

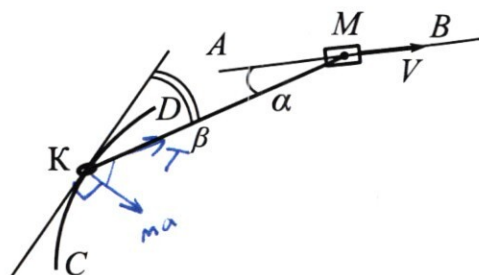
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

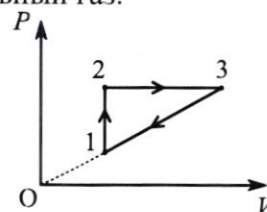
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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 повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

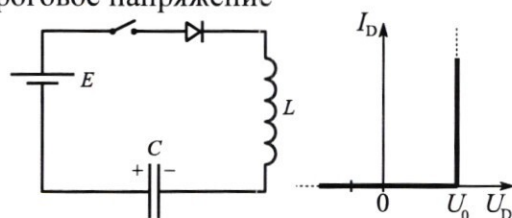
скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица 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.

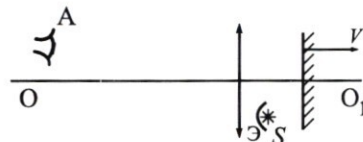
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

$$v_{отн} = \frac{5 \cdot 4}{4} = 5$$

$$v_{отн} = \frac{50 \cdot 5}{4} = 62.5$$

$$v_{отн} = \frac{75 \cdot 4}{4} = 75$$

$$0,3 \cdot 0,56^2 \cdot 4$$

$$5 \cdot 0,53$$

$$v_x \cdot \cos \alpha = v$$

$$U = ?$$

$$u_1 - u_2 = 28 + u_1 + u_2$$

$$T = \frac{m u^2}{R}$$

$$17^2 - (17 - 2)^2 = 17^2 - 15^2 = 64$$

$$\frac{F \cdot \frac{d}{dt} (d - F) - (F \cdot d) \frac{d \cdot d}{dt}}{(d - F)^2} = \frac{dF}{dt}$$

$$\frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{F \cdot U_{негр} (d - F) - F \cdot d \cdot U_{негр}}{(d - F)^2} = \frac{F U_{негр} (d - F - d)}{d \cdot F}$$

$$\frac{2,24}{5} = 0,448$$

$$\frac{F^2}{(d - F)^2} = U_{изобр} = v$$

$$\frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{25}{17}$$

$$\frac{F^2 \cdot 2V}{(d - F)^2} = v = v_x \cdot \cos \alpha$$

$$T \cdot \sin \beta = mg$$

$$v_x = \frac{F^2 \cdot 2}{(d - F)^2 \cdot \cos \alpha}$$

$$0,50 \cdot \frac{5}{4} = 0,625$$

$$0,56 \cdot \frac{4}{5} = 0,448$$

$$T = \frac{m u^2 \cdot 5}{R \cdot 4} = \frac{0,3 \cdot 0,50^2 \cdot 5}{0,53 \cdot 4}$$

$$U_1 - U_0$$

$$2.6.7$$

$$(6.3)$$

$$41.2$$

$$(84)$$

$$\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0.1} \cdot (2.6(2+5) + (4-25))$$

$$= (84 - 21) 40 \cdot 10^{-8}$$

$$= 63 \cdot 40 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{63}{252} \cdot \frac{4}{11} \cdot \frac{1}{0.3}$$

$$U_1 - \mathcal{E} - U_0$$

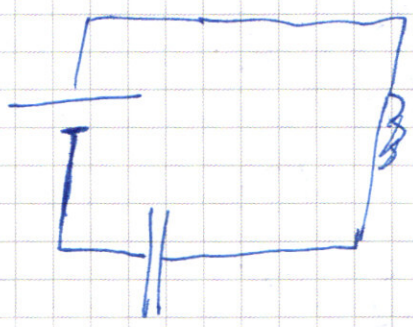
$$U_2 = U_0 - \mathcal{E}$$

$$U_2 = \mathcal{E} - U_0$$

$$U_1 = -5B$$

$$\mathcal{E} - U_0 + U_1 = 0$$

$$U_0 + U_1 = \mathcal{E}$$



$$F \cdot \sin \beta$$



$$ma + T \sin \beta = N$$

$$T \cos \alpha = N \cdot a$$

$$T \cos \beta = F$$

$$(4)$$

$$\frac{63 \cdot 4}{10000} = \frac{25.2}{10000}$$

$$\frac{25.2}{1000} = \frac{2.52}{100}$$

$$\frac{0.252}{10}$$

$$\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{9}$$



$$\frac{63 \cdot 40 \cdot 10}{4 \cdot 1000000}$$

$$\frac{224}{4} \cdot \frac{1}{4}$$

$$\frac{5}{3.8 \cdot 0.2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4 15/100

$E = L \dot{I} - U_1$

$E + U_1 = L \dot{I}$

$1 - \frac{15^2}{17^2} = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17}$

$68 + 4 \sqrt{22}$

$E \cdot g = m \cdot a$

$E \cdot \gamma = a$

$(d - a) = \frac{V_1^2}{2a}$

$2(d - a) = \frac{V_1^2}{E \cdot \gamma}$

$0,2d = \frac{at^2}{2}$

$\frac{0,4d}{a} = t^2$

$E = \frac{V_1^2}{2 \cdot 0,7d \gamma}$

$E \cdot \gamma = \frac{V_1^2}{2 \cdot 0,7d}$

$\frac{0,56 d^2}{V_1^2} = t^2$

$\frac{0,4d \cdot 2 \cdot 0,2d}{V_1^2} = \frac{0,8 \cdot 0,7 d^2}{V_1^2} = t^2$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 17 \\ \hline 113 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$289 - 225 = 64$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ \hline 75 \\ 150 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\frac{8}{14}$$

$$T = m \frac{v_{\text{отн}}^2}{2} = \frac{m v_{\text{отн}}^2 \cdot 4}{5 \cdot R}$$

$$2I_7 = \frac{21}{2} = \frac{1}{2} + (2n_0 + n_1) \cdot 3$$

$$\frac{2}{2} + \frac{3}{2} = \frac{1}{2} + (2n_0 + n_1) \cdot 3$$

$$\frac{22}{2} + \frac{3}{2} = \frac{1}{2} + 6 \cdot 3$$

$$2n_0 + n_1 = 6$$

$$2n_0 + n_1 = 6$$

$$2n_0 - n_1 = 3$$

$$3 - n_0 = n_1$$

$$n_1 =$$

$$1 - 6$$

$$-I_7 + n_0 = 3$$

$$\frac{0,17}{7,8}$$

$$6 + 2 - 1$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = E \cdot q \cdot 0,7 d$$

$$E \cdot q = \frac{v_1^2}{1,4 d}$$

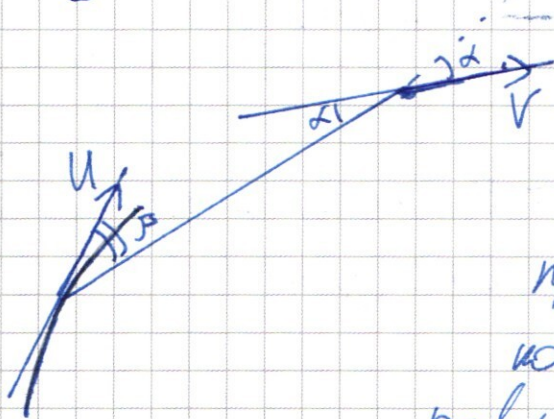
$$E = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$$

$$Q = E \cdot S \cdot \epsilon_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

U - скорость кольца

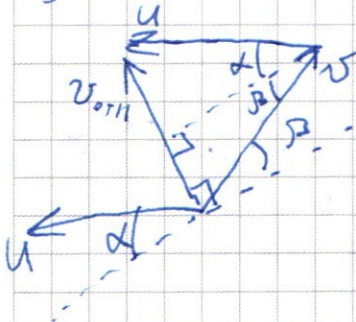


1) так как нить радиуса R и перпендикулярна TO
проекции скоростей муфты и
кольца на стержень должны
равняться (закон сохранения энергии) $\Rightarrow$

$$U \cdot \cos \beta = V \cdot \cos \alpha \Rightarrow U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{\frac{15}{17} V}{\frac{3}{5}} = \frac{25}{17} V$$

$$\Rightarrow U = \frac{25}{17} \cdot 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} ; U = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) в Е.О. муфты скорость кольца



~~но теорема~~
Трос будет перпендикулярен
относительной скорости $U_{\text{отн}}$
проекция скоростей равны на стержень
равны $\Rightarrow$

$$U_{\text{отн}} = V \cdot \sin \beta + U \cdot \sin \alpha =$$

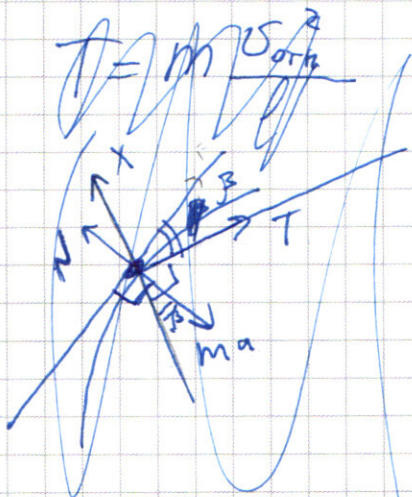
$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{3^2}{5^2}} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$U_{\text{отн}} = V \cdot \frac{8}{17} + U \cdot \frac{4}{5} = \frac{34}{17} \cdot 8 + 50 \cdot \frac{4}{5} = 16 + 40 = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3) в системе отсчета муфты в этот момент
время кольцо будет двигаться по дуге

Окружности ~~не~~



$$T \cdot \sin \beta = m a = m \frac{v^2}{R}$$

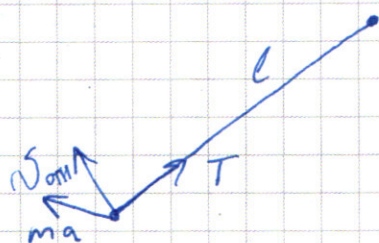
$$T \cdot \sin \beta - N = m \frac{v^2}{R}$$

$$\text{осб } x \perp T$$

$$x: m a \cdot \cos \beta + T \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta = N \cos \beta$$

$$N = m \frac{v^2}{R} + T \cdot \sin \beta$$

Значит:



$$T = \frac{m v_{\text{отн}}^2}{l} + \frac{m U^2}{R \frac{1}{\cos \beta}} = \frac{4m v_{\text{отн}}^2}{5R} + \frac{3m U^2}{5R}$$

$$= \frac{m}{5R} \left(\frac{4}{5} v_{\text{отн}}^2 + 3U^2 \right) =$$

$$T = \frac{m}{5R} (4 v_{\text{отн}}^2 + 3U^2)$$

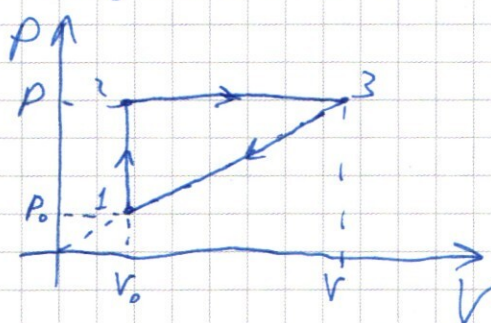
$$T = \frac{0,3}{5 \cdot 0,53} (4 \cdot 0,56^2 + 3 \cdot 50^2) \approx \frac{0,3}{5} (4 \cdot 0,56^2 + 3 \cdot 50^2) \approx$$

$$\approx 0,23 \text{ Н}$$

Ответ: ~~U=50~~ $U = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; $v_{\text{отн}} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; $T \approx 0,23 \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2



1) повышение температуры

происходит на участке 1-2
и 2-3

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{\delta U + \delta A}{dT} = \frac{3}{2}R + \frac{P dV}{dT}$$

процесс 1-2 -

- изохорический, процесс 2-3 - изобарический

$$C_{12} = \frac{3}{2}R; C_{23} = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$$

2) на участке 2-3: $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}VR\Delta T$

$$A_{23} = P\Delta V = VR\Delta T \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{(P-P_0)(V-V_0) \cdot \frac{1}{2}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{P}{V}$$

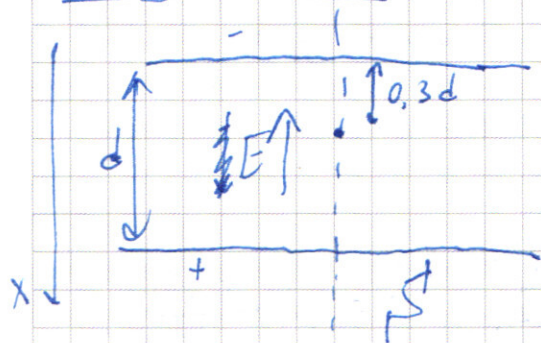
$$Q_{12} = \frac{3}{2}V_0(P-P_0); Q_{23} = \frac{5}{2}P(V-V_0)$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{1}{2}(P-P_0)(V-V_0)}{\frac{3}{2}V_0(P-P_0) + \frac{5}{2}P(V-V_0)} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}\frac{V_0}{V-V_0} + \frac{5}{2}\frac{P}{P-P_0}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}\frac{V_0}{V-V_0} + \frac{5}{2}\frac{\frac{P_0}{V_0}V}{\frac{P_0}{V_0}V - P_0}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}\frac{V_0}{V-V_0} + \frac{5}{2}\frac{V}{V-V_0}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}\frac{3V_0+5V}{V-V_0}} = \frac{V-V_0}{3V_0+5V} = \frac{1 - \frac{V_0}{V}}{3\frac{V_0}{V} + 5}$$

если $V \rightarrow \infty \Rightarrow \eta_{\text{макс}} = \frac{1}{5} = 20\%$

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$; 3) $\eta_{\max} = 20\%$

Задача №3



1) т.к. поле ~~внутри~~ на оси
симметрично относительно, то
 $E \cdot q = m \cdot a_x \Rightarrow$

$E \cdot \gamma = a_x$ будем, что

ускорение постоянно $\Rightarrow d - 0,3d = 0,7d = \frac{V_1^2}{2 \cdot a}$

$0,7d = \frac{V_1^2}{2 \cdot E \cdot \gamma} \Rightarrow E = \frac{V_1^2}{1,4 \cdot \gamma}$ (из кинематики)

также из кинематики $0,5d - 0,3d = 0,2d = \frac{a T^2}{2} \Rightarrow$

$T^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,4d}{E \cdot \gamma} = \frac{0,4d \cdot 2 \cdot 0,7d}{V_1^2} = \frac{0,56d^2}{V_1^2} \Rightarrow$

$T = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56}$

2) ~~В~~ т.к. радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками, то

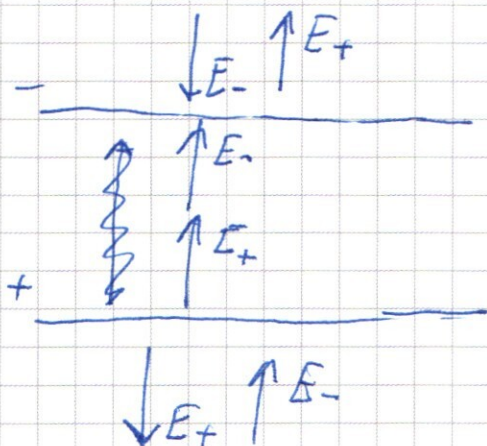
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{V_1^2}{1,4 \cdot \gamma} \Rightarrow$

$Q = \frac{\epsilon_0 \cdot S V_1^2}{1,4 \cdot \gamma}$

3) Так как за пределами конденсатора поле не будет, то разность потенциалов

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Не будет, а значит ускорения не будет $\Rightarrow$
Скорость будет постоянной $\Rightarrow V_2 = V_1$



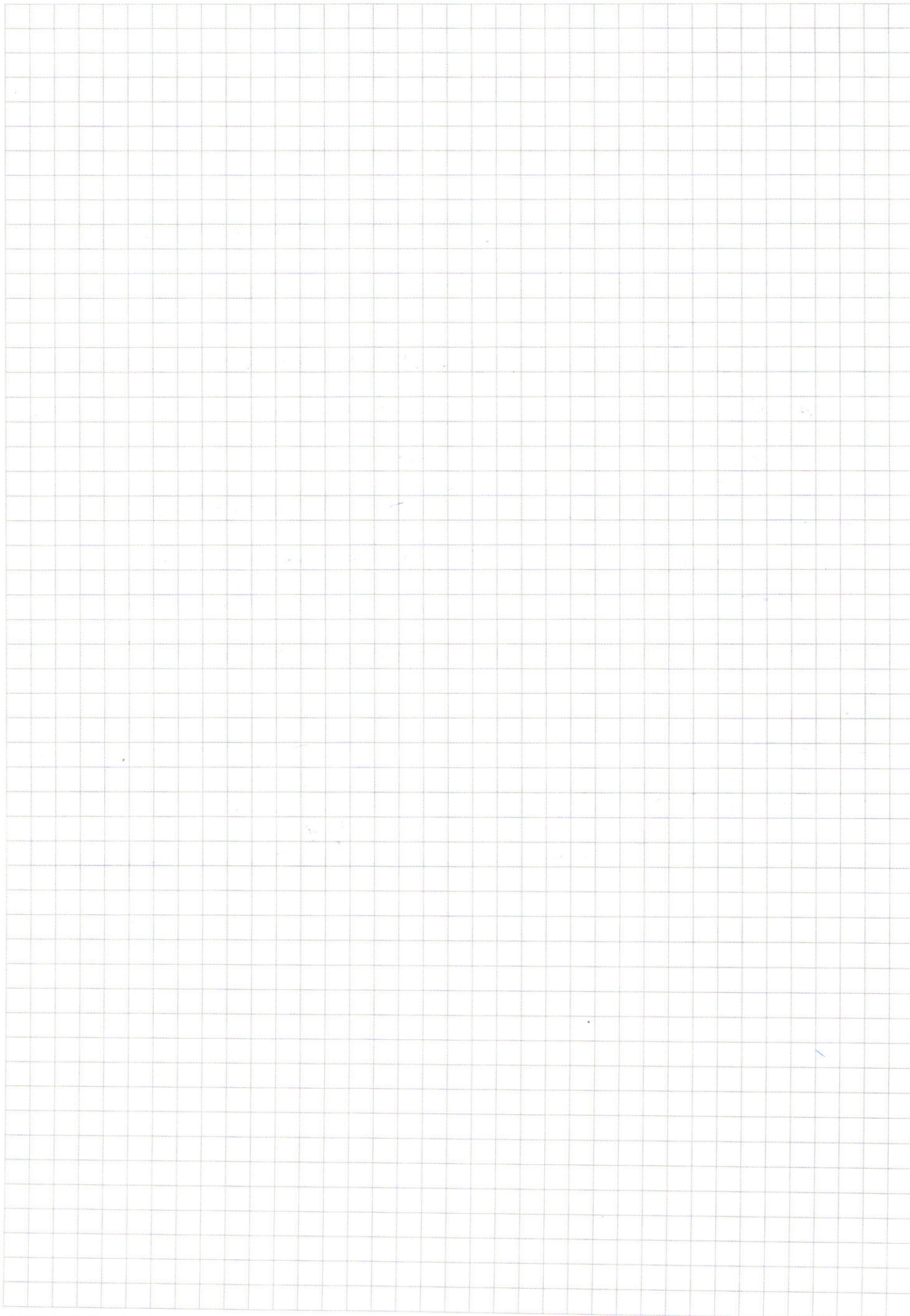
E_+ это напряжённость,
создаваемая пласт. заряд.
обкладкой

E_- это напряжённость,
создаваемая отриц.

заряженной обкладкой

или видно, что суммарная напряжённость
0.

Ответ: $T = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56}$; $Q = \frac{\epsilon_0 \cdot S \cdot V_1^2}{1,48}$; $V_1 = V_2$

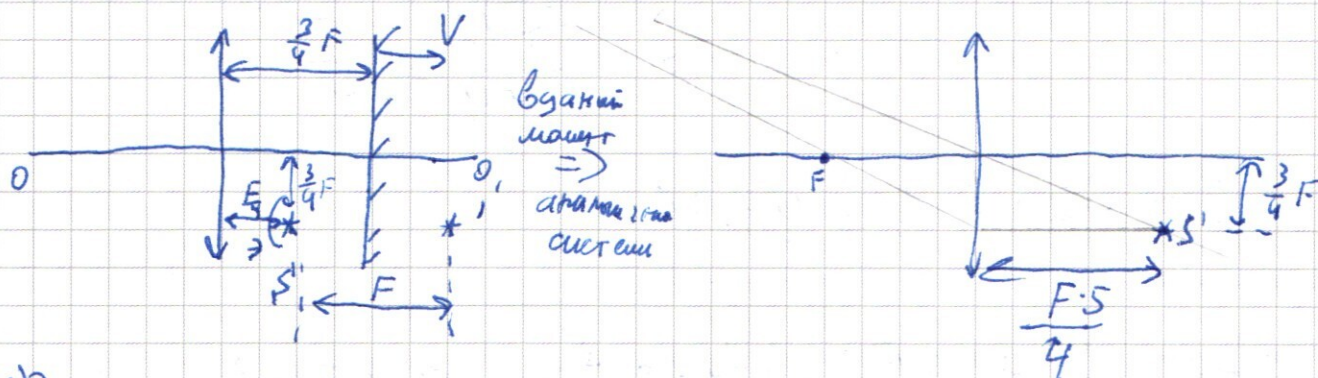


☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

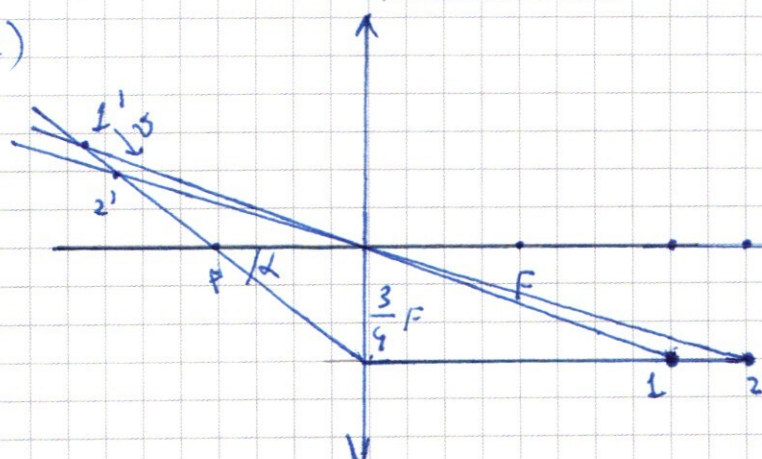


1) Вспомогательная формула ТОКНОЙ ЛИНЗЫ:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{F \cdot F \cdot \frac{5}{4}}{\frac{5}{4}F - F} = F \cdot \frac{\frac{5}{4}}{\frac{1}{4}} = 5F$$

Значит наблюдатель А сможет увидеть изображение источника на расстоянии $|f| = 5F$

2) при сдвиге тела ОТ м. (к м.)
изображение сдвигается
по направлению 1' 2' 2)



Значит искомый
угол α

$$\tan \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha$$

$$\alpha = \arctan \frac{3}{4}$$

3) $f = \frac{F \cdot d}{d - F}$ продифференцируем и получим

$$U_{\text{изобр}} = U_{\text{предм}} \cdot \frac{F^2}{(\frac{5}{4}F - F)^2} = 16 U_{\text{предм}}$$

v - искомая скорость

$$v_{\text{изобр}} = v \cdot \cos \alpha; U_{\text{предм}} = 2V \text{ (так как зеркало)} \Rightarrow$$

$$U \cdot \cos \alpha = 16 \cdot 2 \text{ V} = 32 \text{ V} \Rightarrow U = \frac{32 \text{ V}}{\cos \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

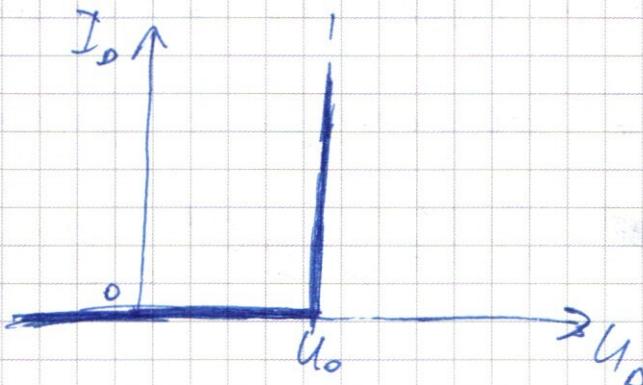
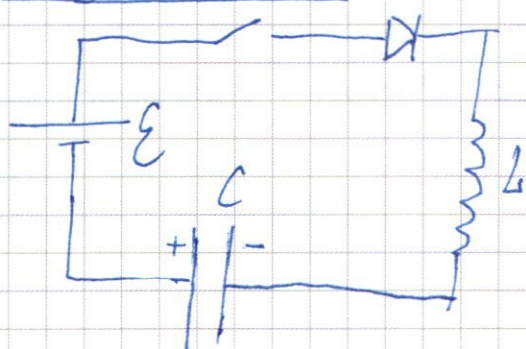
$$\begin{aligned} \tan^2 \alpha + 1 &= \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{\tan^2 \alpha + 1} = \sqrt{\left(\frac{3}{4}\right)^2 + 1} = \\ &= \frac{\sqrt{9 + 16}}{\sqrt{4 \cdot 4}} = \frac{5}{4} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$U = 32 \cdot \frac{5}{4} \text{ V} = 40 \text{ V}$$

Ответ: 1) $t = 5 \text{ F}$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; $\alpha = \arctan\left(\frac{3}{4}\right)$; 3) $U = 40 \text{ V}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4



1) $\mathcal{E} = U_0 + L\dot{I} - U_1$ диод вначале будет открыт
так $\mathcal{E} + U_1 > U_0$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{I} = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L}} = 70 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

2) ток будет максимален, при $\dot{I} = 0 \Rightarrow$

$$U_c = U_0 - \mathcal{E} = -5 \text{ В} \Rightarrow \text{конденсатор поменяет}$$

полярность, а также диод ещё не закроется.

$\Rightarrow$ воспользуемся законом сохранения энергии

$$\mathcal{E} \cdot q + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2}; q = CU_1 - CU_c$$

$$\mathcal{E}C(U_1 - U_c) + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2}$$

$$2CE(U_1 - U_c) + C(U_1^2 - U_c^2) = LI^2 \Rightarrow$$

$$I = \sqrt{\frac{C(2\mathcal{E}(U_1 - U_c) + (U_1^2 - U_c^2))}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} (2 \cdot 6 \cdot 7 + 4 - 25)} =$$

$$= \sqrt{40 \cdot 10^{-5} \cdot 63} = \sqrt{252 \cdot 10^{-4}} \approx 150 \text{ мА}$$

3) В установившемся режиме

ток не будет течь в системе

~~ток~~ восстанавливается за счет сохр. энергии

~~$$\frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I^2}{2} = \frac{C U_{\text{уст}}^2}{2}$$~~

$$C E (U_i - U_c) + \frac{C U_i^2}{2} = \frac{C U_{\text{уст}}^2}{2}$$

$$U_{\text{уст}} = \sqrt{2 E (U_i - U_c) + U_i^2} = \sqrt{2 \cdot 6 \cdot 7 + 4} \approx 9 \text{ В}$$

Ответ: $\dot{I} = 70 \frac{\text{В}}{\Omega}$; $I_{\text{max}} \approx 150 \text{ мА}$; $U_{\text{уст}} \approx 9 \text{ В}$