

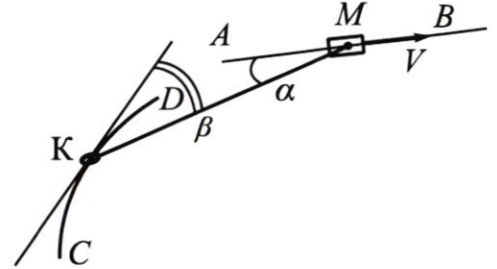
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

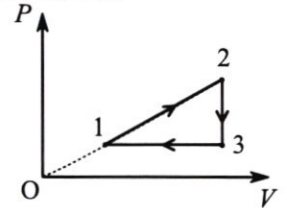
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

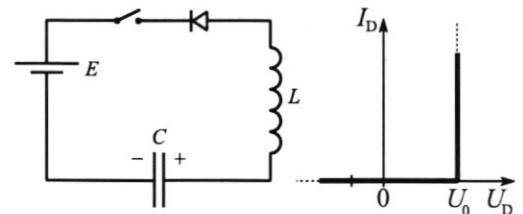


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.



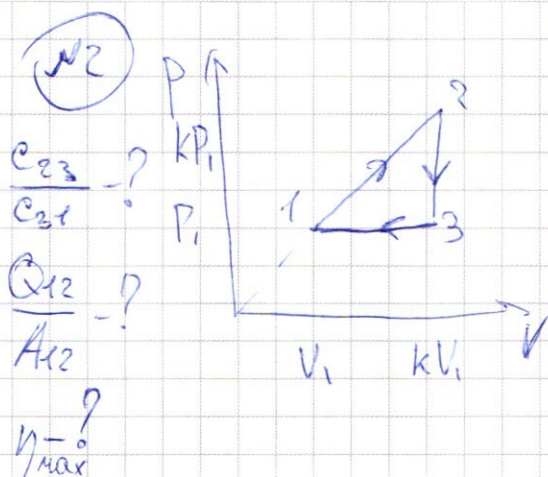
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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



$$1-2: P \propto V \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = k$$

$$\begin{aligned}
 Q_{12} &= A_{12} + \Delta U_{12} = \\
 &= \frac{(kV_1 - V_1)(kP_1 + P_1)}{2} + \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) = \\
 &= \frac{V_1 P_1 (k^2 - 1)}{2} + \frac{3}{2} k P_1 k V_1 - \frac{3}{2} P_1 V_1 =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{k^2 - 1}{2} V_1 P_1 + \frac{3}{2} P_1 V_1 (k^2 - 1) = \\
 &= \frac{(k^2 - 1) P_1 V_1 \cdot 2}{2}
 \end{aligned}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{(k^2 - 1) P_1 V_1 \cdot 2 \cdot 2}{(k^2 - 1) V_1 P_1} = \boxed{4}$$

$$2-3: V = \text{const} \Rightarrow A_{23} = 0 \quad Q_{23} = c_{v3} \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T = \Delta U_{23}$$

$$(c_{v3} = \frac{3}{2} R)$$

$$\begin{aligned}
 3-1: P = \text{const} \quad Q_{31} &= c_{v1} \Delta T - P_1 V_1 (k - 1) + \frac{3}{2} R \Delta T = \\
 &= \frac{3}{2} R \Delta T + R \Delta T = \frac{5}{2} R \Delta T = c_{v1} \Delta T
 \end{aligned}$$

$$\frac{c_{v3}}{c_{v1}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

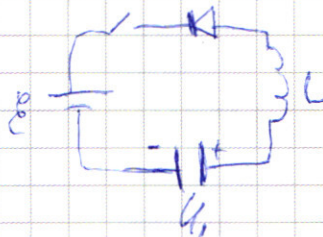
$$(c_{v1} = \frac{5}{2} R)$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{A_{\Sigma}}{Q_{+}} = \frac{(kP_1 - P_1)(kV_1 - V_1)}{2 Q_{12}} = \frac{P_1 V_1 (k - 1)^2}{2 \cdot (k^2 - 1) P_1 V_1 \cdot 2} = \frac{(k - 1)^2}{4(k - 1)(k + 1)} =
 \end{aligned}$$

$$= \frac{(k - 1)}{4(k + 1)} = \eta(k) \quad \eta'(k) = \left(\frac{(k - 1)}{4(k + 1)} \right)' = (k - 1)' \cdot 4^{-1} (k + 1)^{-1} =$$

$\epsilon = 3 \text{ В}$
 $C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $U_1 = 6 \text{ В}$
 $L = 0,2 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$

до замык:



сразу после замык



$U_1 = U_1 - \epsilon$
 $U_1 - U_1 = \epsilon$
 $U_1 - U_1 < 4$
 $6 - U_1 < 4$

$I_L = 0$
 $U_1 = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$

1) наир на скачок не изм. $= U_1$

из катушки скак не изм. $= 0$

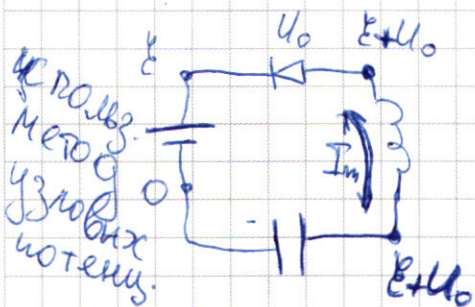
$U_0 = -\epsilon + U_1 = 3 \text{ В}$
 $\epsilon - U_1 = -3 \text{ В}$

~~$I_D = 0$~~
 ~~$U_1 = 6 \text{ В}$~~
 ~~$U_D < U_0$~~

$U_1 > 2$
 $U_1 = L \frac{\Delta I}{\Delta t} > 2$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} > \frac{2}{L}$
 $I' > \frac{2}{0,2} / I' > 10$

~~$\epsilon - U_1 < U_0$~~
 ~~$\epsilon < U_0 + \epsilon$~~
 ~~$\epsilon < 1 + 3$~~
 ~~$\epsilon < 4 \text{ В}$~~



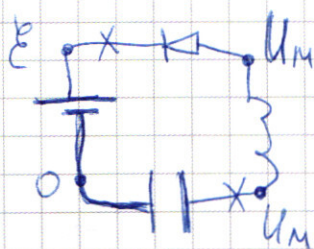
$I_1 = I_m \Rightarrow U_1 = 0$

$I_1 = I_D$

$I_D > 0$, если $U_0 = U_0$

$U_c = \epsilon + U_0$

~~$\sum \text{им} \rightarrow -C(U_0 + \epsilon)$~~
 ~~$\text{стал} \rightarrow -CU_1$~~



$U_{уст} - ? U_{уст} = U_c$

$I_c = 0$

$U_m - \epsilon < U_0$

$U_m < U_0 + \epsilon$

$U_m < 4$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta(k) = \frac{(1-0)}{4(k+1)} + (k-1)(0+4 \cdot 1+0) = \frac{1}{4k+4} + 4(k-1) = \frac{1+16(k^2-1)}{4k+4}$$

$$\eta(k) = 0 \quad \frac{1+16(k^2-1)}{4k+4} = 0$$

$$k^2 - 1$$

$$\eta_{\max} = \frac{1+16\left(\frac{15}{16}-1\right)}{4 \pm \sqrt{15}} =$$

$$k^2 - 1 = \frac{1}{16}$$

$$k^2 - \frac{15}{16} = 0$$

$$1 = -16(k^2-1)$$

$$16k^2 - 16 + 1 = 0$$

$$k^2 - \frac{15}{16} = 0$$

$$k = \pm \frac{\sqrt{15}}{4}$$

и

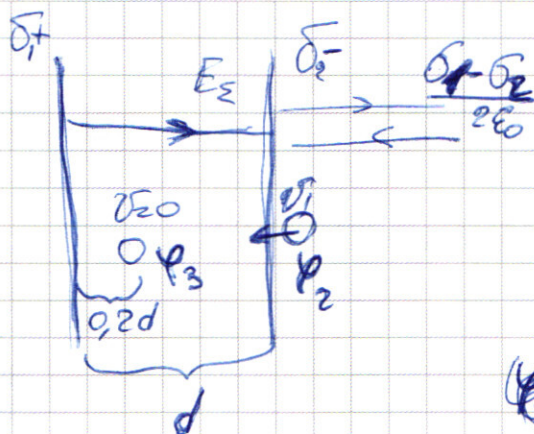
$$\eta_{\max} = \frac{\left(\pm \frac{\sqrt{15}}{4} - 1\right)}{4 \pm \sqrt{15}} = \frac{\sqrt{15} - 1}{16 + 4\sqrt{15}}$$

Ответ: $\frac{Q_{\text{ср}}}{A_{\text{ср}}} = 4$

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

$$\eta_{\max} = \frac{\sqrt{15} - 1}{16 + 4\sqrt{15}}$$

✓3



U-? φ0-?
Ue-?

φ0 = 0

Если σ1 = σ2
то Eвнутри = 0

φ0 = 0

Если нет, то
U = d · E

$$\varphi_2 - \varphi_3 = E \cdot 0,8d$$

$$\varphi_2 =$$

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

$$\Delta k = A \epsilon - ?$$

$$0 - \frac{m v_1^2}{2} = E \cdot q \cdot 0,8d = \varphi_2 - \varphi_3 \cdot q$$

$$E = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} \cdot \frac{m v_1^2}{2} = E \cdot d \cdot q \cdot 0,8$$

$$F = E \cdot q = \text{const}$$

$$a = \text{const}$$

$$0 = v_1 - aT$$

$$ma = E \cdot q$$

$$a = E \cdot \gamma$$

$$v_1 = E \cdot \gamma \cdot T$$

$$T = \frac{v_1}{E \cdot \gamma} = \frac{v_1 \cdot d}{\gamma U} = \frac{\gamma d \cdot 8 \cdot 1,6}{\gamma v_1^2} = \frac{1,6d}{v_1^2}$$

$$0,8d = \varphi_1 \cdot T = \frac{E \cdot \gamma \cdot T^2}{2}$$

$$0,8d = \varphi_1 \cdot T$$

$$q(\varphi_2 - \varphi_3) = \frac{-m v_1^2}{2}$$

$$\varphi_2 q = \varphi_3 q - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = \varphi_3 q - \frac{m v_1^2}{2}$$

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

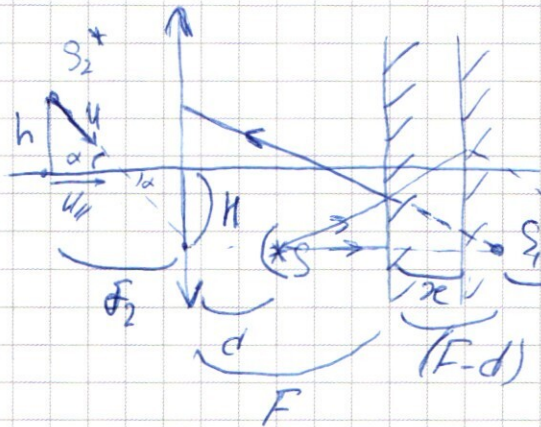
$$\varphi_2 = \frac{E}{d} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 d}$$

$$0,4$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{E \cdot q}{0,2d} + \frac{E \cdot q}{0,8d} = \frac{E \cdot q}{0,8d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У5



1) S_1^* - миним. изобр.
действ. предм. с зеркала,
око авт. действ. предм.
для линзы

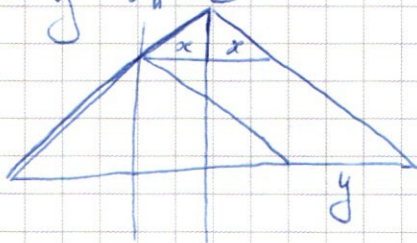
$$d_2 \approx d + 2(F-d) = 2F-d = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{F_2}$$

$$F_2 \approx \frac{d_2 F}{d_2 - F} \approx \frac{5}{2} F$$

$$\Gamma \approx \frac{5F^3}{25F} \approx \frac{3}{2}$$

2) если линза сдвинется
на $x = V_1 \Delta t$, то U сдвинется
на $y = V_2 \Delta t$



из геометрии
видно, что $y = 2x$
 $V_2 = 2V_1$

3) скорости U и V в точке на линзе:

h - расст от U до OO'
 h - от V до OO'

$$\tan \alpha \approx \frac{h}{x} \approx \frac{h}{F_2 - x}$$

$$\frac{4}{5} F \left(\frac{5}{2} F - x \right) \approx \frac{8}{15} F x$$

$$x \approx \frac{3}{2} F$$

$$U \approx \Gamma^2 V_1 \approx \frac{9}{2} V$$

$$\tan \alpha \approx \frac{4}{5} F \frac{8}{3F} \approx \frac{8}{15}$$

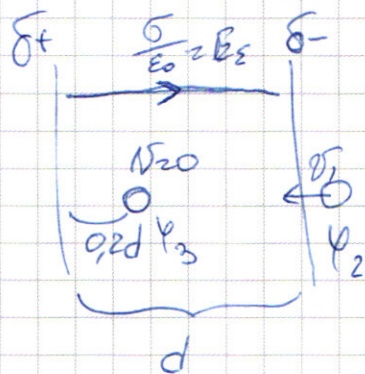
$$U \approx \frac{U_1}{\cos \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha \approx \frac{1}{1 + \tan^2 \alpha} \approx \frac{225}{289}$$

$$U \approx \frac{51}{10} V$$

Ответ: $F_2 \approx \frac{5}{2} F$; $\tan \alpha \approx \frac{8}{15}$; $U \approx \frac{51}{10} V$

№3



$$\frac{25}{\phi_1} \leftarrow \oplus \quad m g$$

1) $E_{\varepsilon} = 2E$

$\Delta k = A\varepsilon$

$$0 - \frac{mv_1^2}{2} = -E_{\varepsilon} q \cdot 0.8d$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = E_{\varepsilon} d \cdot 0.8q$$

$$\frac{mv_1^2}{2 \cdot 0.8q} = U = \frac{v_1^2}{16 \cdot 8} B$$

3) $\phi_1 - \phi_2 = \frac{A}{q}$

$A = \Delta k \quad \phi_{1,20}$

$$(\phi_1 - \phi_2)q = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \phi_2 q$$

$$(\phi_2 - \phi_3)q = -\frac{mv_1^2}{2}$$

2) $F = E_{\varepsilon} q = \text{const}$
 $a = \text{const}$

$0 = v_1 - at$

$$ma = E_{\varepsilon} q = \frac{v_1^2 q}{16 \cdot 8 d}$$

$$a = \frac{v_1^2}{16 \cdot 8 d} = \frac{v_1^2}{16 d}$$

$$T = \frac{1.6 d}{v_1} = \frac{1.6 d}{v_1 \cdot c}$$

$$\phi_2 q = \phi_3 q - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \phi_3 q - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\phi_3 = \frac{E_{\varepsilon} d}{q}$$

$$\phi_3 = E \cdot 0.2d + E \cdot 0.8d =$$

$$= E_{\varepsilon} d = \frac{U}{2} = \frac{v_1^2}{8 \cdot 16 \cdot 2}$$

Ответ: $T = \frac{1.6 d}{v_1} \cdot c$

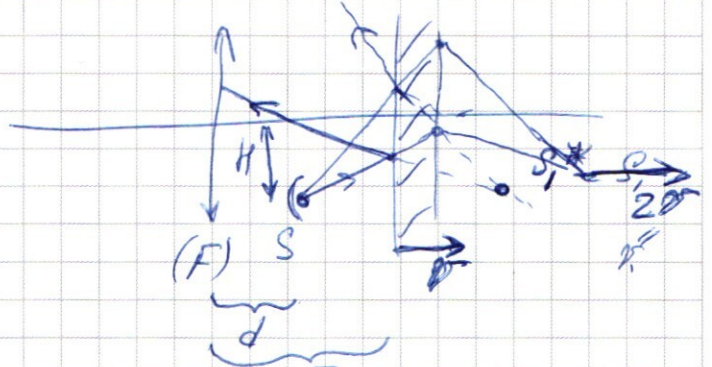
$U = \frac{v_1^2}{16 \cdot 8} B; \quad v_0 = \frac{v_1}{\sqrt{16}} \text{ м/с}$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{v_1^2 q}{8 \cdot 16 \cdot 8}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{v_1^2 q}{m \cdot 8 \cdot 16}} = \sqrt{\frac{v_1^2}{16}} = \frac{v_1}{\sqrt{16}} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{5}$ F $H = \frac{8}{15}F$ $\sqrt{3}$
 $d = \frac{1}{3}F$ $L = F$



Биссектриса!
 $\alpha(U)$ - ? U - ?

S_1^* - мнимый изобр. предмета S в зеркале, оно - действ. изобр. предмета S_1 для линзы

$$d_2 = d + 2(F-d) = 2F - d = \frac{6}{3}F - \frac{1}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_1}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_2}$$

$$F_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = \frac{5F^2}{\frac{5}{3}F - \frac{1}{3}F} = \frac{5F}{2}$$

$$P = \frac{5F^3}{25F} = \left(\frac{3}{2}\right)$$

$$U_{11} = P^2 U_{11}$$

$$U_{11} = P U_{11}$$

$$H P = h = \frac{3}{2} \frac{8}{15} F = h$$

$$x = \sqrt{5} \Delta t$$

$$y = \sqrt{10} \Delta t h$$

$$y = x + x = 2x \sqrt{5}$$

$$y = 2\sqrt{5} \Delta t = \sqrt{10} \Delta t$$

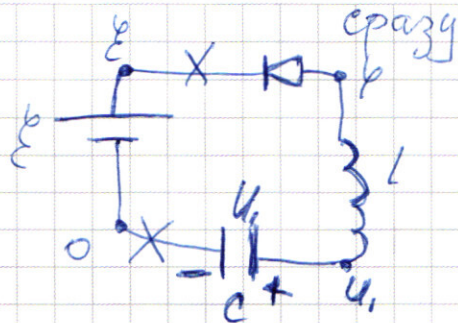
$$\sqrt{10} = 2\sqrt{5}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{H}{\sqrt{5} - x}$$

$$h(\sqrt{5} - x) = Hx$$

$$\frac{4}{5}F(\sqrt{5} - x) = \frac{8}{15}Fx$$

24



сразу замыкается
тогда катушка и конденсатор
на конденсаторе не напечен.

$$U_C = U_1$$

$$I_L = 0 = I$$

$$1) \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{U_C}{L}$$

тока нет $\Rightarrow$ диод закрыт

$$U_C = U_1 - \varphi$$

$$U_C = \varphi - E < U_0$$

$$\varphi < U_0 + E$$

$$\varphi < 4 \text{ В}$$

$$U_1 - U_C = \varphi$$

$$U_1 - U_C < 4$$

$$2 < U_C$$

$$2 < \frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{2}{L} < \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} > 10$$

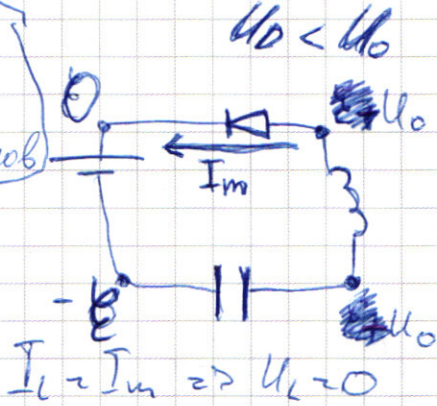
2)

$$A = Q + \Delta W$$

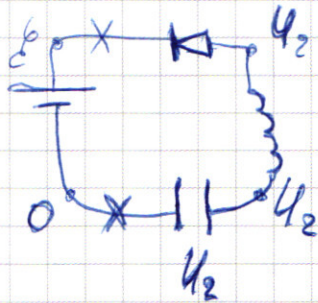
$$E \Delta q = \frac{C(U_0 + E)^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\Delta q = -C U_1 + C(U_0 + E)$$

Используя
метод
узловых
потенциалов



$$I_L = I_m \Rightarrow U_C = 0$$



$$2E(-U_2 + U_1) = 2$$

$$2E C U_0 + 2E^2 - C U_1 E = C(U_0 + E)^2 + L I_m^2 - C U_1^2$$

$$2E C U_0 + 2E^2 - C U_1 E = C(U_0 + E)^2 + L I_m^2 - C U_1^2$$

$$C(2E U_0 + 2E^2 - U_1 E - (U_0 + E)^2 + U_1^2) = L I_m^2$$

$$20 \cdot 10^{-6} \left(2 \cdot 3 + 2 \cdot 9 - 2 \cdot 3 \cdot 6 - 16 + 36 \right) = 0,2 I_m^2$$

$$8 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 0,2 I_m^2 \quad I_m = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{-5}}{0,2}} \text{ А}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) 2\mathcal{E}(U_1 - U_2) = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$20 \cdot 2 \cdot 3 / 6 + U_2^2 - 36^2$$

$$C(2\mathcal{E}(U_1 - U_2) - \frac{CU_2^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}) = 0$$

$$2\mathcal{E} \cdot U_1 - 2\mathcal{E} U_2 - \frac{CU_2^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = 0$$

$$2 \cdot 3 \cdot 6 - 2 \cdot 3 \cdot U_2 - U_2^2 + 36^2 = 0$$

$$U_2^2 + 6U_2 - 36^2 = 0$$

$$D = 36 + 4 \cdot 36^2 = 36(1 + 36 \cdot 4)$$

Ответ: $U_2 < 4B$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} > 10 \text{ A/c}$$

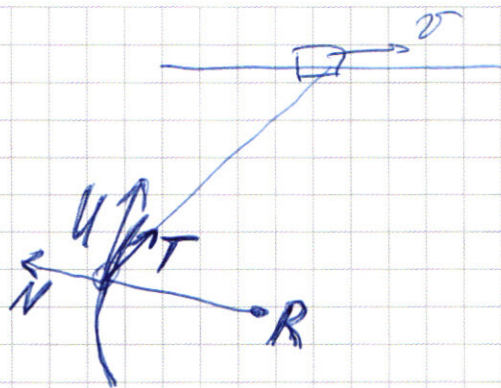
$$I_m = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^5}{0,1}} \text{ A}$$

$$4) U_2 - \mathcal{E} < U_0$$

$$U_2 < U_0 + \mathcal{E}$$

$$U_2 < 4B$$

21



$$\frac{mU^2}{R} = T \sin \beta - N$$

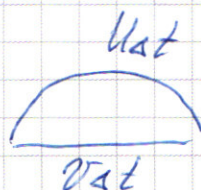
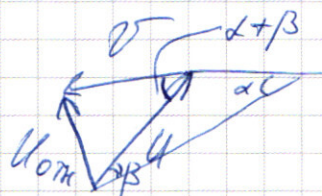
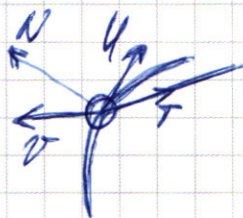
$$T \cos \beta = m a_c$$

$$\cos \alpha T = F$$

УЧО муфта:

$$\cos \beta T = m a_c$$

$$m a_c = F$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2F - \frac{4}{5}Fx = \frac{8}{15}Fx$$

$$2F = \frac{8}{15}x + \frac{4}{5}x = \left(\frac{8}{15} + \frac{12}{15}\right)x = \frac{20}{15}x = \frac{4}{3}x$$

$$F = \frac{2}{3}x \quad x = \frac{3}{2}F$$

$$\tan \alpha = \frac{4}{5}F \cdot \frac{2}{3F} = \frac{8}{15} = \frac{8k}{15} \quad (\text{где } k = \frac{2}{3}A)$$

$$U_{II} = I_{II} R^2$$

$$U_{II} = I_{II} R^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{9}{2} = \frac{81}{2}$$



$$U = \frac{U_{II}}{\cos \alpha}$$

$$U = \frac{81 \cdot 17}{2 \cdot 155} = \frac{59}{10} \approx 5,9$$

$$\frac{17}{3} = 5,67$$

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

$$1 + \tan^2 = \frac{1}{\cos^2}$$

$$1 + \frac{8^2}{15^2} = \frac{1}{\cos^2}$$

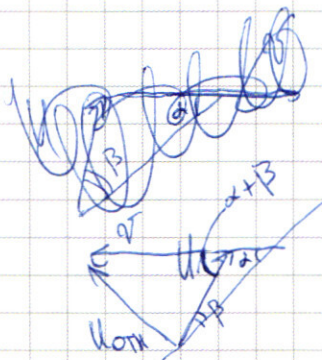
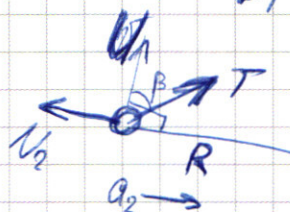
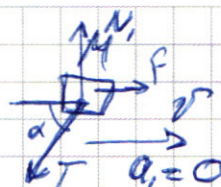
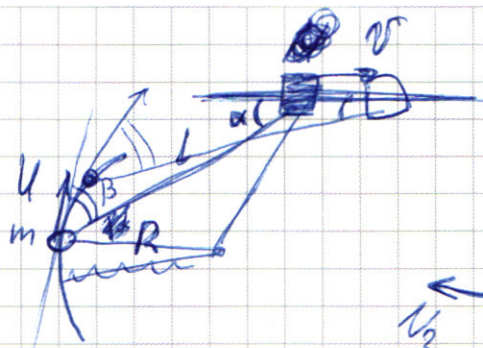
$$\frac{15^2 + 8^2}{15^2} = \frac{1}{\cos^2}$$

$$\cos^2 = \frac{15^2}{15^2 + 8^2} = \frac{225}{289}$$

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

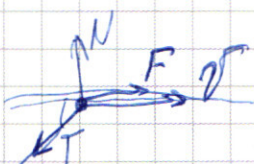
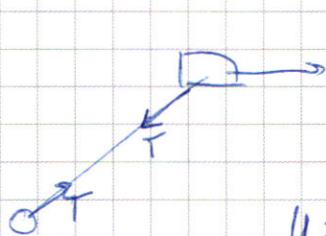
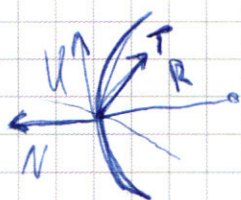
$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 179 \\ 129 \\ \hline 289 \\ 15 \\ \hline 75 \\ 15 \\ \hline 225 \\ 64 \\ \hline 289 \end{array}$$

U-?
U_{ном}-?
T-?



$$m \frac{U^2}{R} = T \sin \beta - N_e$$

$\Delta p = F_{\text{от}}$
 $\frac{m v^2}{2}$

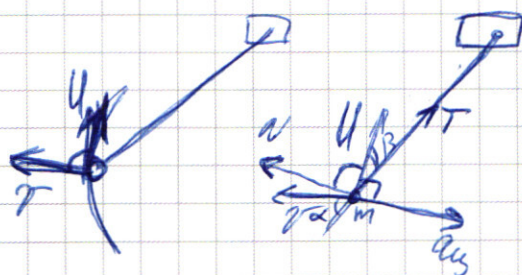
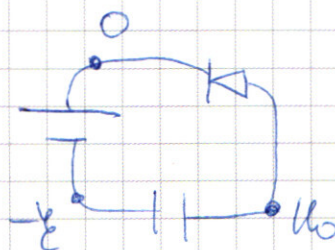


$$F - T \cos \alpha = 0$$

$$m \frac{U^2}{R} = T \sin \beta - N_e$$

$$T \cos \beta = m a_T$$

$$m a_T = F$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

