

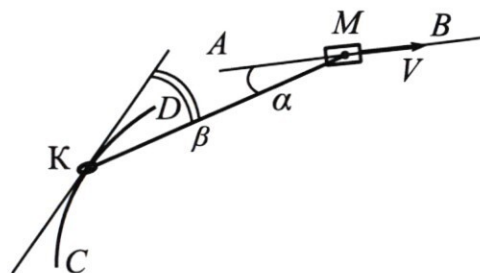
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



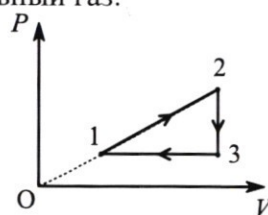
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



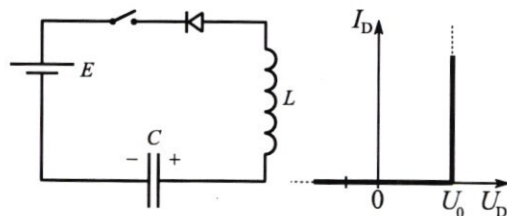
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

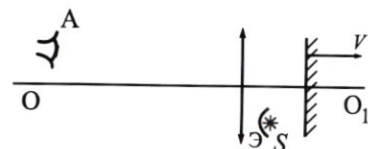


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

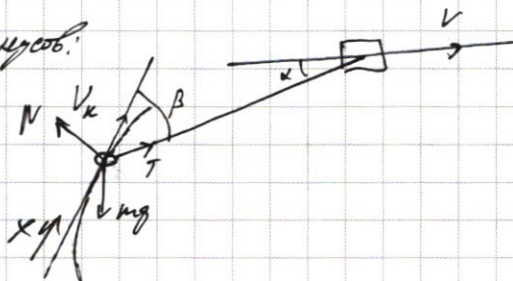
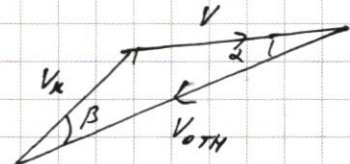
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Из треугольника скоростей по т. синусов:

$$\vec{V}_k = \vec{V} + \vec{V}_{отн}$$



$$\frac{V_k}{\sin \beta} = \frac{V}{\sin \beta}, \quad V_k - \text{скорость колесца относительно Земли.}$$

$$V_k = \frac{V \sin \alpha}{\sin \beta}; \quad V_k = \frac{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17}{5} = 1.088 \text{ м/с} \approx 1.1 \text{ м/с}$$

2) Из треуго. скоростей: $\vec{V}_k = \vec{V}_{отн} + \vec{V}$, по т. синусов:

$$\frac{V_{отн}}{\sin(180 - \alpha - \beta)} = \frac{V}{\sin \beta} \Rightarrow V_{отн} = \frac{V \cdot \sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}, \quad V_{отн} - \text{скорость колесца относительно Земли}$$

$$V_{отн} = \frac{0.4 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17}{5} = \frac{0.4 \cdot 47}{25} = 0.752 \text{ м/с}$$

3) По 23M для тела m на ось X ($X \perp N$)

К: $T \cos \beta - mg \sin \beta = \max$

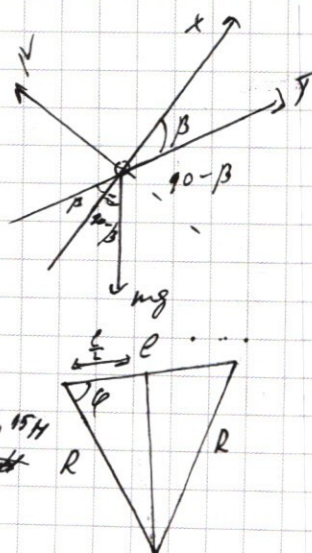
$$a_k = g \cos \varphi = \frac{g \ell}{2R} = \frac{0.17}{30}$$

$$a = \frac{V_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m/g \sin \beta + \frac{V_k^2}{R} \cdot \frac{17}{30}}{\cos \beta}$$

$$T = \frac{1 \cdot (10 \cdot 17 + \frac{1.21}{1.7} \cdot \frac{17}{30}) \cdot 17}{8}$$

$$T = \frac{(\frac{50}{17} + 0.4) 17}{8} = \frac{50 + 7.2}{8} = 7.15 \text{ Н}$$



Ответ: 1) $V_k = 1.1 \text{ м/с}$; 2) $V_{отн} = 0.75 \text{ м/с}$; 3) $T = 7.15 \text{ Н}$

1) Температура уменьшается в

процессах! 2-3 и 3-1
по ЗСД:

$$2-3: Q_{23} = \Delta U_{23}$$

$$C_{23} V \Delta T_{23} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

по ЗСД:
3-1: $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$

$$C_{31} V \Delta T_{31} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{31} + p \Delta V_{31} = \frac{5}{2} V R \Delta T_{31}$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$$

2) по ЗСД для процесса 1-2:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{12} + \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1); \quad A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

из ~~уравнения~~ Менделеева - Клапейрона:

$$V R \Delta T_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 4 A_{12}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$$

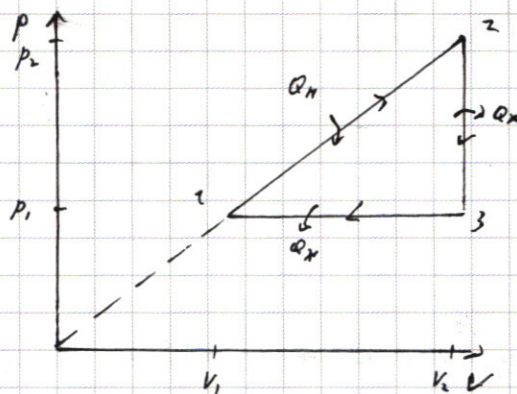
3) $\eta = \frac{A_2}{Q_H} = \frac{A_{12} - A_{31}}{Q_{12}} = \frac{0,25 Q_{12} - A_{31}}{Q_{12}}$, A_2 - работа газа за цикл

КПД будет ^{максимальным} предельно возможным при $A_{31} \rightarrow 0$,

это возможно при $p_1 \rightarrow 0$, тогда найдем η

$$\eta = \frac{0,25 Q_{12}}{Q_{12}} = 0,25$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$; 2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$; 3) $\eta = 0,25$



или мощность холодильника

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

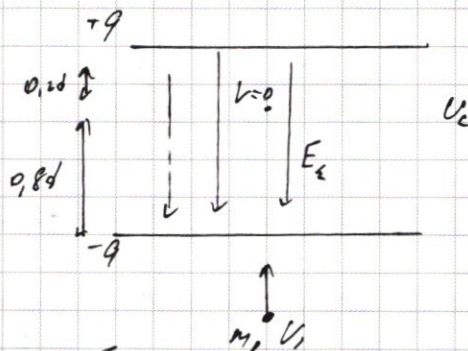
3) Вне конденсатора поле нет, так как
поле созданные $+q$ и $-q$ направлены противоположно и равно по
модулю. Поэтому на частицу ^{нигде} силы не действует из ЭСД: $V_0 = V_1$

1) Внутри конденсатора пластины создано однородное поле (E_z)
по ЭН для частицы!

$$E_z \cdot Q = ma$$

$$\frac{qQ}{\epsilon_0 S} = ma$$

$$a = \frac{qQ}{\epsilon_0 S m}$$



$a = \text{const}$; для равноускоренного движения.

$$0.8d = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot T$$

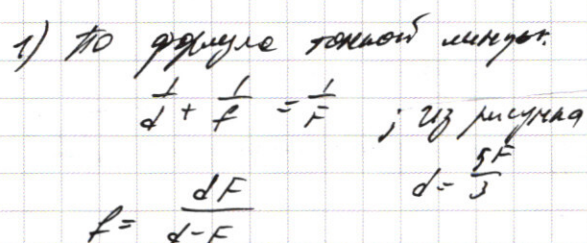
$$T = \frac{1.6d}{V_1}$$

2) для равноускор. движения: $0.8d = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{V_1^2}{1.6d}$

$$a = \frac{qQ}{\epsilon_0 S m} = \frac{V_1^2}{1.6d} \Rightarrow \frac{q}{\epsilon_0 S} = \frac{V_1^2}{1.6d m} = E_z$$

$$V_c = E_z d = \frac{V_1^2}{1.6}$$

Ответ: 1) $T = \frac{1.6d}{V_1}$; 2) $V_c = \frac{V_1^2}{1.6}$; 3) $V_0 = V_1$



направление (векторы)

$$t_{gd} = \frac{F_H}{d \cdot (F - F)} \Rightarrow t_{gd} = \frac{5F \cdot PF}{2 \cdot 15 \cdot (\frac{5F}{2} - F) \cdot \frac{5F}{3}} = \frac{\cancel{5F^2} \cdot 40F^2}{50F \cdot 1,5F} = \underline{\underline{\frac{8}{15}}}$$

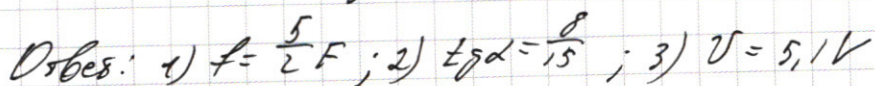
В СО земли $V_S = V + V = 2V$ (61,060)

$$\frac{V_{s_k}}{V_s} = \gamma^2, \text{ где } V_{s_k} - \text{скорость изображения } s^* \text{ вдоль осей } OX,$$

$$V_{Sx} = r^2 \cdot \frac{V_S}{s} = 2V \cdot \left(\frac{r}{s}\right)^2 = \frac{9V}{2}$$

2.3 Треугольная система координат

$$\cos \alpha = \frac{V_{s,y}}{V} \Rightarrow V = \frac{V_{s,y}}{\cos \alpha} = \frac{9V \cdot 17}{2 \cdot 15} = 5,1V$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

и 4

1) Когда сразу после замыкания ключа!

ток течет так как показано на рис.

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U_1 \\ \varphi_3 - \varphi_2 - \mathcal{E} = U_0 \end{cases}$$

$$\varphi_1 = 6\text{В}$$

$$\begin{cases} \varphi_2 = \varphi_1 + U_1 \\ \varphi_3 = U_0 + \varphi_2 + \mathcal{E} \end{cases}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_1 - \mathcal{E} - U_0 = U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - \mathcal{E} - U_0}{L}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = 10 \text{ А/с} ; \text{ заряд на конденсаторе в нач. момент}$$

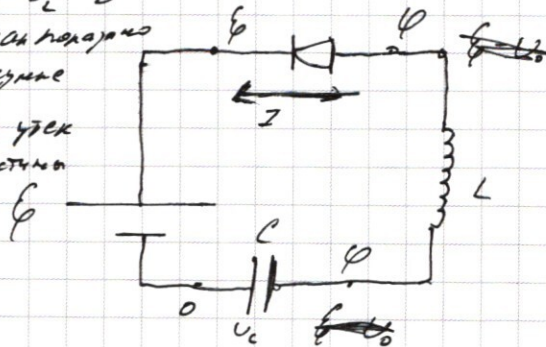
$$C U_1 = q_1 = 120 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

2) Когда $I = I_{\text{max}} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow U_L = 0$

ток течет так как показано на рисунке

$$U_L = \mathcal{E} - U_0$$

так как заряд утек с правой пластинки



$$\varphi - \mathcal{E} = U_0$$

$$\varphi = U_0 + \mathcal{E}$$

$$U_L = U_C = \varphi - 0 = U_0 + \mathcal{E} = 4\text{В}$$

$$C \cdot U_L = q_2 = 80 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

по ЗСЭ:

$$A_{\text{исл}} = \Delta W_C + \Delta W_L$$

$$; A_{\text{исл}} = -(q_1 - q_2) \mathcal{E} = C(U_L - U_1) \mathcal{E}$$

$$\Delta W_C = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\Delta W_L = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} ; \Delta W_L = \frac{L I^2}{2}$$

$$2C(U_L - U_1) \mathcal{E} = C U_2^2 - C U_1^2 + L I^2 \Rightarrow I = \frac{2C(U_L - U_1) \mathcal{E} - C(U_2^2 - U_1^2)}{L}$$

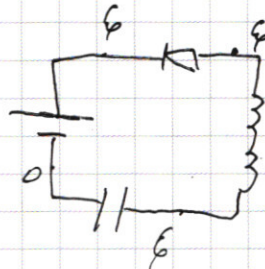
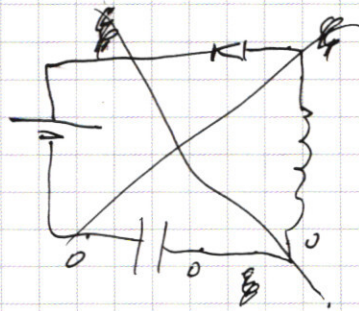
$$I = \frac{C \cdot (2(U_L - U_1) \mathcal{E} - U_2^2 + U_1^2)}{L} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 2 \cdot 3 - 16 + 36)}{0,2} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ А}$$

3) β $t = t_{\text{пер}}$ $I = 0$, т.е.

~~то 3C:~~

~~$\Delta W_c = \Delta W_c$~~

$U_c = \mathcal{E} = 3\text{В}$



Ответ: 1) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ 2) $I = 8 \cdot 10^{-4} \text{ А}$ 3) $U_c = 3\text{В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_k = \frac{0,4 \cdot \frac{4}{5} \cdot 17}{5} = \frac{1,6 \cdot 17}{25} = \frac{27,2}{25} = 1,088$$

$$h = \frac{3}{8} \cdot \frac{8F}{15} = 0,2F$$

$$\tan \alpha = \frac{0,2 \cdot 8 \cdot 16}{3} = \frac{25,6}{3} = 8,53$$

$$\frac{V_k}{\sin \alpha} = \frac{L}{\sin \beta}$$

$$V_k = \frac{L \sin \beta}{\sin \alpha}$$

$$\frac{V_{отн}}{\sin(180 - \alpha - \beta)} = \frac{L}{\sin \beta}$$

$$\frac{V_{отн}}{\sin(210^\circ)} = \frac{L}{\sin \beta}$$

$$\frac{V_{отн}}{0,5} = \frac{L}{\sin \beta} \Rightarrow V_{отн} = \frac{L \sin \beta}{0,5}$$

$$T \cos \beta - mg \cos \beta = \max$$

$$\cos \varphi = \frac{17R}{30 \cdot R} = \frac{17}{30}$$

$$\varphi = \arccos \frac{17}{30}$$

$$a_k = a \cdot \cos \varphi$$

$$a = \frac{v_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m(g \cos \beta + \frac{v_k^2}{R})}{\cos \beta}$$

$$T = \frac{1 \cdot (10 \cdot 17 + \frac{1,088^2}{30 \cdot 47})}{\frac{8}{17}} = \frac{170 + \frac{1,18}{1220}}{\frac{8}{17}} = \frac{170,1}{\frac{8}{17}} = 3,625$$

$$F = 53,7 \text{ Н} \approx 12 \text{ Н}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - U$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \mathcal{E}$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 - U + \mathcal{E}$$

$$U_L = \varphi_3 - \varphi_1 = \mathcal{E} - U$$

$$I_L = I_{\max} \Rightarrow U_L = 0$$

1)

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + U_1$$

$$\varphi_3 - \mathcal{E} - \varphi_1 = U_0$$

$$\varphi_3 = U_0 + \mathcal{E} + \varphi_1$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = U_0 + \mathcal{E} + \varphi_1 - \varphi_1 - U_1$$

$$U_L =$$

$$U_L = U_1 - U_0 - \mathcal{E} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - U_0 - \mathcal{E}}{L} = 10 \text{ A/C}$$

$$2) I_L = I_{\max} \Rightarrow U_L = 0$$

$$10^{-4}$$

$$A_{\text{дс}} = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$\Delta W_L = \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$$\Delta W_C = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

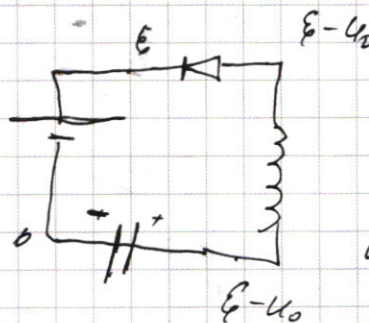
$$A_{\text{дс}} = -(q_1 - q_2) \cdot C \mathcal{E}$$

$$C U_1 = q_1$$

$$C U_2 = q_2$$

$$C U_1 = I$$

$$\frac{C \Delta U}{\Delta t} =$$



$$5,44$$

$$10,88$$

$$\varphi - \mathcal{E} = U_0$$

$$\varphi = 4 \text{ В}$$

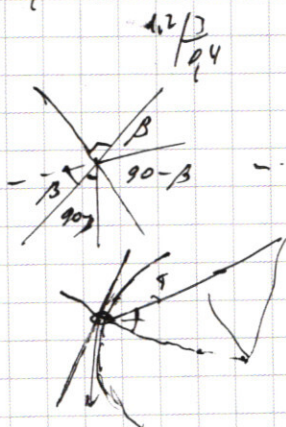
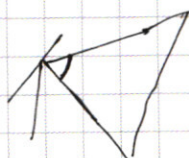
$$\begin{array}{r} \times 932 \\ 18 \\ \hline 224 \\ \times 2 \\ \hline 448 \end{array}$$

$$\mathcal{E} - U_0 = 2 \text{ В}$$

$$U_C = 2 \text{ В} \text{ — стало}$$

$$U_1 = 6 \text{ В} \text{ — стало}$$

$$2 \pi R = C$$



$$\frac{4 \cdot 47 - 4}{25 - 10 - 4} = \frac{16 \cdot 47}{100 - 10} \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{47}{5} = \frac{4}{5} \cdot \frac{47}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{47}{5}$$

$$\frac{94}{25} = \frac{94}{25} + \frac{138}{25}$$

$$\frac{94}{25} = \frac{94}{25} + \frac{138}{25}$$

$$\frac{94}{25} = \frac{94}{25} + \frac{138}{25}$$

$$\frac{94}{25} = \frac{94}{25} + \frac{138}{25}$$

$$\frac{47}{5} = \frac{47}{5} + \frac{138}{5}$$

$$\frac{47}{5} = \frac{47}{5} + \frac{138}{5}$$

$$\frac{47}{5} = \frac{47}{5} + \frac{138}{5}$$

$$\frac{47}{5} = \frac{47}{5} + \frac{138}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1-2

$$CV_1(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1)$$

$$p_1 V_1 = VR T_1$$

$$p_2 V_2 = VR T_2$$

$$\Rightarrow \frac{VR T_2}{p_2 V_2} = \frac{VR T_1}{p_1 V_1}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \Rightarrow 2A_2 = (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$Q_H = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 4A_2$$

$$\frac{Q}{A_2} = 4$$

2-3: $CV_2 T_2 = Q_{23} = \Delta U_{23}$ $p_2 \Rightarrow T_2$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} VR T_2 = Q_H$$

$$CV_2 T_2 = \frac{3}{2} VR T_2 \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

3-1: $Q_{31} = \frac{3}{2} VR T_3 + VR T_3 \Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2}$

$$\eta = \frac{A_H}{Q_H}$$

$$A_H = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1)$$

$$A_{31} = (V_2 - V_1) p_1$$

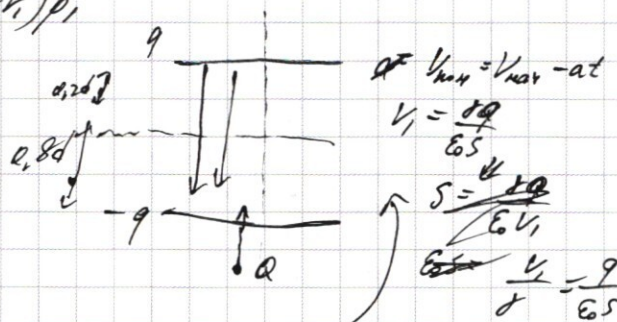
напряженность электрического поля от пластин $+q$ и $-q$ в
вне конденсатора поле нет, поэтому $V_0 = V_1$
 $\sigma = \frac{q}{S}$
 $F_{эл} = mg$

$$F_{эл} Q = mg$$

$$E_z = \frac{q}{2\epsilon_0 S} + \frac{q}{2\epsilon_0 S} = \frac{q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \frac{qQ}{\epsilon_0 S} = mg \Rightarrow a = \frac{g}{\epsilon_0 S}$$

$$U = Ed$$

$$U = \frac{q}{\epsilon_0 S} d = \frac{V_1 d}{\delta}$$



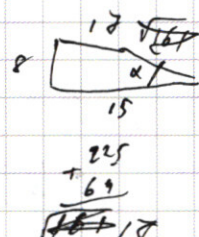
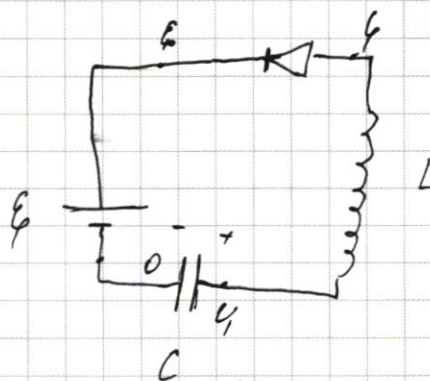
$$0,8d = \frac{V_{max} + V_{min}}{2} \cdot T$$

$$1,6d = V_1 T \Rightarrow T = \frac{1,6d}{V_1}$$

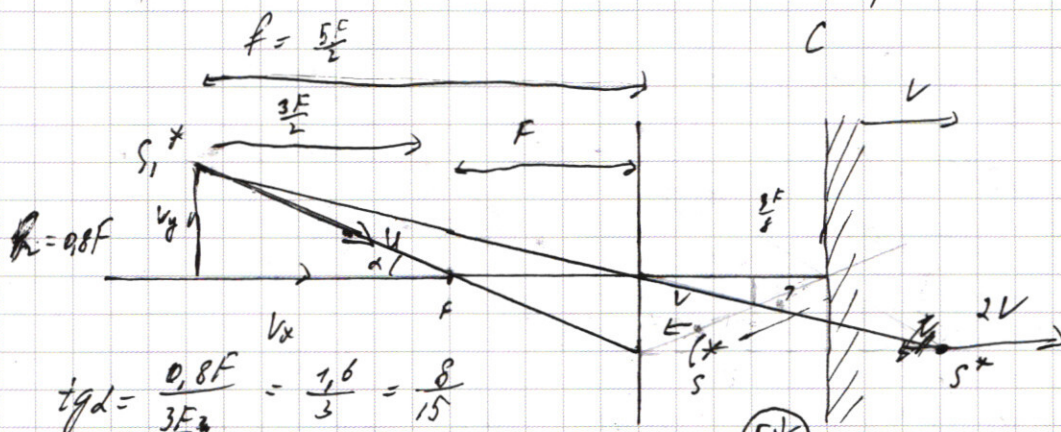
$$U - \varphi = L I'$$

$$U_c(0) = U_1$$

$$I_L(0) = 0$$



$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$



$$\tan \alpha = \frac{0.8F}{\frac{3F}{2}} = \frac{1.6}{3} = \frac{8}{15}$$

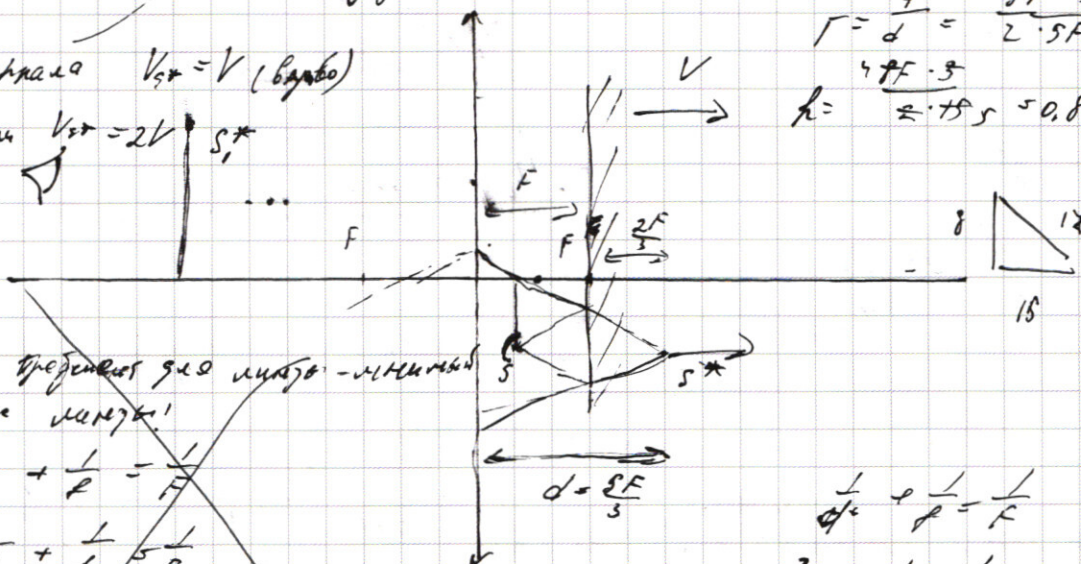
$$U = U_x \quad \frac{U_x}{U_1} = \cos \alpha \Rightarrow U = \frac{U_x}{\cos \alpha} = \frac{0.8F \cdot 17}{15} = \frac{8.16}{15} V \quad f = \left(\frac{8F}{15} \right) \Rightarrow h = \frac{8F}{15} \cdot f$$

В CD, где $V_{s*} = V$ (верно)

В CD, где $V_{s*} = 2V$

$$f = \frac{h}{d} = \frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F} = 1.5$$

$$h = \frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 15} = 0.8F$$



Но требуется 9.0 мкА - минимально по формуле мкА:

$$-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad -\frac{3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} = \frac{8}{5F} \Rightarrow f = \frac{5F}{8}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} = \frac{2}{5F} \quad f = \frac{5F}{2}$$

$$\frac{U_x}{U_{s*}} = f^2 \quad \frac{U_{s*}}{U_{s*x}} = f^2 \quad \frac{2V}{U_{s*x}} = 2.25 \Rightarrow U_{s*x} = \frac{2V}{2.25} = \frac{2V \cdot 4}{9} = \frac{8V}{9} = U_x \quad \frac{9V}{15} \cdot 17 = \frac{3 \cdot 9V \cdot 17}{30 \cdot 10} = 5.1V$$