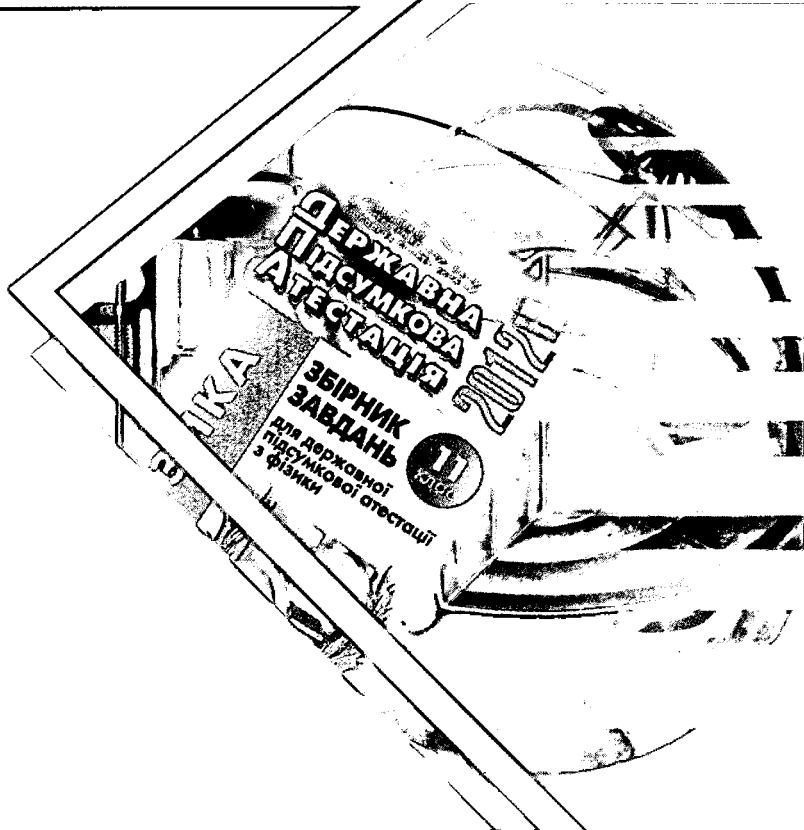


11

Державна підсумкова атестація

Фізика

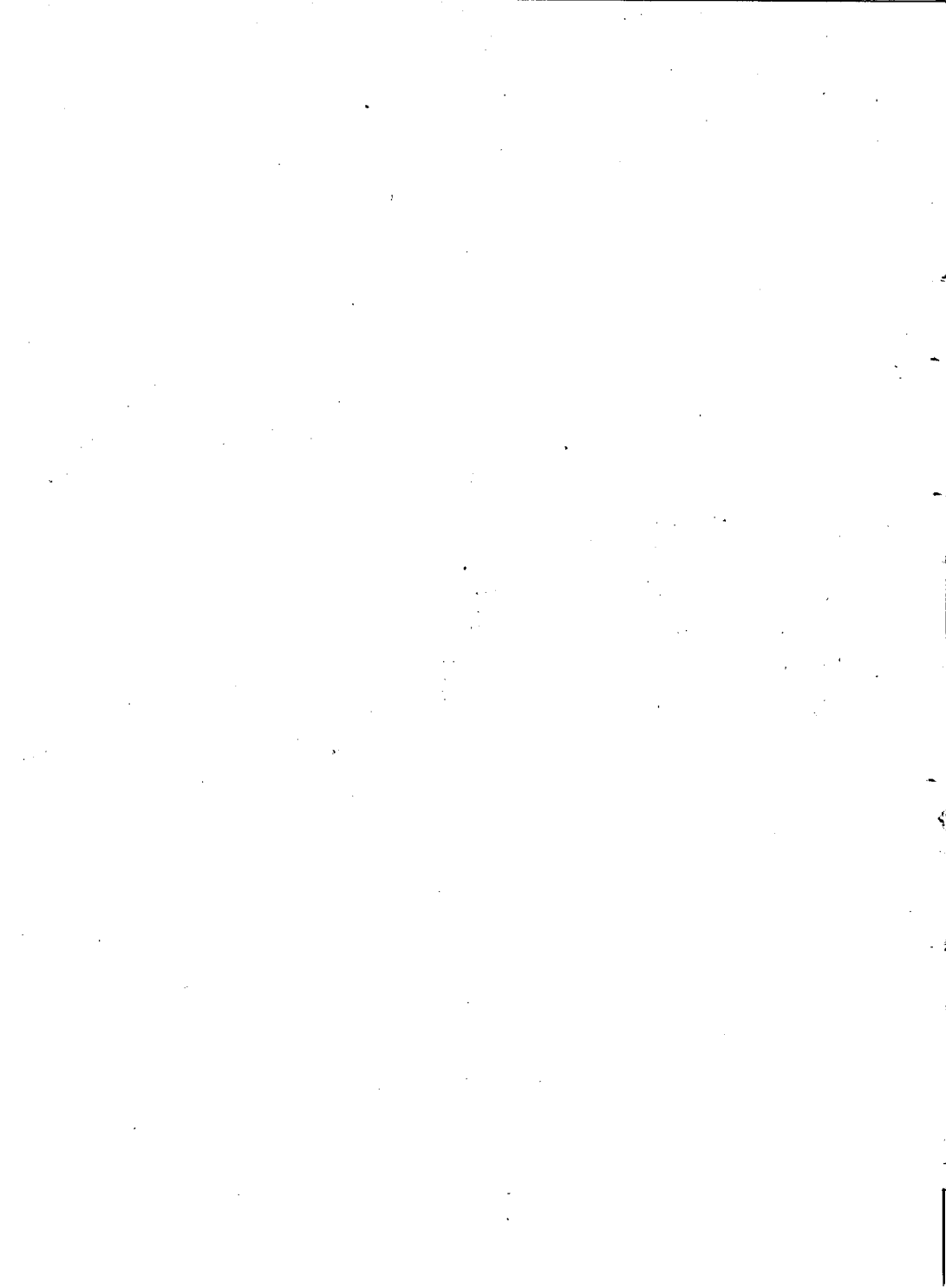


2012

Видавництво



«Підручники
і посібники»



Н. Струж, О. Чиж

Фізика

Розв'язки завдань

державної підсумкової атестації

11 клас



Тернопіль
Видавництво «Підручники і посібники»
2012

УДК 371.263
ББК 22.3я721
С 83

Редактор: *Ярослав Гринчишин* — кандидат фіз.-мат. наук
Обкладинка *Оксани Корнєєвої*

Навчальне видання
Струж Наталія Іванівна
Чиж Олег Йосипович

Фізика
11 клас

Розв'язки завдань державної підсумкової атестації

Формат 60х84/16. 3,73 ум. др. арк. 3,28 обл.-вид. арк. Тираж 1000. Замовлення №12-105.

Видавець і виготовлювач Редакція газети «Підручники і посібники».
46020, м. Тернопіль, вул. Поліська, 6а. Тел. (0352)-43-15-15; 43-10-21.

E-mail: pp@pp.utel.net.ua www.pp@pp.utel.net.ua

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 765 від 11.01.2002 р.
Книга-поштою: а/с 376, Тернопіль, 46011. Тел.: 097-5035-376; 035-2424-376; 094-9740-376.

Струж Н., Чиж О.

С 83 **Фізика. Розв'язки завдань державної підсумкової атестації.**
11 клас. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2012. — 64 с.
ISBN 978-966-07-1969-9

У посібнику подано відповіді до всіх завдань ДПА з фізики, яка в 2012 р. проводиться за збірником «Непорожня Л. та ін. Збірник завдань для державної підсумкової атестації з фізики. 11 клас. — К. : Центр навчально-методичної літератури, 2012».

Посібник буде корисним учням 11 класів у процесі їх підготовки до державної підсумкової атестації з фізики та зовнішнього незалежного оцінювання.

УДК 371.214
ББК 22.3я721

ISBN 978-966-07-1969-9

© Струж Н., Чиж О., 2012

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.

Задача 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 $A_{\text{газу}} = 0$.

За I законом термодинаміки $Q = A_{\text{газу}} + \Delta U = \Delta U$.

Зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального га-

$$\text{зу } \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V - p_1 V).$$

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

Отже, $Q = \frac{3}{2} p_1 V \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$. Перевіримо одиниці: $[Q] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{К}}{\text{К}} = \text{Дж}$.

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Задача 3.2

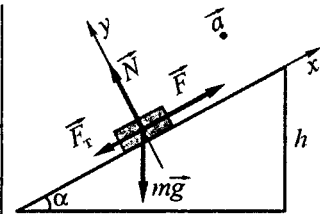
$$P$$

$$\alpha = 0$$

$$\mu = 0,4$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\eta = ?$$



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

Нехай h — висота похилої площини.

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

Знайдемо силу F .

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

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

$$$$

Оскільки $F_r = \mu N$, 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:

$$\eta \approx \frac{0,5}{0,4 \cdot 0,87 + 0,5} \approx 0,59. \text{ Відповідь: } 0,59.$$

Задача 3.3

$i = 0,3 \sin 15,7t$ $\lambda = ?$	3 рівняння коливань струму визначимо циклічну частоту коливань: $\omega = 15,7 \text{ 1/с}$.
---------------------------------------	---

Період коливань у контурі дорівнює: $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Контур випромінює хвилю, період якої дорівнює періоду коливань струму в контурі. Довжину хвилі визначимо за формулою:

$$\lambda = cT = \frac{2\pi c}{\omega}, \text{ де } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с — швидкість світла у вакуумі.}$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\lambda] = \frac{\text{м/с}}{1/\text{с}} = \text{м}$. Обрахунок: $\{\lambda\} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ м}$.

Відповідь: $1,2 \cdot 10^8 \text{ м}$.

Задача 4.1

$R = 2 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ $\lambda = 200 \cdot 10^{-9} \text{ М}$ $\lambda_{\max} = 250 \cdot 10^{-9} \text{ М}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $N = ?$	Рівняння Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$. Частота фотона, який падає на поверхню кулі: $\nu = c/\lambda$. Робота виходу електронів $A_{\text{вих}} = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$.
--	---

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

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

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

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

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

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: $1,73 \cdot 10^6$.

Задача 4.2

$$S = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$a = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R = 2,5 \text{ Ом}$$

$$v = 5 \text{ м/с}$$

$$B = 2 \text{ Тл}$$

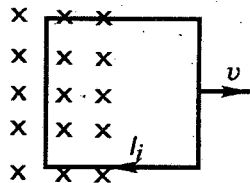
$$\rho = 8000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\Delta T = ?$$

Під час руху рамки площа тієї частини контуру, що перебуває у магнітному полі, зменшується. Магнітний потік, що пронизує контур, зменшується і в контурі виникає індукційний струм. При проходженні струму провідник нагрівається.



За законом збереження енергії $I_i^2 R \Delta t = c m \Delta T$.

За законом Ома для замкненого контуру $I_i = \frac{\epsilon_i}{R}$, де $\epsilon_i = v B a$ — ЕРС індукції в рухомому провіднику. Час ви-

ходу рамки з поля: $\Delta t = \frac{a}{v}$.

Маса рамки: $m = \rho V = 4 \rho S \cdot a$. Після підстановок отримаємо:

$$v B^2 a^2 = 4 c \rho S R \Delta T. \text{ Звідси } \Delta T = \frac{v B^2 a^2}{4 c \rho S R}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання:}$$

$$[\Delta T] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{Тл}^2 \cdot \text{м}^2}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{м}^4 \cdot \text{К} \cdot \text{Тл}^2}{\text{с} \cdot \text{Дж} \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{Н}^2}{\text{с} \cdot \text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{Ом} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{К} \cdot \text{Дж}}{\text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}} = \frac{\text{К} \cdot \text{Дж}}{\text{Дж}} = \text{К}.$$

Обрахунок: $\{\Delta T\} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ К}$.

Відповідь: $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ К}$.

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.

Задача 3.1

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\nu_{\min} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$U_3 = 3 \text{ В}$$

$$\nu - ?$$

$$\text{Рівняння Ейнштейна для фотоэффекту: } h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{m\nu^2}{2}.$$

Кінетична енергія виваних з поверхні металу електронів зменшується до 0 за рахунок роботи запірного електричного

$$\text{поля: } \frac{m\nu^2}{2} = A_{\text{ст}} = qU_3, \text{ тоді } h\nu = A_{\text{вих}} + qU_3. \text{ Фотоэффект}$$

починається, коли $h\nu_{\min} = A_{\text{вих}}$. Після підстановки отримаємо: $h\nu = h\nu_{\min} + qU_3$.

$$\text{Звідси } \nu = \nu_{\min} + \frac{qU_3}{h}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання: } [\nu] = \text{Гц} + \frac{\text{Дж}}{\text{Дж} \cdot \text{с}} = \text{Гц}.$$

$$\text{Обрахунок } \{\nu\} = 13,24 \cdot 10^{14} \text{ м. Відповідь: } 13,24 \cdot 10^{14} \text{ м.}$$

Задача 3.2

$$t_3 = 124^{\circ}\text{C}$$

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

$$m_3 = m_8$$

$$c_3 = 450 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

$$c_8 = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

$$t_8 - ?$$

$$\text{Рівняння теплового балансу: } c_3 m_3 (t_3 - t) = c_8 m_8 (t - t_8);$$

$$c_3 (t_3 - t) = c_8 (t - t_8); \quad t - t_8 = \frac{c_3}{c_8} (t_3 - t);$$

$$t_8 = t - \frac{c_3}{c_8} (t_3 - t). \text{ Перевіримо одиниці вимірювання:}$$

$$[t_8] = ^{\circ}\text{C} - \frac{\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})}{\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})} \cdot ^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{C}. \text{ Підставимо значення фізичних величин:}$$

$$\{t_8\} = 40 - \frac{450}{4200} \cdot (124 - 40) = 31 (^{\circ}\text{C}). \text{ Відповідь: } 31^{\circ}\text{C}.$$

Задача 3.3

$$v_1 = 120 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 90 \text{ м/с}$$

$$v_3 - ?$$

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

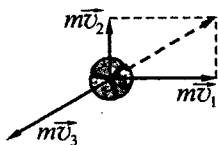
$$\vec{v}_3 = -(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) \text{ і } |\vec{v}_3| = |\vec{v}_1 + \vec{v}_2|. \text{ Враховуючи, що вектори } \vec{v}_1$$

та $\vec{v}_2$ перпендикулярні, за теоремою Піфагора маємо

$$v_3 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}. \text{ Одиниці вимірювання: } [v_3] = \frac{\text{м}}{\text{с}}. \text{ Підста-}$$

вимо значення фізичних величин:

$$\{v_3\} = \sqrt{120^2 + 90^2} = 150 \text{ (м/с)}. \text{ Відповідь: } 150 \text{ м/с}.$$



Задача 4.1

$$t_1 = 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$N = 4000$$

$$t_0 = 1 \text{ с}$$

$$S_{\min} - ?$$

$$S_{\max} - ?$$

Електромагнітні хвилі, які посилає локатор, відбившись від цілі, повертаються до антени локатора і нею ж приймаються. Мінімальну відстань до цілі визначають зі спів-

відношення $2S_{\min} = c \cdot t_1$, де $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — швидкість

поширення електромагнітних хвиль у повітрі. Звідси $S_{\min} = \frac{c \cdot t_1}{2}$. Максимальну

відстань до цілі обчислюють за формулою $2S_{\max} = c \cdot \tau$, де $\tau = \frac{t_0}{N}$ — час між

двома послідовними імпульсами. Тоді $S_{\max} = \frac{c \cdot t_0}{2N}$. Перевіримо одиниці вимірю-

вання: $[S] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \text{м}$. Підставимо значення фізичних величин в отриману фор-

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

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

Задача 4.2

$$V_1 = 2 \text{ м}^3$$

$$\phi_1 = 40 \%$$

$$V_2 = 3 \text{ м}^3$$

$$\phi_2 = 50 \%$$

$$\phi - ?$$

Оскільки температура пари під час змішування не змінюється, то $\rho_H = \text{const}$.

$$\text{Відносна вологість суміші дорівнює } \phi = \frac{\rho}{\rho_H} = \frac{m}{(V_1 + V_2)\rho_H}.$$

Маса водяної пари в суміші: $m = m_1 + m_2$.

Оскільки $\phi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_H} = \frac{m_1}{V_1 \rho_H}$, то $m_1 = \phi_1 V_1 \rho_H$ — маса водяної пари

у першій посудині.

Аналогічно $m_2 = \phi_2 V_2 \rho_H$ — у другій. Тоді $\phi = \frac{\phi_1 V_1 \rho_H + \phi_2 V_2 \rho_H}{(V_1 + V_2)\rho_H} = \frac{\phi_1 V_1 + \phi_2 V_2}{V_1 + V_2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\phi] = \frac{\text{м}^3 \cdot \%}{\text{м}^3} = \%$. Обрахунок: $\{\phi\} = 46 \%$.

Відповідь: 46 %.

ВАРІАНТ №3

	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	194 МДж.
3.2	$1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$
3.3	У 16 разів.

Задача 3.1

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$U = 9 \text{ В}$$

$$\eta = 0,5$$

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

$$Q = ?$$

$$\text{ККД електролітичної ванни } \eta = \frac{A_k}{A_3}. \text{ Тоді } A_3 = \frac{A_k}{\eta}.$$

$$\text{Корисна робота — робота струму } A_k = UI t.$$

$$\text{За першим законом Фарадея } m = kIt, \text{ звідки}$$

$$It = \frac{m}{k}. \text{ Отже, } A_k = \frac{Um}{k}.$$

$$\text{Затрачена кількість теплоти } Q = A_3 = \frac{Um}{k\eta}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання:}$$

$$[Q] = \frac{\text{В} \cdot \text{кг}}{\text{кг/Кл}} = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Дж}. \text{ Підставимо значення фізичних величин:}$$

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

Задача 3.2

$$\alpha = 30^\circ$$

$$a = 0$$

$$\mu = 0,4$$

$$\eta = ?$$

$$\text{ККД похилої площини дорівнює } \eta = \frac{A_k}{A_3}. \text{ Корисна робота}$$

$$A_k = mgh \text{ — робота по підняттю вантажу на висоту } h. \text{ Затрачена}$$

$$\text{робота — робота сили тяги: } A_3 = Fl, \text{ де } l = \frac{h}{\sin \alpha} \text{ — довжина по-$$

$$\text{хилої площини. Оскільки вантаж рухається рівномірно, то } \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{mp} + m\vec{g} = 0.$$

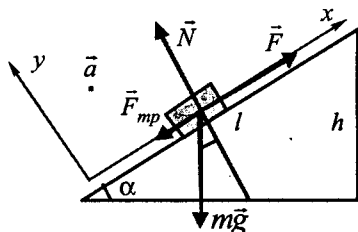
У проекціях:

$$Ox: F - F_{mp} - mg \sin \alpha = 0;$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0.$$

$$\text{Сила тертя дорівнює } F_{mp} = \mu N. \text{ Звідси}$$

$$F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha), \text{ тоді}$$



$$A_3 = \frac{mgh}{\sin \alpha} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = mgh(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha).$$

Після підстановок отримаємо: $\eta = \frac{mgh}{mgh(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha)} = \frac{1}{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\eta] = 1$. Обрахунок $\{\eta\} = 0,59$.

Відповідь: 0,59.

Задача 3.3

$$q_1 = 2e$$

$$q_2 = 79e$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$v = 10 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$r = ?$$

У досліді Резерфорда α -часточки, що зазнають центрального зіткнення з ядром золота, наблизившись до нього на мінімальну відстань, зупиняються. При цьому кінетична енергія α -часточки перетворюється в потенціальну енергію взаємодії з ядром. За законом

збереження енергії: $\frac{mv^2}{2} = \frac{kq_1q_2}{r}$. Звідси

$$r = \frac{2kq_1q_2}{mv^2} = \frac{316ke^2}{mv^2}, \text{ де } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

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

Обрахунок $\{r\} = 1,1 \cdot 10^{-13} \text{ м}.$

Відповідь: $1,1 \cdot 10^{-13} \text{ м}.$

Задача 4.1

$$h = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$H_1 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$\Delta d = 1,5 \text{ см} = 0,015 \text{ м}$$

$$H_2 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$F = ?$$

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

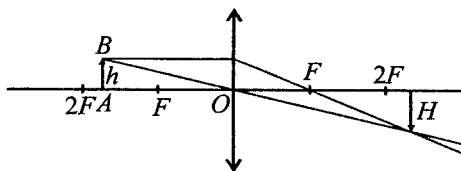
Формула тонкої лінзи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$

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

Звідси $f = \frac{Hd}{h}.$ Підставимо цей

вираз у формулу тонкої лінзи:

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



$$d = \frac{F(H+h)}{H}$$

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

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

Відповідь: 0,09 м.

Задача 4.2

Умова відриву краплі: $mg = F_H$. Сила поверхневого натягу дорівнює $F_H = \sigma l = \sigma \pi d$. Маса однієї краплі: $m = \rho V$.

Після підстановки отримаємо:

$$V = \frac{\sigma \pi d}{\rho g} \text{ — об'єм однієї краплі.}$$

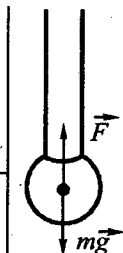
$$d = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$N = 8$$

$$\sigma = 0,52 \text{ Н/м}$$

$$\rho = 6900 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta l \text{ — ?}$$



Зміна об'єму дробтини дорівнює

$$\Delta V = NV = S \Delta l = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \Delta l. \text{ Звідси } \Delta l = \frac{4NV}{\pi d^2} = \frac{4N\sigma}{\rho g d}$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\Delta l] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{кг}}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{м}} = \text{м}$.

Обрахунок: $\{\Delta l\} = 0,24 \text{ м}$.

Відповідь: 0,24 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.

Задача 3.1

$$C = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 4 \text{ Гн}$$

$$q_m = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

$$q(0) = q_m$$

$$q(t) = ?$$

Оскільки $q(0) = q_m$, то рівняння коливань має вигляд $q = q_m \cos(\omega_0 t)$. Циклічна частота $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 1/\sqrt{LC}$. Обчис-

лимо 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.

Задача 3.2

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

$$\lambda = 300 \text{ м}$$

$$t = T_{\text{зв}}$$

$$N = ?$$

$$\text{Кількість коливань } N = \frac{t}{T} = \frac{T_3}{T}.$$

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

Період коливань $T_{\text{зв}} = \frac{1}{v_{\text{зв}}}$. Звідси $N = \frac{c}{v_{\text{зв}} \cdot \lambda}$. Перевіримо одиниці вимірюван-

ня: $[N] = \frac{\text{м/с}}{\text{Гц} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м/с}}{\text{м/с}} = 1$. Підставимо значення: $\{N\} = 500$. Відповідь: 500.

Задача 3.3

$$S = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$R = 0,25 \text{ Ом}$$

$$B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

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

$$q = ?$$

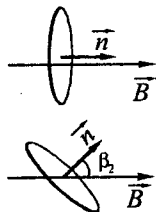
Заряд, що пройде по контуру $q = I_i \cdot \Delta t$. Індукційний струм

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}. \text{ ЕРС індукції } \mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|. \text{ Зміна магнітного потоку}$$

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

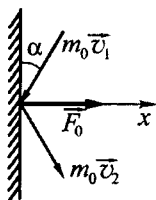
Отже, $q = \frac{BS}{R} \cdot |\cos \beta_2 - \cos \beta_1|$. Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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



Підставимо значення: $\{q\} = 2 \cdot 10^{-3}$ (Кл). Відповідь: $2 \cdot 10^{-3}$ Кл.

$$\begin{aligned} S &= 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \\ t &= 5 \text{ хв} = 300 \text{ с} \\ N &= 1 \cdot 10^{25} \\ m_0 &= 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \\ v &= 600 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ \alpha &= 30^\circ \\ p &= ? \end{aligned}$$



Задача 4.1

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

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

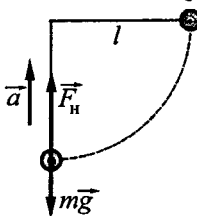
Отже, тиск на стінку $p = \frac{F}{S} = \frac{2m_0 v \sin \alpha \cdot N}{t \cdot S}$. Перевіримо одиниці:

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

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.

$$\begin{aligned} d &= 10^{-3} \text{ м} \\ l &= 1 \text{ м} \\ m &= 32 \text{ кг} \\ \sigma_m &= 4 \cdot 10^8 \text{ Па} \\ \alpha &= 90^\circ \\ \sigma &= ? \end{aligned}$$



Задача 4.2

Максимальний натяг дробини буде при проходженні положення рівноваги, тому саме тут вона може обірватися за умови, що $\sigma > \sigma_m$. Із закону збереження енергії маємо:

$$mgl = \frac{mv^2}{2}$$

Звідси $v^2 = 2gl$, де v — швидкість кульки при проходженні положення рівноваги. За II законом Ньютона в цьому положенні $ma = F_H - mg$, де $a = \frac{v^2}{l} = 2g$ — доцентрове прискорення. Тоді $F_H = 3mg$ — сила натягу дробини у рівновазі. Механічна напруга в цей момент дорівнює $\sigma = \frac{F_H}{S} = \frac{12mg}{\pi d^2}$.

Перевіримо одиниці: $[\sigma] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}{\text{м}^2} = \text{Па}$. Обрахунок: $\{\sigma\} = 12,23 \cdot 10^8 \text{ (Па)}.$

Оскільки $\sigma > \sigma_m$, то дробина обірветься. В-дь: Дробина обірветься.

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

Задача 3.1

$$m_1 = 0,4 \text{ т}$$

$$m_2 = 0,6 \text{ т}$$

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

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

$$M - ?$$

Молярна маса суміші $M = \frac{m}{v}$. Загальна кількість речовини

$$v = v_1 + v_2 = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} = \frac{0,4 \text{ т}}{M_1} + \frac{0,6 \text{ т}}{M_2} = \frac{m(0,4M_2 + 0,6M_1)}{M_1M_2}$$

Отже, молярна маса суміші

$$M = \frac{mM_1M_2}{m(0,4M_2 + 0,6M_1)} = \frac{M_1M_2}{0,4M_2 + 0,6M_1}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання:}$$

$$[M] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{\text{кг}}{\text{моль}}. \text{ Підставимо значення фізичних величин:}$$

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

Задача 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 $\Delta \Phi = \Delta B \cdot S^* = \Delta B \cdot a^2$.

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

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

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.

Задача 3.3

$$v_1 = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

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

$$v_c = ?$$

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

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

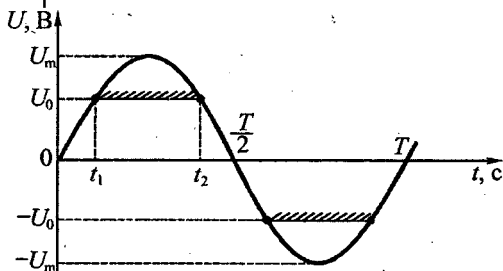
$$U_0 = 60 \text{ В}$$

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

$$U_d = ?$$

Нехай коливання напруги в 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 $\Delta t = 2(t_2 - t_1)$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Відповідь: 49 В.

Задача 4.2

Комаха перебуває у рівновазі на поверхні рідини під дією сили тяжіння та сил поверхневого натягу. Умова рівноваги: $mg = F_H$. Сила поверхневого натягу дорівнює $F_H = N\sigma l = 2\pi R\sigma N$, де N — кількість лапок комахи. Після підстановки отримаємо:

$$mg = 2\pi R\sigma N. \text{ Звідси } N = \frac{mg}{2\pi R\sigma}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [N] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{Н}/\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = 1.$$

Обрахунок: $\{N\} = 3,3$. Отже, комаха утримуватиметься на воді, опираючись на 4 лапки. **Відповідь:** 4.

$$\begin{aligned} R &= 20 \cdot 10^{-6} \text{ м} \\ m &= 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \\ \sigma &= 72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м} \\ N &= ? \end{aligned}$$



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.

Задача 3.1

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

$$L = 4 \text{ Гн}$$

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

$$q(0) = q_m$$

$$i(t) = ?$$

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 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}} = 500 \text{ (Гц)}$. Рівняння коливань

заряду $q = 10^{-4} \cos(500t)$ Кл. Рівняння коливань сили струму $i(t) = q'(t) = -500 \cdot 10^{-4} \sin(500t) = -0,05 \sin(500t)$ А. Відповідь: $i = -0,05 \sin(500t)$ А.

Задача 3.2

$$T_1 = T_2 = T$$

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

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

$$v_2 / v_1 = ?$$

Середня кінетична енергія поступального руху молекул

$$E_k = \frac{3}{2} kT = \frac{m_0 v^2}{2}. \text{ Маса молекули } m_0 = \frac{M}{N_A}.$$

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

$$\text{Середня квадратична швидкість молекул газу } v = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

$$\text{Відношення середніх квадратичних швидкостей } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}.$$

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

$$\text{Підставимо значення фізичних величин: } \left\{ \frac{v_2}{v_1} \right\} = \sqrt{\frac{32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}}} = 4. \text{ В-дь: У 4 рази.}$$

Задача 3.3

$v_1 = 9 \text{ МГц} = 9 \cdot 10^6 \text{ Гц}$	Довжини хвиль, які приймає радіоприймач
$\lambda_2 = 50 \text{ м}$	
$\frac{C_2}{C_1} - ?$	

$$\lambda_1 = 2\pi c \sqrt{C_1 L} \text{ та } \lambda_2 = 2\pi c \sqrt{C_2 L}, \text{ де } c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

швидкість поширення електромагнітних хвиль у повітрі.

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

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

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

Відповідь: Ємність потрібно збільшити у 2,25 рази.

Задача 4.1

$l = 1 \text{ м}$
$B = 10 \text{ мТл} = 10^{-2} \text{ Тл}$
$\omega = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
$\alpha = 90^\circ$
$U - ?$



Під дією сили Лоренца (сторонньої сили) вільні носії заряду (електрони) всередині стрижня зміщуються з одного кінця на інший, внаслідок чого на кінцях стрижня накопичуються

різномісності заряди і виникає різниця потенціалів U . Електричне поле всередині стрижня протидіє подальшому руху вільних електронів. Перетікання заряду

припиняється, якщо $F_{\text{ел}} = F_{\text{л}}$. $F_{\text{ел}} = q \cdot E = \frac{q \cdot U}{l}$.

Сила Лоренца $F_{\text{л}} = qv_c B$, де $v_c = \omega \cdot \frac{l}{2}$ — лінійна швидкість руху середини

стрижня. Тоді $\frac{q \cdot U}{l} = qv_c B$. Отже, $U = v_c B l = \frac{\omega B l^2}{2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

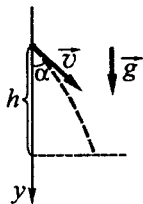
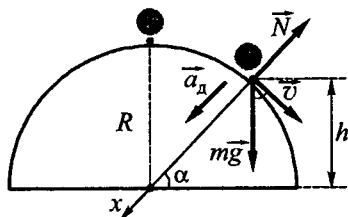
$$\{U\} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{2} = 0,01 \text{ (В)}. \text{ Відповідь: } 0,01 \text{ В}.$$

Задача 4.2

$$R = 1,08 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

$$t = ?$$



Запишемо закон збереження енергії, знехтувавши тертям: $E_1 = E_2$.

$mgR = mgh + \frac{mv^2}{2}$, де $h = R \sin \alpha$ — висота, на якій відбудеться відривання тіла від півсфери.

Тоді $2gR - 2gR \sin \alpha = v^2$.

Звідси: $v^2 = 2gR(1 - \sin \alpha)$. (1)

Запишемо другий закон Ньютона в проекції на вісь Ox : $ma_n = mg \sin \alpha - N$.

У момент відриву $N = 0$, тому $a_n = g \sin \alpha$.

Оскільки доцентрове прискорення дорівнює $a_n = \frac{v^2}{R}$, то $v^2 = gR \sin \alpha$. (2)

З рівнянь (1) і (2) отримаємо $2gR(1 - \sin \alpha) = gR \sin \alpha$.

Тоді $2 = 3 \sin \alpha$; $\sin \alpha = \frac{2}{3}$. Швидкість тіла в момент відриву $v = \sqrt{\frac{2}{3}gR}$.

Висота, на якій відбувається відрив, $h = R \sin \alpha = \frac{2}{3}R$. Відірвавшись від сфери, тіло рухається по параболі. Проекція переміщення тіла на вісь Oy :

$$h = vt \cos \alpha + \frac{gt^2}{2}. \quad \text{Оскільки} \quad h = \frac{2}{3}R; \quad v = \sqrt{\frac{2}{3}gR} \quad \text{і}$$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$, то отримуємо квадратне рівняння

$$\frac{gt^2}{2} + \sqrt{\frac{2}{3}gR} \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}t - \frac{2}{3}R = 0; \quad \frac{gt^2}{2} + \sqrt{\frac{10gR}{27}}t - \frac{2}{3}R = 0.$$

У числах ($g \approx 10 \text{ м/с}^2$): $5t^2 + 2t - 0,72 = 0$. Розв'язками цього рівняння є $t_1 \approx 0,23 \text{ с}$ та $t_2 \approx -0,63 \text{ с} < 0$ — не має фізичного змісту.

Відповідь: $0,23 \text{ с}$.

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	

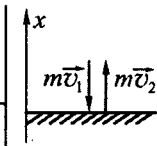
3.1	1,6 кг · м/с.
3.2	51°.
3.3	2351 м.

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 0$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$\Delta p_x = ?$$



Задача 3.1

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

Обчислення: $\{\Delta p_x\} = 2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,2} = 1,6 \text{ (кг} \cdot \text{м/с)}$. В-дь: 1,6 кг · м/с.

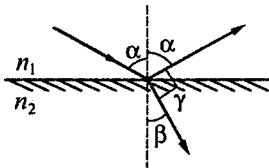
Задача 3.2

$$n_1 = 1,3$$

$$n_2 = 1,6$$

$$\gamma = 90^\circ$$

$$\alpha = ?$$



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, $\alpha = \arctg \frac{n_2}{n_1}$. Підставимо значення: $\{\alpha\} = \arctg \frac{1,6}{1,3} \approx 51^\circ$. В-дь: 51°.

Задача 3.3

$$L = 2 \text{ мГн} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

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

$$\epsilon = 11$$

$$S = 800 \text{ см}^2 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$\lambda = ?$$

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

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

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

$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\text{Гн} \cdot \frac{\text{Ф} \cdot \text{м}^2}{\text{м}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}} = \text{м}$. Обчислення: $\{\lambda\} \approx 2351 \text{ (м)}$.

Відповідь: 2351 м.

Задача 4.1

$$n = 2$$

$$m = \infty$$

$$E_0 = 13,6 \text{ eB} = 21,76 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E_k = 1,6 \text{ eB} = 2,56 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\lambda = ?$$

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

$$\text{Отже, довжина хвилі фотона } \lambda = \frac{hc}{\frac{E_0}{n^2} + E_k}. \quad [\lambda] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м/с}}{\text{Дж}} = \text{м}.$$

$$\text{Обчислення: } \{\lambda\} \approx 2,49 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}. \quad \text{В-дь: } 2,49 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 249 \text{ нм}.$$

Задача 4.2

$$V = 0,831 \text{ м}^3$$

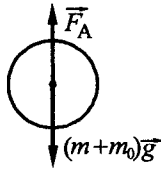
$$T_1 = 340 \text{ К}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$m_0 = ?$$



Куля почне підніматися, якщо $(m + m_0)g = F_A$, де m і m_0 — маси повітря і оболонки відповідно. Масу повітря в кулі знайдемо за допомогою рівняння Менделєєва —

$$\text{Клапейрона: } m = \frac{pVM}{RT_1},$$

де $M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ — молярна маса повітря.

Сила Архімеда дорівнює $F_A = \rho_n g V$. Густина навколишнього повітря визначимо за допомогою рівняння Менделєєва — Клапейрона: $\rho = \frac{pM}{RT_2}$.

$$\text{Тоді } \frac{pVM}{RT_1} + m_0 = \frac{pM}{RT_2} \cdot V. \quad \text{Отже, маса оболонки: } m_0 = \frac{pMV}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Перевіримо одиниці вимірювання:

$$[m_0] = \frac{\text{Па} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{м}^3}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \cdot \frac{1}{\text{К}} = \frac{\text{Па} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}} = \text{кг}. \quad \text{Обрахунок: } \{m_0\} = 0,183 \text{ кг}.$$

Відповідь: 0,183 кг.

ВАРІАНТ №8

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

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

	А	Б	В	Г
2.1 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.

Задача 3.1

$$U = 400 \text{ В}$$

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

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$R - ?$$

За рахунок роботи електричного поля електрон набуває

кінетичної енергії $\frac{mv^2}{2} = qU$. Тоді $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$. Рух по колу в магнітному полі під дією сили Лоренца

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

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

Задача 3.2

$$U_1 = 200 \text{ В}$$

$$d_1 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$d_2 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\Delta U - ?$$

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

Відповідь: напруга між пластинами конденсатора не змінилася.

Задача 3.3

$$v = 6 \text{ м/с}$$

$$l = 0,75 \text{ м}$$

$$\Delta \phi = \pi/2$$

$$v - ?$$

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 $\Delta \phi_1 = 2\pi$. Складаємо пропорцію

$$\frac{2\pi}{\pi/2} = \frac{\lambda}{l}. \text{ Звідси } \lambda = 4l. \text{ Частота хвилі } v = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4l}$$

Одиниці вимірювання $[v] = (\text{м/с}) : \text{м} = 1/\text{с} = \text{Гц}$. Обчислення: $\{v\} = 2 \text{ (Гц)}$.

Відповідь: 2 Гц.

¹ Оскільки не вказано полярність джерела струму, то правильними можуть бути варіанти В чи Г.

² Оскільки потенціальна енергія взаємодії молекул ідеального газу дорівнює 0, то відповідь В теж правильна.

Задача 4.1

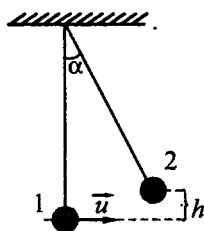
$$m_1 = 1,2 \text{ кг}$$

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

$$v = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$l = 1 \text{ м}$$

$$h = ?$$



За умовою удар центральний і непружний. За законом збереження імпульсу

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

де u — швидкість тіла з кулею після зіткнення.

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

Якщо знехтувати опором повітря, то повна механічна енергія системи після зіткнення зберігається: $E_1 = E_2$.

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

$$[h] = \frac{\text{кг}^2 \cdot (\text{м/с})^2}{\text{м/с}^2 \cdot \text{кг}^2} = \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \text{м}. \text{ Обчислення: } \{h\} \approx 0,2 \text{ (м)}. \text{ В-дь: } 0,2 \text{ м}.$$

Задача 4.2

$$t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c = 380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$$

$$\rho_1 = 8900 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda = 340 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$\frac{h}{H} = ?$$



За рахунок теплоти, що виділяється при охолодженні монети до $0 \text{ }^\circ\text{C}$, плавиться лід.

Кількість теплоти, що виділяється при остиганні монети:

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_2), \text{ де } m_1 = \rho_1 V_1 = \rho_1 SH — \text{ маса монети.}$$

$$\text{Отже, } Q_1 = c\rho_1 SH(t_1 - t_2).$$

Кількість теплоти, що отримав при плавленні лід, дорівнює $Q_2 = \lambda m_2$, де $m_2 = \rho_2 V_2 = \rho_2 Sh$ — маса розплавленого льоду.

Запишемо рівняння теплового балансу (тепловими втратами знехтуємо):

$$Q_1 = Q_2.$$

Після підстановки в рівняння теплового балансу отримаємо:

$$c\rho_1 SH(t_1 - t_2) = \lambda\rho_2 Sh. \text{ Звідси } \frac{h}{H} = \frac{c\rho_1(t_1 - t_2)}{\lambda\rho_2}. \left[\frac{h}{H} \right] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{K}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 1.$$

$$\left\{ \frac{h}{H} \right\} = 0,553. \text{ Оскільки } h/H < 1, \text{ то монета не повністю зануриться в лід.}$$

Відповідь: 0,553.

ВАРІАНТ №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.

Задача 3.1

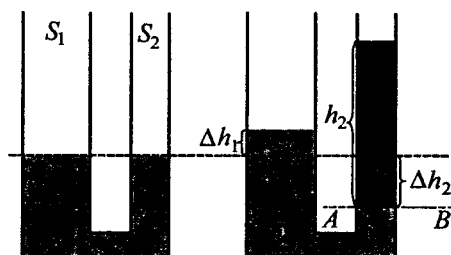
$$S_1 = 4S_2$$

$$h_2 = 0,2 \text{ м}$$

$$\rho_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_2 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\Delta h_1 - ? \quad \Delta h_2 - ?$$



Після того, як у вузьку посудину долили гасу, тиски в обох колінах на рівні розподілу рідин є однаковими: $p_1 = p_2$.

Тиск стовпа води $p_1 = \rho_1 g h_1 = \rho_1 g (\Delta h_1 + \Delta h_2)$. Тиск стовпа гасу $p_2 = \rho_2 g h_2$.

$$\text{Звідси } \rho_1 g (\Delta h_1 + \Delta h_2) = \rho_2 g h_2 \text{ і } \Delta h_1 + \Delta h_2 = \frac{\rho_2 h_2}{\rho_1}. \quad (1)$$

Оскільки об'єм води, що витісняється з вузького коліна, і об'єм води, що надходить у широке коліно, є однаковими, то $S_1 \Delta h_1 = S_2 \Delta h_2$. Звідси $\Delta h_2 = \frac{S_1}{S_2} \Delta h_1$.

$$\text{Після підстановки в рівняння (1) отримаємо: } \Delta h_1 \left(1 + \frac{S_1}{S_2} \right) = \frac{\rho_2 h_2}{\rho_1}.$$

$$\text{Тоді } \Delta h_1 = \frac{\rho_2 h_2}{\rho_1 \left(1 + \frac{S_1}{S_2} \right)} \text{ і } \Delta h_2 = \frac{S_1 \rho_2 h_2}{S_2 \rho_1 \left(1 + \frac{S_1}{S_2} \right)}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [\Delta h] = \frac{\frac{\text{м}^2 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}}{\frac{\text{м}^2 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\text{м}}}} = \text{м}.$$

Обрахунок: $\{\Delta h_1\} = 0,032 \text{ м}$; $\{\Delta h_2\} = 0,128 \text{ м}$. Відповідь: 0,032 м; 0,128 м.

Задача 3.2

Закон заломлення світла

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

$$\begin{array}{l} \alpha_1 = 60^\circ \\ \beta_1 = 40^\circ \\ \alpha_2 = 30^\circ \\ \beta_2 = ? \end{array}$$



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

Відповідь: 22° .

Задача 3.3

$$\begin{array}{l} m_1 = m_2 = 1 \text{ кг} \\ k_2 - k_1 = 2100 \text{ Н/м} \\ N_1 = 40 \\ N_2 = 100 \\ t_1 = t_2 = t \\ T_2 = ? \end{array}$$

Період коливань пружинного маятника:

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

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

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

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

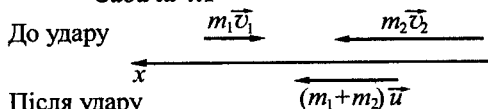
Перевіримо одиниці вимірювання: $[T_2] = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{л}}{\frac{\text{Н}}{\frac{\text{м}}{\text{м}}}} \cdot \text{л}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{\text{с}^2} = \text{с}.$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{T_2\} \approx 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot (100^2 - 40^2)}{2100 \cdot 100^2}} \approx 0,13 \text{ (с)}. \quad \text{Відповідь: } 0,13 \text{ с.}$$

Задача 4.1

$$\begin{array}{l} m_1 = 0,5 \text{ кг} \\ m_2 = 2 \text{ кг} \\ v_1 = v_2 = v \\ Q = 160 \text{ Дж} \\ v = ? \end{array}$$



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

За законом збереження імпульсу в проекції на Ox : $m_2 v_2 - m_1 v_1 = (m_1 + m_2) \cdot u$.

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

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

У початковому стані $E_{к1} = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} = \frac{v^2}{2}(m_1 + m_2)$.

У кінцевому стані $E_{к2} = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot \frac{(m_2 - m_1)^2 v^2}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{(m_2 - m_1)^2 v^2}{2(m_1 + m_2)}$.

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

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

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

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

Задача 4.2¹

$$r = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\lambda = 340 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\frac{m_1}{m} = ?$$

При відкачуванні повітря вода інтенсивно перетворюється в пару і забиратиме енергію від іншої частини води, яка при цьому буде кристалізуватися.

Запишемо рівняння теплового балансу: $Q_1 = Q_2$

Кількість теплоти, що виділяється при кристалізації води,

$Q_1 = \lambda m_1$. Кількість теплоти, що поглинеться при пароутворенні, $Q_2 = r m_2 = r(m - m_1)$, де m – початкова маса рі-

дини в посудині. Після підстановки в рівняння теплового балансу отримаємо:

$\lambda m_1 = r(m - m_1)$. Звідси $\frac{m_1}{m} = \frac{r}{\lambda + r}$. Одиниці вимірювання:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} : \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 1. \text{ Обрахунок: } \left\{ \frac{m_1}{m} \right\} = 0,871. \text{ Відповідь: } 0,871.$$

¹ **Примітка редактора видання:** Наведене в умові задачі значення питомої теплоти пароутворення 2,3 МДж/кг є табличним для фазового переходу вода – пара за температури 100°C. Для температури 0°C це значення наближено повинно дорівнювати $r_{100} + (c_{\text{води}} - c_{\text{пари}}) \cdot 100^\circ\text{C} = 2,3 \text{ МДж} + 100(4175 - 1864) \text{ Дж} \approx 2,53 \text{ МДж}.$

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.

Задача 3.1

$$N = 200$$

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

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

$$k = 1$$

$$\varphi = ?$$

Умова максимуму на дифракційній решітці $d \sin \varphi = k\lambda$.

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

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

$$\sin \varphi = \frac{1 \cdot 7,5 \cdot 10^{-7} \cdot 200}{10^{-3}} = 0,15. \text{ Отже, } \varphi = \arcsin 0,15 \approx 9^\circ. \text{ Відповідь: } 9^\circ.$$

Задача 3.2

$$E_\phi = 2,5 \text{ еВ}$$

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

$$E_{\kappa 1} = E_\kappa$$

$$E_{\kappa 2} = 3E_\kappa$$

$$A_{\text{вих}} = ?$$

Рівняння фотоефекту:

$$\begin{cases} E_\phi = A_{\text{вих}} + E_\kappa, \\ 2E_\phi = A_{\text{вих}} + 3E_\kappa; \end{cases} \begin{cases} E_\phi = 2E_\kappa, \\ A_{\text{вих}} = E_\phi - E_\kappa; \end{cases} A_{\text{вих}} = E_\phi - \frac{E_\phi}{2} = \frac{E_\phi}{2}. \text{ Під-}$$

ставимо значення фізичних величин:

$$\{A_{\text{вих}}\} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ (еВ)}. \text{ Відповідь: } 1,25 \text{ еВ}.$$

Задача 3.3

$$B = 0,02 \text{ Тл}$$

$$p = 6,4 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$R = ?$$

$$\text{При русі електрона по колу } \frac{mv^2}{R} = eVB.$$

$$\text{Тоді } R = \frac{mv}{eB} = \frac{p}{eB}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання:}$$

$$[R] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{Кл} \cdot \text{Тл}}{\text{с}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{\frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{Н}} = \text{м}. \text{ Підставимо значення фізичних}$$

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

Задача 4.1

$\frac{n}{R = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^7 \text{ м}}$	$\frac{h - ?}{T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$	Період коливань математичного маятника: На поверхні Землі: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_0}}$
--	--	--

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

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

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

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

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

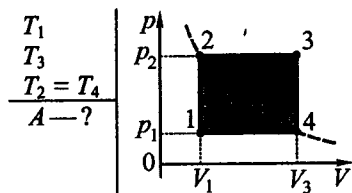
Відповідь: $h = 6,4 \cdot 10^7 (n-1) \text{ м}$.

Задача 4.2

Знайдемо температуру газу у стані 2 і 4.

За законом Гей-Люссака під час ізобарного процесу 2-3:

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ під час процесу 4-1: } \frac{V_4}{T_4} = \frac{V_1}{T_1}.$$



Оскільки $V_1 = V_2$ і $V_3 = V_4$, то, поділивши рівняння, отримаємо: $\frac{T_4}{T_3} = \frac{T_1}{T_2}$, або

$$T_4 T_2 = T_1 T_3. \text{ Оскільки } T_2 = T_4, \text{ то } T_2 = \sqrt{T_1 T_3}. \quad (1)$$

Робота газу за цикл дорівнює площі прямокутника:

$$A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = p_2 V_3 - p_2 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1.$$

Запишемо рівняння Менделєєва — Клапейрона для кожного стану:

Стан 3: $p_2 V_3 = \nu R T_3$. Стан 2: $p_2 V_1 = \nu R T_2$. Стан 4: $p_1 V_3 = \nu R T_4$. Стан 1: $p_1 V_1 = \nu R T_1$.

$$\text{Тоді } A = \nu R (T_3 - T_2 - T_4 + T_1) = \nu R (T_3 - 2T_2 + T_1). \quad (2)$$

Після підстановки (1) у (2) отримаємо:

$$A = \nu R (T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_1) = \nu R (\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[A] = \text{моль} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$.

$$\text{Відповідь: } \nu R (\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2.$$

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.

Задача 3.1

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

$$R = 1 \text{ Ом}$$

$$\beta = 0^\circ$$

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

$$I_i - ?$$

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

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

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

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: 2 мкА.

Задача 3.2

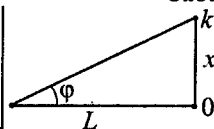
$$\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$k = 2$$

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

$$L = 2,5 \text{ м}$$

$$x - ?$$



Умова дифракційного максимуму

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

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

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

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

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

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.

Задача 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

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

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

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

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

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 пластиних 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

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

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

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

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

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

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:

$$[t] = \sqrt{\Gamma_H \cdot \Phi} = \sqrt{\frac{B \cdot c}{A} \cdot \frac{Kл}{B}} = \sqrt{\frac{c \cdot A \cdot c}{A}} = c.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{t\} \approx \frac{3,14 \cdot \sqrt{0,45 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}}{6} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

Відповідь: 1,57 мс.

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

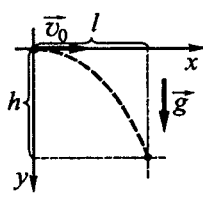
$$E_k = 9,8 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$l = 5 \text{ м}$$

$$m_0 = 108 \text{ а.о.м.} \approx 1,8 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$h = ?$$

Задача 4.2



Кожен атом у пучку уздовж осі Ox рухається рівномірно, а уздовж осі Oy — рівноприскорено з прискоренням $\vec{g}$ без початкової швидкості.

Запишемо рівняння проєкцій переміщення:

$$\begin{aligned} Ox: & \begin{cases} l = v_0 t, \\ h = \frac{gt^2}{2}. \end{cases} \quad \text{Звідси } t = \frac{l}{v_0}. \quad \text{Тоді } h = \frac{gl^2}{2v_0^2}. \\ Oy: & \end{aligned}$$

Початкова кінетична енергія атома в пучку $E_k = \frac{m_0 v_0^2}{2}$. Тоді $v_0^2 = \frac{2E_k}{m_0}$.

Після підстановки отримаємо $h = \frac{gl^2 m_0}{4E_k}$.

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{h\} \approx 1,13 \cdot 10^{-13} \text{ (м)}.$$

Відповідь: $1,13 \cdot 10^{-13} \text{ м}$.

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	$\mathcal{E}(t) = 40\sin(50t)$ В.
3.3	$2,5 \cdot 10^{-5}$ м.

Задача 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

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

Підставимо значення: $\{N\} = 2500$. **Відповідь:** 2500.

Задача 3.2

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

$$N = 100$$

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

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

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

$$\mathcal{E}(t) = ?$$

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

Рівняння ЕРС $\mathcal{E}(t) = -N\Phi' = NBS\omega \cdot \sin(\omega t)$.

Підставимо значення фізичних величин в отримане рівняння:

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

Відповідь: $\mathcal{E}(t) = 40\sin(50t)$ В.

Задача 3.3

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

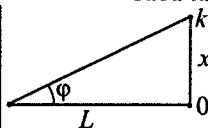
$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 2$$

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

$$L = 4 \text{ м}$$

$$d = ?$$



Умова дифракційного максимуму $d \sin \varphi = k\lambda$. Для малих кутів

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{x}{L}. \text{ Звідси } \frac{d \cdot x}{L} = k\lambda.$$

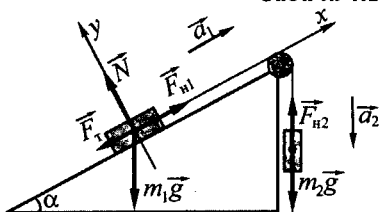
$$x = \frac{Lk\lambda}{d} \text{ — відстань від нульового максимуму до } k\text{-го максимуму.}$$

$$\text{Відстань між двома максимумами: } \Delta x = x_2 - x_1 = \frac{Lk_2\lambda}{d} - \frac{Lk_1\lambda}{d} = \frac{L\lambda}{d}(k_2 - k_1).$$

Отже, $d = \frac{L\lambda}{\Delta x} (k_2 - k_1)$. $[d] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}$. $\{d\} = 2,5 \cdot 10^{-3} (\text{м})$. В-дь: $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.

Задача 4.1

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



Оскільки нитка нерозтяжна, то $a_1 = a_2 = a$. На зв'язані тіла вздовж нитки діють рівні за модулем сили натягу $F_{H1} = F_{H2} = F_H$.

За другим законом Ньютона:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_{H1} + m_1 \vec{g} + \vec{F}_\tau + \vec{N}, \\ m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{H2} + m_2 \vec{g}. \end{cases} \quad \text{Для першого тіла:}$$

$$\begin{cases} O_x: m_1 a = F_H - m_1 g \sin \alpha - F_\tau, \\ O_y: 0 = N - m g \cos \alpha. \end{cases}$$

Оскільки $F_\tau = \mu N$, то $m_1 a = F_H - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha$. (1)

Для другого тіла: $m_2 a = m_2 g - F_H$. (2)

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

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

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

$$F_H = \frac{m_2 m_1 g}{m_1 + m_2} (1 + \sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

$$\text{Одиниці вимірювання: } [a] = \frac{\text{м/с}^2 \cdot \text{кг}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad [F_H] = \frac{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{кг}} = \text{Н}.$$

$$\text{Обчислення: } \{a\} \approx 0,39 \text{ (м/с}^2\text{)}; \quad \{F_H\} \approx 47,0 \text{ (Н)}.$$

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

Задача 4.2

$t = 24 \text{ год} = 86400 \text{ с}$
 $m = 220 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$
 $M = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $\eta = 0,25$
 $E_0 = 200 \text{ МеВ} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$
 $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$
 $P_e = ?$

Енергія, яка виділяється при поділі ядер

Урану $E = N \cdot E_0$, де $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ — кількість ядер, які зазнають поділу протягом доби. Електрична потужність станції:

$$P_e = \eta \frac{E}{t} = \eta \frac{m N_A}{t M} E_0.$$

$$[P_e] = \text{кг} \cdot \frac{1}{\text{моль}} \cdot \text{Дж} : \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{с} = \text{Вт}. \quad \{P_e\} \approx 0,52 \cdot 10^8 \text{ (Вт)}. \quad \text{Відповідь: } 52 \text{ МВт}.$$

ВАРІАНТ №13

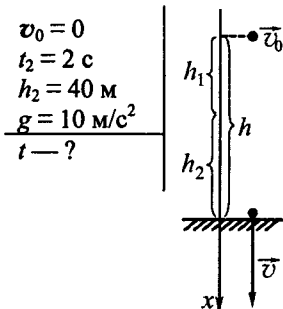
	А	Б	В	Г
1.1			X	
1.2		X		
1.3			X	
1.4	X			

	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.

Задача 3.1



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

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

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

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

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.

Задача 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 $N_s = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$. Розпалося ядер $N_p = N_0 - N_s = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$.

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

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

Відповідь: 6 год.

Задача 3.3

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

$$U_{31} = 2 \text{ В}$$

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

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$U_{32} = ?$$

$$\text{Рівняння фотоелектру: } E_{\phi} = A_{\text{вих}} + \frac{mv^2}{2}.$$

Рух електрона в заперному полі:

$$\frac{mv^2}{2} = A_E = eU_3. \text{ Тоді } E_{\phi} = A_{\text{вих}} + eU_3.$$

За умовою $\begin{cases} E_{\phi 1} = A_{\text{вих}} + eU_{31}, \\ 1,4E_{\phi 1} = A_{\text{вих}} + eU_{32}. \end{cases}$ Віднімемо від другого рівняння перше:

$$0,4E_{\phi 1} = eU_{32} - eU_{31}. \text{ Отже, } U_{32} = U_{31} + \frac{0,4E_{\phi 1}}{e}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[U_{32}] = \text{В} + \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$. Підставимо значення

$$\text{фізичних величин в отриману формулу: } \{U_{32}\} = 2 + \frac{0,4 \cdot 4,8 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,2 \text{ (В)}.$$

Відповідь: 3,2 В.

Задача 4.1

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

$$d = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$S = 0,2 \text{ м}^2$$

$$d_2 = 2d$$

$$\epsilon = 1$$

$$A = ?$$

$$\omega_1 = ?$$

$$\omega_2 = ?$$

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:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \text{ — у початковому стані; } C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2} = \frac{\epsilon_0 S}{2d} \text{ — у кінцевому стані.}$$

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

$$A = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання:

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

$$\{A\} \approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

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 $V = Sd$.

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

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: $\omega_1 = \omega_2 = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S^2}$.

$$\text{Заряд конденсатора } q = C_1 U = \frac{\epsilon_0 S U}{d}. \text{ Отже, } \omega_1 = \omega_2 = \frac{\epsilon_0^2 S^2 U^2}{2\epsilon_0 S^2 d^2} = \frac{\epsilon_0 U^2}{2d^2}.$$

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:

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

Задача 4.2

$$\begin{array}{l} E = 5 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \\ m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \\ N - ? \end{array}$$

При злитті протона й електрона утворюється два кванти електромагнітного випромінювання: $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$, що мають загальну енергію E .

Знехтувавши кінетичною енергією часточок до взаємодії, запишемо закон збереження енергії: $NE_0 = E$,

де $E_0 = 2mc^2$ — енергія спокою пари електрон – позитрон, N — кількість пар.

$$\text{Після підстановки отримаємо: } 2Nmc^2 = E. \text{ Звідси } N = \frac{E}{2mc^2}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [N] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = 1. \text{ Обрахунок: } \{N\} = 3.$$

Відповідь: 3 пари.

ВАРІАНТ №14

	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	36,7 Дж.
3.2	78.
3.3	$2 \cdot 10^5$ Па.

Задача 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:

$$[Q] = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}}{\text{Ом}^2} = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{с}}{\text{Ом}} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Дж.} \quad \text{Підставимо значення:}$$

$$\{Q\} = 10^2 \cdot 12 \cdot 6 : (12+2)^2 \approx 36,7 \text{ (Дж). Відповідь: } 36,7 \text{ Дж.}$$

Задача 3.2

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

Лінійна швидкість кінця стрілки:

$$v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1}, v_2 = \frac{2\pi R_2}{T_2}. \quad \text{Отже, } \frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}. \quad \text{Одиниці вимі-}$$

рювання

$$: [v_1 : v_2] = 1. \text{ Обчислення: } \{v_1 : v_2\} = 1,3 \cdot 3600 : 60 = 78. \text{ Відповідь: } 78.$$

Задача 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 в першій посудині, зазнає ізотермічного розширення до об'єму $V_1 + V_2$.

Рівняння Бойля — Маріотта: $p_1 V_1 = p'_1 \cdot (V_1 + V_2)$.

$$p'_1 = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} \text{ — тиск першого газу після розширення.}$$

$$\text{Аналогічно тиск другого газу після розширення дорівнює } p'_2 = \frac{p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

$$\text{Тиск суміші газів після розширення: } p = p'_1 + p'_2 = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

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

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

Задача 4.1

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
 $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

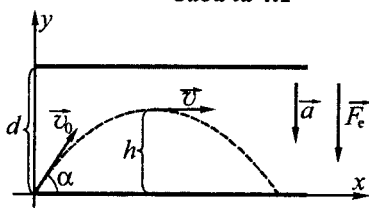
$v_0 = 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$U = 425 \text{ В}$

$d = 10^{-2} \text{ м}$

$\alpha = 30^\circ$

$h = ?$



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

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

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

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

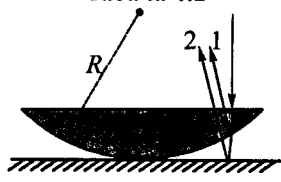
Задача 4.2

$R = 6,8 \text{ м}$

$r_4 = 4,5 \text{ мм} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

$k = 4$

$\lambda = ?$



Між скляною поверхнею лінзи і плоскою пластиною утворюється повітряний клин. Світлові промені, що відбиваються від верхньої та

нижньої граней цього клина, інтерферують.

При цьому у прохідному і відбитому монохроматичному світлі спостерігається чергування світлих і темних кілець — кілець Ньютона.

Радіуси темних кілець Ньютона у відбитому світлі обчислюють за формулою:

$r_k = \sqrt{kR\lambda}$, де k — порядок кільця, λ — довжина хвилі монохроматичного світла, що падає на систему. Звідси $\lambda = \frac{r^2}{kR}$.

Одиниці вимірювання: $[\lambda] = \text{м}$. Обрахунок: $\{\lambda\} = 589 \cdot 10^{-9} \text{ м}.$

Відповідь: 589 нм.

ВАРІАНТ №15

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

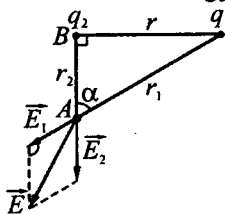
	А	Б	В	Г
1.5	X			
1.6		X		
1.7		X		
1.8		X		

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

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

Задача 3.1

$$\begin{aligned} q_1 &= 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} \\ q_2 &= 7 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} \\ r &= 0,4 \text{ м} \\ r_1 &= 0,5 \text{ м} \\ r_2 &= 0,3 \text{ м} \\ E &= ? \end{aligned}$$



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

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

За принципом суперпозиції

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

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

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

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

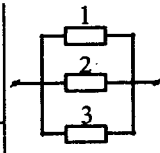
Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: $820,7 \cdot 10^6 \text{ Н/Кл.}$

Задача 3.2

$$\begin{aligned} R_1 &= 3 \text{ Ом} \\ R_2 &= 4 \text{ Ом} \\ R_3 &= 5 \text{ Ом} \\ Q_1 &= 20 \cdot 10^3 \text{ Дж} \\ Q_3 &= ? \end{aligned}$$



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

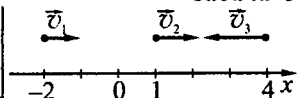
$$\text{Отже, } Q_3 = \frac{Q_1 \cdot R_1}{R_3}. \text{ Перевіримо одиниці вимірювання: } [Q_3] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Ом}}{\text{Ом}} = \text{Дж}.$$

Підставимо значення: $\{Q_3\} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 3}{5} = 12 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$.

Відповідь: 12 кДж.

Задача 3.3

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



Рівняння руху другого тіла відносно першого:

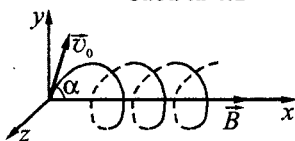
$$x_{21} = x_2 - x_1 = (1 + t) - (-2 + 0,5t) = 3 + 0,5t.$$

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

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



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

$v_x = v \cos \alpha$ — проекція швидкості на вісь OX , T — період обертання часточки. За другим законом Ньютона $ma_n = F_n$.

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 $T = \frac{2\pi \cdot R}{v \sin \alpha} = \frac{2\pi m v \sin \alpha}{v \sin \alpha qB} = \frac{2\pi m}{qB}$.

Отже, $h = \frac{2\pi m v \cdot \cos \alpha}{qB}$.

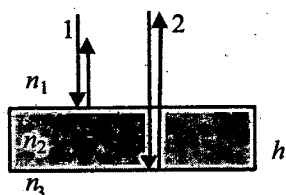
Перевіримо одиниці вимірювання: $[h] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м/с}}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м}$.

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

Відповідь: 2,06 мм.

Задача 4.2

$$\begin{aligned} n_1 &= 1 \\ n_2 &= 1,47 \\ n_3 &= 1,33 \\ \lambda &= 588 \cdot 10^{-9} \text{ м} \\ h &= ? \end{aligned}$$



Хвилі 1 і 2, які відбиваються від верхньої та нижньої гра-ней плівки олії, накладаються і підсилюють одна одну. Умо-ва інтерференційних макси-мумів: $\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k\lambda$,

де k — порядок максимуму.

Оскільки хвиля 1 при відбиванні від оптично густішого середовища втрачає $\lambda/2$, то оптична різниця ходу двох хвиль дорівнює

$$\Delta = \Delta_2 - \Delta_1 = 2hn_2 - \left(-\frac{\lambda}{2}\right) = 2hn_2 + \frac{\lambda}{2}.$$

Тоді $2hn_2 + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$. Звідси $h = \frac{(2k-1)\lambda}{4n_2}$

$h = h_{\min}$, якщо $k = 1$, тоді $h_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[h] = \text{м}$. Обрахунок: $\{h\} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$.

Відповідь: 589 нм.

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 ¹	—	—	—	
2.4				X

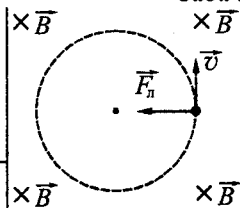
3.1 578 км/с².

3.2 24 Н.

3.3 Мінімум.

Задача 3.1

$m = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
 $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
 $v = 2$ м/с
 $B = 3 \cdot 10^{-3}$ Тл
 $\alpha = 90^\circ$
 $a = ?$



Протон рухається по колу під дією сили Лоренца: $ma = F_L$. Сила Лоренца дорівнює $F_L = qvB \sin \alpha = qvB$ ($\sin \alpha = 1$).

$$\text{Отже, } a = \frac{qvB}{m}.$$

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

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

Відповідь: 578 км/с².

Задача 3.2

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

За другим законом Ньютона:

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

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

Поділивши першу рівність на другу, маємо:

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

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

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

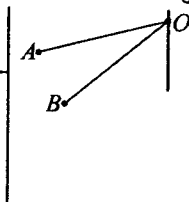
Підставимо значення: $\{F_H\} = 24 \text{ (Н)}$. Відповідь: 24 Н.

¹ Серед дистракторів правильна відповідь є лише для сполуки FeCl₂ (феруму(II)-хлориду — 1930 Кл). Для сполуки ферум(III) хлориду FeCl₃ відповідь 2895 Кл.

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

$$\Delta l = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$m = ?$$



Задача 3.3

Когерентні хвилі від джерел A і B при накладанні інтерферують. Умова максимуму чи мінімуму у точці O : $\Delta l = m \frac{\lambda}{2}$. 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: $\{m\} = \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5$.

Отже, в точці O буде спостерігатися мінімум.

Відповідь: 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 $\bar{g}$ (опором повітря знехтуємо). 1 ділянка:

$$h_1 = \frac{2}{3} h = \frac{gt_1^2}{2}. \text{ Уся висота: } h = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2}. \text{ Підставимо значення } h \text{ у перше рівняння:}$$

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

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

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

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

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

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

Відповідь: 148,5 м.

Задача 4.2

$$\Delta t_1 = 5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 3^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = ?$$

I теплообмін: перша ложка гарячої води віддає теплоту калориметру. $c_k m_k \Delta t_1 = c_e m_e (t - t_1)$, де t — початкова температура води, t_1 — її кінцева температура (1).

II теплообмін: друга ложка гарячої води віддає теплоту калориметру і більш холодній воді.

Запишемо рівняння теплового балансу: $c_k m_k \Delta t_2 + c_e m_e \Delta t_2 = c_e m_e (t - t_2)$, де $t_2 = t_1 + \Delta t_2$ — кінцева температура води в калориметрів кінці цього теплообміну.

З даної системи рівнянь, виключивши $(t - t_1)$, отримаємо: $c_k m_k = 3c_e m_e$. (2)

III теплообмін: 48 ложок гарячої води віддають теплоту калориметру і двом ложкам холодної води.

Рівняння теплового балансу в цьому випадку має вигляд:

$c_k m_k \Delta t + 2c_e m_e \Delta t = 48c_e m_e (t - t_3)$, де $t_3 = t_1 + \Delta t_2 + \Delta t$ — кінцева температура води в калориметрі. Тоді $c_k m_k \Delta t + 2c_e m_e \Delta t = 48c_e m_e (t - t_1 - \Delta t_2 - \Delta t)$.

Звідси $c_k m_k \Delta t + 2c_e m_e \Delta t + 48c_e m_e \Delta t_2 + 48c_e m_e \Delta t = 48c_e m_e (t - t_1)$.

Підставимо в отримане рівняння значення з рівняння (1):

$c_k m_k \Delta t + 48c_e m_e \Delta t_2 + 50c_e m_e \Delta t = 48c_k m_k \Delta t_1$. Враховуючи рівняння (2), отримаємо: $3c_e m_e \Delta t + 50c_e m_e \Delta t + 48c_e m_e \Delta t_2 = 144c_e m_e \Delta t_1$.

Звідси $53\Delta t + 48\Delta t_2 = 144\Delta t_1$, тоді $\Delta t = \frac{144\Delta t_1 - 48\Delta t_2}{53}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\Delta t] = ^\circ\text{C}$. Обрахунок: $\{\Delta t\} = 11^\circ\text{C}$.

Відповідь: 11°C .

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

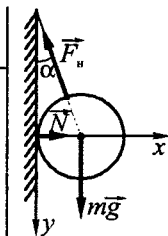
	А	Б	В	Г
2.1			X	
2.2		X		
2.3				X
2.4	X			

3.1	3,54 Н.
3.2	2,7 мм
3.3	34 °С.

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$l = d = 2R$$

$$F_{\text{тиску}} = ?$$



Задача 3.1

Якщо стіна гладка, то лінія дії F_n проходить через центр кулі. За третім законом Ньютона $F_{\text{тиску}} = N$. Умова рівноваги:

$$m\vec{g} + \vec{F}_n + \vec{N} = 0.$$

$$Ox: \begin{cases} N = F_n \sin \alpha, \end{cases}$$

$$Oy: \begin{cases} mg = F_n \cos \alpha. \end{cases}$$

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

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

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

$$\text{Підставимо значення фізичних величин: } \{F_{\text{тиску}}\} \approx \frac{1 \cdot 10 \cdot 1,41}{4} = 3,54 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: 3,54 Н.

Задача 3.2

$$U = 8000 \text{ В}$$

$$E = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

$$d = ?$$

Зв'язок між напругою і напруженістю ($E = \text{const}$):

$$dE = U, \text{ звідки } d = \frac{U}{E}.$$

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Задача 3.3

$V_1 = 10 \text{ л}$	Рівняння теплового балансу: $Q_1 = Q_2$.
$V_2 = 40 \text{ л}$	Кількість теплоти, що віддає гаряча вода $Q_1 = cm_1(t_1 - t) = \rho V_1(t_1 - t)$.
$t_1 = 90^\circ\text{C}$	Кількість теплоти, що одержує холодна вода
$t_2 = 20^\circ\text{C}$	$Q_2 = cm_2(t - t_2) = \rho V_2(t - t_2)$.
$t = ?$	$V_1(t_1 - t) = V_2(t - t_2); V_1 t_1 - V_1 t = V_2 t - V_2 t_2; V_1 t_1 + V_2 t_2 = t(V_1 + V_2);$

Отже, $t = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{V_1 + V_2}$. 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°C .

Задача 4.1

За законом Ома для замкненого кола:

$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$. Потужність, яка виділяється на зовнішньому опорі: $P = I^2 R$. Тоді

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

$P = P_{\max}$, 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

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

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

Звідси $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$;

$$\mathcal{E} = I_1 \left(R_1 + \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} \right) = I_1 \cdot \frac{I_1 R_1 - I_2 R_1 + I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}.$$

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

$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = \frac{I_1^2 I_2^2 (R_2 - R_1)^2}{4(I_1 - I_2)(I_2 R_2 - I_1 R_1)}.$$

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:

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

Відповідь: 3,23 Вт.

Задача 4.2

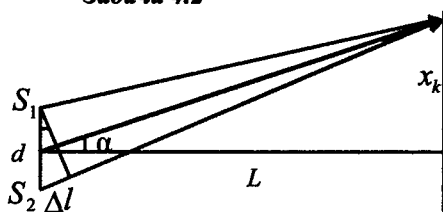
$$n = 1$$

$$d = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$\Delta x = 5,6 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda - ?$$



При накладанні когерентних хвиль від джерел S_1 та S_2 у точці A на екрані утворюється k -тий максимум. Знайдемо відстань x_k від нульового максимуму

(т. O) до k -го (т. A). Умова інтерференційних максимумів: $\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k\lambda$, де

$\Delta = \Delta l \cdot n = d \sin \alpha \cdot n$ — оптична різниця ходу двох хвиль у повітрі, n — абсолютний показник заломлення повітря. Тоді $k\lambda = d \sin \alpha \cdot n$.

Для малих кутів $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{x_k}{L}$, де L — відстань від щілин до екрана.

Отже, $k\lambda = d \cdot \frac{x_k}{L} \cdot n$, звідси $x_k = \frac{k\lambda L}{dn}$.

Відстань від нульового до $(k+1)$ -го максимуму дорівнює $x_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda L}{dn}$.

Відстань між двома сусідніми максимумами становить

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1)\lambda L}{dn} - \frac{k\lambda L}{dn} = \frac{\lambda L}{dn}. \text{ Тоді } \lambda = \frac{\Delta x dn}{L}.$$

Одиниці вимірювання: $[\lambda] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}$. Обрахунок: $\{\lambda\} = 560 \cdot 10^{-9} \text{ м}$.

Така довжина хвилі відповідає зеленому світлу видимого діапазону.
Відповідь: 560 нм.

ВАРІАНТ №18

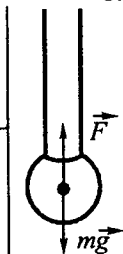
	А	Б	В	Г
1.1				X
1.2			X	
1.3			X	
1.4				X

	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.

$$\begin{aligned}\rho &= 880 \text{ кг/м}^3 \\ N &= 570 \\ V &= 6 \text{ см}^3 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \\ d &= 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ \sigma &= ?\end{aligned}$$



Задача 3.1

Умова відриву краплі: $m_0 g = F_n$

Сила поверхневого натягу

$$F_n = \sigma \cdot l = \sigma \pi d.$$

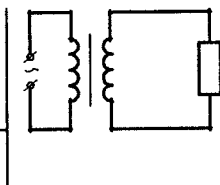
Маса 1 краплі бензолу:

$$m_0 = \rho \cdot V_0 = \rho \cdot \frac{V}{N}.$$

Отримаємо: $\rho \cdot \frac{V}{N} \cdot g = \sigma \pi d$, звідси

$$\sigma = \frac{\rho V g}{N \pi d}. [\sigma] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times \text{м}^3 \times \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\frac{1}{\text{м}}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}. \{\sigma\} = 0,029 \frac{\text{Н}}{\text{м}}. \text{Відповідь: } 0,029 \text{ Н/м.}$$

$$\begin{aligned}k &= 10 \\ U_1 &= 120 \text{ В} \\ I_2 &= 5 \text{ А} \\ U_2 &= 6 \text{ В} \\ R_2 &= ?\end{aligned}$$



Задача 3.2

При замиканні вторинної котушки кое-

фіцієнт трансформації дорівнює $k = \frac{U_1}{\mathcal{E}_2}$.

ЕРС у вторинному колі $\mathcal{E}_2 = \frac{U_1}{k}$.

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 $I_2 R = U_2$, то $\mathcal{E}_2 = U_2 + I_2 R_2$.

$$\text{Звідси } R_2 = \frac{\mathcal{E}_2 - U_2}{I_2} = \frac{\frac{U_1}{k} - U_2}{I_2} = \frac{U_1 - k U_2}{k I_2}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за формулою: $[R_2] = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}.$

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

Задача 3.3

$$\begin{aligned} P &= 37 \text{ Вт} \\ t &= 500 \text{ хв} = 30000 \text{ с} \\ m &= 0,3 \text{ г} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \\ k &= 0,0104 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл} \\ R &= ? \end{aligned}$$

За першим законом Фарадея маса виділеного на електроді водню рівна $m = kIt$, звідси $I = \frac{m}{kt}$. Використана потужність $P = I^2 R$, тоді $R = \frac{P}{I^2}$ або

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

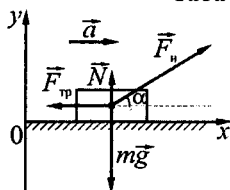
Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: 40 Ом.

Задача 4.1

$$\begin{aligned} g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ m &= 100 \text{ кг} \\ F_n &= 120 \text{ Н} \\ \alpha &= 30^\circ \\ \mu &= 0,066 \\ a &= ? \end{aligned}$$



Сани рухаються рівноприскорено під дією чотирьох вказаних на рисунку сил. За другим законом Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}_n + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}$.

У проекціях

$$\begin{cases} O_x & \left\{ \begin{aligned} ma &= F_n \cos \alpha - F_{\text{тр}}, \\ O_y & \left\{ \begin{aligned} 0 &= F_n \sin \alpha + N - mg. \end{aligned} \right. \end{aligned} \right.$$

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

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

Підставимо значення сили тертя в перше рівняння й отримаємо:

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

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 м/с².

Задача 4.2

$$A_{\text{вих}} = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\nu = 1 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

$$B = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$R = ?$$

Запишемо рівняння Ейнштейна для фотоелекту

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

Звідси, максимальна швидкість вирваних електронів

$$\text{дорівнює } v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вих}})}{m}}.$$

При попаданні в магнітне поле під кутом 90° до ліній індукції електрон рухається по колу під дією сили Лоренца.

За II законом Ньютона $ma = F_A = q v_{\text{max}} B$. Доцентрове прискорення $a = \frac{v_{\text{max}}^2}{R}$.

Отримаємо: $m v_{\text{max}}^2 = R q v_{\text{max}} B$. Звідси, $R = \frac{m v_{\text{max}}}{q B}$.

Після підстановки матимемо: $R = \frac{m}{q B} \cdot \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вих}})}{m}} = \frac{1}{q B} \cdot \sqrt{2m(h\nu - A_{\text{вих}})}.$

Одиниці вимірювання:

$$[R] = \frac{1}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}} \sqrt{\text{кг} \cdot (\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{1}{\text{с}} - \text{Дж})} = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н}} \sqrt{\text{кг} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}} \sqrt{\text{кг} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \text{м}.$$

Обрахунок: $\{R\} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

Відповідь: $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

ВАРІАНТ №19

	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	0,51 м/с.
3.2	310 нм.
3.3	0,8 В.

Задача 3.1

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

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

$$v_m - ?$$

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

$$F_m = 0,2 \text{ Н.}$$

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

$$\text{Оскільки } a_m = v_m \cdot \omega_0, \text{ то } v_m = \frac{a_m}{\omega_0} = \frac{F_m}{m\omega_0}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [v_m] = \frac{\text{Н}}{\text{кг} \cdot \frac{1}{\text{с}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\text{Підставимо значення фізичних величин: } \{v_m\} = \frac{0,2 \cdot 4}{0,5 \cdot 3,14} = 0,51 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Відповідь: 0,51 м/с.

Задача 3.2

$$N = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$n = 2,42$$

$$\lambda - ?$$

$$\text{Довжина світлової хвилі } \lambda = \frac{v}{\nu}. \text{ Швидкість поширення}$$

$$\text{світла в середовищі } v = \frac{c}{n}. \text{ Звідси } \lambda = \frac{c}{n\nu}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання за формулою: } [\lambda] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{Гц}}}{\frac{1}{\text{с} \cdot \frac{1}{\text{с}}}} = \text{м}.$$

$$\text{Підставимо значення фізичних величин: } \{\lambda\} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,42 \cdot 4 \cdot 10^{14}} = 310 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}.$$

Відповідь: 310 нм.

Задача 3.3

$$I_m = 4,3 \text{ мА} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I = 1,6 \text{ мА} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

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

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

$$U = ?$$

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

У стані 2: $W_2 = \frac{L \cdot I^2}{2} + \frac{C \cdot U^2}{2}$. Прирівнявши 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 одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[U] = \sqrt{\frac{\frac{\text{Гн} \cdot \text{А}^2}{\text{Ф}}}{\frac{\text{Кл}}{\text{В}}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \text{А}^2}{\frac{\text{Кл}}{\text{В}}}} = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{В}}{\text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{В}^2 \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}}} = \text{В}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: 0,8 В.

Задача 4.1

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

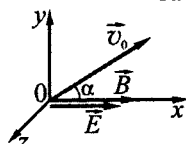
$$v = 628 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$E = 500 \text{ В/м}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$N = ?$$



Рух електрона вздовж осі OX рівносповільнений з прискоренням a . Запишемо рівняння проекції швидкості електрона на вісь OX :

$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha - a \cdot t$. У момент зупинки електрона $v_x = 0$, тоді

$t = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{a}$. Вздовж осі OX на електрон діє лише електрична сила $F_e = qE$. За

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

$t = \frac{m v_0 \cdot \cos \alpha}{qE}$. У площині, перпендикулярній до OX , електрон рухається по

колу під дією сили Лоренца. За другим законом Ньютона $m a_{\text{доц}} = F_{\text{л}}$, де сила

Лоренца $F_{\text{л}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$, доцентрове прискорення $a_{\text{доц}} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{R}$.

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

$$\text{Період обертання електрона } T' = \frac{2\pi R}{v_0 \sin \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}. \text{ Кількість обертів, що зро-}$$

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

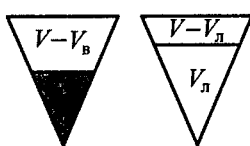
$$\text{одиниці вимірювання: } [N] = \frac{\frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{В}}{\text{м}}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м}}{\text{В}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}}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

$$\text{Підставимо значення фізичних величин: } \{N\} = \frac{0,1 \cdot 628 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 500} = 10 \text{ (об.)}.$$

Відповідь: 10 обертів.

Задача 4.2

$$\begin{aligned} V &= 1 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ V_{\text{в}} &= 0,8 \text{ л} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ T_1 &= (30 + 273) \text{ К} \\ T_2 &= (-30 + 273) \text{ К} \\ \rho_{\text{в}} &= 1000 \text{ кг/м}^3 \\ \rho_{\text{л}} &= 900 \text{ кг/м}^3 \\ p_1 &= 10^5 \text{ Па} \\ p_2 &= ? \end{aligned}$$



При замерзанні $V_{\text{л}} > V_{\text{в}}$, тому стан повітря над плівкою змінюється при $v = \text{const}$.

Запишемо рівняння Клапейрона:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ де } V_1 = V - V_{\text{в}} —$$

початковий об'єм повітря.

$$V_2 = V - V_{\text{л}} — \text{кінцевий об'єм повітря. Отримаємо: } p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V - V_{\text{в}}}{V - V_{\text{л}}}.$$

Знайдемо об'єм льоду $V_{\text{л}}$.

$$\text{Оскільки при замерзанні } m_{\text{в}} = m_{\text{л}}, \text{ то } \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} = \rho_{\text{л}} V_{\text{л}}, \text{ звідси } V_{\text{л}} = \frac{\rho_{\text{в}} V_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}}.$$

$$\text{Тоді } p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V - V_{\text{в}}}{V - \frac{\rho_{\text{в}} V_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}}}.$$

$$\text{Одиниці вимірювання: } [p_2] = \text{Па} \cdot \frac{\text{К}}{\text{К}} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} = \text{Па}.$$

$$\text{Обрахунок: } \{p_2\} = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Наявність масляної плівки не дає воді перетворюватись у пару, і повітря в кінцевому стані залишається сухим. Без плівки повітря стане вологим, і його тиск збільшиться.

Відповідь: $1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

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				X
2.4			X	

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

Задача 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 теоре-
 мою Піфагора $\Delta p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = \sqrt{2p^2} = p\sqrt{2}$.

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

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

Відповідь: $1,58 \text{ м/с}^2$.

Задача 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: $0 = m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_H$.

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

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

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

$$\mathcal{E} = 10 \text{ В}$$

$$r = 4 \text{ Ом}$$

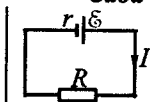
$$R = 200 \text{ Ом}$$

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

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

$$n = 2$$

$$m = ?$$



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

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 — валент-

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

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

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.

Задача 4.2

$$t = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$E = 4 \text{ Дж}$$

$$d = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\alpha = 0,25$$

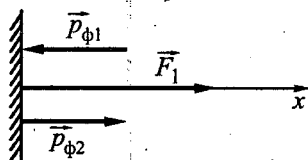
$$p = ?$$

Загальний тиск на поверхню: $p = p_1 + p_2$, де p_1 і p_2 — тиск фотонів, які відбиваються та поглинаються поверхнею. Кількість фотонів у імпульсі $N = E/E_\phi$.

З них $N_1 = \alpha \cdot N$ — відбиваються, $N_2 = (1 - \alpha) \cdot N$ — поглинаються.

$$\text{Імпульс одного фотона } p_\phi = mc = \frac{E_\phi}{c}.$$

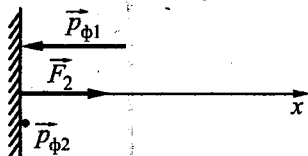
А) Для фотонів, що відбиваються:



За II законом. Ньютона $F_1 \cdot t = 2p_\phi \cdot N_1$, де $2p_\phi$ — зміну імпульсу фотона, що відбивається від поверхні. Звідси сила тиску фотонів, що відбиваються,

$$F_1 = \frac{2p_\phi \cdot N_1}{t} = \frac{2}{t} \cdot \frac{E_\phi}{c} \cdot \alpha \cdot \frac{E}{E_\phi} = \frac{2\alpha E}{ct}. \quad \text{Тоді } p_1 = \frac{F_1}{S} = \frac{4F_1}{\pi d^2} = \frac{8\alpha E}{\pi d^2 \cdot ct}.$$

б) Для фотонів, що поглинаються $F_2 \cdot t = p_\phi \cdot N_2$;



$$F_2 = \frac{p_\phi \cdot N_2}{t} = \frac{E_\phi}{ct} \cdot (1-\alpha) \cdot \frac{E}{E_\phi} = \frac{(1-\alpha)E}{ct}. \quad \text{Тиск } p_2 = \frac{F_2}{S} = \frac{4F_2}{\pi d^2} = \frac{4(1-\alpha)E}{\pi d^2 \cdot ct}.$$

$$\text{Загальний тиск дорівнює } p = \frac{8\alpha E}{\pi d^2 \cdot ct} + \frac{4(1-\alpha)E}{\pi d^2 \cdot ct} = \frac{4E(\alpha+1)}{\pi d^2 \cdot ct}.$$

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

Обрахунок: $\{p\} = 8,5 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

Відповідь: $8,5 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

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.

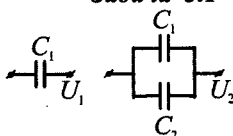
Задача 3.1

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

$$U_1 = 600 \text{ В}$$

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

$$U_2 = ?$$



Початковий заряд:
 $q = C_1 U_1$. Ємність
 з'єднання: $C = C_1 + C_2$. За-
 ряд зберігається:
 $q = (C_1 + C_2) U_2$.

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

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.

Задача 3.2

$v_1 = v$	до	$\xrightarrow{m\vec{v}_1}$	M
$v_2 = 0$			$\bullet$
$u_1 = u_2 = u$			x
$M/m = ?$		після	$\xleftarrow{-m\vec{u}} \quad \xrightarrow{M\vec{u}}$

Запишемо закон збереження імпульсу в проекціях на вісь Ox :
 $mv_1 = Mu_2 - mu_1$.

Враховавши 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: $\frac{v+u}{u}$.

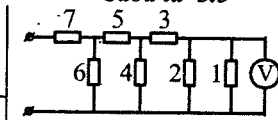
Задача 3.3

$$U_{AB} = 16 \text{ В}$$

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

$$R_3 = R_5 = R_7 = 1 \text{ Ом}$$

$$U_1 = ?$$



$$U_1 = U_2. \text{ Оскільки}$$

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

$$\text{то } U_3 = U_1.$$

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

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

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

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

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: 2 В.

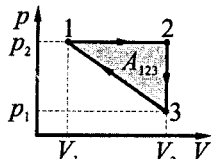
Задача 4.1

$$i = 3$$

$$p_2 = 2p_1$$

$$V_2 = 4V_1$$

$$\eta = ?$$



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

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

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

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

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

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

$$1) Q_{\text{отр}} = Q_{12}. \text{ За I законом термодинаміки } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}. \text{ Робота газу } A_{12} = p_2(V_2 - V_1) = 2p_1 \cdot 3V_1 = 6p_1V_1.$$

Зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального газу:

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

$$\text{З рівняння стану ідеального газу маємо: } \nu R T_2 = p_2 V_2; \nu R T_1 = p_1 V_1.$$

$$\text{Тоді } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \cdot 2p_1 \cdot 3V_1 = 9p_1V_1.$$

$$\text{Отже, } Q_{\text{отр}} = 6p_1V_1 + 9p_1V_1 = 15p_1V_1.$$

2) Робота ідеального газу за цикл дорівнює площі затушованого трикутника.

$$A = A_{123} = \frac{1}{2} (V_2 - V_1)(p_2 - p_1) = \frac{1}{2} \cdot 3V_1 \cdot p_1 = \frac{3}{2} p_1V_1.$$

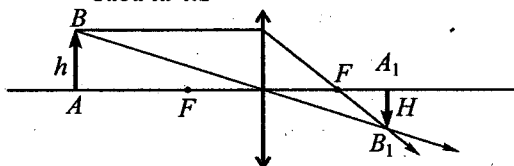
$$\text{Отже, } \eta = \frac{\frac{3}{2} p_1 V_1}{15 p_1 V_1} = \frac{3}{30} = 0,1.$$

Одиниці вимірювання: $[\eta] = 1$.

Відповідь: ККД циклу 0,1.

$$\begin{aligned} v &= 20 \text{ м/с} \\ d &= 2000 \text{ м} \\ H &= 5 \cdot 10^{-6} \text{ м} \\ D &= 14 \text{ дптр} \\ t &= ? \end{aligned}$$

Задача 4.2



Вважаємо машину матеріальною точкою, яка переміщається з точки A в точку B : $h = vt$ — шлях автомобіля за час t . Тоді дійсне зображення машини зміщується з A_1 в B_1 і на плівці утворюється розмитість завширшки H .

$$\text{Оскільки } \frac{h}{H} = \frac{d}{f}, \text{ то } f = \frac{Hd}{h} = \frac{Hd}{vt}.$$

$$\text{За формою тонкої лінзи: } \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D; \quad \frac{1}{d} + \frac{vt}{Hd} = D; \quad H + vt = HdD.$$

$$\text{Тоді } t = \frac{H(Dd - 1)}{v};$$

$$\text{Одиниці вимірювання: } [t] = \frac{\frac{\text{м} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{с. Обрахунок: } \{t\} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Відповідь: $7 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$

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	4800 Н; 3200 Н.
3.2	$9 \cdot 10^{17}$ фотонів.
3.3	0,628 с.

Задача 3.1

$$\begin{aligned} R &= 800 \text{ м} \\ v &= 200 \text{ м/с} \\ m &= 80 \text{ кг} \\ F_1, F_2 &= ? \end{aligned}$$

Доцентрове прискорення: $a = \frac{v^2}{R}$. Сила тиску дорівнює вазі тіла. У нижній точці: $F_1 = P_1 = m(g + a)$. У верхній точці: $F_2 = P_2 = m|g - a|$. Тому: $F_1 = mg \left(1 + \frac{v^2}{gR}\right)$; $F_2 = mg \left|1 - \frac{v^2}{gR}\right|$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[F] = \text{кг} \cdot \text{м/с}^2 \left(1 + (\text{м}^2/\text{с}^2) : (\text{м/с}^2 \cdot \text{м})\right) = \text{Н}$.

Обчислення: $F_1 = 80 \cdot 10 \left(1 + 200^2 : (10 \cdot 800)\right) = 4800 \text{ (Н)}$.

$F_2 = 80 \cdot 10 \cdot \left|1 - 200^2 : (10 \cdot 800)\right| = 3200 \text{ (Н)}$. Відповідь: 4800 Н; 3200 Н.

Задача 3.2

$$\begin{aligned} P &= 360 \text{ мВт} = 360 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \\ E_\phi &= 2,5 \text{ еВ} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\ t &= 1 \text{ с} \\ N &= ? \end{aligned}$$

Потужність лазера: $P = \frac{E_{\text{зар}}}{t}$; $E_{\text{зар}} = N \cdot E_\phi$ — енергія нерує енергії. Одержимо: $P = \frac{NE_\phi}{t}$.

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

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.

Задача 3.3

$$\begin{aligned} m &= 0,2 \text{ кг} \\ x_m &= 0,05 \text{ м} \\ x_0 &= 0,01 \text{ м} \\ F_{\text{пр}} &= 0,2 \text{ Н} \\ T &= ? \end{aligned}$$

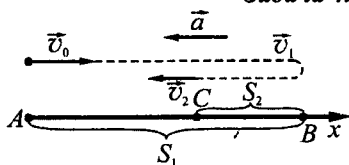
Жорсткість пружини: $k = \frac{F_{\text{пр}}}{x_0}$. Період коливань пружинного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{mx_0}{F_{\text{пр}}}}$.

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

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

Задача 4.1

$v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $t_1 = 2 \text{ с}$
 $a = \text{const}$
 $t = 3 \text{ с}$
 $l/S = ?$



Тіло, рухаючись зі сталим прискоренням $\vec{a}$, напрямленим проти початкової швидкості, уповдов часу t_1 гальмує на шляху S_1 , а потім уповдов часу $t_2 = t - t_1 = 1 \text{ (с)}$ — розганяється у протилежному напрямку, прой-

шовши шлях S_2 .

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

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 : $l = S_1 + S_2 =$

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

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

Перевіримо одиниці вимірювання: $[l/S] = \text{с}^2 : \text{с}^2 = 1$.

Обчислення: $\{l/S\} = \frac{2^2 + 1^2}{2^2 - 1^2} = \frac{4+1}{4-1} = \frac{5}{3}$. Відповідь: $\frac{5}{3}$.

Задача 4.2

$T = 293 \text{ К} = \text{const}$

$A = 143 \text{ Дж}$

$M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

$m_s = ?$

З рівняння Менделєєва — Клапейрона маса насиченої пари в початковому і кінцевому станах дорівнює:

$$m_1 = \frac{p_n M V_1}{RT}; \quad m_2 = \frac{p_n M V_2}{RT}.$$

Маса води, що сконденсується при стисканні, дорівнює:

$$m_s = m_1 - m_2 = \frac{p_n M}{RT} (V_1 - V_2).$$

Робота, яку виконує зовнішня сила при ізобарному стисканні насиченої пари:

$$A = p_n (V_1 - V_2). \text{ Звідси } (V_1 - V_2) = \frac{A}{p_n}. \text{ Тоді } m_s = \frac{p_n M}{RT} \cdot \frac{A}{p_n} = \frac{MA}{RT}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[m] = \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{Дж} \right) : \left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль К}} \cdot \text{К} \right) = \text{кг}.$

Обрахунок: $\{m\} = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Відповідь: $1,06 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

ВАРІАНТ №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 мv.

$$W_k = 50 \text{ еВ} = 8 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

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

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

R — ?

Задача 3.1

Рух по колу під дією сили Лоренца:

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

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

$$\text{Тоді } v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}. \text{ Отже, } R = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2W_k}{m}} = \frac{\sqrt{2W_k m}}{qB}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

Відповідь: 1 см.

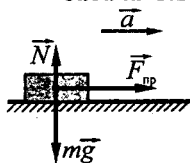
$$k = 200 \text{ кН/м} = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$$

$$m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

x — ?

Задача 3.2



Знехтуємо $F_{\text{тр}}$. За II законом Ньютона $ma = F_{\text{пр}}$. За законом Гука $F_{\text{пр}} = kx$.

$$\text{Отже, } x = \frac{ma}{k}.$$

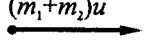
$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [x] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{Н/м}} = \frac{\text{м} \cdot \text{Н}}{\text{Н}} = \text{м}.$$

Підставимо значення фізичних величин в отриману формулу:

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

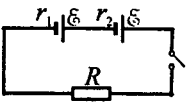
Відповідь: 5 мм.

Задача 3.3

$m_1 = m$ $m_2 = 2m$ $v_1 = 3v$ $v_2 = v$ $p' = ?$	до 	За законом збереження імпульсу $p = p'$. Імпульс системи до взаємодії $p = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 3mv + 2mv = 5mv$. Отже, $p' = 5mv$.
після		

Перевіримо одиниці вимірювання: $[p'] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. В-дь: 5 mv.

Задача 4.1

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}$ $R = 0,01 \text{ Ом}$ $r_1 = 0,005 \text{ Ом}$ $r_2 = ?$		За законом Ома для замкненого кола $I = \frac{2\mathcal{E}}{r_1 + r_2 + R}.$ Звідки $\mathcal{E} = \frac{I(r_1 + r_2 + R)}{2}.$
---	---	--

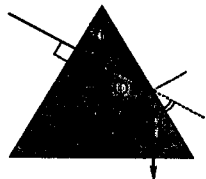
Припустимо, що напруга на клеммах першої батареї дорівнює нулю.

Тоді $\mathcal{E} = Ir_1$. 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 $\mathcal{E} = Ir_2$; $Ir_2 = \frac{I(r_1 + r_2 + R)}{2}$;

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

Задача 4.2

$\varphi = 60^\circ$ $n_2 = 1$ $n_1 = 1,5$ $\beta = ?$		Розглянемо, як зміниться хід променя після заломлення чи відбивання на другій грані призми. Оскільки промінь падає перпендикулярно до першої грані, то на ній він не заломлюється і потрапляє на другу грань під кутом $\alpha = \varphi = 60^\circ$.
---	--	--

Дослідимо, чи цей кут не є більшим за граничний. Умова повного внутрішнього відбивання:

$$\sin \alpha_{\text{гп}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,5} = 0,6667; \alpha_{\text{гп}} \approx 42^\circ.$$

Отже $\alpha > \alpha_{\text{гп}}$ і промінь відіб'ється від другої грані під таким же кутом φ .

Тоді кут відхилення в призмі від початкового напрямку становить $\beta = 180^\circ - 2\varphi = 60^\circ$. На нижню грань призми промінь падає під прямим кутом і тому не змінює свого напрямку. Отже, промінь виходить з призми, відхилившись на кут 60° .

Відповідь: 60° .

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

Задача 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 формулою: $[p] = \text{кг} \cdot \text{м/с}$.

Обчислення: $\{p\} = 2 \cdot 23 = 46 \text{ (кг} \cdot \text{м/с)}$. Відповідь: 46 (кг·м/с).

Задача 3.2

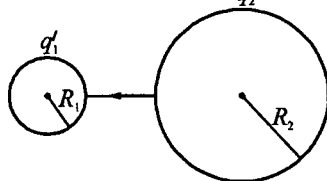
$$R_1 = R$$

$$R_2 = 3R$$

$$q_1 = 0$$

$$q_2 = 24 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\Delta q = ?$$



Заряд перестав перетікати, якщо $\Phi_1 = \Phi_2$.

$$\begin{cases} \Phi_1 = \frac{kq_1'}{R_1}, \\ \Phi_2 = \frac{kq_2'}{R_2} = \frac{kq_2}{3R_1} \end{cases} \Rightarrow 3q_1' = q_2'.$$

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

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

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

Задача 3.3

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$P_e = 0$$

$$\omega = ?$$

Якщо $P_e = 0$, то $a_{\text{доц}} = g$. Доцентрове прискорення: $a_d = \omega^2 R$;
 $\omega = \sqrt{\frac{a_d}{R}} = \sqrt{\frac{g}{R}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\omega] = \sqrt{\frac{\text{М}}{\text{с}^2}} : \text{М} = \frac{1}{\text{с}}$.

Обчислення: $\{\omega\} = \sqrt{\frac{10}{6,4 \cdot 10^6}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Відповідь: $1,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Задача 4.1

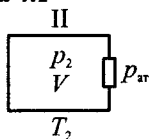
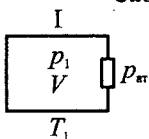
$$s = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$$

$$p_1 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па} = p_{\text{ат}}$$

$$T_1 = 265 \text{ К}$$

$$T_2 = ?$$



Процес, що відбувається з газом, ізохорний, бо $V = \text{const}$, $v = \text{const}$. Застосуємо закон Шарля:

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

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

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

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

Відповідь: кінцева температура 397,5 К.

Задача 4.2

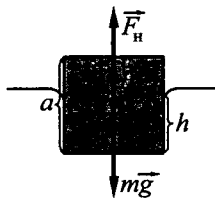
$$m = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$a = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$h = ?$$



Куб перебуває в рівновазі під дією трьох сил, вказаних на рисунку.

Умови рівноваги: $m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_H = 0$.

У проекції: $mg = F_A + F_H$.

Сила Архімеда $F_A = \rho g V_{\text{зан}} = \rho g a^2 \cdot h$.

Сила поверхневого натягу (намочування повне) дорівнює: $F_H = \sigma \cdot l = \sigma \cdot 4a$.

$$\text{Отримаємо: } mg = \rho g a^2 h + 4\sigma \cdot a. \text{ Звідси } h = \frac{mg - 4\sigma a}{\rho g a^2}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці вимірювання: } [h] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} - \frac{\text{Н}}{\text{М}} \cdot \text{М}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{М}^2}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{М}}}{\frac{\text{Н}}{\text{М}}} = \text{М}.$$

Обрахунок: $\{h\} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Відповідь: 6 мм.