

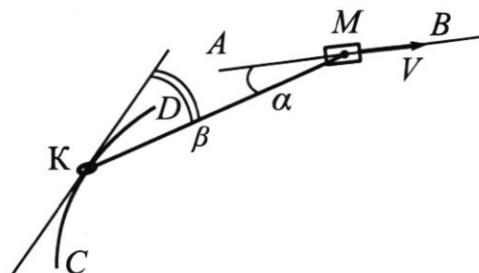
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

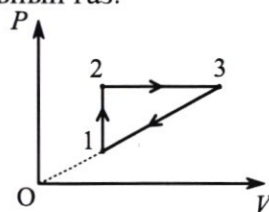
- Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной 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.

- 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.

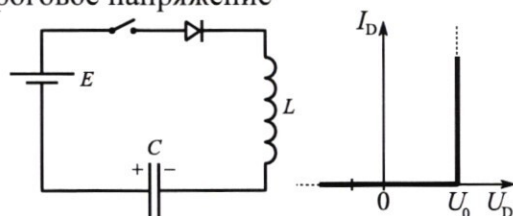


- Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

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

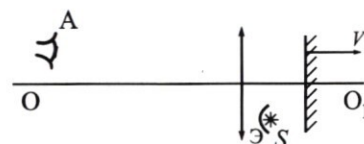
- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
 - 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
 - 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?
- При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

- 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.

- 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 $F/4$ 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

Пусть P_0, V_0 — давление и объём газа в момент 1. ^(N2)

Пусть αP_0 — давление газа в момент 2 и 3.

П.к. для процесса 1-3 $P=kV$ — линейная
зав-ть $\Rightarrow$ в момент 3 $V_{\text{газа}} = V_0$

Пусть ν — кол-во газа
Затем ИЗТД для
процессов:

$$1-2: Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12}$$

$\downarrow$
 $\text{мол. } \Delta V_{12} = 0$

$$2-3: Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23}$$

$$3-1: Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31}$$

$$Q_{12} = c_{12} \nu \Delta P_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta P_{12}$$

$$\rightarrow \boxed{c_{12} = \frac{3}{2} R}$$

$$PV = \nu R T \Rightarrow A'_{23} = \alpha P_0 (\alpha - 1) V_0 = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta P_{23}$$

$$Q_{23} = c_{23} \nu \Delta P_{23} = A'_{23} + \Delta U_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta P_{23}$$

$$\boxed{c_{23} = \frac{5}{2} R}$$

Заметим, что P повышается на 1-2 и
(это можно заметить, проведя или изотерм)

Значит, искомое отношение:

$$k = \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) Для процесса 2-3:

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \quad (\text{см. выше})$$

$$A'_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

Искомое отношение:

$$x = \frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$3) Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_2 = \left(\frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1) \right)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} = \frac{3}{2} P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1) + P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1) = \frac{5}{2} P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1)$$

$$A_0 = \frac{1}{2} P_0 (\alpha - 1) \cdot V_0 (\alpha - 1) = P_0 V_0 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}$$

→ работа газа за цикл

По определению:

$$\eta_{\max} = \frac{A_0}{Q_H}, \quad \text{где } Q_H = Q_{12} + Q_{23} \text{ —}$$

— теплота,
полученная от
нагр-я за цикл.

$$\eta_{\max} = \frac{A_0}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{P_0 V_0 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}}{P_0 V_0 (\alpha - 1) \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha \right)} = \frac{\alpha - 1}{2 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha \right)} = \frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3}$$

Получим $\eta(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3}$. Найдём максимум этой функцией:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta'(\alpha) = \left(\frac{\alpha-1}{5\alpha+3} \right)' = \frac{1 \cdot (5\alpha+3) - 5 \cdot (\alpha-1)}{(5\alpha+3)^2} =$$

$$= \frac{5\alpha+3-5\alpha+5}{(5\alpha+3)^2} = \frac{8}{(5\alpha+3)^2} > 0 \text{ при } \forall \alpha$$

точка экстремума нет

Заметим, что при $\alpha \rightarrow \infty$ $\eta(\alpha) = \frac{\alpha-1}{5\alpha+3} \rightarrow$

$\rightarrow \frac{1}{5}$

(Можно убедиться, подставив $\alpha=101$,
 $\alpha=10001$, $\alpha=1000001...$)
и т.д.

Значит, $\boxed{\eta_{\max} = \frac{1}{5} = 20\%}$

Ответ: 1) $0,6 = \frac{3}{5}$

2) $\frac{3}{2} = 1,5$

3) $\eta_{\max} = \frac{1}{5} = 20\%$

(N4)

- 2) В момент $I_{\max}$ на конденсаторе напряжение, равное ε .

Работа сторонних сил: $A_{\text{ст}} = \varepsilon \cdot q =$

$$= \varepsilon (C\varepsilon - CU_1)$$

$$\text{ЗУЭ: } \left[\frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} \right]_k - \left[0 + \frac{CU_1^2}{2} \right] = A_{\text{ст}} =$$
$$= \varepsilon (C\varepsilon - CU_1)$$

$$LI_{\max}^2 = 2\varepsilon (C\varepsilon - CU_1) - C\varepsilon^2 + CU_1^2$$

$$LI_{\max}^2 = C(\varepsilon - U_1)^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot |\varepsilon - U_1| = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} \cdot 4 =$$
$$= \sqrt{400 \cdot 10^{-6}} \cdot 4 = 80 \cdot 10^{-3} \text{ A} =$$
$$= \boxed{80 \text{ мА}}$$

- 3) В установившемся режиме:

На источнике: ε

На конденсаторе: U_2

На катушке: $U_4 \rightarrow 0$ (считаем $U_4 = 0$)

На диоде: U_0

$$\varepsilon = U_2 + U_0 \rightarrow U_2 = \varepsilon - U_0 = 6 - 1 =$$
$$= \boxed{5 \text{ В}}$$

Ответ: 1) —

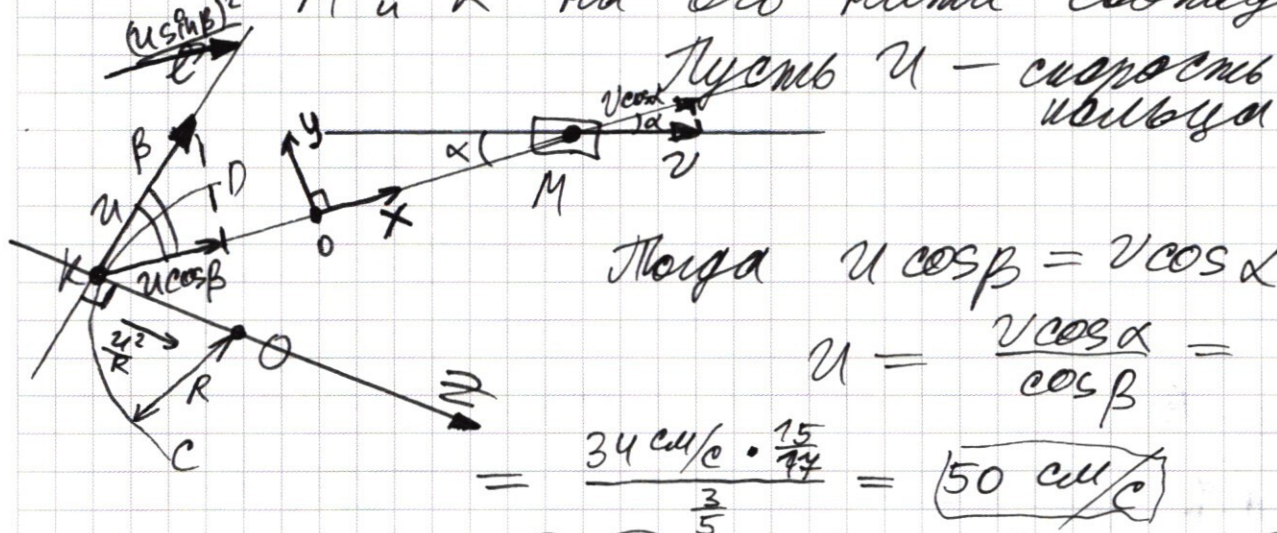
2) $I_{\max} = 80 \text{ мА}$

3) $U_2 = 5 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(N1)

- 1) П.к. нить невесома и нерастяжима по условию $\Rightarrow$ проекции скоростей M и K на ось нити совпадают



- 2) Перейдем в СО, связанную с M .

Пусть u' — отн. скорость K

Заметим, что $u'_x = 0$ (следует из п. 1 решения)

Тогда $u' = u'_y = u \sin \beta - v \sin \alpha$

Из $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

находим $\sin \alpha = \frac{8}{14}$

$u \sin \beta = \frac{4}{5}$

$u' = 50 \text{ см/с} \cdot \frac{4}{5} - 34 \text{ см/с} \cdot \frac{8}{14} = 24 \text{ см/с}$

- 3) Запишем ИЗН для K на ось OZ :

$$T \cos(90^\circ - \beta) = m \left(\frac{u^2}{R} + \frac{(u \sin \beta)^2}{l} \cdot \cos(90^\circ - \beta) \right)$$

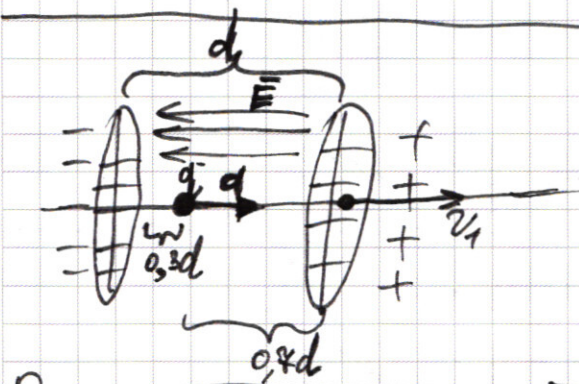
$$T \sin \beta = \frac{mu^2}{R} + \frac{mu^2}{\frac{5R}{4}} \cdot \sin^3 \beta$$

$$T = \frac{mu^2}{R} \cdot \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{4}{5} \cdot \sin^2 \beta \right) =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 0,5^2}{0,53} \cdot \left(\frac{5}{4} + \frac{4}{5} \cdot \frac{16}{25} \right) = \frac{0,3 \cdot 0,25}{0,53} \cdot \frac{625 + 256}{500} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 25^1}{53} \cdot \frac{881}{500_{20}} = \frac{881 \cdot 3}{10600} \approx \boxed{2,5 \text{ Н}}$$

Ответ: 1) $u = 50 \text{ см/с} = 0,5 \text{ м/с}$
 2) $u' = 24 \text{ см/с} = 0,24 \text{ м/с}$
 3) $T = 2,5 \text{ Н}$



$\sqrt{3}$

$$C = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_1}{d}$$

— ёмкость конденсатора

0 $\xrightarrow{x}$ 1) U_z ур-н динамики:

$$\frac{v_1^2 - 0^2}{0,4d} = 2a_x \Rightarrow d = a_x = \frac{v_1^2}{1,4d} - \text{ускорение,}$$

$$0,5d - 0,3d = \frac{d T^2}{2}$$

$$\frac{0,4d}{d} = T^2 \rightarrow T^2 = \frac{0,56 d^2}{v_1^2} \rightarrow \boxed{T = \frac{\sqrt{14}}{5} \cdot \frac{d}{v_1}}$$

2) $Q = CU$

$$U = Ed = \frac{F_{кл}}{q} \cdot d = \frac{mq}{d} \cdot d = \frac{q}{\gamma} \cdot a \cdot d = \frac{ad}{\gamma}$$

$$Q = CU = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_1}{d} \cdot \frac{ad}{\gamma} = \frac{S \epsilon_0 v_1^2}{1,4d\gamma}$$

$U_z \text{ IIЗН: } F_{кл} = ma$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $T = \frac{\sqrt{14}}{5} \cdot \frac{d}{v_1}$
2) $Q = \frac{S \epsilon_0 v_1^2}{1,4 d \gamma}$
3) —

[N5]

1) $x = \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}$ — расстояние от источника до зеркала

Заметим, что мнимый источник в зеркале расположен на таком же расстоянии, что и действительный, то есть $\frac{F}{2}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ — ф-ла тонкой линзы

$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3}{4}F + \frac{F}{2}} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F}$

$\Gamma = \frac{d}{F} = \frac{\frac{5}{4}F}{5F} = \frac{1}{4}$

$f = 5F$

— линейное увеличение линзы.

2) Пусть спустя некоторое время источник находится на расстоянии F от зеркала

$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{5}{4}F + F} + \frac{1}{f_2}$

$\frac{1}{f_2} = \frac{9}{9F} - \frac{4}{9F} = \frac{5}{9F}$

$f_2 = \frac{9F}{5}$

Заметим, что проекции скорости предмета и его изображения на фокальную плоскость относятся как Γ (мн. увел. мнз)

$$\frac{v_y}{u_y} = \Gamma \rightarrow u_y = \frac{v_y}{\Gamma}, \text{ где } u - \text{ скорость из-я}$$

В нашем случае $v_y = 0 \Rightarrow u_y = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ изображение движется $\parallel$ главной опт. оси

можно доказать, воспользовавшись формулой тонкой линзы
 Δd — перемещение Δd и после перемещения Δd , где $\Delta d \rightarrow 0$

$$\alpha = 0^\circ$$

3) Заметим, что проекции скоростей предмета и изобр-я на главную опт. ось относятся как Γ^2

$$\frac{v_x}{u_x} = \Gamma^2 \rightarrow u_x = \frac{v_x}{\Gamma^2} = \frac{2V}{\frac{1}{16}} = 32V$$

$u_x = 32V$, т.к. изображение создано мнимым источником зеркала, который движется со скоростью $2V$.

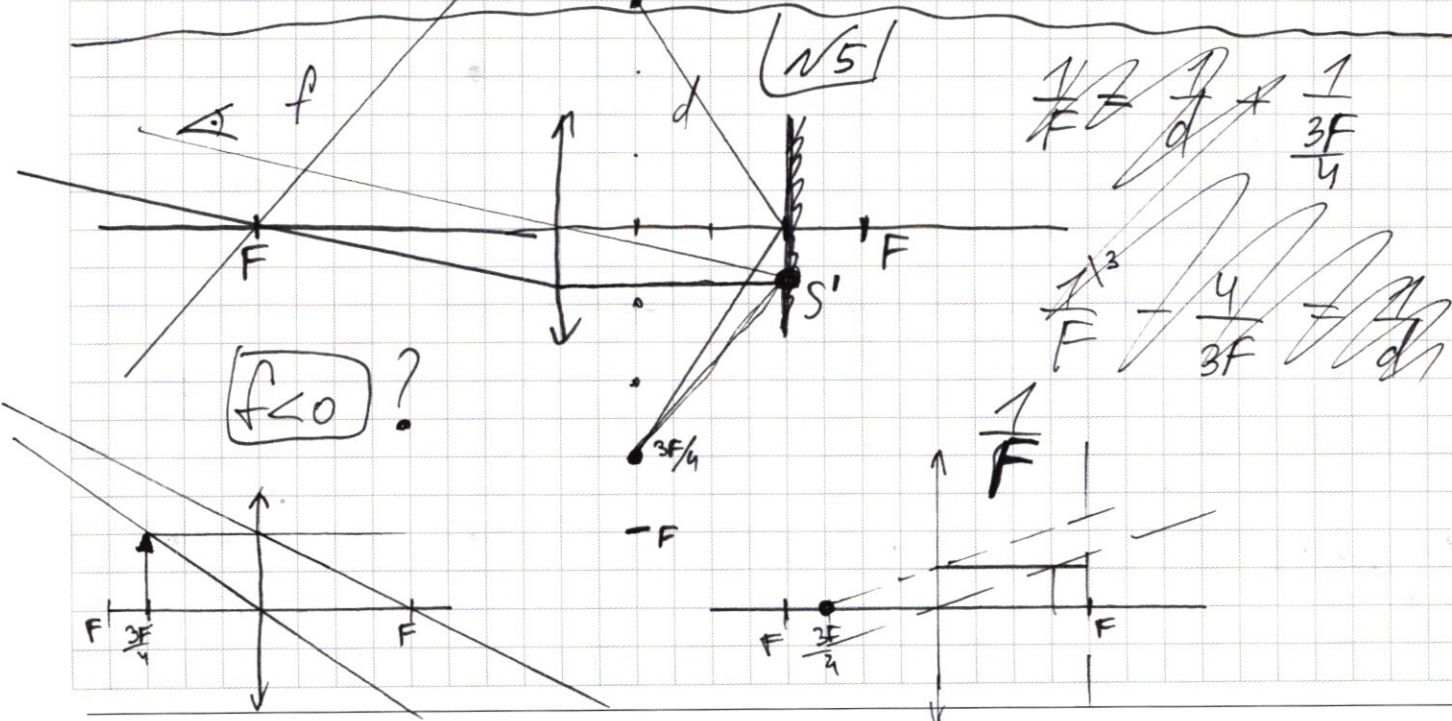
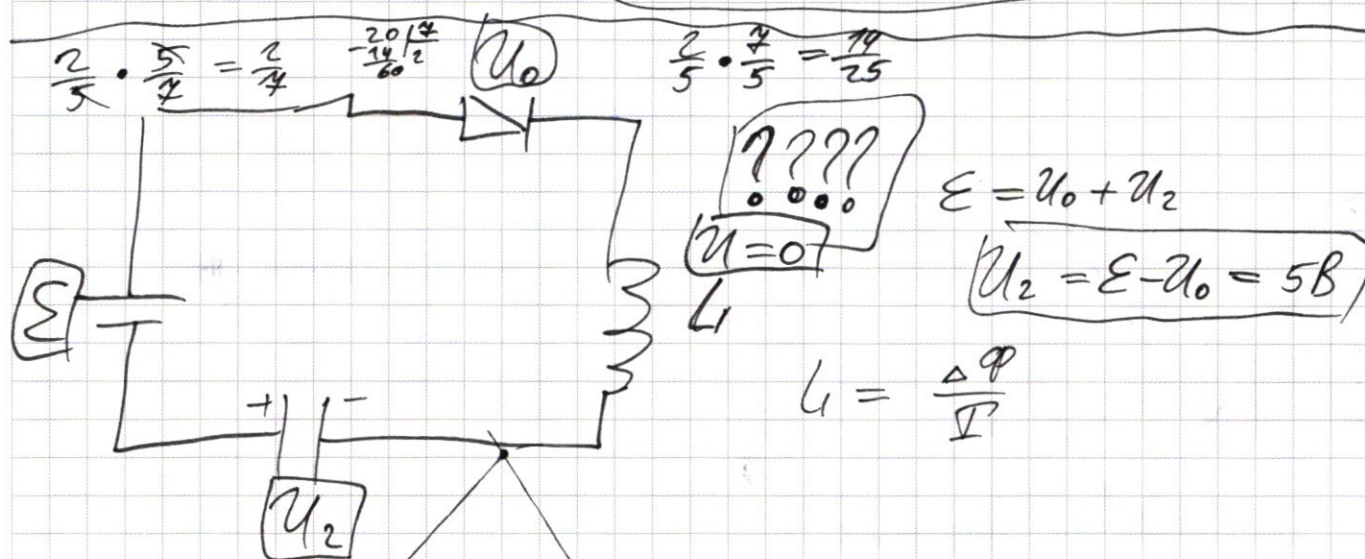
Ответ: 1) $f = 5F$

2) $\alpha = 0^\circ$

3) $u = 32V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} (4) \Rightarrow I_{\max} &= \sqrt{\frac{C}{4} \cdot (\varepsilon - u_1)} = \\ &= \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-8}}{0,1}} \cdot 4 \text{ V} = \\ &= \sqrt{400 \cdot 10^{-8}} \cdot 4 = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = \\ &= 80 \text{ mA} \end{aligned}$$



$$1) \frac{1}{F} = -\frac{1}{f} + \frac{1}{\frac{3F}{4}}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{4}{3F} = -\frac{1}{f}$$

$$\frac{4}{3F} - \frac{3}{3F} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{3F} = \frac{1}{f}$$

$$f = 3F$$

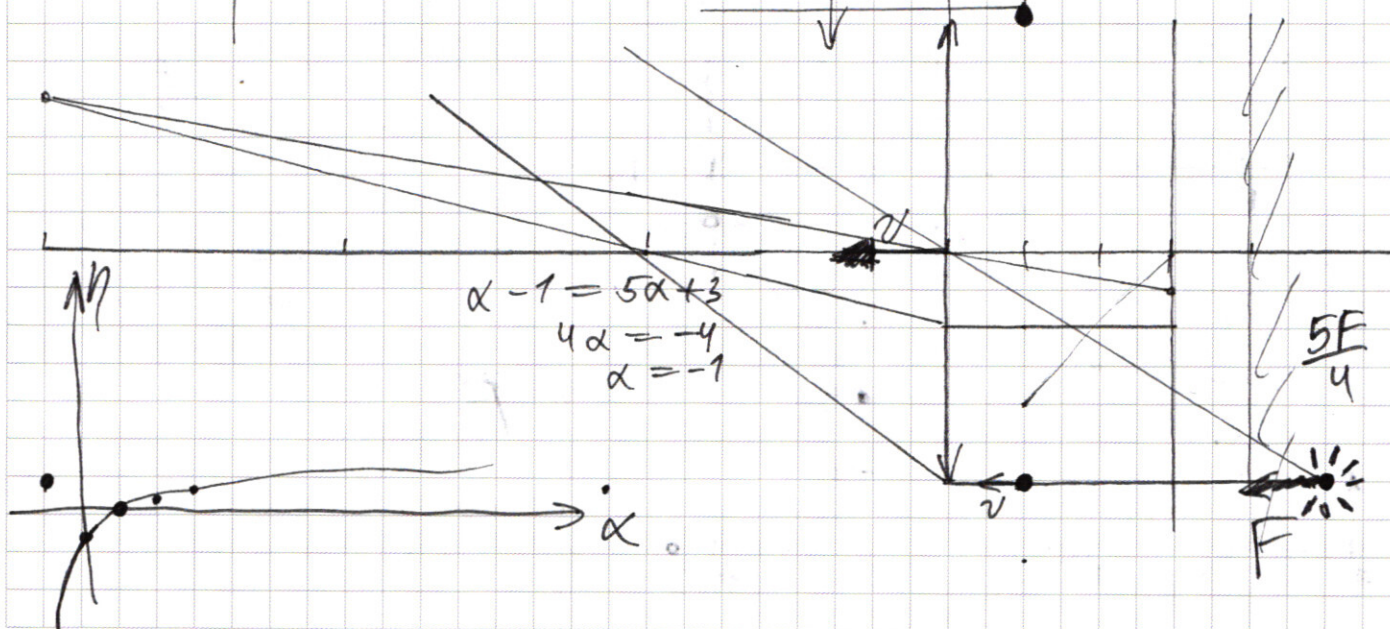
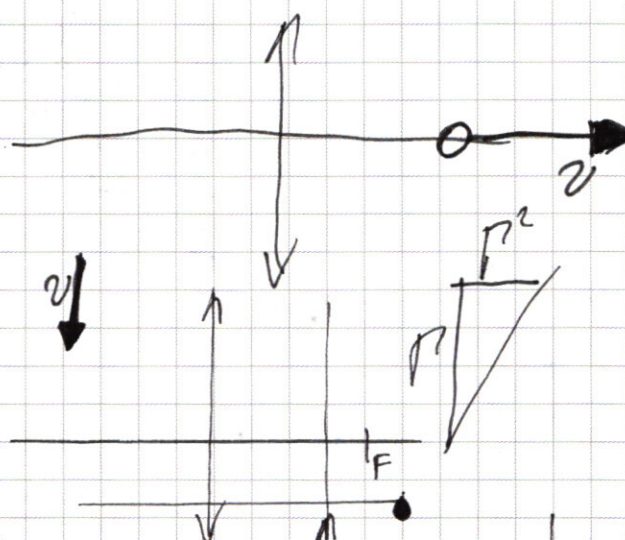
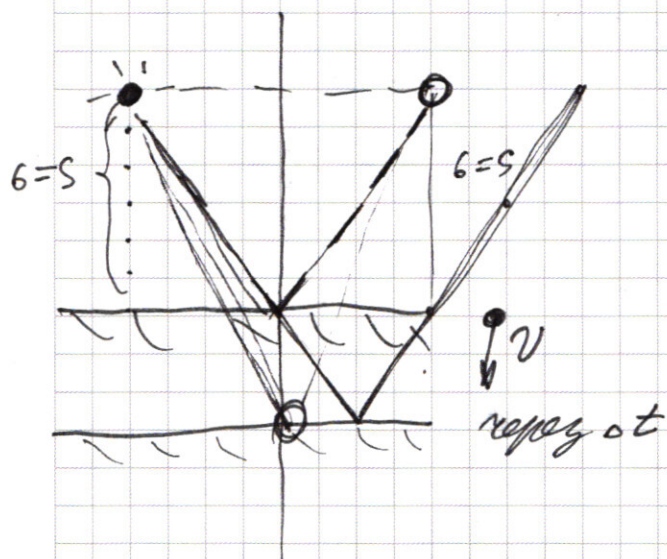
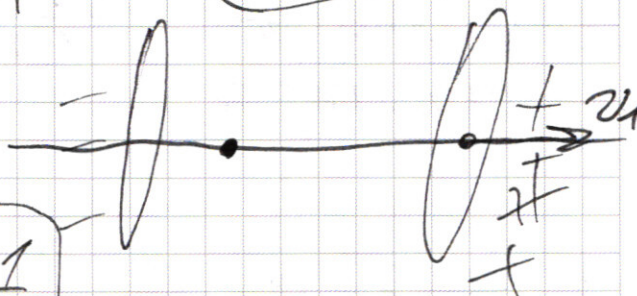
$$p = \frac{d}{F} = \frac{\frac{3}{4}F}{3F} = \frac{3F}{4 \cdot 3F} = \frac{1}{4}$$

$$2) \frac{y}{d} = E \in \frac{mg}{d}$$

$$\frac{1^{15}}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{f}$$

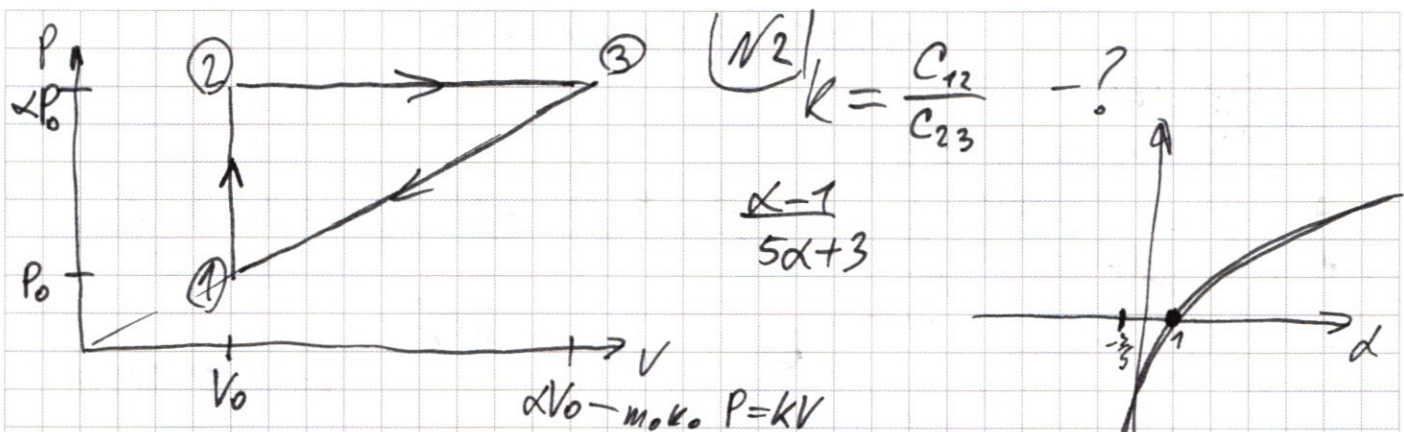
$$\frac{5F}{1} = f$$

$$f = 5F$$



$$\begin{aligned} \alpha - 1 &= 5\alpha + 3 \\ 4\alpha &= -4 \\ \alpha &= -1 \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R_0 T \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R!$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23}$$

$$\cancel{Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31}}$$

$$C_p + C_v = R?$$

$$\frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} P_0 V_0 \alpha \cdot (\alpha - 1) + \alpha P_0 \cdot V_0 (\alpha - 1) =$$

$$= \frac{5}{2} P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1) = \nu C_{23} \Delta T_{23}$$

$$\frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} < 1$$

$$\frac{\alpha - 1 - 5\alpha - 3}{5\alpha + 3} < 0 \quad \frac{-4\alpha - 4}{5\alpha + 3} < 0$$

$$\frac{\alpha + 1}{5\alpha + 3} > 0$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$k = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$\left(\frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} \right)' =$$

$$= \frac{1 \cdot (5\alpha + 3) - 5 \cdot (\alpha - 1)}{(5\alpha + 3)^2} =$$

$$= \frac{5\alpha + 3 - 5\alpha + 5}{(5\alpha + 3)^2} = \frac{8}{(5\alpha + 3)^2}$$

$$Q_{12} = P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1)$$

$$A_0 = \frac{1}{2} P_0 (\alpha - 1) \cdot V_0 (\alpha - 1) = P_0 V_0 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ \times 14 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \\ - 225 \\ \hline 64 \end{array}$$

2643

$$\begin{array}{r} 26430 \overline{) 10600} \\ \underline{20200} \\ 5230 \end{array}$$

$$V \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$\begin{array}{r} 34 \cdot \frac{15}{17} \cdot 5 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \quad 5 \\ 340 \times 50.5 \\ \hline 17080 \end{array} =$$

$m \frac{v^2}{R} = F$

$$mg \cos \alpha = n \frac{v^2}{R}$$

$$= 50 \text{ cm/s}$$

$$u'_x = u \cos \beta - v \cos \alpha = 0$$

$$u_y' = u \sin \beta - v \sin \alpha = 50 \cdot \frac{4}{5} - 34 \cdot \frac{8}{17} =$$

$$50 \cdot \frac{4}{5} - 34 \cdot \frac{8}{14} =$$
$$= 40 - 16 = 24$$

$$\frac{0,3}{0,53} \cdot 0,5^2 \left(\frac{5}{4} + \frac{4^3}{5^3} \right) = 40 - 16 = 24 ???$$

$$= \frac{0,3 \cdot 0,25}{0,53} \left(\frac{5^4 + 4^4}{5^3 \cdot 4} \right) = \frac{625 + 256}{460000}$$

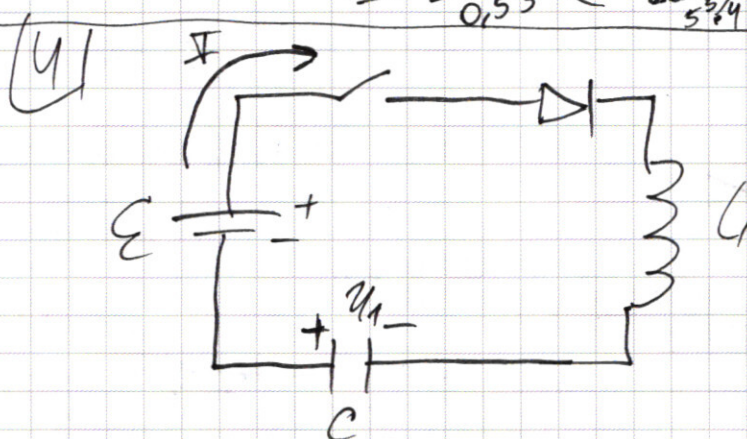
$$\Sigma = 6B$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ V}$$

$$u = 0,1 P_H$$

$$u_0 = 1 \text{ B}$$



$$\left[\frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}_1^2}{2} \right]_k - \left[0 + \frac{CU_1^2}{2} \right] = A_{\text{ст.0}} =$$

$$L_1 \Gamma_{\max}^2 + C\varepsilon^2 - C\eta_1^2 = \varepsilon (C\varepsilon - C\eta_1)$$

$$\Sigma_{\max}^2 = \frac{c\varepsilon^2 + cu_1^2 - 2cu_1\varepsilon}{4} = \frac{c(\varepsilon - u_1)^2}{4} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(\alpha P_0 V_0 - P_0 V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \frac{3}{2} (\alpha^2 P_0 V_0 - \alpha P_0 V_0) + \alpha P_0 (\alpha - 1) V_0 = \\ &= \frac{3}{2} \alpha P_0 V_0 (\alpha - 1) + P_0 V_0 \alpha (\alpha - 1) = \\ &= \frac{5}{2} \alpha P_0 V_0 (\alpha - 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{2} (\alpha P_0 - P_0) \cdot (\alpha V_0 - V_0) = \\ &= P_0 V_0 \frac{(\alpha - 1)^2}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_0 V_0 \frac{(\alpha - 1)^2}{2}}{\frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1) + \frac{5}{2} \alpha P_0 V_0 (\alpha - 1)} = \frac{\frac{\alpha - 1}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha} = \\ &= \frac{\alpha - 1}{2} \cdot \frac{2}{3 + 5\alpha} = \frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} < 1 \end{aligned}$$

$$\alpha - 1 < 5\alpha + 3$$

$$4\alpha > -4$$

$$\boxed{\alpha > -1}$$

$$\frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} = 1$$

$$\alpha - 1 = 5\alpha + 3$$

$$4\alpha = -4$$

$$\alpha = -1$$

$$\frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} > 1 \quad \frac{0,1}{5,5+3} = \frac{1}{10,8,5} = \frac{1}{85}$$

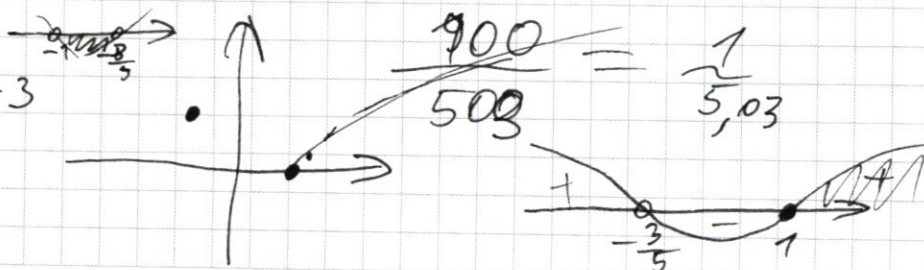
$$\frac{\alpha - 1 - 5\alpha - 3}{5\alpha + 3} > 0$$

$$\frac{-4\alpha - 4}{5\alpha + 3} > 0$$

$$\frac{4\alpha + 4}{5\alpha + 3} < 0$$

$$\frac{1}{15+3} = \frac{2}{18} = \frac{1}{9}$$

$$\frac{900}{500} = \frac{1}{5,03}$$

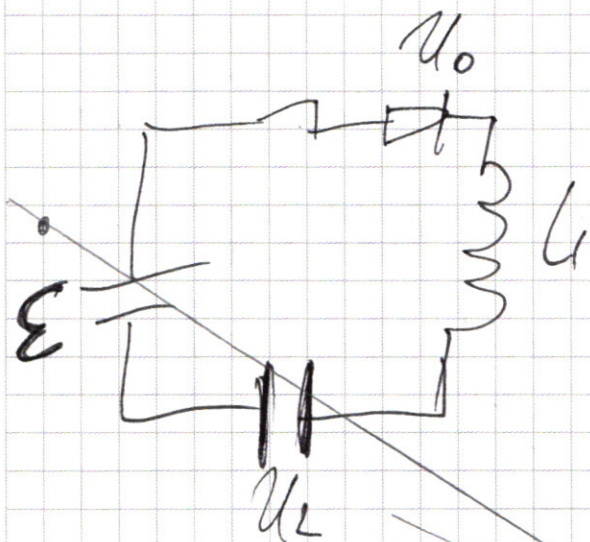


$$\left[\frac{L I_0^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} \right] - \left[0 + \frac{C U_1^2}{2} \right] =$$

$$= \cancel{L} \varepsilon (C \varepsilon - C U_2)$$

$$\varepsilon = - \frac{L \Delta I}{\Delta t} =$$

$$= - \frac{L \Delta I}{\Delta t^2}$$



$$\frac{10001 - 1}{50000 + 3} = \frac{10000}{50003}$$

0

$2 \Gamma^2 V$