

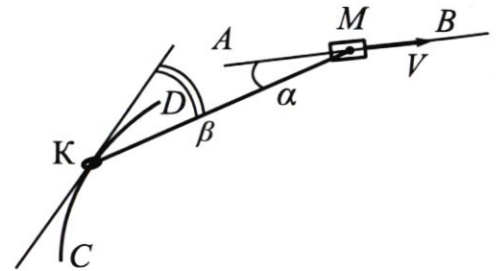
Олимпиада «Физтех» по физике, 6

Вариант 11-01

Класс 11

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

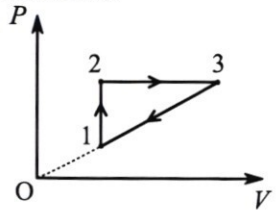
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



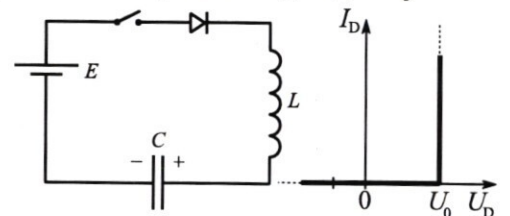
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 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.

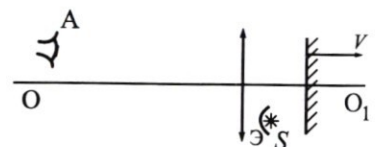
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



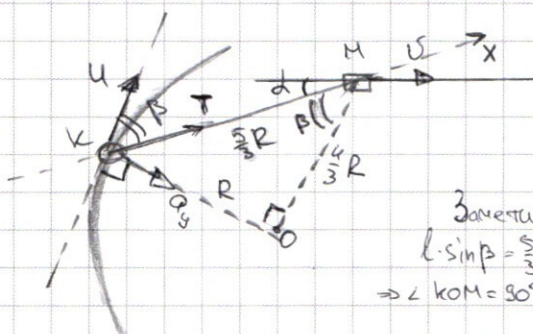
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

1517



Дано: $v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

$m = 0,1 \text{ кг}$

$R = 1,9 \text{ м}$

$l = \frac{5}{3} R$

$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \beta = \frac{3}{5}$

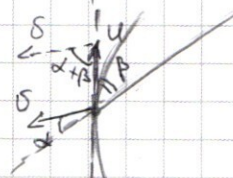
Заметим, что
 $l \cdot \sin \beta = \frac{5}{3} R \cdot \frac{3}{5} = R \Rightarrow$
 $\Rightarrow \angle \text{КОМ} = 90^\circ \Rightarrow \text{ОМ} = \frac{4}{3} R$

- 1) u - скорость кольца в рассматриваемый момент
Рассмотрим ось x , направленную вдоль нити

В проекции на эту ось $v \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$

$u = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 15,5 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

- 2) Перейдем в с.о. нити. В этой с.о. кольцо имеет скорость δ , направленную под углом α к нити:



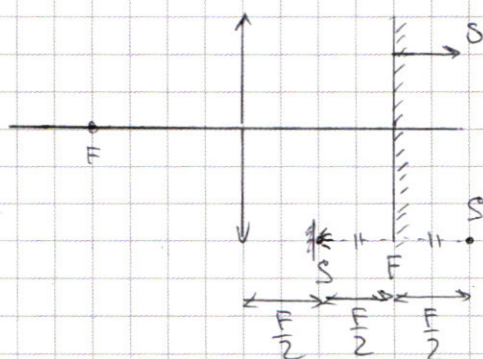
Полная скорость кольца в этой с.о. находится по теореме косинусов:

$$\begin{aligned} u_1 &= \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} = \\ &= \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right)} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \\ &= \sqrt{5625 + 4624 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \left(\frac{36}{17 \cdot 5} \right)} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \sqrt{5625 + 4624 - 2 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 36} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \\ &= \sqrt{5625 + 4624 - 4320} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \sqrt{5625 + 304} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \sqrt{5929} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \\ &= \sqrt{49 \cdot 121} \frac{\text{см}}{\text{с}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}} \end{aligned}$$

- 3) Перейдем обратно в лабораторную с.о. Кольцо движется по дуге окружности радиусом R со скоростью u , $\Rightarrow$ его центростремительное ускорение $a_y = \frac{u^2}{R}$; $\vec{a}_y \perp \vec{u}$

II закон Ньютона: $ma_y = T \sin \beta \Rightarrow T = \frac{mu^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \cdot (0,75)^2}{1,9 \cdot \frac{3}{5}} \text{ Н} =$
 $= \frac{0,25 \cdot 0,75 \cdot 5}{1,9} \text{ Н} = \frac{3 \cdot 5}{16 \cdot 19} \text{ Н} = \frac{15}{304} \text{ Н}$
Ответ: 1) $u = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
2) $u_1 = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
3) $T = \frac{15}{304} \text{ Н}$

SS



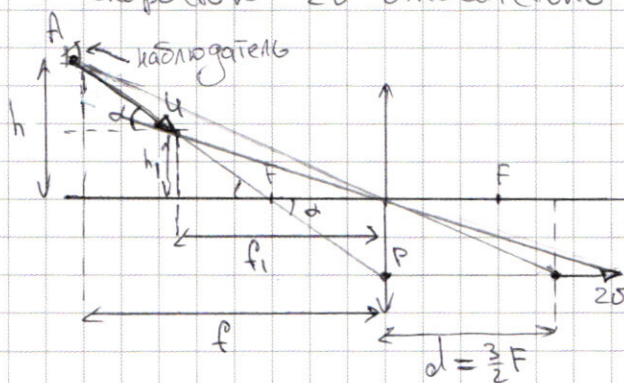
S - источник

S₁ - изображение источника

S₁ и S симметричны относительно плоскости зеркала $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ S₁ находится на расстоянии $\frac{3F}{2}$ от линзы; $d = \frac{3F}{2}$

Зеркало движется со скоростью v , $\Rightarrow$ S₁ движется со скоростью $2v$ относительно линзы и наблюдателя:



1) По формуле тонкой линзы

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

$$\Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{(\frac{3}{2}-1)F} = \frac{3}{2}F$$

$f = 3F$ - расстояние от линзы

до изображения мнимого источника S₁; на таком расстоянии наблюдатель может увидеть изображение источника в системе

2) Пусть изображение источника движется со скоростью u

$$\tan \alpha = \frac{h-h_1}{f-f_1}; \quad \frac{h}{\frac{3}{4}F} = \frac{f}{d} \Rightarrow h = \frac{\frac{3}{4}F \cdot 3F}{\frac{3}{2}F} = \frac{3}{2}F$$

$$f_1 = \frac{(d+2v)F}{d+2v-F} \quad \text{из формулы тонкой линзы}$$

$$h_1 = \frac{f_1 \cdot \frac{3}{4}F}{d+2v} = \frac{\frac{3}{4}F^2}{d+2v-F}$$

$$\tan \alpha = \frac{\frac{3}{2}F - \frac{\frac{3}{4}F^2}{(d+2v-F)^{-1}}}{\frac{3}{4}F - \frac{1}{2}(d+2v-F)} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \frac{F}{d+2v-F}}{\frac{d+2v-F - d-2v}{d+2v-F}} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \frac{F}{d+2v-F}}{-F} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \frac{F}{d+2v-F}}{-F}$$

2) Скорость изображения направлена вдоль прямой PA (см. рисунок)

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

Продолжение на стр. 53

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение №5

3) На пружине $F = 3F$, $h = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F} \cdot F = \frac{3}{2}F$
 $F_1 = \frac{(d + 2\delta t) \cdot F}{d + 2\delta t - F}$, $h_1 = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F} \cdot F = \frac{1}{2} \frac{(d + 2\delta t)F}{d + 2\delta t - F}$, где $2\delta t$ - малое перемещение
 условие устойчивости
 обозначим $l = 2\delta t$

Тогда $l_1 = ut$ - малое перемещение изобразителя, u - скорость изобразителя

$$h_1 = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F + l} \cdot l = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F + l} \cdot \frac{(d+l)F}{d+l-F} = \frac{\frac{3}{4}F^2 \left(\frac{3}{2}F + l\right)}{\left(\frac{3}{2}F + l\right)\left(\frac{3}{2}F + l - F\right)} = \frac{\frac{3}{4}F^2}{\frac{1}{2}F + l} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{F + 2l}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{g_2} &= \frac{h-h_1}{f-f_1} = \frac{\frac{3}{2}F}{F+2l} = \frac{\frac{3}{2}F}{3F - \left(\frac{3}{2}F + l\right) \cdot F} = \frac{\frac{3}{2}}{3 - \frac{\left(\frac{3}{2}F + l\right) \cdot 2}{F+2l}} \\ &= \frac{\frac{3F+6l-3F}{2(F+2l)}}{\frac{3F+6l-\frac{6}{2}F-2l}{F+2l}} = \frac{\frac{6l}{2}}{4l} = \frac{6l}{4l} = \frac{3}{2} \end{aligned}$$

$$l_1 = \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + (f_1 - f_2)^2} \quad \text{— по теореме Пифагора}$$

$$h - h_1 = \frac{3}{2}F - \frac{\frac{3}{2}F^2}{F + 2l} = \frac{3}{2}F \frac{2l}{F + 2l} = F \frac{3l}{F + 2l}$$

$$f - f_1 = 3F - \left(\frac{\frac{3}{2}F + l}{\frac{1}{2}F + l} \right) F = F \left(3 - \frac{2(\frac{3}{2}F + l)}{F + 2l} \right) = F \frac{4l}{F + 2l}$$

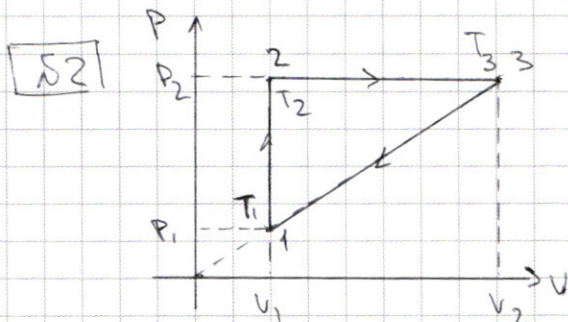
$$l_1 = \sqrt{9 + 16} \cdot \frac{F \cdot l}{F + 2l} = \frac{5Fl}{F + 2l}; \text{ примем } l \text{ наем } \Rightarrow l_1 = 5F$$

$$u = \frac{h_1}{e} \cdot 25 = 105$$

Отвеч: 1) 3F

2) $\lg d = \frac{3}{4}$

3) $u = 10 \text{ V}$



$i = 3$ - газ одноатомный

$$T_1 < T_2 < T_3$$

1) Повышение температуры газа происходило на участках 12 и 23

$$1 \rightarrow 2: \text{изохора, } c_v = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T + A_{12}}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$$

$$2 \rightarrow 3: \text{изобара, } c_p = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \left(\frac{5}{3} \right)$$

2) В изобарном процессе $2 \rightarrow 3$ работа газа $A_{23} = P_2(V_2 - V_1) = \nu R(T_3 - T_2)$

Теплота, полученная газом $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \left(\frac{5}{2} \right)$$

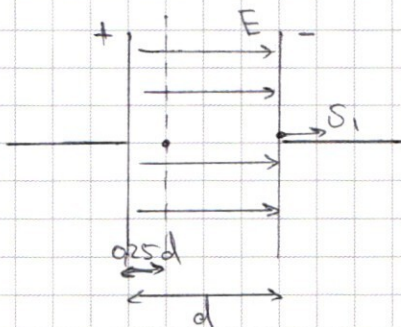
3) $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_1}{T_3}$ - максимальное значение КПД

На участке $3 \rightarrow 1$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

53

Дано: S, d, T, γ



Поле внутри конденсатора $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, Q - заряд на конденсаторе

Сила, действующая со стороны поля на пластину $F = E \cdot q =$

$$= \frac{Qq}{\epsilon_0 S}, \quad q - \text{заряд пластины, сила } F = \text{const пока пластина находится внутри конденсатора}$$

$$\text{Ускорение пластины } a = \frac{F}{m} = \frac{Q \cdot q}{\epsilon_0 S m} = \frac{Q \gamma}{\epsilon_0 S}$$

Пластина движется равноускоренно без начальной скорости; за время T она прошла путь $0,5d$ и приобрела скорость v_1

$$0,5d = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{1,5d}{T^2}$$

1) $v_1 = aT = \frac{1,5d}{T}$ - скорость пластины на вылете из конденсатора

2) $a = \frac{1,5d}{T^2} = \frac{Q \gamma}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{\gamma T^2}$ - заряд на конденсаторе

3) Снаружи конденсатора поля нет; пластина будет продолжать двигаться равномерно и прямолинейно до бесконечности;

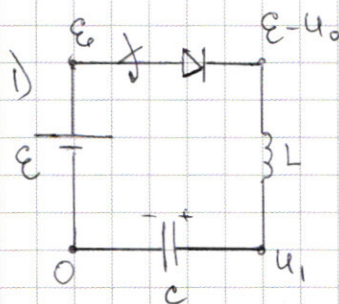
$$v_2 = v_1 = \frac{1,5d}{T}$$

Ответ: 1) $v_1 = \frac{1,5d}{T}$

2) $Q = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{\gamma T^2}$

3) $v_2 = v_1 = \frac{1,5d}{T}$

54 Дано: $\mathcal{E} = 9\text{ В}$, $C = 40\text{ мкФ}$, $U_1 = 5\text{ В}$, $L = 0,1\text{ Гн}$, $U_0 = 1\text{ В}$



разу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе не изменяется; напряжение на катушке $\mathcal{E}_L = \mathcal{E} - U_0 - U_1$ (U_0 - напряжение диода; диод пропускает ток)

$$\mathcal{E}_L = L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - U_0 - U_1,$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 1 - 5\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Начальная энергия конденсатора $W_c = \frac{CU_1^2}{2}$, его заряд $q_1 = CU_1$

Максимальный ток в цепи будет, когда конденсатор полностью разрядится, т.е. весь его заряд q_1 пройдет через батарею, $\rightarrow$ Батарея совершит работу $A = q_1 \cdot \mathcal{E} = CU_1 \mathcal{E}$

Энергия катушки, когда через нее проходит максимальный ток I_m

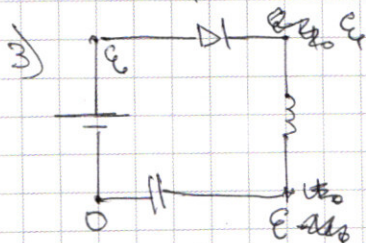
$$W_L = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\text{З.С.Э: } W_c + A = W_L$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + CU_1 \mathcal{E} = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{CU_1^2 + 2CU_1 \mathcal{E}}{L}} = \sqrt{\frac{CU_1(U_1 + 2\mathcal{E})}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 9)}{0,1\text{ Гн}}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 23} \text{ А} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{115} \text{ А} \approx$$

$$\approx 2 \cdot 10,4 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 21,4 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 214 \text{ мА}$$



$$U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 8\text{ В} \quad U_2 = \mathcal{E} = 9\text{ В}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{dI}{dt} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) I_m = 214 \text{ мА}$$

$$3) U_2 = 9\text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③

$E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$
 $E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$
 $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$
 $F = Eq = \frac{Qq}{\epsilon_0 S} = mg$
 $a = \frac{Qq}{\epsilon_0 Sm} = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S}$
 $\frac{aT^2}{2} = 0.45d$
 $a = \frac{0.45d}{T^2} = \frac{1.5d}{T^2}$

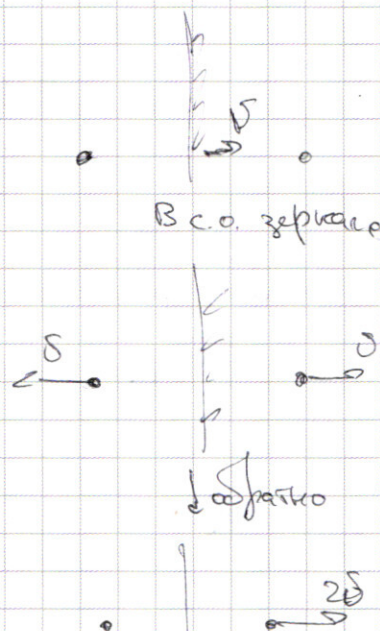
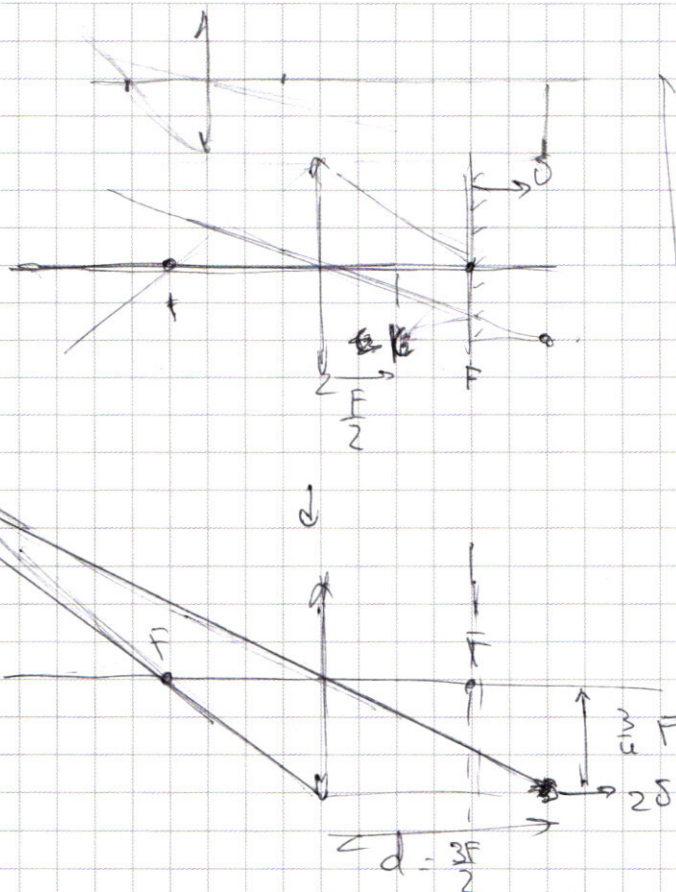
1) $\sigma_1 = aT = \frac{1.5d}{T}$

2) $a = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S} = \frac{1.5d}{T^2}$
 $Q = \frac{1.5d\epsilon_0 S}{\gamma T^2}$

3) $E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$
 $E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$
 $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$
 $F = Eq = \frac{Qq}{\epsilon_0 S} = mg$
 $a = \frac{Qq}{\epsilon_0 Sm} = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S}$
 $\frac{aT^2}{2} = 0.45d$
 $a = \frac{0.45d}{T^2} = \frac{1.5d}{T^2}$
 $Q = \frac{1.5d\epsilon_0 S}{\gamma T^2}$

$w_1 = Eqd$
 $w_2 = Eqd$
 $w_1 = w_2$
 $Eqd = \frac{mg^2}{2}$
 $Q = \frac{mg^2}{2Eqd}$
 $Q = \frac{mg^2}{2 \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot d}$
 $Q^2 = \frac{mg^2 \epsilon_0 S}{2d}$
 $Q = \sqrt{\frac{mg^2 \epsilon_0 S}{2d}}$
 $Q = \frac{1.5d\epsilon_0 S}{\gamma T^2}$
 $\frac{1.5d}{T^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \gamma$

5



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

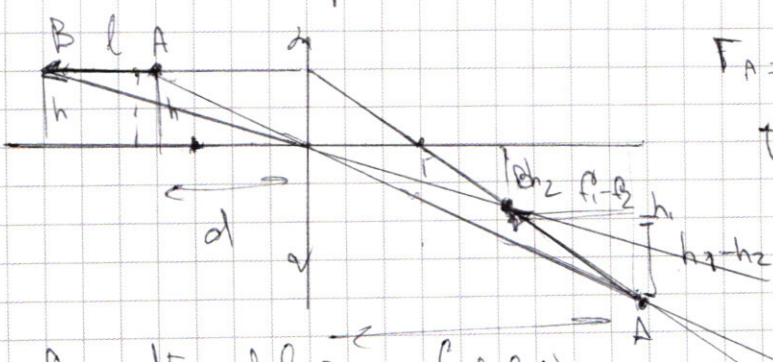
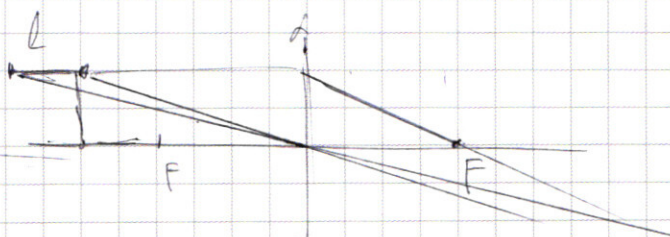
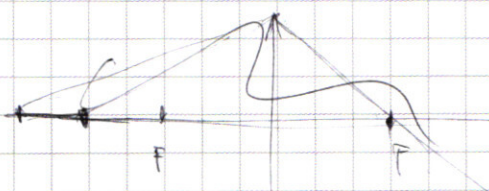
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{3}{2}F} = \frac{3-2}{3F} = \frac{1}{3F}$$

$$f = 3F$$

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

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

2)



$$\Gamma_A = \frac{h_1}{h} = \frac{f}{d} = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right)^{-1}$$

$$\Gamma_B = \frac{h_2}{h} = \frac{f_2}{d+l}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{f}{f_2} \cdot \frac{d+l}{d} =$$

$$= \frac{dF}{d-F} \cdot \frac{d+l}{d} \cdot \frac{d+l-F}{(d+l)F} =$$

$$= \frac{d+l-F}{d-F}$$

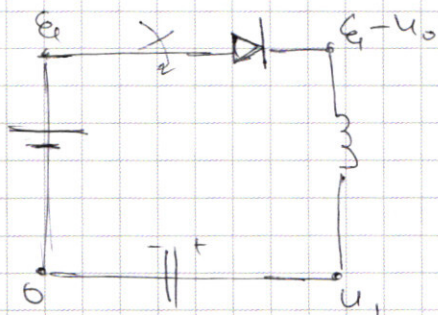
$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{dF}{d-F} \cdot \frac{d+l-F}{(d+l)F} = \frac{d(d+l-F)}{(d-F)(d+l)}$$

$$f_2 - f_1 = f_2 \left(\frac{(d-F)(d+l)}{d(d+l-F)} - 1 \right) \checkmark$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_1 V_1 = 2RT_1 = P_2 V_2$$



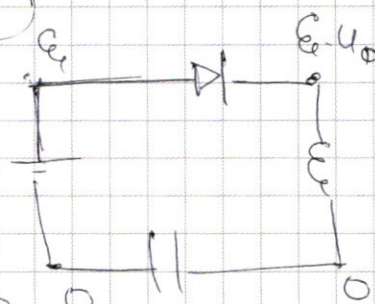
Сразу после замыкания ключа

$$q_0 = CU_1 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 200 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

$$1) \quad \varepsilon_1 = \varepsilon - u_0 - u_1 = L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon - u_0 - u_1}{L} = \frac{5 - 1 - 5}{91} = \left(30 \frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

$$\frac{\varepsilon - u_0}{L} = \frac{5 - 5}{91} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



$$2) \quad W_1 = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$W_1 + A_{\text{э}} = W_2$$

$$W_2 = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + \varepsilon CU_1 = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$A_{\text{э}} = \varepsilon \cdot q = \varepsilon \cdot CU_1, \quad CU_1^2 + 2\varepsilon CU_1 = LI_m^2$$

$$I_m^2 = \frac{CU_1^2 + 2\varepsilon CU_1}{L} = \frac{CU_1}{L} (U_1 + 2\varepsilon) = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 5}{91} \cdot (5 + 2 \cdot 5) =$$

$$= 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 23$$

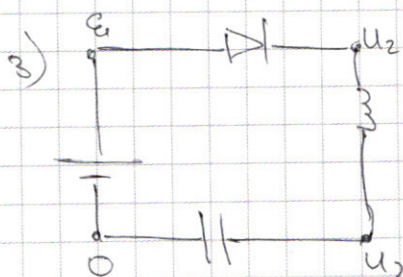
$$I_m = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{115} =$$

$$\approx 10,4 \cdot 10^{-2} = 214 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$2,14 \cdot 10^{-3} \text{ А} = \left(2,14 \text{ мА} \right)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L}} U_1 = \sqrt{40 \cdot 10^{-6}} \cdot 5 =$$

$$= 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 = 20 \text{ мА}$$



$$\frac{5R}{3} \sin \beta = R$$

$$\sqrt{\frac{C}{L}} (\varepsilon - u_1) = I_m$$

$$LI_m^2 = C (\varepsilon - u_1)^2$$

$$\max \sin \beta = 1$$

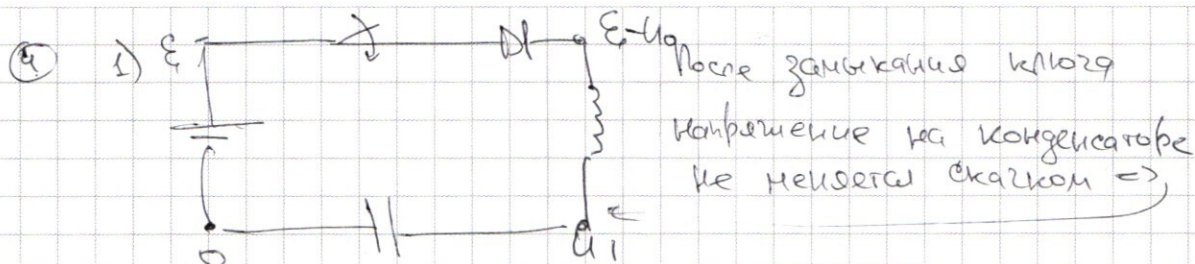
$$T = 0,1 \cdot \left(\frac{10,4 \cdot 10^{-2}}{1,9} \right)^2 \cdot \frac{3}{5} = \frac{0,159753}{1,9}$$

$$\frac{25}{9} - 1 = \frac{16}{9} = \frac{4}{3}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ \times 16 \\ \hline 160 \\ + 160 \\ \hline 320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10,45 \\ \times 0,45 \\ \hline 375 \\ + 300 \\ \hline 3375 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\text{В } \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_0 - U_1 = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \left(\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 5}{0,1} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

$$2) \quad W_C = \frac{CU_1^2}{2} \quad W_L = \frac{LI_m^2}{2} \quad \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{C}{L}} U_1 =$$

$$A_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} \cdot q = \mathcal{E} \cdot CU_1$$

$$W_C = A_{\mathcal{E}} + W_L$$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + \mathcal{E}CU_1$$

$$CU_1^2 = LI_m^2 + 2\mathcal{E}CU_1$$

$$\sqrt{\frac{C}{L}} (\mathcal{E} - U_1)$$

$$C = \frac{q}{U} \quad q_0 = CU$$

$$I_m^2 = \frac{CU_1^2 + 2\mathcal{E}CU_1}{L}$$

$$= \frac{CU_1}{L} (U_1 + 2\mathcal{E})$$

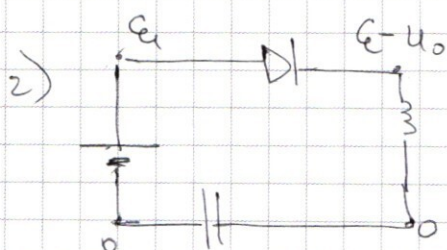
$$I_m = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} \cdot 5 \cdot (5 + 2 \cdot 9)}$$

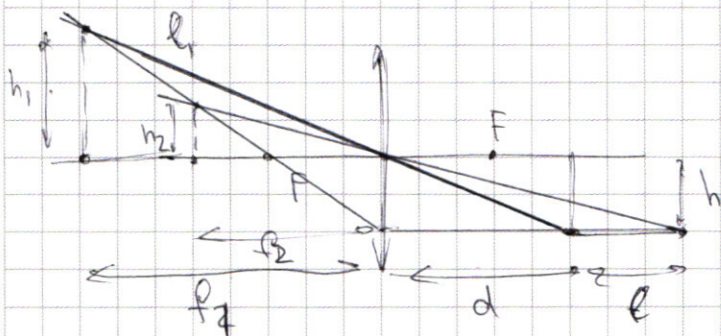
$$= \sqrt{40 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 23} =$$

$$W_C = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$= 2 \sqrt{10^{-4} \cdot 115} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$$





$$\tan \alpha = \frac{h-h_1}{p_1-p_2} = \frac{\frac{3}{2}F - \frac{\frac{3}{2}F^2}{F+2l}}{3F - \left(\frac{\frac{3}{2}F+l}{\frac{1}{2}F+l}\right)F}$$

Дано: F
 $d = \frac{3}{2}F$
 $h = \frac{3}{2}F$

$$f_1 = \frac{dF}{d-F}$$

$$f_2 = \frac{(d+l)F}{d+l-F}$$

$$h_1 = \frac{p_1}{d} h = \frac{F}{d-F} h = \frac{F}{\frac{1}{2}F} \cdot \frac{3}{2}F = \frac{3}{2}F$$

$$h_2 = \frac{p_2}{d} \cdot F = \frac{(d+l)F}{(d+l-F)d} \cdot F$$

$$l_1 = (f_1 - f_2)^2 + (h_1 - h_2)^2 =$$

$$f_1 - f_2 = \frac{dF}{d-F} - \frac{(d+l)F}{d+l-F} = \frac{dF(d+l-F) - (d+l)F(d-F)}{(d-F)(d+l-F)}$$

$$= \frac{d^2F + d^2lF - dF^2 - d^2F - d^2lF + dF^2 + lF^2}{d^2 - Fd + d^2l - Fl - Fd + F^2} = \frac{lF^2}{(d-F)(d+l-F)}$$

$$h_1 - h_2 = \frac{3}{2}F - \frac{(d+l)F}{(d+l-F)d} F = F \left(\frac{3(d+l-F)d - 2(d+l)F}{2(d+l-F)d} \right) =$$

$$= F \left(\frac{3d^2 + 3d^2l - 3Fd - 2dF - 2lF}{2d^2 + 2d^2l - 2Fd - 2lF} \right)$$

$$f_1 - f_2 = \frac{l \cdot F^2}{\frac{1}{2}F(\frac{1}{2}F+l)} = \frac{4lF}{F+2l}$$

$$h_1 - h_2 = F \left(\frac{3(\frac{1}{2}F+l) \cdot \frac{3}{2}F - 2(\frac{3}{2}F+l) \cdot F}{2 \cdot (\frac{1}{2}F+l) \cdot \frac{3}{2}F} \right) =$$

$$= F \left(\frac{\frac{3}{2}(\frac{1}{2}F+l) - 2(\frac{3}{2}F+l)}{3(\frac{1}{2}F+l)} \right) = F \frac{\frac{3}{4}F + \frac{3}{2}l - 3F - 2l}{3(\frac{1}{2}F+l)} =$$

$$= F \frac{\frac{3}{4}l - \frac{3}{4}F}{3(\frac{1}{2}F+l)} = F \frac{10l - 3F}{3(2F+4l)} = F \frac{10l - 3F}{6F+12l}$$

$l_1 = \sqrt{\quad}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $u = \frac{v \sin \alpha}{\sin \beta} = 68$

$\frac{15}{100} = \frac{160}{25}$

$75 \frac{\text{cm}}{\text{c}} = \frac{75 \cdot 10}{100} \frac{\text{m}}{\text{c}}$

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

$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{15}{17} \cdot \frac{85}{51} = \frac{120}{17}$

$= \frac{12 \cdot 68}{17} \frac{\text{cm}}{\text{c}} = 48 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

$= \frac{15 \cdot 4}{17} \cdot 68 = 15 \cdot 5 = 75 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

2) В с.о. муфта

$\frac{15}{100} = \frac{15}{20} = \frac{3}{4}$

$u_1 = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)}$

$= \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}$

$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17} = \frac{8}{17}$

$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

$u_1 = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5}\right)}$

$= \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \left(\frac{60 - 24}{17 \cdot 5}\right)}$

$= \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 36}$

$= \sqrt{5929} = \sqrt{7 \cdot 847} =$

$= \sqrt{49 \cdot 121} = 77 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

3)

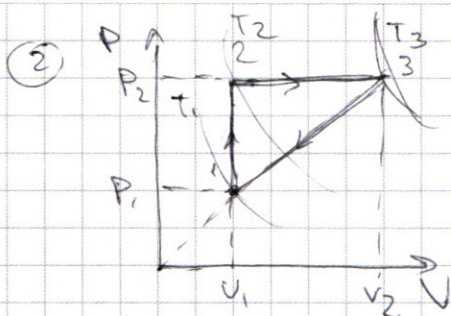
$a_y = \frac{u^2}{R}$

$ma_y = T \sin \beta$

$T = \frac{mu^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot \left(75 \frac{\text{cm}}{\text{c}}\right)^2}{1,9 \text{ м} \cdot \frac{3}{5}} =$

$= \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 75^2 \cdot 5}{1,9 \cdot 3} = \frac{(0,75)^2 \cdot 5}{1,9 \cdot 3} = \frac{0,25 \cdot 0,75 \cdot 5}{19} =$

$= \frac{1 \cdot 3}{4 \cdot 19} = \frac{15}{304} \text{ Н}$



$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \quad i=3$$

$$\frac{\partial R T_2}{V_2^2} = \frac{\partial R T_1}{V_1^2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

1 → 2: $u_{30} x o p u$ $P_1 V_1 = \partial R T_1$
 $P_2 V_1 = \partial R T_2$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \partial R \Delta T + A}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$$

$$A = 0, \Delta U = \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1)$$

$$Q_1 = \Delta U = \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1)$$

2 → 3: $u_{30} x o p u$ $P_2 V_1 = \partial R T_2$
 $P_2 V_2 = \partial R T_3$

$$C_P = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \partial R \Delta T + P_2 (V_2 - V_1)}{\Delta T}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \partial R \Delta T + \partial R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} \partial R$$

$$A = P_2 (V_2 - V_1) = \partial R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \partial R (T_3 - T_2)$$

$$Q = \frac{5}{2} \partial R (T_3 - T_2)$$

3 → 1: $P_2 V_2 = \partial R T_3$
 $P_1 V_1 = \partial R T_2$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

$$A = P_1 V_1 + (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_1 =$$

$$= 2 P_1 V_1 - P_1 V_2 + P_2 (V_2 - V_1) =$$

$$= 2 \partial R T_1 -$$

1) $\frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

2) 2-3 $A = \partial R (T_3 - T_2)$
 $Q = \frac{5}{2} \partial R (T_3 - T_2)$

$$\frac{Q}{A} = \frac{5}{2}$$

$$T_3 - T_1 = -P$$

3 → 1: $A = P_1 V_1 + (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$

$$Q = U = \frac{3}{2} \partial R (T_1 - T_3)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

3) $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \frac{T_3 - T_1}{T_3} =$

$$P_1 V_1 = \partial R T_1$$

$$P_2 V_2 = \partial R T_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \frac{T_1}{T_2}$$