

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

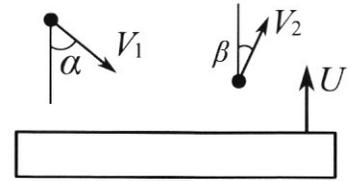
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

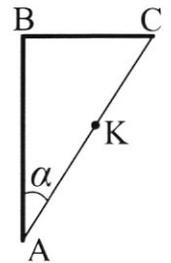


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

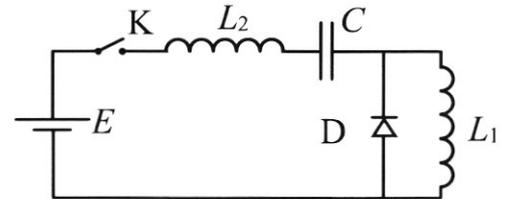
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



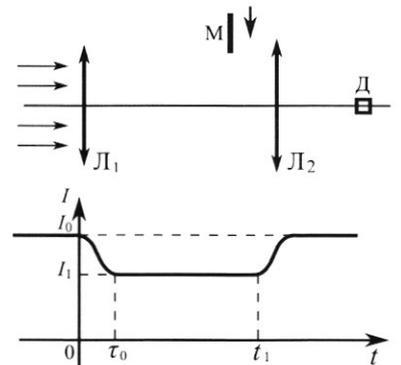
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
 - 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .
- Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

1. $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$ ЗСЧ на ось l (Длина l м)

$$v_1 \cdot \frac{2}{3} = v_2 \cdot \frac{1}{3}$$

$$v_2 = 2v_1 = 12 \text{ м/с}$$

2. Тензионы в С.О. плоскости

ЗСЧ на ось l (длина l м)

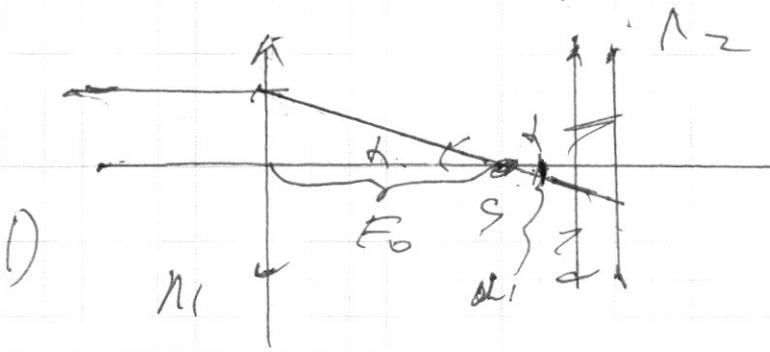
$$v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta = v_2 \cos \beta - v_1$$

$$v_1 = \frac{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta}{2} = \frac{12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - v_1}{2}$$

$$-v_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} = \frac{8\sqrt{2} - 2v_1}{2} \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } 12 \text{ м/с}; \quad \frac{8\sqrt{2} - 2v_1}{2} \text{ м/с}$$

5.



$a > b$ - фотоэмит
от ~~узо~~ для прир -
мета и изображения
yo ~~изги~~ соответ-
ственно

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F_0}$$

$$b_1 = F_0 \quad (\text{для } l_1)$$

т.к в S собир свет. E \rightarrow это делителен
метр шотини для l_2

$$\frac{1}{1,5F_0 - F_0} + \frac{1}{b_2} = \frac{3}{F_0}$$

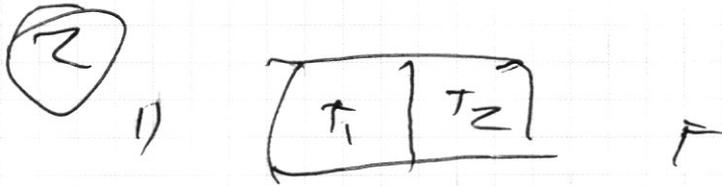
$$\frac{2}{F_0} + \frac{1}{b_2} = \frac{3}{F_0}$$

$$b_2 = F_0 \Rightarrow b_2 - \text{ранее были меньше}$$

$$l_2 \text{ и фотоэмит. } b_2 = F_0$$

2) $I = K P$, где K - коэффициент, P -
мощность. Очевидно что $P \propto I$ мощность прямо-
пропорциональная кол-ву пом- света.
Пусть σ ~~коэффициент пропорциональности~~ $P \propto I$
кол-во света в единице мощности

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$PV_1 = \nu RT_1$, ст. к. *перелорочна*
показате

$PV_2 = \nu RT_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$ (*решит, к чему*)

2) $Q = A + \nu C$
 $\begin{array}{l} \circ \\ \parallel \\ \circ \end{array}$ $\begin{array}{l} \circ \\ \parallel \\ \circ \end{array}$
т-из *сочу* *(не выемит*
им)

$\Rightarrow u_1 = u_2$

$\frac{3}{2} \nu RT_1 + \frac{3}{2} \nu RT_2 = 3 \nu RT_3$

$T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{770}{2} =$

$= 385 K$

3) $Q_{mc} = \frac{3}{2} \nu RT_3 - \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) =$

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8,31 \cdot 55 = \frac{9}{5} \cdot 8,31 \cdot 11 = 164,538 J$

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$ а) 385 K б) 164,538 Дж

$$q_2 = \sigma \cdot S$$

$$q_1 = 4\sigma \cdot S_{BC}$$

$$q_2 = \sigma \cdot S_{AB}$$

Уч. 3.С.3

$$\frac{S_{BC}}{S_{AB}} = \frac{1}{4}$$

*

$$q_1 + q_2 = 2q$$

$$\frac{q_1}{q_2} = 4 \Rightarrow \frac{1}{1+\sqrt{2}}$$

$$q_2 + \frac{q_2 \cdot 4}{1+\sqrt{2}} = 2q$$

$$q_1 = q_2 \cdot \frac{4}{1+\sqrt{2}}$$

$$q_2 = \frac{q(5+\sqrt{2})}{1+\sqrt{2}}$$

$$G_{AB} = \frac{q_2 (5+\sqrt{2})}{S_{AB} (1+\sqrt{2})} = \frac{\sigma (5+\sqrt{2})}{1+\sqrt{2}}$$

$$G_{BC} = \frac{q_1 \cdot \frac{1+\sqrt{2}}{4}}{S_{BC}} = \frac{\sigma (5+\sqrt{2})}{1+\sqrt{2}} = \sigma (5+\sqrt{2})$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_{\text{общ}} = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \frac{(5+\sqrt{2})\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\sqrt{1 + \frac{1}{(1+\sqrt{2})^2}}$$

Ответ:

$$\frac{(5+\sqrt{2})\sigma}{2(1+\sqrt{2})} \cdot \frac{\sqrt{1+\frac{1}{(1+\sqrt{2})^2}}}{\epsilon_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на расстоянии $\frac{5}{4} F_0$ от L_1 , тогда

$P = G \cdot S$, где S - мощность светового потока,

тогда $I = k G S = m S$ (где $m = k \cdot G$)

$$\text{tg} \alpha = \frac{D}{F_0} \text{ (см. рис.)} \Rightarrow d_1 = F_0 \cdot \frac{D}{4}$$

$= \frac{D}{4}$ (т.к. микетина пом свет, то пусть

она имеет мощность S_1 , тогда

$$I_0 = m \cdot \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{4}\right)^2$$

$$\frac{8}{9} I_0 = m \cdot \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{4}\right)^2 - S_1\right)$$

$$\frac{8}{9} = \frac{\frac{\pi D^2}{64} - S}{\frac{\pi D^2}{64}}$$

$$S = \frac{\pi D^2}{9 \cdot 64} ; \text{ Пусть } d - \text{ диаметр микетины, тогда}$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{9 \cdot 64}$$

$$d = \frac{D}{12} \text{ (мощность } W_2 \text{ известна)}$$

масса движется со скоростью v в направлении
в свет потока в $z_0 \Rightarrow$

$$\frac{D}{12} = v \cdot z_0$$

$$v = \frac{D}{12 z_0}$$

3) Исходя из условия: машина движется
высочай в свет потока в t_1 , ~~т.е.~~ \Rightarrow

вершина точки ^{прямая} ~~кратчайшая~~ $\frac{D}{4} - \frac{D}{12} = \frac{D}{6}$

$$\frac{D}{6} \cdot v = t, \text{ где } t = t_1 - z_0$$

$$2z_0 = t \Rightarrow t_1 = 3z_0$$

Ответ: а) T_0 ; б) $\frac{D}{12 z_0}$; в) $3z_0$

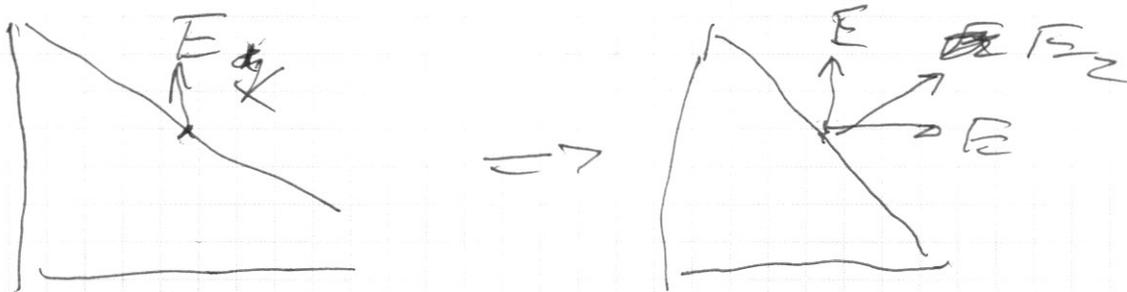
$$\textcircled{3} \quad \alpha = \frac{q}{L}$$

$$1) \quad E_{\text{одн}} = \frac{q}{\epsilon}$$

$$\vec{E}_{\text{одн}} = \frac{q}{\epsilon \cos \alpha} \Rightarrow E = \frac{q}{2\epsilon \cos \alpha} = \frac{q}{2\epsilon}$$

Т.к. $\triangle ABC$ - равносторонний ($\alpha = 45^\circ$) \Rightarrow

$$S_{AC} = S_{BC}, \text{ Т.к. } \sigma_{AB} = \sigma_{BC} \Rightarrow q_1 = q_2$$



Т.к. ~~$\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$~~ $q_1 = q_2 \Rightarrow$ их перекрестки

$$\Rightarrow E_{AB} = E_{BC} = E \text{ (см. рис)}, E_1 = E$$

$$E_2 = \sqrt{2} E \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$$

~~Ответ: $\sqrt{2}$~~ Ответ: $\sqrt{2}$

5)

$$\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1$$

$$\cos 2\alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2} \Rightarrow \sqrt{\frac{\frac{\sqrt{2}}{2} + 1}{2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{\sqrt{2} + 2}}{2}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{2} + 2}{4}} = \frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{2}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{\sqrt{\sqrt{2} + 2}} = \frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}} = \frac{1}{1 + \sqrt{2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{U_0 - I_{AC}}{I_{AC}} = \frac{U}{1 + \sqrt{2}}$$

$$I_{AC} + I_{AC} = 2I$$

$$\frac{U}{1 + \sqrt{2}} (I_{AC} + I_{AC}) = 2I \cdot I_{AC}$$

$$I_{AC} = \frac{5 + \sqrt{2}}{2 + 2\sqrt{2}} U_{AC}$$

$$I_1 = I \left(\frac{5 + \sqrt{2}}{2 + 2\sqrt{2}} \right)$$

$$I_2 = I \cdot \frac{5 + 3\sqrt{2}}{5}$$

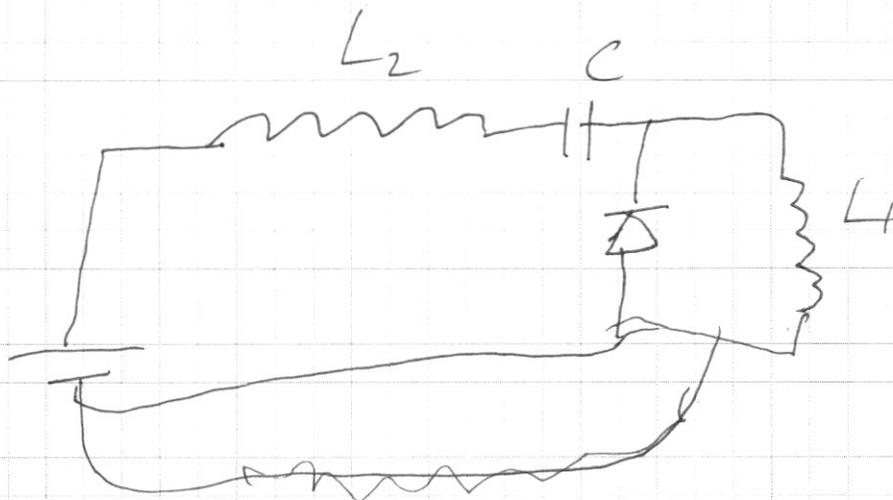
⇒ ~~Реш.~~

$$C \varepsilon^2 + \frac{L_1 I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{L_2 I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{C \varepsilon^2}{L_2 + L_1}} \approx I_{\text{max}} \quad \text{и} \quad R_{02}$$

$$I_{\text{max}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{5L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$L_2 = \frac{\mu_0 \mu_r N^2}{L}$ при постоянном токе

В нас можно ток через D не учесть;
 когда $U_C - \text{max} \Rightarrow U_C' = 0 \Rightarrow$
 $q' = 0 \Rightarrow U_C = \mathcal{E}$

$$L_{\text{эфт}} = \frac{3 \cdot 2L^2}{3L + 2L} = 1,2L$$

$$T = 2\pi \sqrt{1,2LC}$$

$\Gamma_1' - \text{мин} \Rightarrow \mathcal{E} U_C = L \Gamma_1' \Rightarrow 0 \Rightarrow$

$\neq U_D = 0 \quad \rightarrow \quad \chi_{L_1} = \omega \sqrt{1,2LC} \cdot X$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а)

$$1) L_{\text{общ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} = 1,2 L$$

$$T = 2\pi \sqrt{1,2 LC}$$

$$2) I_1 - \text{max} \Rightarrow I_1' = 0 \Rightarrow U_{L1} =$$

$$= L I_1' = 0, \text{ так } \Delta \varphi_{04} \Rightarrow U_D = 0,$$

$$I = R \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow \Delta \varphi_{04}$$

|
так $\Delta \varphi_{04}$

$$I_{\text{max } 01} = I_{\text{max } 02} \Rightarrow U_C = CE$$

$$CE =$$

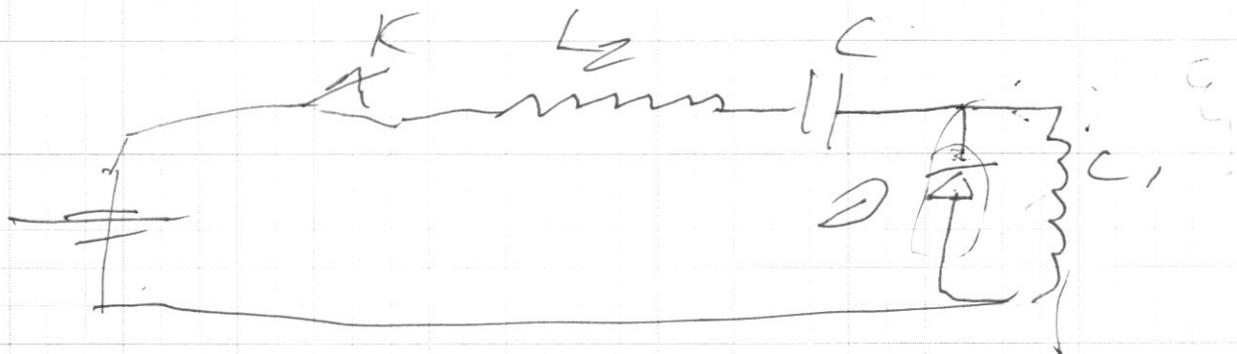
$$A_{\text{max}} = \Delta q \cdot E = CE^2$$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{L_1 I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{L_2 I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$I_{\text{max}} = E \cdot \sqrt{\frac{C}{5L}}$$

$$\text{Ответ: } 2\pi \sqrt{1,2 LC}, E \cdot \sqrt{\frac{C}{5L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



по D-контур.

$$\frac{\mu_0 \epsilon_0 \omega^2}{L}$$

$$L_{обш} = \frac{3L - 2L}{2L} = \frac{6}{4} L = 1,2L$$

$$T = 2\pi \sqrt{1,2LC}$$

$$U_C = \mathcal{E}$$

$$I_{min} \rightarrow \mathcal{E}' = 0 \rightarrow L, T = 0$$

$$\mathcal{E} = L_2 I' + L_1 I'$$

$$C \mathcal{E}^2 = \frac{C \mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_{min}^2}{2} + \frac{L_2 I_{min}^2}{2} =$$

$$I_{min} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{5L}} \Rightarrow I_{min} = \frac{C \mathcal{E}^2}{L_1 + L_2}$$

$$E = U_C + U_L$$

$$E = \frac{q}{C} +$$

$$I =$$

$$C = \frac{q}{U}$$

УС.

$$U = \frac{q}{C}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{q}{C}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S} \Rightarrow E = \frac{q}{2 \epsilon \epsilon_0 S} = \frac{6}{2 \epsilon \epsilon_0 S}$$

Т.к. $k \Rightarrow$

$$g_1 = g_2 \Rightarrow g_1 = g_2$$

$$\downarrow \sqrt{2}$$

$$\tan \frac{\pi}{4} = \tan \frac{\pi}{4}$$

$$\tan 2 = \frac{\sqrt{2} + \sqrt{2}}{\sqrt{2 + \sqrt{2}}}$$

$$\cos 22 = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

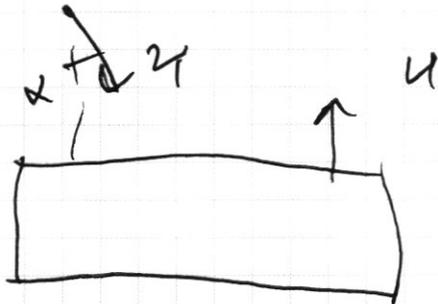
$$= \frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}}$$

$$\frac{U_{\text{MC}}}{U_{\text{AMB}}} = \frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2} \cos 22} = \frac{\cos 22 = 2 \cos^2 \alpha - 1}{2 + \sqrt{2} \cos 22} = \sqrt{\frac{\frac{\sqrt{2}}{2} + 1}{2}}$$

$$= \frac{1}{1 + \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} + 2}{2} \quad \sin 22 = \sqrt{1 - \frac{\sqrt{2} + 2}{2}}$$

$$\frac{\sqrt{2 + \sqrt{2}}}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- Перейдем в С-О.

($v_1 + u$) $\sin \alpha = v_2 \cos \beta$

$$(v_1 + u) \sin \alpha = (v_2 - u) \cos \beta$$

$$v_1 \cdot \frac{2}{3} + v_2 \cdot \frac{1}{3} = 1 - \frac{u}{9}$$

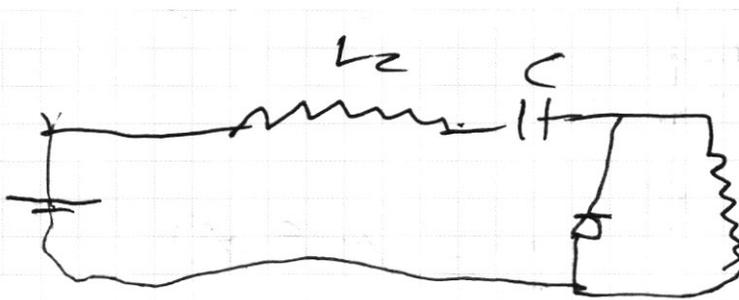
$$v_2 \leq v_1, \geq 12 \text{ м/с} \quad 1 - \frac{u}{9}$$

$$(6 + u) \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = (12 - u) \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$6\sqrt{5} + 4\sqrt{5} = 24\sqrt{2} - 2u\sqrt{2}$$

$$u = \frac{24\sqrt{2} - 6\sqrt{5}}{\sqrt{5} + 2\sqrt{2}} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + (70 - \frac{1}{15})^2}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + 1645.33}$$

$$Z = \sqrt{1655.33}$$

$$Z = 40.7$$

$$T_{22} \approx \sqrt{LC} = 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{(L_1 - L_2)C}$$

$$L_2 = \mu_0 \frac{N^2 C}{l}$$

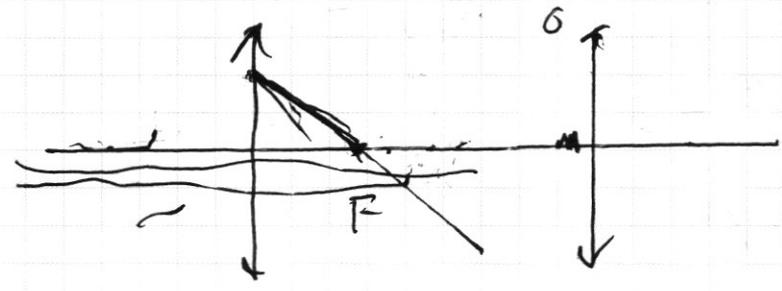
$$P \approx LI$$

$$139 \approx LI$$

$$I = \frac{P}{R}$$

$$I \approx 13.9$$

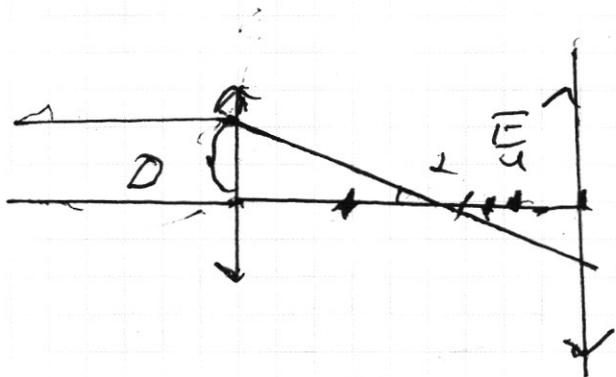
$$P = \frac{U \cdot I}{T}$$



$$\frac{1}{1.5R - F} + \frac{1}{6} = \frac{3}{R}$$

$$\frac{2}{R} + \frac{1}{6} = \frac{3}{R}$$

$$\delta = R$$



$$\frac{D}{F} = \tan \alpha$$

$$d = \tan \alpha \cdot 0,5 F = \frac{D}{2}$$

$$I = K \cdot A \cdot \bar{y}^2$$

$$n = 6 \cdot S$$

$$J = 6 K \cdot 6 \cdot S$$

$$S = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{4} \right)^2$$

$$F = K \sigma \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{4} \right)^2 \right)^2$$

$$\frac{9}{5} J = K \sigma \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{4} \right)^2 - S \right)$$

$$\frac{8}{9} = \frac{\frac{\pi d^2}{64} - S}{\frac{\pi d^2}{64}}$$

$$\frac{8 \pi d^2}{64} = 8 \frac{\pi d^2}{64} - 9S$$

$$\left(\frac{d}{4} \right) : \frac{12}{4} = \frac{S}{0,64} \quad \alpha = \frac{d}{3-4}$$

$$\frac{d}{4} \cdot \frac{12 \cdot 20}{4} = 9S$$

$$25 = \frac{d}{12 \cdot 20}$$

$$4 \cdot 20$$