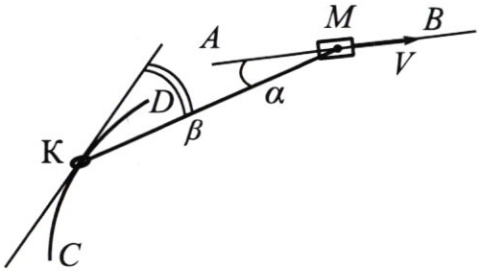
Олимпиада «Физтех» по физике, фе

Класс 11

Вариант 11-02

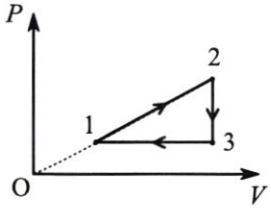
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

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 $\alpha(\cos\alpha = 3/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 8/17)$ 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.



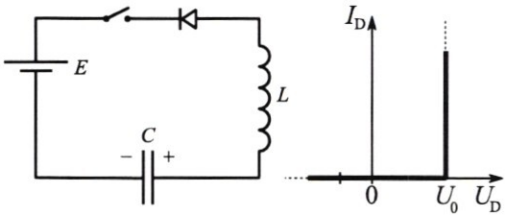
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

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 $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

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.

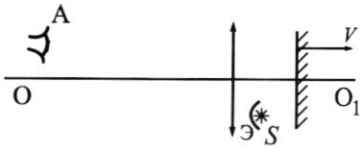
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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

№2 ур. Менделеева-К $pV = \nu RT$ $Q = A + \Delta U$

1-2: $p\uparrow$ $V\uparrow$ $\Rightarrow T\uparrow$, $A_{12} > 0$, $\Delta U_{12} > 0$, $Q_{12} > 0$

2-3: $p\downarrow$ $V = const \Rightarrow T\downarrow$, $A_{23} = 0$, $\Delta U_{23} < 0$, $Q_{23} < 0$

3-1: $p = const$, $V\downarrow \Rightarrow T\downarrow$, $A_{31} < 0$, $\Delta U_{31} < 0$, $Q_{31} < 0$

1) Понижение T на уч. 2-3 и 3-1

$i = 3$ для одноат. газа

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{\frac{i}{2}R}{\frac{i+2}{2}R} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5}$$

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

A_{12} = площадь под графиком 1-2 - площ. трапеции

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{p_1V_2 - V_1p_1 + p_2V_2 - p_2V_1}{2}$$

из графика: (прямая пропорц-ть)

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow p_1V_2 = p_2V_1$$

$$\Downarrow$$

$$A_{12} = \frac{p_2V_2 - V_1p_1}{2}$$ т.к. $p_1V_2 - p_2V_1 = 0$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R T_2 - \frac{3}{2}\nu R T_1 =$ $\quad p_1V_1 = \nu R T_1$

$= \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}\cdot 2A_{12} = 3A_{12}$ $\quad p_2V_2 = \nu R T_2$

$Q_{12} = A_{12} + 3A_{12} = 4A_{12}$

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

3) $Q_2 = |Q_x| + A_{123}$, $|Q_x| = |Q_{23}| + |Q_{31}|$, $Q_2 = Q_{12}$

$\eta = \frac{Q_2 - |Q_x|}{Q_2} = \frac{A_{123}}{Q_2} = \frac{A_{123}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} - |A_{31}|}{4A_{12}} =$

$= \frac{1}{4} - \frac{|A_{31}|}{4A_{12}} \le \frac{1}{4}$

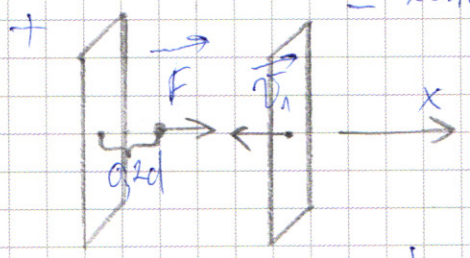
$A_{31} = 0$, если т. 1 совпадет с т. O.,
т. 3 будет лежать на оси OV.

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$, 2) 4, 3) $\frac{1}{4}$.

№3

силой тяжести пренебрегаем

– 23.11 x: $F = ma$ – внутри конденсатора



$F = E\cdot q$

$\Downarrow$

$a = const$

1) $0{,}8d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1{,}6d}$

$0 - v_{1x} = a_x T$

$v_1 = aT \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{1{,}6d}{v_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $U = \frac{q_0}{C} = \frac{q_0 \cdot d}{\varepsilon \varepsilon_0 S}$

$ma = E \cdot q$

$a = \frac{E \cdot q}{m} \Rightarrow \frac{v_1^2}{1{,}6d} = \mu \cdot E \Rightarrow E = \frac{v_1^2}{\mu \cdot 1{,}6d}$

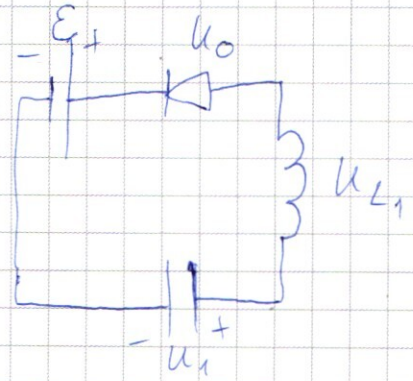
$E = \frac{q_0}{\varepsilon \varepsilon_0 S}$

$U = Ed = \frac{v_1^2}{\mu \cdot 1{,}6}$

3) Т.к. вне конденсатора $E = 0$, а силой тяжести пренебрегаем, то на частицу вне конденсатора не действует никаких сил, $a = 0$. (2 з Ньютона) $\Rightarrow v_0 = v_1$

Ответ: 1) $\frac{1{,}6d}{v_1}$ 2) $\frac{v_1^2}{1{,}6\mu}$ 3) v_1.

№4



1) сразу после замыкания

$U_1 = u_{L_1} + u_0 + \mathcal{E}$

$u_{L_1} = U_1 - u_0 - \mathcal{E} = 2\ В$

$|u_{L1}| = |L \cdot i_1'|$ где i_1' – искомая скорость возрастания тока.

$$|i_1'| = \frac{|u_{L1}|}{L} = \underline{10 \ \frac{A}{c}}$$

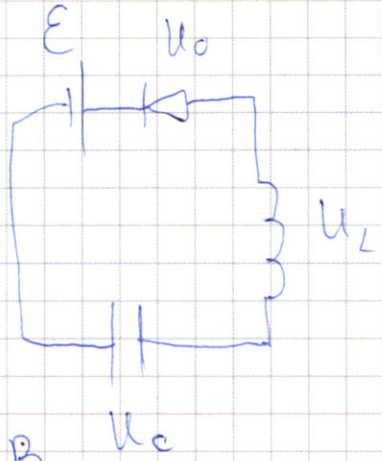
2) пока $u_L > 0$ т.к. $|u_L| = |L i'|$

ток возрастает

↓

нужен момент, когда

$u_L = 0$



тогда $u_c = \mathcal{E} + u_0 = 4\,B$

$q_c = u_c \cdot C$

$q_1 = u_1 \cdot C$

A – работа источника тока

$A = \Delta q \cdot \mathcal{E} = (q_c - q_1) \cdot \mathcal{E}$

$A = \Delta W$

$$(q_c - q_1)\mathcal{E} = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C u_c^2}{2} - \frac{C u_1^2}{2}$$

$$C u_c \mathcal{E} - C u_1 \mathcal{E} = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C u_c^2}{2} - \frac{C u_1^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2 C u_c \mathcal{E} - 2 C u_1 \mathcal{E} - C u_c^2 - C u_1^2}{L}} = \underline{2{,}8 \cdot 10^{-2}\,A}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) ~~[illegible]~~

Ток остановится, когда ~~напряжение на диоде~~ закроется диод, т.е. $-LJ' + U_{c_2} < \mathcal{E} + U_0$

найдём крайний момент напряж. на конденс., оно и будет U_2.

$$-LJ' + U_{c_2} = \mathcal{E} + U_0$$ (установ. напр. $U_2 = U_{c_2}$)

U_{c_2} – напряж. на конден. в произв. момент.

$$A = \Delta W$$

$$q_2 = CU_2$$
$$q_1 = CU_1$$

$$(q_2 - q_1)\mathcal{E} = \frac{LJ^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$J = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sqrt{\underbrace{2U_0\mathcal{E} - 2U_1\mathcal{E} + U_1^2 - U_{c_2}^2}_{B}} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot (B - U_{c_2}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$J' = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{-U_{c_2} U_{c_2}'}{(B - U_{c_2}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$U_c' = \frac{q'}{C} = \frac{J}{C} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot (B - U_{c_2}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$J' = -\frac{U_{c_2} J}{\sqrt{LC}(B - U_{c_2}^2)^{\frac{1}{2}}} = -\frac{U_{c_2}}{L}$$

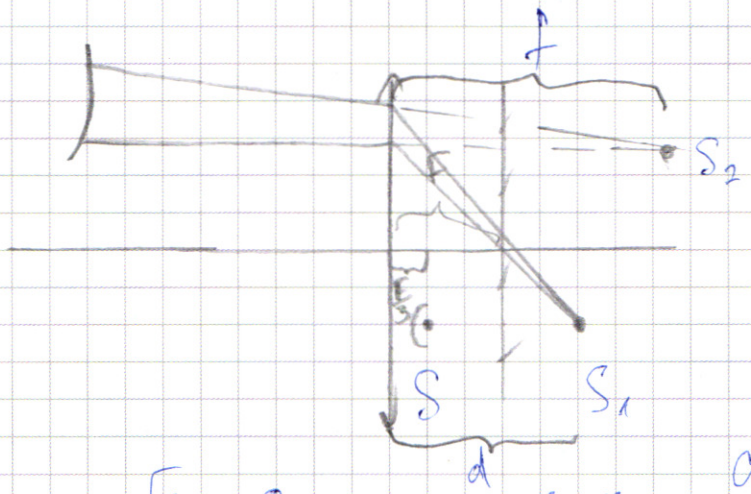
При $U_{c_2} = U_2$

$$-LJ' + U_2 = \mathcal{E} + U_0$$

$$U_2 + U_2 = \mathcal{E} + U_0 \Rightarrow U_2 = \frac{\mathcal{E} + U_0}{2} = 2\ В$$

Ответ: 1) $10\ \frac{А}{с}$ 2) $2{,}8 \cdot 10^{-2}\ А$ 3) $2\ В$.

№5



$d = F + F - \frac{F}{3} = \frac{5}{3}F$

1) Сим-но отобр. S от-но зерк.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

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

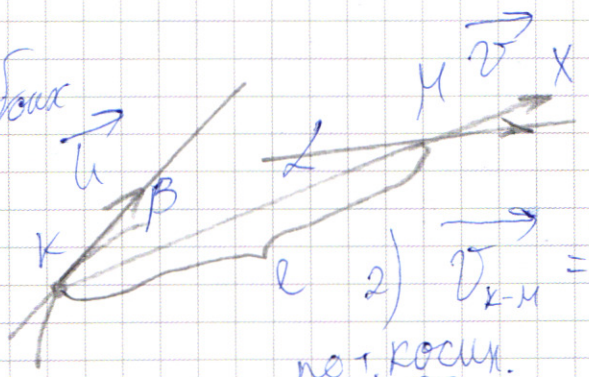
$$f = \frac{5}{2}F$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2}F$.

№1

1) $x_M - x_K = l$

берем произв. от обоих частей:



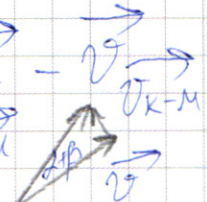
$v_x - u_x = 0$

$v \cdot \cos\alpha = u \cdot \cos\beta$

$\Downarrow$

$u = v \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 0{,}4\,\frac{м}{с} \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} \approx 0{,}5\,\frac{м}{с}$

2) $\vec{v}_{K-M} = \vec{u} - \vec{v}$



по т. косин.

$v_{K-M} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(\beta+\alpha)} \approx 0{,}3\,\frac{м}{с}$

Ответ: 1) $0{,}5\,\frac{м}{с}$. 2) $0{,}3\,\frac{м}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 $\quad i = 3 \quad$ ~~$pV^{\frac{i+2}{i}} = const$~~

1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{\frac{iR}{2}}{\frac{i+2}{2}R} = \frac{3}{5}$ $\quad \eta = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_н}$

2) $\frac{Q}{A}$ - ?

$U_{11} = T^2 \cdot U_{11}$?

$Q = A + \Delta U_{12}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

$A - S_{подгр} A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) =$

$= \frac{p_1V_2 - p_1V_1 + p_2V_2 - p_2V_1}{2} \Rightarrow$

$p_2V_2 - p_1V_1 = 2A - p_1V_2 + p_2V_1 = 2A$

$p_2 = \frac{V_2}{V_1} p_1 \Rightarrow p_2V_1 = p_1V_2$

$p_2V_2 - p_1V_1 = \nu RT_2 - T_1\nu R$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 3A$

$Q = 4A \qquad \frac{Q}{A} = 4$

$A_{123} = A_{12} + A_{31}$

$A_{31} = p_1V_2 - p_1V_1$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

3) $Q_2 = A + |Q_x|$

$$\eta = \frac{Q_2 - |Q_x|}{Q_2} = \frac{A}{Q_2} = \frac{1}{4} - ?$$

$pV = \nu RT$

1-2: $p\uparrow$ $V\uparrow$ $\Rightarrow T\uparrow$

$A > 0$

$Q_{12} = A + \Delta U > 0$

2-3:

$p\downarrow$ $V = const \Rightarrow T\downarrow$

$A = 0$

$Q_{23} = \Delta U + A = \Delta U < 0$

3-1: $p = const$ $V\downarrow$ $T\downarrow$

$A < 0$

$Q_{3-1} = \overset{<0}{A} + \overset{<0}{\Delta U} < 0$

$Q_{12} = 2p_2V_2 - 2V_1p_1$

$A_{123} = \frac{p_2V_2 - V_1p_1}{2} + p_1V_2 + p_1V_1 = \cancel{\frac{p_1V_1 - p_1V_2}{2}}$

$= \frac{p_2V_2 + p_1V_1 - p_1V_2}{2} =$

$$\eta = \frac{1}{4} - \frac{p_1V_2 - p_1V_1}{2p_2V_2 - 2p_1V_1}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$u_2 = \pm\left(\frac{u_2^2}{2\mathcal{E}} - \frac{u_1^2}{2\mathcal{E}} + u_1\right) =$

$-u_L + u_{2C} < u_0 + \mathcal{E}$ - ток нет

$-Li' + u_2 = u_0 + \mathcal{E}$ и В

$u_2^2 \pm 2u_2 \cdot \mathcal{E} - u_1^2 + 2u_1 \cdot \mathcal{E} = 0$

$D_1 = \mathcal{E}^2 + u_1^2 - 2u_1\mathcal{E} = (u_1 - \mathcal{E})^2$

$u_2 = \pm\mathcal{E} \pm (u_1 - \mathcal{E})$

(−) $u_2 = u_1$

$u_2 = -u_1 + 2\mathcal{E} = 0$

(+) $u_2 = u_1 - 2\mathcal{E} = 0$

$u_2 = -\mathcal{E} - u_1 + \mathcal{E} = -u_1$

$t = 0$ сразу после зам. кл. $W_L = 0$

$u_2 = u_1$

$\Downarrow$

берем (−).

$q < 0$

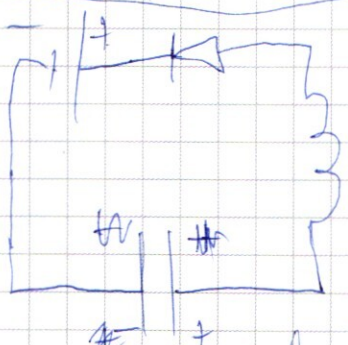
$I = 0$

u_0 на диоде

$\frac{LI^2}{2} + \frac{Cu_2^2}{2} - \frac{Cu_1^2}{2} =$

$-u_2 + \mathcal{E} + u_0 = u_2$

2В



$A_н = u_2 - \mathcal{E} = 3В$

пол. равнов. $u_c = \mathcal{E}$

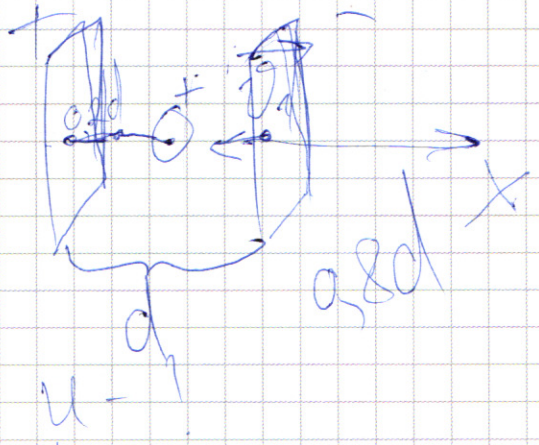
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3



$\frac{q}{m} = \rho$

U −

$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$\varepsilon = 1$

$U = \Delta\varphi = \frac{q_0 d}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \Rightarrow E = \frac{q_0}{\varepsilon_0 S}$

$0{,}8d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1{,}6d}$

$v_0 = v_1$

$\frac{q_0 q}{\varepsilon_0 S} = F$

$C = \frac{q_0}{U}$

$F = ma$

$a = \frac{q_0 q}{\varepsilon_0 S m}$

$0 + v_1 = aT$

$v_1 = \frac{q_0 q}{m\varepsilon_0 S} T$

$v_1 = \frac{v_1^2}{1{,}6d} T$, $T = \frac{1{,}6d}{v_1}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$y = \sqrt{\frac{C}{L}}\sqrt{\underbrace{2\mathcal{E}u_0 - 2u_1\mathcal{E} + u_1^2}_{B = 24\,B^2} - u_c^2} = \sqrt{\frac{C}{L}}\cdot(B - u_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$y' = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\frac{-\cancel{2}u_c\cdot\overset{u_c'}{\overset{\shortparallel}{\frac{y}{C}}}}{(B-u_c^2)^{\frac{1}{2}}} =$$

$$u_c = \frac{q}{C} = \frac{1}{C}\cdot q$$

$$u_c' = \frac{q'}{C} = \frac{y}{C}$$

$$= \frac{\cancel{2}u_c\cdot y}{\sqrt{LC}\,(B-u_{c2})^{\frac{1}{2}}}$$

$$\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\frac{u_{c2}\,y}{\sqrt{B-u_2^2}} + u_2 = 4$$

$$\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}\,u_2 + u_2 = 4$$

$$2u_2 = 4\,B$$

$$u_2 = 2\,B$$

$$i' = 0$$

$$= L\,y' + u_2 =$$

№3

2) U - ?

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q_0 E}{S\varepsilon_0} = \frac{v_1^2}{1{,}6d} \Rightarrow \frac{q_0}{S} = \frac{v_1^2 \varepsilon_0}{1{,}6dE}$$

$$\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} = \frac{q_0}{U}$$

$$U = \frac{q_0}{S} \cdot \frac{\varepsilon_0 d}{\varepsilon_0} = \frac{v_1^2}{1{,}6E}$$

3) Вне конд. поля нет, $\Rightarrow v_1 = v_0$

силой тяжести мы пренебрегаем

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$\mathcal{E} = 3$ В

$C = 20 \cdot 10^{-6}$ Ф

$L = 0{,}2$ Гн

$U_1 = 6$ В

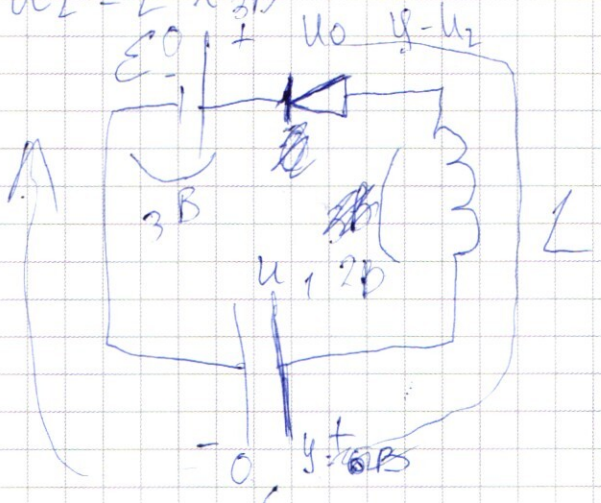
$U_0 = 1$ В

1) $i' - ?$

2) $y_{max} - ?$

3) $U_2 - ?$

$U_L = L \cdot i'$



$y - U_2 = \mathcal{E}$

$2В = 3В$

$U_2 = 3В$

~~т.к. мгновенно ток изм. не может, то сразу после~~

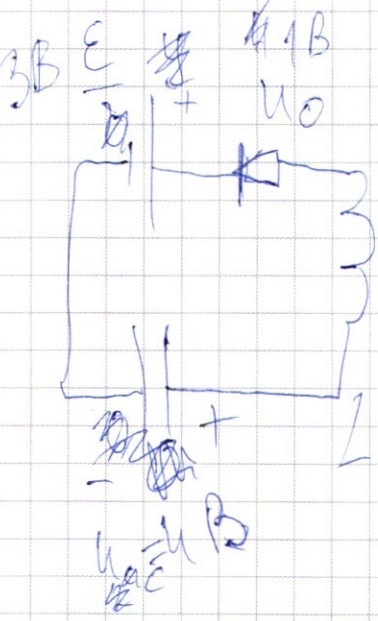
1) $U_2 = 3$ В $= L i'$

$i' = \frac{3U_2}{L} = \frac{2В \cdot 10}{2} = 10 \frac{А}{с}$.

2) $\cancel{\frac{L y^2}{2}}$

$\Delta q \cdot \mathcal{E} = A_{ист}$

$A = \Delta W_k - W_0$



$L i' = U_{зс} - U_0 - \mathcal{E}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$A = W_к - W_0$

$\Delta q \cdot \mathcal{E} = \frac{Lv^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

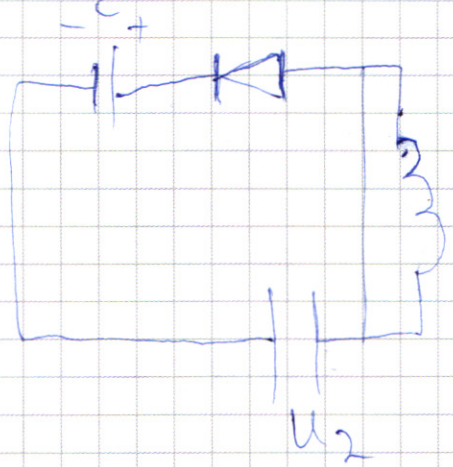
$q_1 = CU_1$

$q_2 = CU_2$

$CU_2\mathcal{E} - CU_1\mathcal{E} = \frac{Lv^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

$v = \sqrt{\frac{2CU_2\mathcal{E} - 2CU_1\mathcal{E} - CU_2^2 + CU_1^2}{L}} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sqrt{\underbrace{2\cdot 4\cdot 3}_{24} - \underbrace{2\cdot 6\cdot 3}_{36} - 16 + 36} = \underbrace{\sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 10^{-6}}{2\cdot 10^{-1}}}}_{10^{-2}} \cdot \sqrt{8} \approx 2{,}8\cdot 10^{-2}\,A$

3)



$U_1 < 0$

$U_L + \mathcal{E} + U_0 = U_{C_1}$

< 0 3В 1В

$U_2 < 0$

$q_2 = \frac{U_2 \cdot C}{+}$

$A = W_к - W_0$

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

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

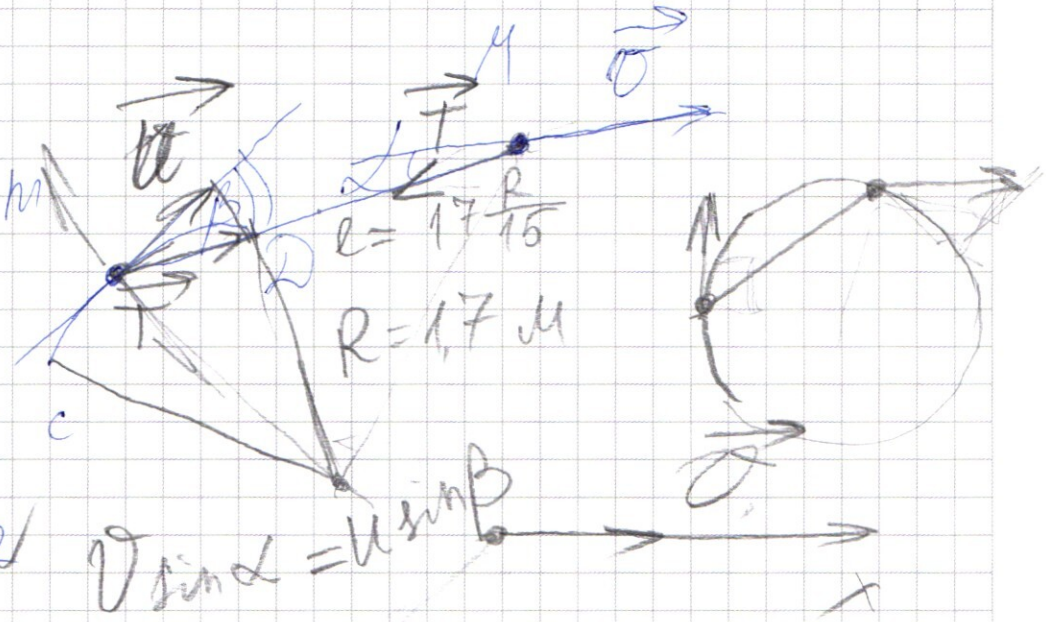
№1

$m = 1$ кг

$v = 0{,}4 \frac{м}{с}$

$289 - 64 =$

225



$l = 17\frac{R}{15}$

$R = 1{,}7$ м

$v \sin\alpha = u \sin\beta$

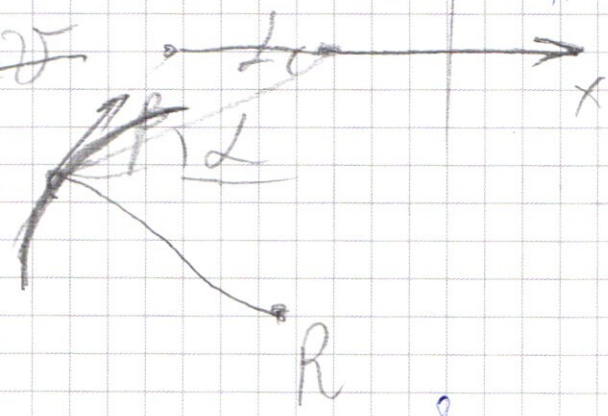
$v_{y.н} = m + M$

$\sin\beta = \frac{15}{17}$

$\sin\alpha = \frac{4}{5}$

$v\cos\alpha = u\cos\beta$

$u = \frac{v\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{0{,}4 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{28 \cdot 10_2}{17}} = \frac{17 \cdot 3}{4}$



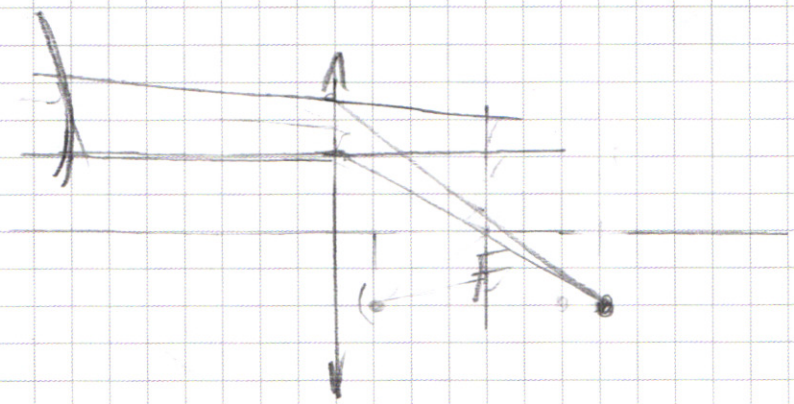
$u = \frac{v \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{0{,}4 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{15}{17}} = \frac{16 \cdot 17}{30} \approx$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

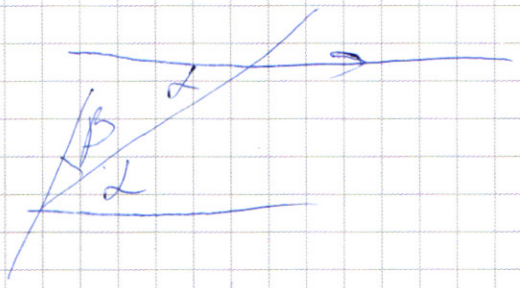


$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$x_1 - x_2 = const$$

$$v_1 = const$$

$$v_1$$



$$\beta + \alpha$$

$$\frac{210}{8} \cdot \frac{2}{5}$$

$$\frac{10^2}{\cancel{8} \cdot \cancel{8}} \cdot \frac{\cancel{8}}{\cancel{5} \cdot \cancel{5}}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)