ВАРІАНТ №1

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

	А	Б	В	Г
1.6[1]			X	X
1.7		X		
1.8	X			
1.9*		X		

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1					X
2				X	
3		X			
4			X		

3.1	4 МПа.
3.2	176 Вт.
3.3	10^{-3} А.
3.4*	0,01 м/с^2.

Задача 3.1

$T_1 = 300$ К
$T_2 = 360$ К
$\Delta p = 0{,}8$ МПа $= 0{,}8 \cdot 10^6$ Па
$V =$ const

p_1 — ?

Під час ізохорного нагрівання за законом Шарля $\dfrac{p_2}{p_1} = \dfrac{T_2}{T_1}$, звідси $p_2 = p_1 \dfrac{T_2}{T_1}$.

Зміна тиску газу $\Delta p = p_2 - p_1 = p_1\left(\dfrac{T_2}{T_1} - 1\right)$.

Отже, $p_1 = \dfrac{\Delta p T_1}{T_2 - T_1}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[p_1] = \dfrac{\text{Па} \cdot \text{К}}{\text{К}} = \text{Па}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{p_1\} = 4 \cdot 10^6$ (Па).

Відповідь: 4 МПа.

Задача 3.2

$t = 1$ с
$N = 0{,}5 \cdot 10^{19}$
$U = 220$ В

P — ?

Потужність електронагрівника $P = U \cdot I$, де $I = \dfrac{q}{t} = \dfrac{Ne}{t}$ — сила струму, що тече по спіралі.

Отже, $P = \dfrac{UNe}{t}$.

Одиниці вимірювання: $[P] = \dfrac{\text{В} \cdot \text{Кл}}{\text{с}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{P\} = 176$ (Вт).

Відповідь: 176 Вт.

[1] 1.6. Дві відповіді В) і Г) правильні.

Задача 3.3

$L = 2$ Гн
$C = 1{,}5$ мкФ $= 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ф
$q_m = 2$ мкКл $= 2 \cdot 10^{-6}$ Кл
$q = 1$ мкКл $= 1 \cdot 10^{-6}$ Кл

---

i — ?

У коливальному контурі енергія магнітного поля котушки перетворюється в енергію електричного поля конденсатора. За законом збереження енергії $W_1 = W_2$, де $W_1 = \dfrac{q_m^2}{2C}$ — енергія системи в момент, коли заряд конденсатора максимальний.

$W_2 = \dfrac{q^2}{2C} + \dfrac{L \cdot i^2}{2}$ — енергія контура в момент, коли заряд конденсатора q.

Тоді $\dfrac{q_m^2}{2C} = \dfrac{q^2}{2C} + \dfrac{L \cdot i^2}{2}$. Звідси $i = \sqrt{\dfrac{q_m^2 - q^2}{CL}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

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

Обчисливши, отримаємо: $\{i\} = 10^{-3}$ (А). *Відповідь:* 10^{-3} А.

Задача 3.4*

$a_\tau = \text{const}$
$R = 10$ см $= 0{,}1$ м
$t = 20$ с
$v = 0{,}1$ м/с
$N = 5$

---

a_n — ?

При русі без початкової швидкості зі сталим тангенціальним прискоренням точка проходить шлях $l = 2\pi RN = \dfrac{v_1^2}{2a_\tau}$, звідси тангенціальне прискорення $a_\tau = \dfrac{v_1^2}{4\pi RN}$.

Лінійна швидкість в момент часу t: $v = a_\tau t = \dfrac{v_1^2}{4\pi RN}$.

Доцентрове прискорення в момент часу t: $a_n = \dfrac{v^2}{R} = \dfrac{v_1^4 t^2}{16\pi^2 R^3 N^2}$.

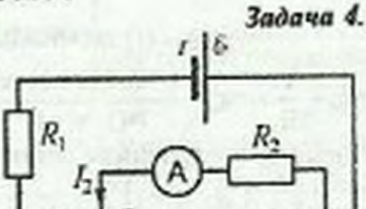
Одиниці вимірювання: $[a_n] = \dfrac{\text{м}^4 \cdot \text{с}^2}{\text{с}^4 \cdot \text{м}^3} = \dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Обчислення: $\{a_n\} = 0{,}01$ (м/с^2).

Відповідь: 0,01 м/с^2.

Задача 4.1

$\mathcal{E} = 5{,}6$ В
$R_1 = 1{,}5$ Ом
$R_2 = 2$ Ом
$R_3 = 3$ Ом
$I_2 = 0{,}96$ А

$\mathcal{E}$ — ?



Оскільки резистори R_2 та R_3 з'єднані паралельно, то $U_2 = U_3$. За законом Ома для ділянки кола: $U_2 = I_2 R_2$ та $U_3 = I_3 R_3$. Тоді $I_3 = \dfrac{I_2 R_2}{R_3}$.

За першим правилом Кірхгофа для вузла C: $I_1 = I_2 + I_3 = I_2 (1 + R_2 / R_3)$.

За другим правилом Кірхгофа для контура, що містить резистори R_2 та R_1 і джерело, отримаємо $\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_1 R_1 + I_1 r$.

Після підстановки: $\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_2 (1 + R_2/R_3)(R_1 + r)$.

Внутрішній опір: $r = \dfrac{\mathcal{E} - I_2 R_2}{I_2 (1 + R_2/R_3)} - R_1$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою:

$$[r] = \frac{\text{В} - \text{А} \cdot \text{Ом}}{\text{А} \cdot (1 + \text{Ом}/\text{Ом})} - \text{Ом} = \frac{\text{В}}{\text{А}} - \text{Ом} = \text{Ом}.$$

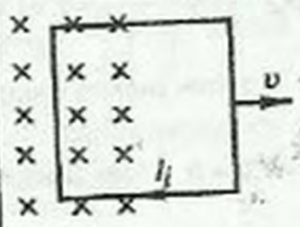
Обчисливши, отримаємо $\{r\} = 0{,}8$ Ом.

Відповідь: 0,8 Ом.

*Задача 4.2**

$S = 1 \cdot 10^{-6}$ м^2
$a = 2 \cdot 10^{-2}$ м
$R = 0{,}25$ Ом
$v = 5$ м/с
$B = 2$ Тл
$\rho = 8000$ кг/м^3
$c = 400$ Дж/(кг · К)
$\alpha = 90°$

ΔT — ?



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

$$I_i^2 R \Delta t = cm \Delta T.$$

За законом Ома для замкненого контуру $I_i = \dfrac{\mathcal{E}_i}{R}$, де $\mathcal{E}_i = vBa$ — ЕРС індукції в рухомому провіднику. Час виходу рамки з поля: $\Delta t = \dfrac{a}{v}$.

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

$vB^2 a^2 = 4c\rho SR\Delta T$. Звідси $\Delta T = \dfrac{vB^2 a^2}{4c\rho SR}$. Перевіримо одиниці вимірювання:

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

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{\Delta T\} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ К.

Відповідь: $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ К.

ВАРІАНТ №2

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

	А	Б	В	Г
1.6			X	
1.7	X			
1.8			X	
1.9*			X	

	А	Б	В	Г
2.1				X
2.2		X		
2.3[1]				
2.4			X	

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1	X				
2			X		
3		X			
4					X

3.1	$2{,}79 \cdot 10^{-19}$ Дж.
3.2	$5 \cdot 10^{12}$.
3.3	15 м/с.
3.4*	3,58 м.

Задача 3.1

$\nu = 10^{15}$ Гц
$A_{вих} = 2{,}4$ еВ $= 3{,}84 \cdot 10^{-19}$ Дж
$W_к$ — ?

За законом Ейнштейна для фотоефекту $h\nu = A_{вих} + W_к$.
Звідси $W_к = h\nu - A_{вих}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[W_к] = \text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{Гц} - \text{Дж} = \text{Дж}$.

Обчислення: $\{W_к\} = 2{,}79 \cdot 10^{-19}$ (Дж).

Відповідь: $2{,}79 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Задача 3.2

$|q_1| = |q_2| = |q|$
$F = 0{,}9$ Н
$r = 8$ см $= 0{,}08$ м
N — ?

За законом Кулона $F = \dfrac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \dfrac{k|q|^2}{r^2}$. Оскільки $|q| = Ne$,

то $F = \dfrac{kN^2e^2}{r^2}$. Звідси $N = \sqrt{\dfrac{F \cdot r^2}{ke^2}} = \dfrac{r}{e}\sqrt{\dfrac{F}{k}}$.

Одиниці вимірювання: $[N] = \dfrac{\text{м}}{\text{Кл}} \cdot \sqrt{\dfrac{\text{Н} \cdot \text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}} = 1$. $\{N\} = 5 \cdot 10^{12}$.

Відповідь: $5 \cdot 10^{12}$.

Задача 3.3

$v_к = 90$ км/год $= 25$ м/с
$t = 37{,}5$ с
$l = 300$ м
$v_п$ — ?

Якщо катер рухається назустріч пароплаву, то $t_1 = \dfrac{l}{v_к + v_п}$.

При співнапрямленому русі суден: $t_2 = \dfrac{l}{v_к - v_п}$.

Загальний час $t = t_1 + t_2 = \dfrac{l}{v_к + v_п} + \dfrac{l}{v_к - v_п} = \dfrac{2lv_к}{v_к^2 - v_п^2}$. Тоді $v_к^2 - v_п^2 = \dfrac{2lv_к}{t}$.

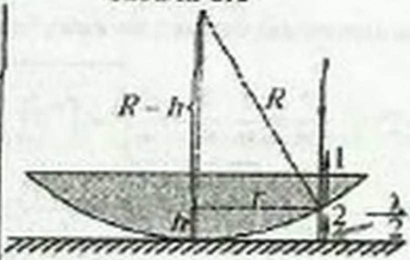
Отже, $v_п = \sqrt{v_к^2 - \dfrac{2lv_к}{t}}$. $[v_п] = \sqrt{\dfrac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \dfrac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \dfrac{\text{м}}{\text{с}}} = \dfrac{\text{м}}{\text{с}}$. $\{v_п\} = 15\ \dfrac{\text{м}}{\text{с}}$. *В-дь*: 15 м/с.

---

[1] **2.3.** *Відповідь*: 1 мкКл, 800 кГц. Серед дистракторів правильного немає.

*Задача 3.4**

$r_3 - r_2 = 0{,}5$ мм $= 5 \cdot 10^{-4}$ м $\lambda = 550$ нм $= 5{,}5 \cdot 10^{-7}$ м	
R — ?	



Радіус лінзи великий, тому повітряний клин можна вважати плоскопаралельною пластинкою. Кільця Ньютона виникають як результат інтерференції хвиль 1 та 2, що відбиваються від двох меж повітряного клина. Радіуси світлих кілець у відбитому світлі визначаються формулою $r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}}$. Звідси $r_2 = \sqrt{\frac{3}{2}R\lambda}$, $r_3 = \sqrt{\frac{5}{2}R\lambda}$.

Відстань між кільцями $\Delta r = r_3 - r_2 = \sqrt{\lambda R} \cdot \frac{\sqrt{5}-\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$. Отже, $R = \frac{2(\Delta r)^2}{\lambda\left(\sqrt{5}-\sqrt{3}\right)^2}$.

Одиниці вимірювання: $[R] = \frac{\text{м}^2}{\text{м}} = \text{м}$. Обчислення: $\{R\} \approx 3{,}58$ м.

Відповідь: 3,58 м.

Задача 4.1

$t_1 = 2$ мкс $= 2 \cdot 10^{-6}$ с $N = 4000$ $t_0 = 1$ 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 співвідношення $2S_{min} = c \cdot t_1$, 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 вимірювання: $[S] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \text{м}$.

Підставивши числові значення в отримані формули, отримаємо:

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

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

Задача 4.2

$V_1 = 2$ м^3 $\varphi_1 = 40\%$ $V_2 = 3$ м^3 $\varphi_2 = 50\%$	Оскільки температура пари під час змішування не змінюється, то $\rho_н = \text{const}$. Відносна вологість суміші дорівнює $\varphi = \dfrac{\rho}{\rho_н} = \dfrac{m}{(V_1 + V_2)\rho_н}$.
φ — ?	Маса водяної пари в суміші: $m = m_1 + m_2$.

Оскільки $\varphi_1 = \dfrac{\rho_1}{\rho_н} = \dfrac{m_1}{V_1\rho_н}$, то $m_1 = \varphi_1 V_1 \rho_н$ — маса водяної пари у першій посудині.

Аналогічно $m_2 = \varphi_2 V_2 \rho_н$ — у другій. Тоді $\varphi = \dfrac{\varphi_1 V_1 \rho_н + \varphi_2 V_2 \rho_н}{(V_1 + V_2)\rho_н} = \dfrac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2}$.

Одиниці вимірювання: $[\varphi] = \dfrac{м^3 \cdot \%}{м^3} = \%$. Обчислення: $\{\varphi\} = 46$ %.

Відповідь: 46 %.

ВАРІАНТ №3

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

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7			X	
1.8				X
1.9*		X		

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1		X			
2				X	
3	X				
4			X		

3.1	13,5 В.
3.2	0,01 Н.
3.3	3600 м/с.
3.4*	3.

Задача 3.1

$q = 2$ нКл $= 2\cdot10^{-9}$ Кл
$r_1 = 1$ м
$r_2 = 4$ м
$\varphi_1 - \varphi_2$ — ?

Потенціал поля точкового заряду $\varphi_1 = \dfrac{kq}{r_1}$ — у точці A, $\varphi_2 = \dfrac{kq}{r_2}$ — у точці B. Отже, $\varphi_1 - \varphi_2 = kq\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right)$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $\left[\varphi_1 - \varphi_2\right] = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}\cdot\text{Кл}\cdot\dfrac{1}{\text{м}} = \dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{Кл}} = \dfrac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$.

Обчислення: $\left\{\varphi_1 - \varphi_2\right\} = 13{,}5$ (В).

Відповідь: 13,5 В.

Задача 3.2

$V = 1$ см$^3 = 10^{-6}$ м^3
$\rho = 1000$ кг/м^3
$g = 10$ м/с^2
$F_о$ — ?

Оскільки $\rho_в << \rho$, то $mg << F_A$ — знехтуємо силою тяжіння. Тоді бульбашка рівномірно рухатиметься під дією сили Архімеда та сили опору води, до того ж $F_A = F_о$.

Оскільки $F_A = \rho g V$, то $F_о = \rho g V$ — сила опору води в ту мить, коли $V = 1$ см^3.

Одиниці вимірювання: $\left[F_о\right] = \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot\text{м}^3 = \text{Н}$. Обчислення: $\left\{F_о\right\} = 10^{-2}$ Н.

Відповідь: 0,01 Н.

Задача 3.3

$v_З = 7{,}9$ км/с $= 7900$ м/с
$M = 0{,}11M_З$
$R = 0{,}53R_З$
v_1 — ?

Якщо швидкість супутника дорівнює першій космічній, то супутник рухається по колу під дією сили тяжіння поблизу поверхні планети ($r \approx R$). За II законом Ньютона $ma = F_{тяж} = \dfrac{GMm}{R^2}$. Доцентрове прискорення $a = \dfrac{v_1^2}{R}$.

Тоді $v_1 = \sqrt{\dfrac{GM}{R}}$. Для Землі $v_{1з} = \sqrt{\dfrac{GM_з}{R_з}}$. Складемо відношення $\dfrac{v_1}{v_{1з}} = \sqrt{\dfrac{M}{M_з} \cdot \dfrac{R_з}{R}}$. Звідси $v_1 = v_{1з}\sqrt{\dfrac{M}{M_з} \cdot \dfrac{R_з}{R}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[v_1] = \dfrac{м}{с}\sqrt{\dfrac{кг}{кг} \cdot \dfrac{м}{м}} = \dfrac{м}{с}$.

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{v_1\} = 3600 \left(\dfrac{м}{с}\right)$.

Відповідь: 3600 м/с.

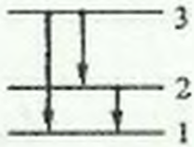
*Задача 3.4**

$n = 1$
$E_1 = 13{,}6$ еВ $= 21{,}76 \cdot 10^{-19}$ Дж
$\lambda = 102{,}8$ нм $= 1{,}028 \cdot 10^{-7}$ м
N — ?

Поглинувши фотон, атом Гідрогену переходить з основного ($n = 1$) у збуджений стан з номером m. За II постулатом Бора $h\nu = E_m - E_n$.

Енергії атома у стаціонарних станах дорівнюють $E_n = -\dfrac{E_1}{n^2}$, $E_m = -\dfrac{E_1}{m^2}$, де E_1 — енергія іонізації атома, що перебуває в основному стані. Частота фотона $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$.

Тоді $\dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{E_1}{n^2} - \dfrac{E_1}{m^2}$. Звідси $m = \sqrt{\dfrac{E_1}{\dfrac{E_1}{n^2} - \dfrac{hc}{\lambda}}}$ — номер стану, в який перейшов атом.

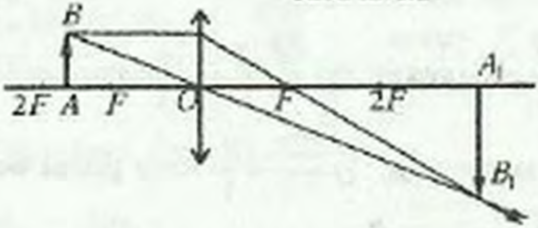


$[m] = \sqrt{\dfrac{Дж}{Дж - \dfrac{Дж \cdot с \cdot м/с}{м}}} = 1$; $\{m\} = 3$. При переході зі стану $m = 3$ в основний $n = 1$ атом може випромінити $N = 3$ різних фотони (див. рис.).

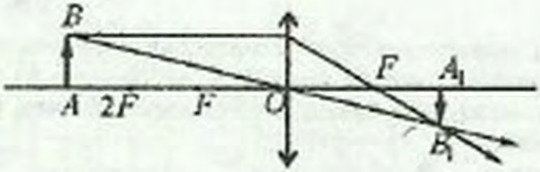
Відповідь: 3.

Задача 4.1

$\Gamma_1 = 3$
$D_2 = 2D_1$
Γ_2 — ?



У першому випадку предмет розташований між F і $2F$ лінзи, тому його зображення дійсне і збільшене. Якщо оптичну силу лінзи збільшити вдвічі, то фокусна відстань такої лінзи стане вдвічі меншою. Оскільки відстань від предмета до лінзи в обох випадках однакова (d = const), то в другому випадку предмет опиниться за подвійним фокусом лінзи і його зображення вийде зменшеним, тобто $\Gamma_2 < 1$.



За формулою тонкої лінзи $\frac{1}{d}+\frac{1}{f_1}=D_1$. Збільшення лінзи дорівнює $\Gamma_1=\frac{f_1}{d}$, звідси $f_1=\Gamma_1 d$. Тоді $\frac{1}{d}\left(1+\frac{1}{\Gamma_1}\right)=D_1$. Аналогічно $\frac{1}{d}\left(1+\frac{1}{\Gamma_2}\right)=D_2$. Поділивши останні рівняння почленно, отримаємо $\frac{D_2}{D_1}=\frac{1+\frac{1}{\Gamma_2}}{1+\frac{1}{\Gamma_1}}$. Звідси

$\frac{1}{\Gamma_2}=\frac{D_2}{D_1}\left(1+\frac{1}{\Gamma_1}\right)-1$. Тоді $\Gamma_2=\left(\frac{D_2}{D_1}\left(1+\frac{1}{\Gamma_1}\right)-1\right)^{-1}$.

Одиниці вимірювання $[\Gamma_2]=\left(\frac{\text{дптр}}{\text{дптр}}\right)^{-1}=1$. Обчислення $\{\Gamma_2\}=\frac{3}{5}<1$.

Відповідь: 3/5.

*Задача 4.2**

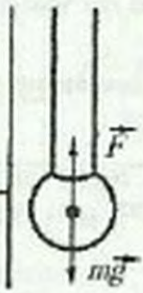
$d=1\cdot10^{-3}$ м

$N=8$

$\sigma=0,52$ Н/м

$\rho=6900$ кг/м^3

Δl — ?



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:

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

Зміна об'єму дротини дорівнює $\Delta V=NV=S\Delta l=\frac{\pi d^2}{4}\cdot\Delta l$.

Звідси $\Delta l=\frac{4NV}{\pi d^2}=\frac{4N\sigma}{\rho g d}$. Одиниці вимірювання: $[\Delta l]=\frac{\text{Н/м}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot\text{м}}=\frac{\text{Н}}{\text{Н/м}}=\text{м}$.

Обчислення: $\{\Delta l\}=0,24$ м.

Відповідь: 0,24 м.

ВАРІАНТ №4

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

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7			X	
1.8	X			
1.9*				X

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1		X			
2				X	
3	X				
4			X		

3.1	$4 \cdot 10^{-3}$ А.
3.2	2,92 см.
3.3	1,2 Дж.
3.4*	625 Па.

Задача 3.1

$I_m = 5$ мА $= 5 \cdot 10^{-3}$ А
$U_m = 2$ В
$u = 1{,}2$ В
i — ?

Запишемо двічі закон збереження енергії: 1) $\dfrac{LI_m^2}{2} = \dfrac{CU_m^2}{2}$, звідси $\dfrac{L}{C} = \dfrac{U_m^2}{I_m^2}$ (1).

2) $\dfrac{LI_m^2}{2} = \dfrac{Cu^2}{2} + \dfrac{Li^2}{2}$, звідси $L\left(I_m^2 - i^2\right) = Cu^2$, тоді $\dfrac{L}{C} = \dfrac{u^2}{I_m^2 - i^2}$ (2).

Прирівнявши праві частини рівнянь (1) і (2), отримаємо: $\dfrac{U_m^2}{I_m^2} = \dfrac{u^2}{I_m^2 - i^2}$. Звідси

$I_m^2 - i^2 = \dfrac{u^2 I_m^2}{U_m^2}$. Отже, $i = I_m\sqrt{1 - \dfrac{u^2}{U_m^2}}$.

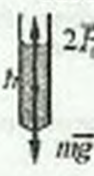
Перевіримо одиниці вимірювання: $[i] = A \cdot 1 = A$.

Обчислення: $\{i\} = 4 \cdot 10^{-3}\,(A)$.

Відповідь: $4 \cdot 10^{-3}$ А.

Задача 3.2

$g = 10$ м/с^2
$r = 1$ мм $= 10^{-3}$ м
$\sigma = 73$ мН/м $= 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м
$\rho = 1000$ кг/м^3
h — ?



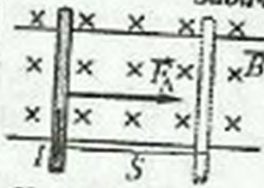
Умова рівноваги стовпа рідини в капілярі $mg = 2F_н$. Сила поверхневого натягу $F_н = \sigma l = \sigma 2\pi r$. Маса води в капілярі $m = \rho V = \rho\pi r^2 h$.

Звідси $\rho\pi r^2 hg = 4\sigma\pi r$. Отже, $h = \dfrac{4\sigma}{\rho g r}$.

$[h] = \dfrac{\text{Н/м}}{\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \dfrac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \dfrac{\text{Н/м}}{\text{Н/м}^2} = \text{м}$. $\{h\} = 2{,}92 \cdot 10^{-2}$ м. *Відповідь*: 2,92 см.

Задача 3.3

$l = 40$ см $= 0{,}4$ м
$B = 15$ Тл
$I = 2$ А
$S = 10$ см $= 0{,}1$ м
A — ?



Робота сили Ампера $A = F_A S$, де $F_A = BIl$, якщо $\alpha = 90°$.

Отже, $A = BIl \cdot S$.

Перевіримо одиниці вимірювання:

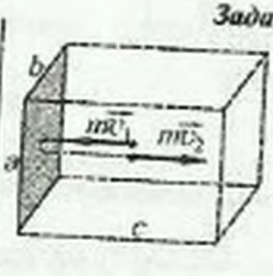
$$[A] = \text{Тл} \cdot \text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{А} \cdot \text{м}^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{A\} = 15 \cdot 2 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}1 = 1{,}2$ (Дж).

Відповідь: 1,2 Дж.

Задача 3.4*

$a = 2$ м
$b = 3$ м
$c = 4$ м
$N = 9 \cdot 10^{26}$
$m_0 = 2 \cdot 10^{-28}$ кг
$v_c = 500$ м/с
p — ?



При абсолютно пружному зіткненні молекули зі стінкою її імпульс змінюється на $\Delta p = 2mv$. Час між двома ударами молекули об стінку зі сторонами a та b: $\tau = \frac{2c}{v}$. Кількість ударів молекул за одиницю часу становить $\frac{N}{3} \cdot \frac{1}{\tau} = \frac{Nv}{6c}$. Тиск газу чисельно дорівнює модулю зміни імпульсу молекул, що падають на одиницю площі за одиницю часу: $p = \frac{Nv}{6c} \cdot 2mv \cdot \frac{1}{ab} = \frac{Nmv^2}{3abc}$.

Оскільки a, b та c входять у формулу рівноправно, то такий самий тиск газ чинить на всі стінки.

Одиниці вимірювання: $[p] = \frac{1}{\text{м}^3} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$.

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{p\} = 625$ (Па).

Відповідь: 625 Па.

Задача 4.1

$g = 10$ м/с²
$R_0 = 5$ см $= 0{,}05$ м
$l = 10$ см $= 0{,}1$ м
$\alpha = 30°$
T — ?

Кулька обертається по колу, радіус якого $R = R_0 + r = R_0 + l\sin\alpha$. Доцентрового прискорення кульці надає рівнодійна сил натягу нитки та сили тяжіння.

За II законом Ньютона $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_н$.

У проекціях на Ox: $ma = F_н \sin\alpha$, на Oy: $mg = F_н \cos\alpha$. Звідси $a = g\cdot \mathrm{tg}\alpha$ (1).

Оскільки при русі по колу $a = \omega^2 R$, де $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — кутова швидкість кульки,

то $a = \frac{4\pi^2}{T^2}\left(R_0 + l\sin\alpha\right)$ (2). З рівнянь (1) і (2) маємо: $g\mathrm{tg}\alpha = \frac{4\pi^2}{T^2}\left(R_0 + l\sin\alpha\right)$,

звідси $T = 2\pi\sqrt{\frac{R_0 + l\sin\alpha}{g\mathrm{tg}\alpha}}$.

Одиниці вимірювання $[T] = \sqrt{\frac{м}{м/с^2}} = \sqrt{с^2} = с$. Обчислення: $\{T\} \approx 0{,}83$ с.

Відповідь: 0,83 с.

Задача 4.2*

$d = 10^{-3}$ м

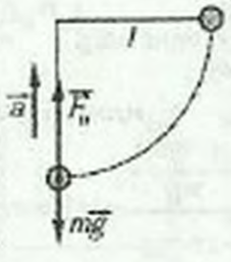
$l = 1$ м

$m = 32$ кг

$\sigma_м = 4\cdot 10^8$ Па

$\alpha = 90°$

σ — ?



Максимальний натяг дротини буде при проходженні положення рівноваги, тому саме тут вона може обірватись за умови, що $\sigma > \sigma_м$. 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 $ma = F_н - mg$, де $a = \frac{v^2}{l} = 2g$ — доцентрове прискорення. Тоді $F_н = 3mg$ — сила натягу дротини у рівновазі. Механічна напруга в цей момент дорівнює $\sigma = \frac{F_н}{S} = \frac{12mg}{\pi d^2}$.

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

Оскільки $\sigma > \sigma_м$, то дротина обірветься.

Відповідь: дротина обірветься.

ВАРІАНТ №5

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

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7			X	
1.8	X			
1.9*[1]				

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1					X
2	X				
3				X	
4		X			

3.1	0,64 кг/м^3.
3.2	0,35 А.
3.3	50 кВт.
3.4*	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$ Н.

Задача 3.1

$m_1 = 8$ г $= 8 \cdot 10^{-3}$ кг
$M_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
$m_2 = 32$ г $= 32 \cdot 10^{-3}$ кг
$M_2 = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
$p = 186$ кПа $= 186 \cdot 10^3$ Па
$T = 280$ К
ρ — ?

З рівняння Менделєєва-Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT = \frac{\rho V}{M}RT$. Звідси $\rho = \frac{pM}{RT}$. Молекулярна маса суміші: $M = \frac{m}{\nu} = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{m_1 + m_2}{m_1/M_1 + m_2/M_2}$.

Звідси $\rho = \frac{p}{RT} \cdot \frac{(m_1 + m_2) \cdot M_1 M_2}{(m_1 M_2 + m_2 M_1)}$.

Одиниці вимірювання: $[\rho] = \dfrac{\text{Па} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Обчислення: $\{\rho\} \approx 0{,}64\,(\text{кг/м}^3)$. *Відповідь:* 0,64 кг/м^3.

Задача 3.2

$l = 14{,}3$ см $= 0{,}143$ м
$S = 1{,}4$ мм$^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-6}$ м^2
$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 1\,\frac{\text{мВб}}{\text{с}} = 10^{-3}\,\frac{\text{Вб}}{\text{с}}$
$\rho = 2{,}8 \cdot 10^{-8}$ Ом · м
I_i — ?

При зміні магнітного потоку у контурі виникає ЕРС індукції $\mathscr{E}_i = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$. За законом Ома для замкненого кола $I_i = \frac{\mathscr{E}_i}{R}$. Опір контура $R = \frac{\rho l}{S}$. Отже, $I_i = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \cdot \frac{S}{\rho l}$.

$[I_i] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \text{А}$. $\{I_i\} = 0{,}35$ (А). *Відповідь:* 0,35 А.

---

[1] **1.9.** Правильного дистрактора немає. (Вічний двигун першого роду — це уявний двигун, який виконував би роботу як завгодно довго, не позичаючи енергію ззовні, тобто, лише за рахунок внутрішньої енергії.)

Задача 3.3

$g = 10$ м/с^2

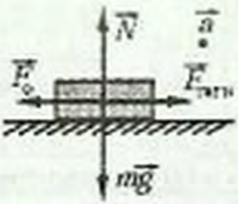
$m = 10$ т $= 10000$ кг

$a = 0$

$v = 36$ км/год $= 10$ м/с

$F_о = 0{,}05P$

P — ?



При рівномірному русі усі сили, що діють на автомобіль, скомплектовані, тому $F_{тяги} = F_о = 0{,}05P$, де $P = mg$. Тоді $F_{тяги} = 0{,}05mg$. Отже, потужність двигуна автомобіля дорівнює

$P = F_{тяги}v = 0{,}05mgv$. Одиниці $[P] = кг\cdot\dfrac{м}{с^2}\cdot\dfrac{м}{с} = \dfrac{Н\cdot м}{с} = \dfrac{Дж}{с} = Вт$.

Підставивши значення фізичних величин, отримаємо: $\{P\} = 5\cdot10^4$ (Вт).

Відповідь: 50 кВт.

Задача 3.4*

$l_1 = l_2 = l = 1$ м

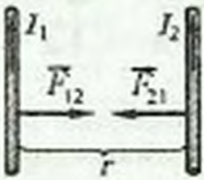
$r = 0{,}2$ м

$I_1 = 40$ А

$I_2 = 30$ А

$\mu = 1$

F — ?



Розв'яжемо задачу, не враховуючи крайових ефектів.

Паралельні провідники, по яких течуть струми в один бік, притягуються. За законом Біо – Савара – Лапласа $F = \mu\mu_0\dfrac{I_1I_2l}{2\pi r}$,

де $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}\,\dfrac{Гн}{м}$ — магнітна стала.

Одиниці вимірювання: $[F] = \dfrac{Гн}{м}\cdot\dfrac{А^2\cdot м}{м} = \dfrac{В\cdot с}{А}\cdot\dfrac{А^2}{м} = \dfrac{Дж}{м} = \dfrac{Н\cdot м}{м} = Н$.

Підставивши значення фізичних величин, отримаємо: $\{F\} = 1{,}2\cdot10^{-3}$ (Н).

Відповідь: $1{,}2\cdot10^{-3}$ Н.

Задача 4.1

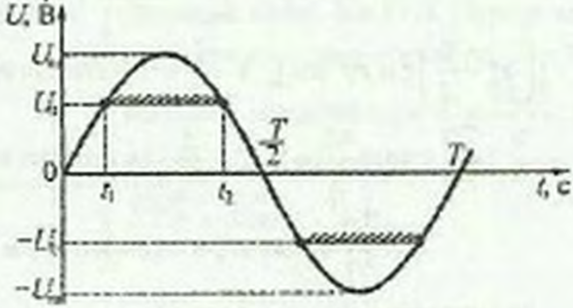
$U_0 = 60$ В

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

$U_д$ — ?

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 світіння лампи впродовж періоду становить $\Delta t = 2(t_2 - t_1)$.

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

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

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

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

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

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

Діюче значення напруги $U_д = \dfrac{U_m}{\sqrt{2}} = \dfrac{2U_0}{\sqrt{6}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання за отриманою формулою: $[U_д] = В$.

Обчислимо діюче значення напруги: $\{U_д\} = 49$ (В).

Відповідь: 49 В.

*Задача 4.2**

$R = 20 \cdot 10^{-6}$ м
$m = 3 \cdot 10^{-6}$ кг
$\sigma = 72 \cdot 10^{-3}$ Н/м
N — ?

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

Отже, $N = \dfrac{mg}{2\pi R\sigma}$.

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

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{N\} = 3{,}3$.

Отже, комаха утримуватиметься на воді, опираючись на 4 лапки.

Відповідь: 4.

ВАРІАНТ №6

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

	А	Б	В	Г
1.6	X			
1.7				X
1.8			X	
1.9*			X	

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1				X	
2	X				
3			X		
4		X			

3.1	6,7.
3.2	0,9.
3.3	934 м.
3.4*	9703 с = 2 год 41 хв 43 с.

Задача 3.1

$S = 10^{-2}$ м^2
$\sigma_м = 5 \cdot 10^7$ Па
$F_{тяги} = 75$ кН $= 75 \cdot 10^3$ Н
n — ?

Сила пружності, що діє в причіпному пристрої $F_{пр} = F_{тяги} = \sigma S$, звідси механічна напруга $\sigma = F_{тяги} / S$.

Запас міцності дорівнює $n = \dfrac{\sigma_м}{\sigma} = \dfrac{\sigma_м S}{F_{тяги}}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[n] = \dfrac{\text{Па} \cdot \text{м}^2}{\text{Н}} = \dfrac{\text{Н/м}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{Н}} = 1$.

Обчислення: $\{n\} = 6,7$.

Відповідь: 6,7.

Задача 3.2

$p_2 = 1,2 p_1$
$V_2 = 0,75\, V_1$
$\dfrac{U_2}{U_1}$ — ?

Внутрішня енергія одноатомного газу $U = \dfrac{3}{2}\nu RT = \dfrac{3}{2} pV$. У першому випадку $U_1 = \dfrac{3}{2} p_1 V_1$, у другому — $U_2 = \dfrac{3}{2} p_2 V_2$.

Отже, $\dfrac{U_2}{U_1} = \dfrac{p_2 V_2}{p_1 V_1}$. Одиниці: $\left[\dfrac{U_2}{U_1}\right] = \dfrac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{Па} \cdot \text{м}^3} = 1$. Обчислення: $\left\{\dfrac{U_2}{U_1}\right\} = 0,9$.

Відповідь: 0,9.

Задача 3.3

$S = 800$ см$^2 = 800 \cdot 10^{-4}$ м^2
$d = 1$ мм $= 10^{-3}$ м
$\varepsilon = 7$
$\dfrac{U_m}{I_m} = 100 \dfrac{\text{В}}{\text{А}}$
λ — ?

Довжина хвилі $\lambda = c \cdot T$. Період хвилі збігається з періодом коливань у контурі $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Ємність плоского конденсатора $C = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$. Знайдемо індуктивність котушки. Під час коливань у контурі $\dfrac{CU_m^2}{2} = \dfrac{LI_m^2}{2}$.

Звідси $L = \frac{CU_m^2}{I_m^2}$. Після серії підстановок отримаємо

$$\lambda = 2\pi c\sqrt{\frac{C^2U_m^2}{I_m^2}} = 2\pi c\cdot\frac{CU_m}{I_m} = 2\pi c\cdot\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}\cdot\frac{U_m}{I_m}.$$

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\lambda] = \frac{м}{с}\cdot\frac{Ф}{м}\cdot\frac{м^2}{м}\cdot\frac{В}{А} = \frac{м}{с}\cdot\frac{Кл}{В}\cdot\frac{В}{А} = \frac{м\cdot А\cdot с}{с\cdot А} = м$.

Обчисливши, отримаємо: $\{\lambda\} = 934$ (м).

Відповідь: 934 м.

*Задача 3.4**

$P_п = 2P_е$
$\rho = 3000$ кг/м³
T — ?

Вага тіла на полюсі $P_п = mg$. Вага тіла на екваторі $P_е = m(g-a)$.

Оскільки $P_п = 2P_е$, то $mg = 2m(g-a)$ і $a = \frac{g}{2}$ (1).

Доцентрове прискорення точок на екваторі $a = \frac{4\pi^2}{T^2}R$. Прискорення вільного падіння на поверхні планети $g = \frac{GM}{R^2}$, де $M = \rho V = \frac{4}{3}\pi R^3\rho$ — маса планети.

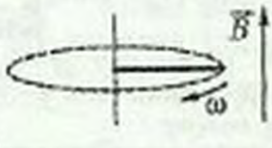
Тоді $g = \frac{4}{3}G\pi R\rho$. Підставимо у (1): $\frac{4\pi^2}{T^2}R = \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3}G\pi R\rho$. Отже, $T = \sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$.

$[T] = \sqrt{\frac{1\cdot кг^2\cdot м^3}{Н\cdot м^2\cdot кг}} = \sqrt{\frac{кг\cdot м}{Н}} = \sqrt{\frac{кг\cdot м\cdot с^2}{кг\cdot м}} = \sqrt{с^2} = с$. Обчислення: $\{T\} = 9703$ (с).

Відповідь: 9703 с = 2 год 41 хв 43 с.

Задача 4.1

$l = 1$ м
$B = 10$ мТл $= 10^{-2}$ Тл
$\omega = 2\ \frac{рад}{с}$
$\alpha = 90°$
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 різнойменні заряди і виникає різниця потенціалів U. Електричне поле всередині стрижня протидіє подальшому руху вільних електронів. Перетікання заряду припиняється, якщо $F_{ел} = F_л$. $F_{ел} = q\cdot E = \frac{q\cdot U}{l}$.

Сила Лоренца $F_л = qv_cB$, де $v_c = \omega\cdot\frac{l}{2}$ — лінійна швидкість руху середини стрижня. Тоді $\frac{q\cdot U}{l} = qv_cB$. Отже, $U = v_cBl = \frac{\omega Bl^2}{2}$.

$$[U] = \frac{1}{\text{с}} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}. \quad \{U\} = 0{,}01 \ (\text{В}).$$

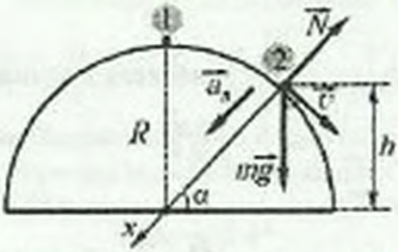
Відповідь: 0,01 В.

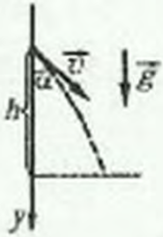
Задача 4.2*

$R = 1{,}08$ м

$v_0 = 0$

t — ?





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

$mgR = mgh + \dfrac{mv^2}{2}$, 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 $a_n = \dfrac{v^2}{R}$, то $v^2 = gR\sin\alpha$. **(2)**

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

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

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

$h = vt\cos\alpha + \dfrac{gt^2}{2}$. Оскільки $h = \dfrac{2}{3}R$; $v = \sqrt{\dfrac{2}{3}gR}$ і $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\dfrac{4}{9}} = \dfrac{\sqrt{5}}{3}$, то маємо квадратне рівняння $\dfrac{gt^2}{2} + \sqrt{\dfrac{2}{3}gR} \cdot \dfrac{\sqrt{5}}{3}t - \dfrac{2}{3}R = 0$;

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

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

Відповідь: 0,23 с.

ВАРІАНТ №7

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

	А	Б	В	Г
1.6			X	
1.7			X	
1.8			X	
1.9*	X			

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

2.5*

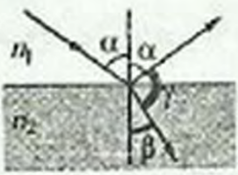
	А	Б	В	Г	Д
1			X		
2	X				
3		X			
4					X

3.1	79°.
3.2	1,2 Н.
3.3	18,84 м ≤ λ ≤ 59,61 м.
3.4*	600 Н/Кл.

Задача 3.1

$n_1 = 1$
$n_2 = 1{,}33$
$\alpha = 60°$

γ — ?



За законом заломлення світла $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{n_2}{n_1}$,

звідси $\sin\beta = \dfrac{n_1 \sin\alpha}{n_2}$. Тоді $\beta \approx 41°$.

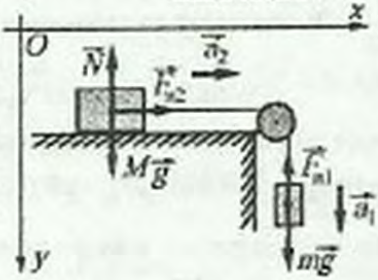
Оскільки $\beta + \alpha + \gamma = 180°$, то $\gamma = 180 - \alpha - \beta = 79°$.

Відповідь: 79°.

Задача 3.2

$M = 300$ г $= 0{,}3$ кг
$m = 200$ г $= 0{,}2$ кг
$F_{тр} = 0$
$g = 10$ м/с^2

$F_н$ — ?



Брусок і вантаж рухаються рівноприскорено, до того ж $a_1 = a_2 = a$, $F_{н1} = F_{н2} = F_н$. За законом Ньютона для вантажу в проекції на *Oy*: $ma = mg - F_н$, для бруска в проекції на *Ox*: $Ma = F_н$.

Тоді $\dfrac{m}{M} = \dfrac{mg - F_н}{F_н}$. Отже, $F_н = \dfrac{Mmg}{m + M}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[F_н] = \dfrac{кг \cdot кг \cdot \dfrac{м}{с^2}}{кг} = Н$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{F_н\} = 1{,}2$ (Н).

Відповідь: 1,2 Н.

Задача 3.3

$C_1 = 50$ пФ $= 5 \cdot 10^{-11}$ Ф
$C_2 = 500$ пФ $= 5 \cdot 10^{-10}$ Ф
$L = 2$ мкГн $= 2 \cdot 10^{-6}$ Гн

λ_{min} — ? λ_{max} — ?

Довжина хвилі $\lambda = c \cdot T$. Умова резонансу на хвилю $T = 2\pi\sqrt{LC}$, отже, $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$.

Мінімальна довжина хвилі $\lambda_{min} = 2\pi c\sqrt{LC_1}$.

Максимальна довжина хвилі $\lambda_{max} = 2\pi c\sqrt{LC_2}$.

Одиниці вимірювання: $[\lambda] = \frac{м}{с}\sqrt{Гн \cdot Ф} = \frac{м}{с}\sqrt{\frac{В \cdot с}{А} \cdot \frac{Кл}{В}} = \frac{м}{с}\sqrt{\frac{с \cdot А \cdot с}{А}} = \frac{м \cdot с}{с} = м$.

Обчисливши, отримаємо: $\{\lambda_{min}\} = 18{,}84$ (м), $\{\lambda_{max}\} = 59{,}61$ (м).

Отже, приймач працює у діапазоні від 18,84 м до 59,61 м.

Відповідь: 18,84 м $\le \lambda \le$ 59,61 м.

*Задача 3.4**

$R = 30$ см $= 0{,}3$ м
$q = 6$ нКл $= 6 \cdot 10^{-9}$ Кл

E — ?

Напруженість поля зарядженої кулі на відстані $r \ge R$ від її поверхні $E = \frac{kq}{r^2}$. Якщо $r = R$, то $E = \frac{kq}{R^2}$.

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

Підставимо значення фізичних величин: $\{E\} = 600$ (Н/Кл).

Відповідь: 600 Н/Кл.

Задача 4.1

$V = 0{,}831$ м^3

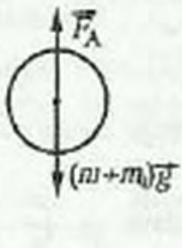
$T_1 = 340$ К

$T_2 = 280$ К

$p = 1 \cdot 10^5$ Па

$M = 29 \cdot 10^{-3}$ 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 — Клапейрона: $m = \frac{pVM}{RT_1}$,

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

Сила Архімеда дорівнює $F_A = \rho_п gV$. Густину навколишнього повітря визначимо за допомогою рівняння Менделєєва — Клапейрона: $\rho = \frac{pM}{RT_2}$.

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

Перевіримо одиниці вимірювання:

$[m_0] = \frac{Па \cdot кг/моль \cdot м^3}{Дж/(моль \cdot К)} \cdot \frac{1}{К} = \frac{Па \cdot кг \cdot м^3}{Дж} = кг$. Обчислення: $\{m_0\} = 0{,}183$ кг.

Відповідь: 0,183 кг.

*Задача 4.2**

$E_i = 13{,}6$ еВ $= 13{,}6 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж $\lambda = 122{,}1$ нм $= 1{,}221 \cdot 10^{-7}$ м $n = 1$	Атом Гідрогену, поглинувши кінетичну енергію електрона, що на нього падає, переходить у збуджений стан з номером m.
$W_к$ — ? m — ? E_m — ?	Закон збереження енергії: $W_к = E_m - E_n$.

При переході зі збудженого в основний атом випромінює квант енергії

$$E_ф = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_m - E_n.$$

Отже, $W_к = \dfrac{hc}{\lambda}$ — мінімальна кінетична енергія електрона у пучку.

Енергія електрона у стаціонарному стані дорівнює $E_n = -\dfrac{E_i}{n^2}$; $E_m = -\dfrac{E_i}{m^2}$, де $E_i = 13{,}6$ еВ — енергія іонізації атома Гідрогену.

Тоді $E_m = \dfrac{hc}{\lambda} + E_n = \dfrac{hc}{\lambda} - \dfrac{E_i}{n^2}$ — енергія атома на орбіті з номером m.

$m = \sqrt{-\dfrac{E_i}{E_m}} = \sqrt{\dfrac{E_i}{\dfrac{E_i}{n^2} - \dfrac{hc}{\lambda}}}$ — номер збудженого стану атома (номер орбіти, на яку перейде електрон).

Одиниці вимірювання: $[W_к] = \dfrac{Дж \cdot с \cdot м/с}{м} = Дж$, $[E_m] = \dfrac{Дж \cdot с \cdot м/с}{м} - Дж = Дж$,

$$[m] = \sqrt{\frac{Дж}{Дж} - \frac{Дж \cdot м/с}{м}} = 1.$$

Обчислення: $\{W_к\} = 1{,}64 \cdot 10^{-18}$ (Дж), $\{m\} = 2$, $\{E_m\} = -5{,}36 \cdot 10^{-19}$ (Дж).

Відповідь: $1{,}64 \cdot 10^{-18}$ Дж; 2; $-5{,}36 \cdot 10^{-19}$ Дж.

ВАРІАНТ №8

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

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7		X		
1.8		X		
1.9*	X			

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

2.5*

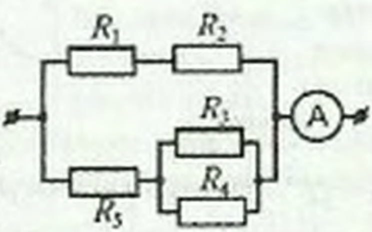
	А	Б	В	Г	Д
1			X		
2	X				
3				X	
4		X			

3.1	18 кДж.
3.2	$1{,}8 \cdot 10^5$ Н/Кл.
3.3	0,3 м.
3.4*	3600 В/м.

Задача 3.1

$t = 20$ хв $= 1200$ с
$R_1 = 15$ Ом
$R_2 = 15$ Ом
$R_3 = 20$ Ом
$R_4 = 20$ Ом
$R_5 = 20$ Ом
$I = 1$ А

Q — ?



Знайдемо загальний опір:

$$R_{3-4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 10\ (\text{Ом}).$$

$$R_{3-4-5} = R_{3-4} + R_5 = 30\ (\text{Ом}).$$

$$R_{1-2} = R_1 + R_2 = 30\ (\text{Ом}).$$

$$R_{заг} = \frac{R_{1-2} \cdot R_{3-4-5}}{R_{1-2} + R_{3-4-5}} = 15\ (\text{Ом}).$$

За законом Джоуля—Ленца $Q = I^2 R_{заг} t$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[Q] = \text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с} = \text{Дж}$.

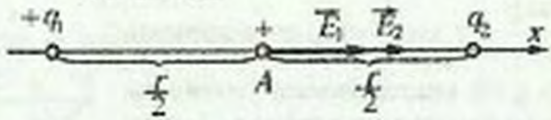
Обчисливши, отримаємо $\{Q\} = 18 \cdot 10^3$ Дж.

Відповідь: 18 кДж.

Задача 3.2

$q_1 = 6 \cdot 10^{-7}$ Кл
$q_2 = -2 \cdot 10^{-7}$ Кл
$r = 0{,}4$ м

E — ?



Вектори напруженості полів окремих зарядів у точці A вказано на рисунку. За принципом суперпозиції $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. У проекції $E = E_1 + E_2$. Для точкових зарядів $E_1 = \frac{kq_1}{(r/2)^2} = \frac{4kq_1}{r^2}$; $E_2 = \frac{4k|q_2|}{r^2}$. Тоді $E = \frac{4k}{r^2}(q_1 + |q_2|)$.

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

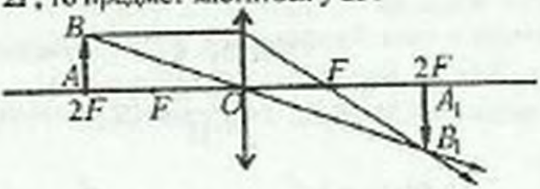
Виконавши обчислення, отримаємо $\{E\} = 1{,}8 \cdot 10^5$ Н/Кл.
Відповідь: $1{,}8 \cdot 10^5$ Н/Кл.

Задача 3.3

$F = 15$ см $= 0{,}15$ м
$f = 30$ см $= 0{,}3$ м

d — ?

Якщо $f = 2F$, то предмет міститься у $2F$.

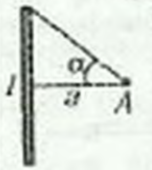


Обчислення: $\{d\} = 0{,}3$ м.
Відповідь: 0,3 м.

Задача 3.4*

$q = 20$ нКл $= 2 \cdot 10^{-8}$ Кл
$l = 1$ м
$a = 0{,}1$ м
$\varepsilon = 1$

E — ?



Напруженість поля нитки скінченної довжини у точці, яка знаходиться на відстані a від нитки і рівновіддалена від її кінців обчислюється за формулою $E = \dfrac{\lambda \sin\alpha}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon a}$, де

$\lambda = q/l$ — лінійна густина заряду.

$$\sin\alpha = \frac{l}{2\sqrt{(l/2)^2 + a^2}} = \frac{l}{\sqrt{l^2 + 4a^2}}. \text{ Тоді } E = \frac{ql}{2\pi l\sqrt{l^2 + 4a^2}\,\varepsilon_0 a} = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 a\sqrt{l^2 + 4a^2}}.$$

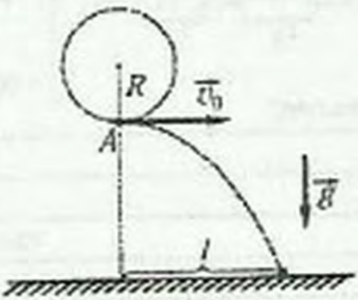
Перевіримо одиниці вимірювання: $[E] = \dfrac{\text{Кл}}{\text{м} \cdot \text{м} \cdot \dfrac{\text{Ф}}{\text{м}}} = \dfrac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = \dfrac{\text{В}}{\text{м}}$.

Підставивши числові значення, отримаємо: $\{E\} = 3600$ В/м.
Відповідь: 3600 В/м.

Задача 4.1

$R = 0{,}3$ м
$t = 1$ с
$l = 9{,}3$ м

ω — ?



У момент відриву (т. A) лінійна швидкість $\bar{v}_0$ напрямлена горизонтально, тому після обривання нитки кулька рухається по параболі. Горизонтальна дальність польоту кульки $l = v_0 t$, звідси $v_0 = \dfrac{l}{t}$. Кутова швидкість при обертальному русі кульки $\omega = \dfrac{v_0}{R}$.

Після підстановки отримаємо $\omega = \dfrac{l}{Rt}$.

Одиниці вимірювання: $[\omega] = \frac{м}{м \cdot с} = \frac{1}{с}$. Обчислення: $\{\omega\} = 31\left(\frac{рад}{с}\right)$.

Відповідь: 31 рад/с.

*Задача 4.2**

$t_2° = 0\ °C$

$t_1° = 50\ °C$

$c = 380$ Дж/(кг·°C)

$\rho_1 = 8900$ кг/м^3

$\rho_2 = 900$ кг/м^3

$\lambda = 340 \cdot 10^3$ Дж/кг

$\frac{h}{H}$ — ?

За рахунок теплоти, що виділяється при охолодженні монети до 0 °C, плавиться лід.

Кількість теплоти, що виділяється при остиганні монети: $Q_1 = cm_1(t_1° - t_2°)$, де $m_1 = \rho_1 V_1 = \rho_1 SH$ — маса монети.

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.

Рівняння теплового балансу (тепловими втратами нехтуємо): $Q_1 = Q_2$.

Після підстановки в рівняння теплового балансу отримаємо:

$c\rho_1 SH(t_1° - t_2°) = \lambda\rho_2 Sh$. Звідси $\frac{h}{H} = \frac{c\rho_1(t_1° - t_2°)}{\lambda\rho_2}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $\left[\frac{h}{H}\right] = \dfrac{\frac{Дж}{кг \cdot °C} \cdot \frac{кг}{м^3} \cdot °C}{\frac{Дж}{кг} \cdot \frac{кг}{м^3}} = 1$.

Обчислення: $\left\{\frac{h}{H}\right\} = 0{,}553$.

Оскільки $h/H < 1$, 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	
1.5	X			

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7				X
1.8	X			
1.9*			X	

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

2.5*

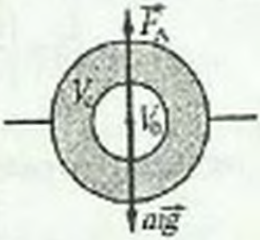
	А	Б	В	Г	Д
1		X			
2				X	
3	X				
4					X

3.1	8 л.
3.2	3 м/с.
3.3	$\sigma = \dfrac{\Delta l \rho g R_1 R_2}{2(R_2 - R_1)}$. Обчислення виконати неможливо.
3.4*	Коливань не буде.

Задача 3.1

$m = 5$ кг
$V_c = V/2$
$\rho = 1000$ кг/м^3
$\rho_c = 2500$ кг/м^3

V_0 — ?



Умова плавання кулі $mg = F_A$.

Сила Архімеда $F_A = \rho g \dfrac{V}{2}$, де

$$V = V_c + V_0 = \frac{m}{\rho_c} + V_0 \text{ — об'єм кулі.}$$

Після підстановки отримаємо

$mg = \dfrac{\rho g}{2}\left(\dfrac{m}{\rho_c} + V_0\right)$. Звідси об'єм порожнини: $V_0 = \dfrac{2m}{\rho} - \dfrac{m}{\rho_c} = \dfrac{m(2\rho_c - \rho)}{\rho \rho_c}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[V_0] = \dfrac{\text{кг} \cdot \text{кг/м}^3}{\text{кг/м}^3 \cdot \text{кг/м}^3} = \text{м}^3$.

Підставивши числові значення у кінцеву формулу, отримаємо: $\{V_0\} = 0{,}008$ (м^3).
Відповідь: 8 л.

Задача 3.2

$l = 0{,}9$ м
$F_н = 0$

v — ?

Якщо у верхній точці $F_н = 0$, то $ma = mg$ і $a = g$ — доцентрове прискорення кульки.

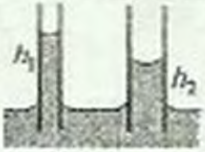
Оскільки $a = \dfrac{v^2}{l}$, то $v = \sqrt{al} = \sqrt{gl}$.

Одиниці вимірювання: $[v] = \sqrt{\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \dfrac{\text{м}}{\text{с}}$.

Обчисливши, отримаємо: $\{v\} = 3$ (м/с).
Відповідь: 3 м/с.

Задача 3.3

$R_1 = 0{,}25$ мм $= 0{,}25 \cdot 10^{-3}$ м	
$R_2 = 0{,}5$ мм $= 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ м	
$\Delta h = 30$ мм $= 30 \cdot 10^{-3}$ м	
σ — ?	



Нехай рідина змочує поверхню скла. Висота стовпа рідини в капілярах: $h_1 = \dfrac{2\sigma}{\rho g R_1}$ і $h_2 = \dfrac{2\sigma}{\rho g R_2}$

Тоді $\Delta h = h_1 - h_2 = \dfrac{2\sigma}{\rho g}\left(\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_2}\right)$. Звідси $\sigma = \dfrac{\Delta h \rho g R_1 R_2}{2(R_2 - R_1)}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[\sigma] = \dfrac{\text{м} \cdot \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \dfrac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \dfrac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} = \dfrac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Обчислення виконати неможливо, оскільки не задано густину рідини.
Відповідь: —.

Задача 3.4*

$C = 48$ мкФ $= 48 \cdot 10^{-6}$ Ф	
$L = 24$ мГн $= 24 \cdot 10^{-3}$ Гн	
$R = 200$ Ом	
ν — ?	

Період електромагнітних коливань у контурі, що містить ємність, індуктивність та активний опір, визначається за формулою $T = \dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{1}{LC} - \left(\dfrac{R}{2L}\right)^2}}$.

Частота коливань $\nu = \dfrac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\dfrac{1}{LC} - \dfrac{R^2}{4L^2}}$.

Умова виникнення коливань у контурі: $\dfrac{R^2}{4L^2} < \dfrac{1}{LC}$.

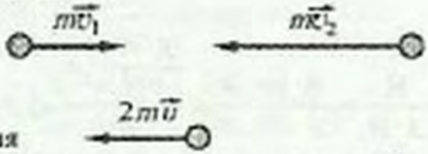
Оскільки $\dfrac{R^2}{4L^2} = 17{,}36 \cdot 10^6 \left(\dfrac{1}{\text{с}^2}\right) > \dfrac{1}{LC} = 0{,}868 \cdot 10^6 \left(\dfrac{1}{\text{с}^2}\right)$, то у контурі коливань не буде, конденсатор аперіодично розрядиться через активний опір і котушку.
Відповідь: коливань не буде.

Задача 4.1

$m_1 = m_2 = m$	
$v_1 = v$	
$v_2 = 2v$	
ΔT — ?	

до зіткнення

після зіткнення



Після непружного зіткнення кулі продовжують рухатися як одне ціле. За законом збереження імпульсу: $mv_2 - mv_1 = 2mu$. Врахувавши умову задачі, отримаємо: $u = \dfrac{v}{2}$.

Під час непружного зіткнення частина механічної енергії перетворюється у теплоту: $Q = 2cm\Delta T$.

За законом збереження енергії: $\dfrac{mv_1^2}{2} + \dfrac{mv_2^2}{2} = \dfrac{2mu^2}{2} + 2cm\Delta T$. Тоді $\dfrac{v^2}{2} + \dfrac{4v^2}{2} = \dfrac{v^2}{4} + 2c\Delta T$. Отже, $\Delta T = \dfrac{1{,}125v^2}{c}$.

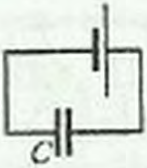
Перевіримо одиниці вимірювання: $[\Delta T] = \dfrac{\text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} = \dfrac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{К}}{\text{с}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \dfrac{\text{Н} \cdot \text{К}}{\text{Н}} = \text{К}$.

Відповідь: $\Delta t = \Delta T = \dfrac{1{,}125v^2}{c}$.

*Задача 4.2**

$C_1 = 5$ мкФ $= 5 \cdot 10^{-6}$ Ф
$U_1 = 220$ В
$d_1 = 2d_2$

U_2 — ? $A_{зовн}$ — ?



Якщо конденсатор приєднаний до джерела, то наруга на пластинах конденсатора не змінюється, тобто $U = U_2 = U_1 = 220$ В.
При збільшенні відстані між пластинами ємність конденсатора і його енергія зменшуються.

Робота зовнішніх сил дорівнює зміні енергії конденсатора:

$$A_{зовн} = W_2 - W_1 = \frac{C_2U^2}{2} - \frac{C_1U^2}{2}.$$

Кінцева ємність конденсатора: $C_2 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d_2} = \dfrac{\varepsilon_0 S}{2d_1} = \dfrac{C_1}{2}$.

Тоді $A_{зовн} = -\dfrac{C_1U^2}{4}$.

Одиниці вимірювання: $[A_{зовн}] = \text{Ф} \cdot \text{В}^2 = \dfrac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{Кл} \cdot \text{В} = \text{Дж}$.

Обчислення: $\{A_{зовн}\} = -6{,}05 \cdot 10^{-2}$ (Дж).
Знак «–» означає, що зовнішні сили виконують роботу проти електричних сил притягання між різнойменно зарядженими пластинами конденсатора.
Відповідь: 220 В; –60,5 мДж.

ВАРІАНТ №10

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

	А	Б	В	Г
1.6		X		
1.7			X	
1.8			X	
1.9*		X		

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

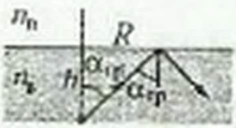
2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1				X	
2			X		
3	X				
4					X

3.1	3,42 м.
3.2	53.
3.3	9,1 мТл.
3.4*	2 мкФ.

Задача 3.1

$h = 3$ м
$n_в = 1{,}33$
$n_п = 1$
R — ?



Світло від точкового джерела не вийде з води у повітря, якщо падатиме на їхню межу під кутом, не меншим, ніж граничний: $\sin\alpha_{гр} = \frac{n_п}{n_в}$.

Тоді $\cos\alpha_{гр} = \sqrt{1-\sin^2\alpha_{гр}} = \sqrt{1-\frac{n_п^2}{n_в^2}} = \frac{\sqrt{n_в^2-n_п^2}}{n_в}$. Оскільки $\frac{R}{h} = \operatorname{tg}\alpha_{гр}$, то

$R = h\operatorname{tg}\alpha = h\frac{n_п}{\sqrt{n_в^2-n_п^2}}$. Одиниці вимірювання: $[R] = м$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{R\} = 3{,}42$ (м).

Відповідь: 3,42 м.

Задача 3.2

$\lambda = 500$ нм $= 5\cdot10^{-7}$ м
$P = 2{,}1\cdot10^{-17}$ Вт
$t = 1$ с
N — ?

Потужність світла $P = \frac{W}{t} = \frac{N\cdot E_ф}{t}$. Енергія фотона $E_ф = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Тоді $P = \frac{Nhc}{\lambda t}$. Отже, $N = \frac{P\lambda t}{hc}$.

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

Підставимо значення фізичних величин: $\{N\} \approx 53$.
Відповідь: 53.

Задача 3.3

$\alpha = 90^\circ$
$\upsilon = 16000$ км/с $= 1{,}6 \cdot 10^7$ м/с
$|q| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг
$R = 1$ см $= 0{,}01$ м

B — ?

Електрон рухається по колу під дією сили Лоренца. $ma = F_Л = q\upsilon B$. Доцентрове прискорення $a = \dfrac{\upsilon^2}{R}$. Тоді $\dfrac{m\upsilon^2}{R} = q\upsilon B$, звідси $B = \dfrac{m\upsilon}{qR}$.

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

Підставимо значення фізичних величин: $\{B\} = 9{,}1 \cdot 10^{-3}$ (Тл).

Відповідь: 9,1 мТл.

*Задача 3.4**

$U_д = 220$ В
$\nu = 50$ Гц
$I_д = 0{,}14$ А

C — ?

Ємнісний опір конденсатора $R_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi\nu C}$. За законом Ома для кола змінного струму $I_д = \dfrac{U_д}{R_C} = U_д \cdot 2\pi\nu C$. Звідси $C = \dfrac{I_д}{2\pi\nu U_д}$.

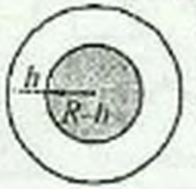
Перевіримо одиниці вимірювання: $[C] = \dfrac{\text{А}}{\text{Гц}\cdot\text{В}} = \dfrac{\text{А}\cdot\text{с}}{\text{В}} = \dfrac{\text{Кл}}{\text{В}} = \text{Ф}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{C\} \approx 2 \cdot 10^{-6}$ (Ф).
Відповідь: 2 мкФ.

Задача 4.1

$R = 6400$ км $= 6{,}4 \cdot 10^6$ м
$\nu_2 = \nu_1 / n$

h — ?



При опусканні в шахту прискорення вільного падіння зменшується, період коливань математичного маятника зростає, частота зменшується. На поверхні Землі $\nu_1 = \dfrac{1}{T_1} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g_1}{l}}$, де $g_1 = \dfrac{GM}{R^2}$.

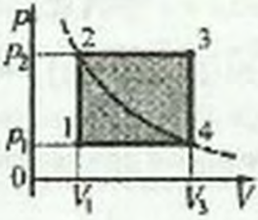
Маса Землі $M = \rho V = \dfrac{4}{3}\pi R^3 \rho$. Отже, $\nu_1 = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{4\pi G R \rho}{3l}}$. У шахті $\nu_2 = \dfrac{1}{T_2} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g_2}{l}}$, де $g_2 = \dfrac{GM'}{(R-h)^2}$, де $M' = \rho V' = \dfrac{4}{3}\pi (R-h)^3 \rho$ — маса частини Землі, що міститься під тілом. Тоді $\nu_2 = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{4\pi G (R-h)\rho}{3l}}$. За умовою $\nu_1 = n\nu_2$. Тоді $\sqrt{R} = n\sqrt{R-h}$. Звідси $R = n^2(R-h)$. Отже, $h = \dfrac{n^2-1}{n^2}\cdot R$.

Одиниці вимірювання: $[h] = м$.

Відповідь: $h = \frac{n^2 - 1}{n^2} \cdot R$.

Задача 4.2*

T_1
T_3
$T_2 = T_4$
$A - ?$



Знайдемо температуру газу у стані 2 і 4.
За законом Гей-Люссака під час ізобарного процесу 2-3: $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$, 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

$T_4 T_2 = T_1 T_3$. Оскільки $T_2 = T_4$, то $T_2 = \sqrt{T_1 T_3}$. **(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 Менделеєва — 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: $p_1 V_1 = \nu R T_1$.

Тоді $A = \nu R(T_3 - T_2 - T_4 + T_1) = \nu R(T_3 - 2T_2 + T_1)$. **(2)**

Після підстановки (1) у (2) отримаємо:

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

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

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

ВАРІАНТ №11

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

	А	Б	В	Г
1.6			X	
1.7		X		
1.8				X
1.9*				X

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

2.5*

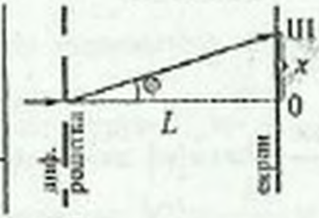
	А	Б	В	Г	Д
1		X			
2			X		
3				X	
4					X

3.1	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$ м.
3.2	0,128 МеВ.
3.3	$e(t) = 4{,}71\sin(157t)$; 4,71 В; 3,33 В; 0,04 с; 25 Гц.
3.4*	35,3 Дж.

Задача 3.1

$k = 3$
$\lambda = 589$ нм $= 5{,}89 \cdot 10^{-7}$ м
$L = 1{,}5$ м
$x = 16{,}5$ см $= 0{,}165$ м

d — ?



Умова дифракційних максимумів $d\sin\varphi = k\lambda$. Для малих кутів $\sin\varphi = \operatorname{tg}\varphi = \dfrac{x}{L}$.

Тоді $\dfrac{dx}{L} = k\lambda$, звідси $d = \dfrac{k\lambda L}{x}$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[d] = \dfrac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{d\} = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ (м).

Відповідь: $1{,}6 \cdot 10^{-5}$ м.

Задача 3.2

$v = 0{,}6c$
$m_0 = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

$W_к$ — ?

Кінетична енергія електрона

$$W_к = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1\right) = \frac{m_0c^2}{4}.$$

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

Обчислення: $\{W_к\} = 20{,}47 \cdot 10^{-15}$ Дж $= \dfrac{20{,}47 \cdot 10^{-15}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}}$ еВ $= 0{,}128$ МеВ.

Відповідь: 0,128 МеВ.

Задача 3.3

$N = 1$ $\Phi = 3 \cdot 10^{-2}\cos 157t$	З рівняння магнітного потоку $\omega = 157\ (1/с)$.
$e(t)$ — ? $\mathcal{E}_m$ — ? $\mathcal{E}_д$ — ? T — ? ν — ?	Оскільки $\omega = 2\pi\nu$, то $\nu = \dfrac{\omega}{2\pi} = 25$ (Гц).

Період коливань $T = 1/\nu = 0{,}04$ (с).

Рівняння ЕРС: $e(t) = -\Phi'(t) = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 157\sin(157t) = 4{,}71\sin(157t)$.

Максимальне значення ЕРС: $\mathcal{E}_m = 4{,}71$ (В). Діюче значення $\mathcal{E}_д = \dfrac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{2}} = 3{,}33$ (В).

Відповідь: $e(t) = 4{,}71\sin(157t)$; 4,71 В; 3,33 В; 0,04 с; 25 Гц.

Задача 3.4*

$R = 10$ см $= 0{,}1$ м $n_1 = 2$ 1/с $n_2 = 2n_1$ $\rho = 8900$ кг/м³	Робота затрачається на збільшення кінетичної енергії $A = W_{к2} - W_{к1}$. Кінетична енергія обертового руху
A — ?	$W_к = \dfrac{I\omega^2}{2} = \dfrac{I \cdot 4\pi^2 n^2}{2} = 2I\pi^2 n^2$. Момент інерції кулі відносно осі, що проходить через її центр дорівнює

$$I = \frac{2}{5}mR^2 = \frac{2}{5}\rho VR^2 = \frac{2}{5}\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 R^2 = \frac{8}{15}\rho\pi R^5.$$

Тоді $W_к = \dfrac{16}{15}\rho\pi^3 R^5 n^2$. Отримаємо: $A = \dfrac{16}{15}\pi^3\rho R^5\left(n_2^2 - n_1^2\right) = \dfrac{48}{15}\pi^3\rho R^5 n_1^2$.

Перевіримо одиниці вимірювання: $[A] = \dfrac{кг}{м^3}м^5 \cdot \dfrac{1}{с^2} = Н \cdot м = Дж$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{A\} = 35{,}3$ (Дж).

Відповідь: 35,3 Дж.

Задача 4.1

$C = 20$ мкФ $= 2 \cdot 10^{-5}$ Ф $L = 450$ мГн $= 0{,}45$ Гн $W_e = 3W_м$	У початковий момент заряд на пластиних конденсатора максимальний і з часом зменшується. Тому рівняння коливань заряду має вигляд
t — ?	$q = q_m\cos(\omega_0 t)$.

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

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

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

$\cos^2(\omega_0 t) = 3LC\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t)$. Звідси $\mathrm{tg}^2(\omega_0 t) = \dfrac{1}{3LC\omega_0^2}$.

Циклічна частота вільних електромагнітних коливань у контурі $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, тоді $\mathrm{tg}^2(\omega_0 t) = \dfrac{1}{3}$. Для мінімального часу $\mathrm{tg}(\omega_0 t) = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$, тобто $\omega_0 t = \dfrac{\pi}{6}$. Отже,

$t = \dfrac{\pi}{6\omega_0} = \dfrac{\pi\sqrt{LC}}{6}$. Одиниці: $[t] = \sqrt{\text{Гн}\cdot\text{Ф}} = \sqrt{\dfrac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{А}}\cdot\dfrac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \sqrt{\dfrac{\text{с}\cdot\text{А}\cdot\text{с}}{\text{А}}} = \text{с}$.

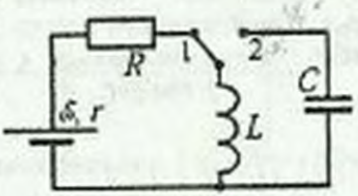
Обчислення: $\{t\} = \dfrac{3{,}14\cdot\sqrt{0{,}45\cdot 2\cdot 10^{-5}}}{6} = 1{,}57\cdot 10^{-3}$ (с).

Відповідь: 1,57 мс.

Задача 4.2*

$r = 1$ Ом
$R = 20$ Ом
$L = 1$ Гн
$C = 25$ мкФ $= 2{,}5\cdot 10^{-5}$ Ф

$\dfrac{U_m}{\mathcal{E}}$ — ?



Якщо ключ перебуває у положенні 1, то за законом Ома для замкненого кола сила струму у контурі дорівнює $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R+r}$ (активним опором котушки знехтували). Після перемикання ключа у положення 2 у коливальному контурі, що містить конденсатор і котушку, виникають вільні електромагнітні коливання. За законом збереження енергії: $\max W_{\text{магн}} = \max W_{\text{ел}}$, де $\max W_{\text{магн}} = \dfrac{LI_m^2}{2} = \dfrac{L\cdot\mathcal{E}^2}{2(R+r)^2}$ — максимальна енергія магнітного поля котушки (бо $I = I_m$); $\max W_{\text{ел}} = \dfrac{CU_m^2}{2}$ — максимальна енергія електричного поля конденсатора. Тоді $\dfrac{L\mathcal{E}^2}{2(R+r)^2} = \dfrac{CU_m^2}{2}$. Звідси

$$\frac{U_m}{\mathcal{E}} = \sqrt{\frac{L}{C(R+r)^2}} = \frac{1}{R+r}\cdot\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Одиниці: $\left[\dfrac{U_m}{\mathcal{E}}\right] = \dfrac{1}{\text{Ом}}\cdot\sqrt{\dfrac{\text{Гн}}{\text{Ф}}} = \dfrac{1}{\text{Ом}}\cdot\sqrt{\dfrac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{А}\cdot\text{Кл/В}}} = \dfrac{1}{\text{Ом}}\cdot\sqrt{\dfrac{\text{В}^2\cdot\text{с}}{\text{А}\cdot\text{А}\cdot\text{с}}} = \dfrac{\text{В}}{\text{Ом}\cdot\text{А}} = 1$.

Обчислення: $\left\{\dfrac{U_m}{\mathcal{E}}\right\} = 9{,}52$.

Відповідь: 9,52.

ВАРІАНТ №12

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

	А	Б	В	Г
1.6				X
1.7			X	
1.8				X
1.9*				X

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

2.5*

	А	Б	В	Г	Д
1			X		
2		X			
3					X
4				X	

3.1	102.
3.2	5,1 см.
3.3	0,43 мкКл.
3.4*	12 лк.

Задача 3.1

$m = 16$ т $= 1{,}6 \cdot 10^4$ кг
$d = 2$ мм $= 2 \cdot 10^{-3}$ м
$\sigma_м = 500$ МПа $= 5 \cdot 10^8$ Па
N — ?

Вважаємо підняття рівномірним, тоді $mg = \max F_{пр}$. Максимальна сила пружності $\max F_{пр} = \sigma_м S$.

Площа поперечного перерізу троса $S = N\dfrac{\pi d^2}{4}$. Тоді $mg = \sigma_м N\dfrac{\pi d^2}{4}$.

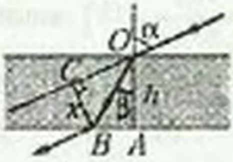
Отже, $N = \dfrac{4mg}{\pi d^2 \sigma_м}$. Одиниці вимірювання: $[N] = \dfrac{кг \cdot м/с^2}{м^2 \cdot Па} = \dfrac{Н}{м^2 \cdot Н/м^2} = 1$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{N\} \approx 102$.

Відповідь: 102.

Задача 3.2

$n = 1{,}5$
$\alpha = 60°$
$h = 10$ см $= 0{,}1$ м
x — ?



За законом заломлення світла $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$.

Тоді $\sin\beta = \dfrac{\sin\alpha}{n} = \dfrac{\sqrt{3}}{3} \approx 0{,}5774$.

Звідси $\beta \approx 35°$. З ΔOAB: $OB = \dfrac{AO}{\cos\beta} = \dfrac{h}{\cos\beta}$.

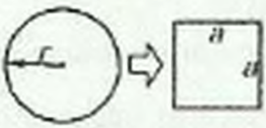
З ΔOBC: $x = AO\sin(\alpha - \beta) = \dfrac{h}{\cos\beta}\sin(\alpha - \beta)$.

Одиниці вимірювання: $[x] = м$. Обчислення: $\{x\} = 0{,}1 \cdot \dfrac{\sin 25°}{\cos 35°} \approx 0{,}051$ (м).

Відповідь: 5,1 см.

Задача 3.3

$l = 1$ м
$R = 2$ Ом
$B_1 = 50$ мкТл $= 5 \cdot 10^{-5}$ Тл
q — ?



При зміні площі контура зміниться магнітний потік, що його пронизує, тому в ньому виникає ЕРС індукції, а по контуру тече індукційний струм. Заряд, що пройде по контуру $q = I_i \Delta t$. За законом Ома для повного кола $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$. ЕРС індукції $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Зміна магнітного потоку $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = B_\perp (S_2 - S_1)$. Площі контура $S_1 = \pi r^2$, де $r = \frac{l}{2\pi}$. $S_2 = a^2 = \frac{l^2}{16}$.

Тоді $\Delta S = \frac{l^2}{16} - \frac{\pi l^2}{4\pi^2} = \frac{l^2}{4}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi}\right)$. Після підстановок: $q = \frac{B_\perp l^2}{4R}\left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{4}\right)$.

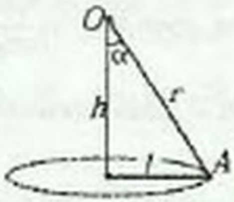
Одиниці вимірювання: $[q] = \frac{Тл \cdot м^2}{Ом} = \frac{Н \cdot м^2}{А \cdot м \cdot Ом} = \frac{Н \cdot м}{А \cdot Ом} = \frac{Дж}{В} = \frac{В \cdot Кл}{В} = Кл$.

Підставимо значення фізичних величин: $\{q\} = 0,43 \cdot 10^{-6}$ (Кл).

Відповідь: 0,43 мкКл.

*Задача 3.4**

$I = 500$ кд
$h = 3$ м
$l = 4$ м
E — ?



Освітленість у точці A: $E = \frac{I \cos\alpha}{r^2} = \frac{I \cdot h}{r^3}$.

Відстань від лампи до точки A: $r = \sqrt{h^2 + l^2}$.

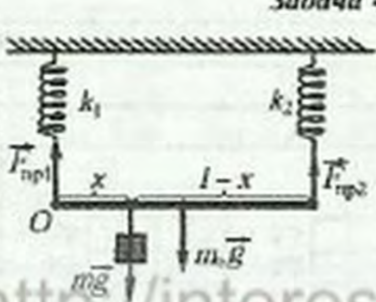
Тоді $E = \frac{Ih}{\sqrt{(h^2 + l^2)^3}}$.

Одиниці вимірювання: $[E] = \frac{кд \cdot м}{м^3} = \frac{кд}{м^2} = лк$. Обчислення: $\{E\} = 12$ (лк).

Відповідь: 12 лк.

Задача 4.1

$m_0 = 0,6$ кг
$k_1 = 30$ Н/м
$k_2 = 20$ Н/м
$l = 1$ м
$m = 0,2$ кг
x — ?



Стержень перебуває у рівновазі під дією вказаних на рисунку сил, до того ж $x_1 = x_2 = x_0$. Динамічна умова рівноваги $mg + m_0 g =$
$= F_{пр1} + F_{пр2} = (k_1 + k_2) x_0$. **(1)**

Правило моментів відносно т. O:

$mgx + m_0 g \frac{l}{2} = F_{пр2} l = k_2 x_0 l$

З рівняння (1): $x_0 = \frac{(m+m_0)g}{k_1+k_2}$, тоді $mg \cdot x = k_2 \frac{(m+m_0)g}{k_1+k_2} \cdot l - \frac{m_0 g l}{2}$.

Отже, $x = l \cdot \left(\frac{k_2}{k_1+k_2} \cdot \frac{m+m_0}{m} - \frac{m_0}{2m} \right)$.

Одиниці вимірювання: $[x] = м \cdot \frac{Н/м}{Н/м} \cdot \frac{кг}{кг} = м$. Обчислення: $\{x\} = 0,1$ (м).

Врівноваження можливе при $x = 0$. Тоді $\frac{k_2}{k_1+k_2} \cdot \frac{m+m_0}{m} = \frac{m_0}{2m}$. Звідси

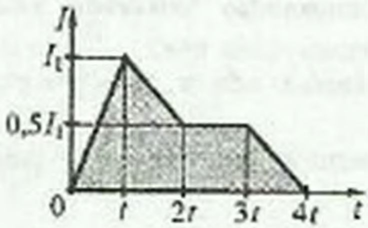
$m = m_0 \cdot \frac{k_1 - k_2}{2k_2}$ — мінімальна маса вантажу, за якої можлива рівновага.

Одиниці вимірювання: $[m] = кг \cdot \frac{Н/м}{Н/м} = кг$. Обчислення: $\{m\} = 0,15$ (кг).

Відповідь: 0,1 м; 0,15 кг.

*Задача 4.2**

Заряд, що пройшов по провіднику за час $4t$, чисельно дорівнює площі заштрихованої фігури.



1 ділянка: $q_1 = \frac{1}{2} I_1 t$.

2 ділянка: $q_2 = \frac{I_1 + 0,5I_1}{2} t = \frac{3}{4} I_1 t$.

3 ділянка: $q_3 = \frac{1}{2} I_1 t$.

4 ділянка: $q_4 = \frac{1}{4} I_1 t$.

Отже, $q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 2I_1 t$. Одиниці вимірювання: $[q] = А \cdot с = Кл$.

Відповідь: $2I_1 t$.