frac{p_{\text{ат}} + \frac{F_{\text{тп}}}{S}}{p_{\text{ат}}}; \quad T_2 = T_1 \left(1 + \frac{F_{\text{тп}}}{p_{\text{ат}} S} \right).$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[T_2] = \text{К} \cdot \left(1 + \frac{\text{Н}}{\text{Па} \cdot \text{м}^2} \right) = \text{К} \cdot \left(1 + \frac{\text{Па}}{\text{Па}} \right) = \text{К}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{T_2\} = 265 \left(1 + \frac{15}{10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-4}} \right) = 397,5 \text{ (К)}.$$

Відповідь: кінцева температура 397,5 К.