

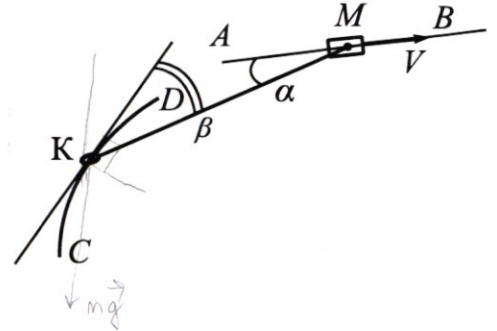
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

## Вариант 11-03

Класс 11

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

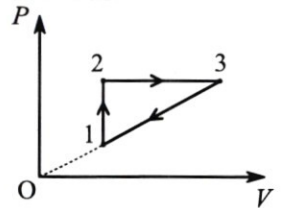
1. Муфту  $M$  двигают со скоростью  $V = 34$  см/с по горизонтальной направляющей  $AB$  (см. рис.). Кольцо  $K$  массой  $m = 0,3$  кг может двигаться без трения по проволоке  $CD$  в виде дуги окружности радиусом  $R = 0,53$  м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной  $l = 5R/4$ . Система находится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



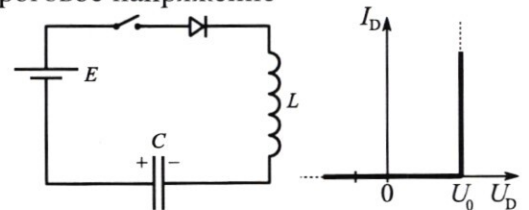
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния  $d$  между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии  $0,3d$  от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

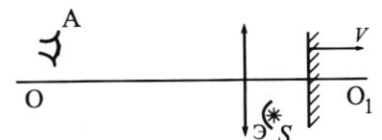
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 6$  В, конденсатор емкостью  $C = 40$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 2$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,1$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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  $\mathcal{E}$ , 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  $A$  сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- + 2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- + 3) Найти скорость изображения в этот момент.







Тогда угол  $\angle \alpha$  - угол между этой прямой и осью  $OO_1$ .

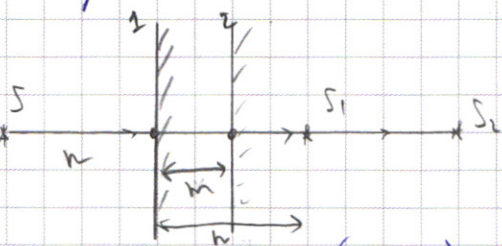
$$\angle XFK = \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{XK}{KF_1}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{F} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \angle \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$$

3) Пусть скорость изображения в этот момент времени -  $u$ . Она направлена по прямой  $F_1K$  в сторону линзы, т.к. скорость источника ( $S^*$ ) направлена от линзы.

Пусть её проекция на ось  $OO_1$  равна  $u_1$ . Тогда  $\cos \alpha = \frac{u_1}{u} \Rightarrow$

$$\Rightarrow u = \frac{u_1}{\cos \alpha}$$

Зеркало движется со скоростью  $U$ , значит  $S^*$  движется со скоростью  $2U$ . Д-во: пусть зеркало в положении 1,  $S$  - источник,  $S_1$  - изображение. Через какое-то время зеркало пройдет расстояние  $m$  и окажется в положении 2. Тогда изображение  $S_2$  будет на расстоянии  $2(n+m)$  от источника.



$$g(S_2; S_1) = 2(n+m) - 2n = 2m, \text{ т.е. за время } t$$

то же время зеркало пройдет расстояние  $m$ , а изображение -  $2m$ . Значит,  $U_{из} = 2U_з = 2U$ . з.м.г.

$$\text{Тогда } u_1 = \Gamma^2 \cdot 2U, \text{ где } \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{2L-a} = \frac{5F}{(\frac{3}{2} - \frac{1}{4})F} = \frac{5}{\frac{5}{4}} = 4.$$

$$u_1 = 4^2 \cdot 2U = 32U$$

$$\text{Тогда } u = \frac{u_1}{\cos \alpha} = \frac{32U}{\cos \alpha};$$

$$\text{из } \Delta KFK_1: \cos \alpha = \frac{F}{\sqrt{F^2 + \frac{9}{16}F^2}} = \frac{F}{F \cdot \frac{5}{4}} = \frac{4}{5}$$

$$3) u = \frac{32U}{\frac{4}{5}} = 8U \cdot 5 = 40U$$

Ответ: 1)  $f = 5F$

2)  $\angle \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$

3)  $u = 40U$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N2$   
 $i=3$

1)  $\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = ?$

2)  $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ?$

3)  $\eta_{\max} = ?$

$\frac{P_1}{P_3} = \frac{V_1}{V_3} \Rightarrow P_3 V_1 = P_1 V_3 (**)$

	1-2	2-3	3-1
P	↑	const	↓
V	const	↑	↓
T	↑	↑	↓

Пользуясь формулой Менделеева-Клапейрона для идеального газа,  $PV = \nu RT$ , заново (\*\*), таблицу

1) Температура газа повышается на участках 1-2 и 2-3.

1-2:  $C_{V12} \cdot \nu \cdot \Delta T_{12} = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \Rightarrow C_{V12} = \frac{3R}{2}$  (1)

2-3:  $C_{V23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$  (2)

$A_{23} = (V_3 - V_1) \cdot P_3 = P_3 V_3 - P_3 V_1$  (3)

См. (\*\*):  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)$  (4)

(3) и (4) в (2):  $Q_{23} = P_3 V_3 - P_3 V_1 + \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_3 V_1 = \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)$  (5)

$C_{V23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = \frac{C_{V23} \cdot \nu R (T_3 - T_2)}{R} = \frac{C_{V23}}{R} (P_3 V_3 - P_3 V_1)$  (6)

(5) = (6):  $C_{V23} \cdot \frac{(P_3 V_3 - P_3 V_1)}{R} = \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1) \Rightarrow C_{V23} = \frac{5R}{2}$  (7)

$\frac{(1)}{(7)}: \frac{C_{V12}}{C_{V23}} = \frac{3R \cdot 2}{2 \cdot 5R} = \frac{3}{5} = 0,6$   $\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = 0,6$

2)  $\frac{(4)}{(3)}: \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)}{P_3 V_3 - P_3 V_1} = \frac{3}{2} = 1,5$   $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1,5$

3)  $\eta = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C} \cdot 100\%$  (8)

$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (P_3 V_1 - P_1 V_1) + \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1) =$   
(см. (1) и (5)):

$$= \frac{1}{2} (3P_3V_1 - 3P_1V_1 + 5P_3V_3 - 5P_3V_1) = \frac{1}{2} (5P_3V_3 - 3P_1V_1 - 2P_3V_1). \quad (9)$$

$$Q_X = Q_{31} = A_{31} + \Delta W_{31} \quad (10)$$

$$A_{31} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) \cdot (P_3 + P_1) \quad (11)$$

$$\Delta W_{31} = \frac{3}{2} VR (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (P_3V_3 - P_1V_1) \quad (12) \quad \text{см. (**)}$$

$$(11) \text{ и } (12) \text{ в } (10): Q_X = \frac{1}{2} (P_3V_3 - P_3V_1 + P_1V_3 - P_1V_1 + 3P_3V_3 - 3P_1V_1) = \\ = \frac{1}{2} (4P_3V_3 - 4P_1V_1) = 2(P_3V_3 - P_1V_1). \quad (13)$$

$$(9) \text{ и } (13) \text{ в } (8):$$

$$\begin{aligned} P_1 &= k \cdot V_1 \\ P_3 &= k \cdot V_3 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} P_1 &= k \cdot V_1 \\ P_3 &= k \cdot V_3 \end{aligned}} \right\}$$

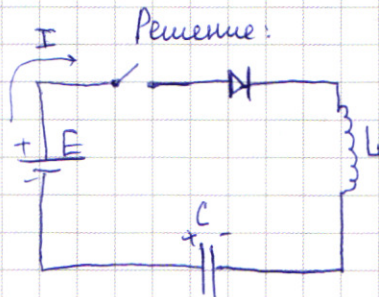
$$\eta = \frac{5P_3V_3 - 3P_1V_1 - 2P_3V_1}{5P_3V_3 - 3P_1V_1 - 2P_3V_1 - 4P_3V_3 + 4P_1V_1} \cdot 100\% = \frac{(5kV_3^2 - 3kV_1^2 - 2kV_1V_3)}{5kV_3^2 - 3kV_1^2 - 2kV_1V_3 - 4kV_3^2 + 4kV_1^2} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{(V_1 - V_3)^2 + 4(V_3^2 - V_1^2)}{(V_1 - V_3)^2} = \frac{V_1 - V_3 - 4(V_1 + V_3)}{V_1 - V_3} = \frac{5V_3 - 3V_1}{V_3 - V_1}$$

N 4.

Дано:  
 $E = 6 \text{ В}$   
 $C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$   
 $U_1 = 2 \text{ В}$   
 $L = 0,1 \text{ Гн}$   
 $U_0 = 1 \text{ В}$

- 1)  $\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$
- 2)  $I_m - ?$
- 3)  $U_2 - ?$



1) По II-му пр-му Кирхгофа:

$$E = U_0 + U_L + U_C \quad \text{— сразу}$$

*проблема*

$$\Rightarrow U_L = E - U_0 - U_C \quad (1) \quad \text{— величина}$$

*тока*

*т.к. напряжение на конденсаторе скачком не меняется.*

$$(1) \text{ в } (2): \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_L}{L} \quad (2) \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{6 \text{ В} - 2 \text{ В} - 1 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \left( \frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

2) По ЗСЭ:  $L \frac{I_m^2}{2} = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow I_m = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$

$$I_m = 2 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}{0,1 \text{ Гн}}} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0,04 \text{ А}$$

3) По ЗСЭ:

$$I_m = 0,04 \text{ А}$$

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow U_2 = \sqrt{\frac{L}{C} (I_m^2 - I^2)}$$

В установившемся режиме ток  $I$  в конденсаторе не потечёт, значит и в катушке  $I = 0$ .

Тогда  $U_2 = \sqrt{\frac{L}{C} I_m^2} = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot I_m$ ;  $U_2 = 2 \text{ В}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

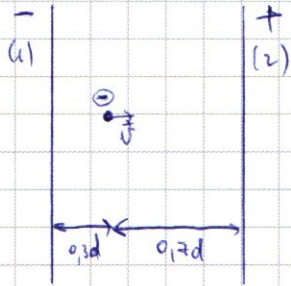
Дано:

$$\frac{q_1}{m} = f$$

$$d$$

- 1)  $T$  - ?
- 2)  $Q$  - ?
- 3)  $v_2$  - ?

Решение:



На частицу в однородном поле действует сила Лоренца:

$$F_L = B \cdot q \cdot v$$

$$F_L = ma \quad \Rightarrow \quad ma = Bq \cdot T \Rightarrow$$

$$v = v_0 + aT \quad \Rightarrow \quad T = \frac{1}{f \cdot B}$$

$$q = e$$

$$F_1 = \frac{k \cdot q \cdot Q}{0,09d^2}$$

$$F_2 = \frac{k \cdot q \cdot Q}{0,49d^2}$$

$$F = F_1 + F_2 = \frac{k \cdot q \cdot Q}{d^2} \left( \frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,49} \right)$$

№1

Дано:

$$v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ М}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

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

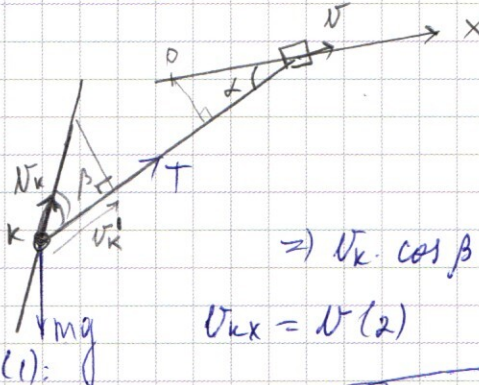
$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$1) v_k - ?$$

$$2) v_{km} - ?$$

$$3) T - ?$$

Решение:



$$1) \cos \beta = \frac{v_k'}{v_k} \quad \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = \frac{v_k'}{v_{kx}}$$

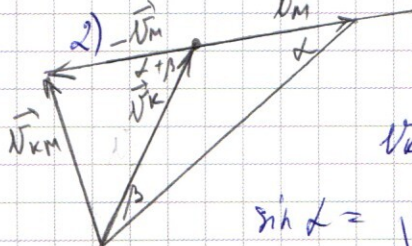
$$\Rightarrow v_k \cdot \cos \beta = v_{kx} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

$$v_{kx} = v \quad (2)$$

(2) в (1):

$$v_k = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = \frac{34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17} \cdot 5}{3} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



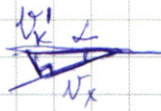
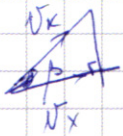
По тригонометрии:

$$v_{km}^2 = v_k^2 + v_{kx}^2 - 2 v_k v_{kx} \cos(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{64}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$v_k$

$$\cos \beta = \frac{v_x}{v_k} \Rightarrow v_x = v_k \cdot \cos \beta$$

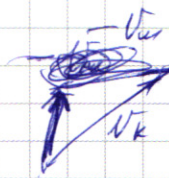
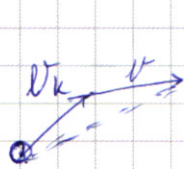


$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v_k'} \Rightarrow \text{~~the~~ } v_x = v_k' \cdot \cos \alpha$$

$$v_k = \frac{v_k' \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k' = v \rightarrow$$

$$v_k = \frac{v \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50$$





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{5}} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15 - 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \\ &= \frac{(45 - 32)}{17 \cdot 5} = \frac{13}{5 \cdot 17}. \end{aligned}$$

$$v_{km}^2 = 2500 \frac{cm^2}{c^2} + 1156 \frac{cm^2}{c^2} - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot 13 \frac{cm^2}{c^2} = 3656 - 520 = 3136 \frac{cm^2}{c^2} = 56^2 \frac{cm^2}{c^2}$$

$$\Rightarrow v_{km} = 56 \frac{cm}{c}$$

3)

Ответ: 1)  $v_k = 50 \frac{cm}{c}$

2)  $v_{km} = 56 \frac{cm}{c}$

$$\begin{aligned}
 N_{km}^2 &= 2500 + 1156 - 340(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) = \\
 &= 2500 + 1156 - 340 \cdot \left( \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} \right) = 3656 - 340 \frac{13 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \\
 &= 3656 - 520 = 3136
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 34 \\
 \times 34 \\
 \hline
 136 \\
 102 \\
 \hline
 1156
 \end{array}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{17^2 - 15^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 32}{17^2}} = \sqrt{\frac{64}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{25 - 9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 602 \\
 602 \\
 \hline
 1704
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 362 \\
 362 \\
 \hline
 1304
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 162 \\
 162 \\
 \hline
 516
 \end{array}$$

$$\sqrt{3600} = 60$$

$$\begin{array}{r}
 \times 62 \\
 62 \\
 \hline
 +124 \\
 372 \\
 \hline
 3844
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 61 \\
 61 \\
 \hline
 61 \\
 \hline
 366 \\
 \hline
 3721
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 60 \\
 \uparrow 60 \\
 3600
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 56 \\
 56 \\
 \hline
 + 336 \\
 280 \\
 \hline
 3136
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 28 \\
 28 \\
 \hline
 224 \\
 \hline
 56
 \end{array}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Предмет для линзы будет являться изображением

(S\*) в зеркале, т.е. S\*

Оно движется вправо со скоростью  $2V$ .  
Его изображение, т.е. изображение предмета

в системе движется ~~на себя~~ со скоростью  $u$ .

$\cos \alpha = \frac{u_{\text{оот}}}{u} \Rightarrow u_{\text{оот}} = u \cdot \cos \alpha$   
 $u_{\text{оот}} = \Gamma^2 \cdot 2V = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \cdot 2V$

$\frac{f}{d} = \frac{2}{3}$

$u_{\text{оот}} = \frac{8V}{9}$

$u = \frac{8V}{9 \cdot \cos \alpha}$

$\Delta MNK: \cos \alpha = \frac{F}{MK} = \frac{F}{\sqrt{F^2 + \frac{9}{16}F^2}} = \frac{F}{F \cdot \sqrt{\frac{25}{16}}} = \frac{4}{5}$

$u = \frac{8^2 V \cdot 5}{9 \cdot 4} = \frac{10V}{9}$

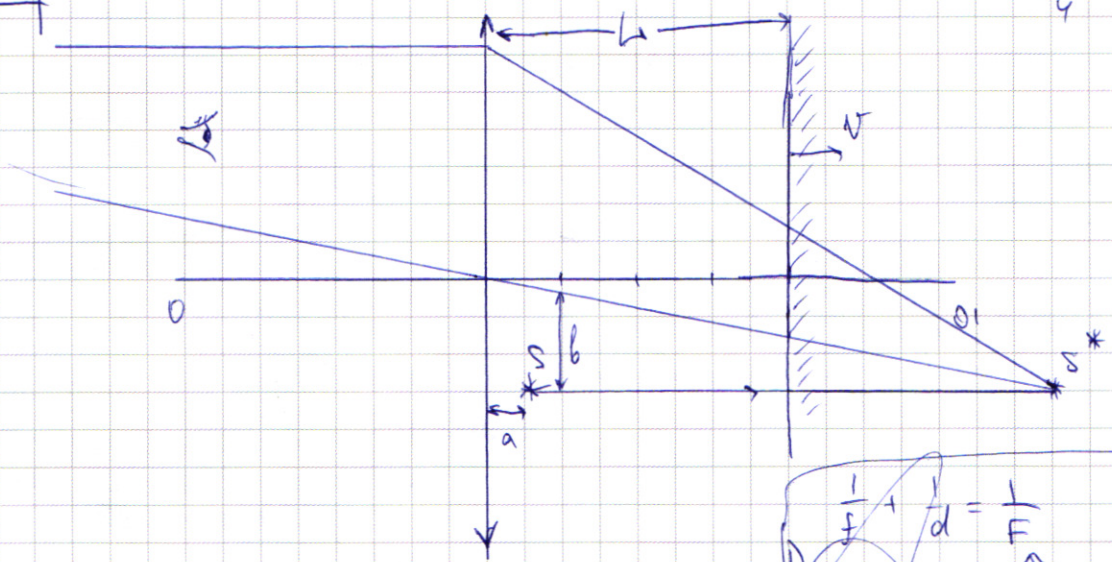
За время  $t$  зеркало пройдет расстояние  $x$ , а изображение S\* расстояние  $S \cdot 2t$ , т.е.  
 $V_S = 2V_3 = 2V$

- 1)  $f = ?$
- 2)  $L = ?$
- 3)  $U^* = ?$

$$b = \frac{3F}{4}$$

$$a = \frac{F}{4}$$

$$b = \frac{3F}{4}$$



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

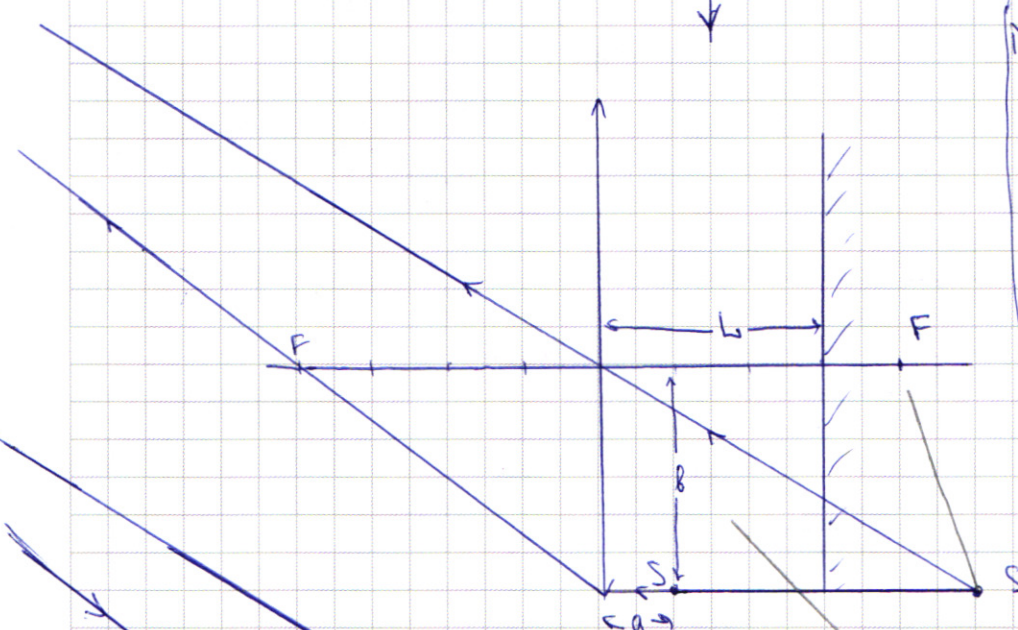
$$d = \frac{L-a}{2}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{L-a} + \frac{1}{F}$$

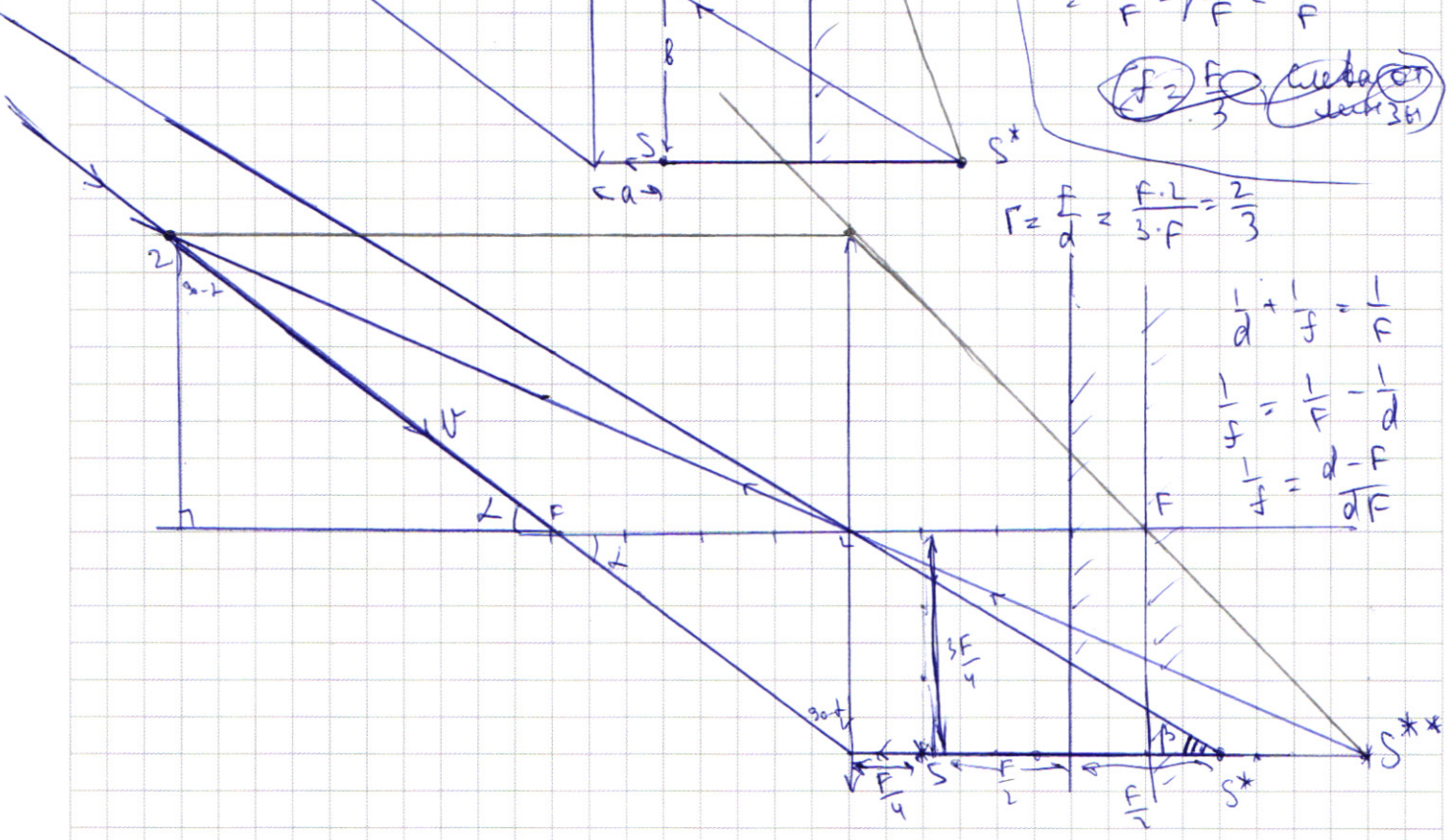
$$= \frac{2}{L-a} + \frac{2}{L-a} = \frac{4}{L-a}$$

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

$f = \frac{F}{3}$  (судя по чертежу)



$$\Gamma = \frac{F}{a} = \frac{F \cdot L}{3 \cdot F} = \frac{2}{3}$$



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

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{d-F}{dF}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

**№4.**  
 $E = 6\text{ В}$   
 $C = 40 \cdot 10^{-6}\text{ Ф}$   
 $U_C = 2\text{ В}$   
 $R_L = 0$   
 $L = 0,1\text{ Гн}$   
 $U_0 = 1\text{ В}$

**Решение**

1) По II-му пр-му Кирхгофа:  
 $E = U_C + U_L$   
 Сразу после замыкания  
 ключа напряжение на  
 конденсаторе скачком не  
 изменится, значит

$U_C = E - U_L$   
 $U_C = 6\text{ В} - 2\text{ В} = 4\text{ В}$

$\frac{U_C}{L} = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{4\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = 40\text{ (А/с)}$

2)  $i_{\text{max}} = \frac{U_C}{L} = \frac{4\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = 40\text{ А}$

3)  $U_2 = ?$

$\frac{L i^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} \Rightarrow U_2 = \sqrt{\frac{L i^2}{C}} = i \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(5\text{ В} - U_2)}{L}$

$\frac{C U_2^2}{2} + \frac{L I^2}{2} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$

$C U_2^2 = L (I_{\text{max}}^2 - I^2)$

$U_2 = \sqrt{\frac{L}{C} (I_{\text{max}}^2 - I^2)}$

$i_{\text{max}} = \frac{U_C}{\sqrt{40 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1}} = \frac{4}{\sqrt{4 \cdot 10^{-6}}} = \frac{4}{2 \cdot 10^{-3}} = 2000\text{ А}$

$i_{\text{max}} = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{400}{10^6}} = \frac{40}{10^2} = \frac{4 \cdot 10}{1000} = 0,04\text{ А}$

2) Дано:

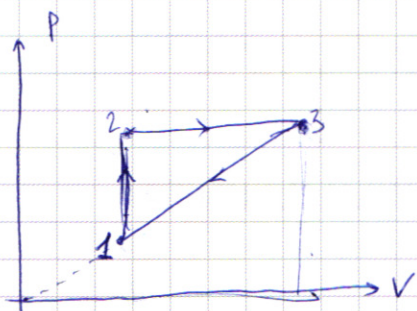
$i=3$

$$P_3 = k \cdot V_3 \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_1} \Rightarrow P_3 V_1 = P_1 V_3 \quad (*)$$

1)  $\frac{C_{v12}}{C_{v23}} = ?$

2)  $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ?$

3)  $\eta_{max} = ?$



	1-2	2-3	3-1	
P	↑	const	↓	$\times 34$
V	const	↑	↓	$+ 936$
T	↑	↑	↓	$+ 102$
				$\frac{1156}{52}$

1) Температурна крива показує на уривках  $PV = \nu RT$  ( $*$ )  
1-2 та 2-3.

1-2:  $C_{v12} \cdot \nu \cdot \Delta T_{12} = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12} \Rightarrow C_{v12} = \frac{iR}{2}$  (1)

2-3:  $C_{v23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

$$A_{23} = (V_3 - V_2) \cdot P_3 = P_3 V_3 - P_3 V_1$$

Сил. (\*):  $\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{i}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1$

$$C_{v23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = P_3 V_3 - P_3 V_1 + \frac{3}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{5}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$= \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_1)$$

$$\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = \frac{P_3 V_3}{\nu R} - \frac{P_3 V_1}{\nu R} = \frac{P_3}{\nu R} (V_3 - V_1)$$

$$\frac{C_{v23} \cdot \nu \cdot P_3 (V_3 - V_1)}{\nu R} = \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_1) \Rightarrow C_{v23} = \frac{5R}{2}$$

$$\frac{C_{v12}}{C_{v23}} = \frac{3R/2}{5R/2} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$Q_{23} = (P_3 V_3 - P_3 V_1) \cdot \left(1 + \frac{3}{2}\right) = \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)$$

2)  $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)}{(P_3 V_3 - P_3 V_1)} = \frac{3}{2} = 1,5$

$$P_3 \cdot V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_3 V_1}{\nu R}$$

3)  $\eta = \frac{Q_H}{Q_X} \cdot 100\%$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (P_3 V_1 - P_1 V_1) + \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1)$$

$$Q_X = Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = \frac{(V_3 - V_1) \cdot (P_1 + P_3)}{2} + \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1)$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2} P_3 V_3 - \frac{5}{2} P_3 V_1 + \frac{3}{2} P_3 V_1 - \frac{3}{2} P_1 V_1}{\frac{1}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1 + P_3 V_3 - P_3 V_1 + 3P_3 V_3 - 3P_1 V_1)} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{5P_3 V_3 - 2P_3 V_1 - 3P_1 V_1}{4(P_3 V_3 - P_1 V_1)} \cdot 100\% = \frac{5R(5T_3 - 2T_2 - 3T_1)}{4R(4T_3 - 4T_1)} \cdot 100\%$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cos \alpha = \frac{15}{17}$   
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$   
 $v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$   
 $m = 0,3 \text{ кг}$   
 $R = 0,53 \text{ м}$   
 $l = \frac{5R}{4}$

1)  $v_1$  - ?  
 2)  $v_{\text{м}}$  - ?  
 3)  $T$  - ?

$a = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{R \cdot a}$

$v_0 = 0$
$\frac{ q }{T} = \gamma$
$m$
1) $T$ - ?
2) $Q$ - ?
3) $v_2$ - ?

Как только катушка начинает движение, у нее появляется скорость  $v$ , а на нее действует сила Лоренца:

$F_L = B \cdot q \cdot v = ma \Rightarrow v = \frac{m \cdot a}{q \cdot B}$

$F_1 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{(0,7d)^2} = \frac{k \cdot q \cdot Q}{0,49d^2}$   
 $F_2 = \frac{k \cdot q \cdot Q}{0,09d^2}$

$q \frac{dx}{dt} = \frac{mg \cdot dx}{qB}$   
 $t = \frac{L}{qB}$

$\frac{Cv^2}{2} + \frac{LI^2}{\chi} = \frac{L I_0^2}{\chi}$

$F = ma$

$\eta = \frac{Q_H}{Q_H - Q_X} \cdot 100\%$

$I_m = \sqrt{\frac{Cv^2 + LI^2}{L}}$

$$Q_H = \frac{1}{2} (3P_3V_1 - 3P_1V_1 + 5P_3V_3 - 5P_3V_1) = \frac{1}{2} (5P_3V_3 - 3P_1V_1 - 2P_3V_1)$$

$$Q_X = \frac{1}{2} (P_1V_3 - P_1V_1 + P_3V_3 - P_3V_1 + 3P_3V_3 - 3P_1V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (4P_3V_3 - 4P_1V_1) = 2(P_3V_3 - P_1V_1)$$

$$Q_H - Q_X = \frac{1}{2} (5P_3V_3 - 3P_1V_1 - 2P_3V_1 - 4P_3V_3 + 4P_1V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (P_1V_1 + P_3V_3 - 2P_3V_1)$$

$$P_1 = k \cdot V_1$$

$$P_3 = k \cdot V_3$$

$$Q_H - Q_X =$$

$$P_3V_3 - P_1V_1 =$$

$$\frac{Q_H}{Q_H - Q_X} = \frac{5kV_3^2 - 3kV_1^2 - 2kV_1V_3}{kV_1^2 + kV_3^2 - 2kV_1V_3} = \frac{5V_3^2 - 2V_1V_3 - 3V_1^2}{V_1^2 - 2V_1V_3 + V_3^2}$$

$$= \frac{(V_3^2 - 2V_1V_3 + V_1^2) + 4V_3^2 - 4V_1^2}{(V_1 - V_3)^2} = \frac{(V_1 - V_3)^2 + 4(V_1 - V_3)(V_1 + V_3)}{(V_1 - V_3)^2} =$$

$$= 1 + 4 \frac{V_1 + V_3}{V_1 - V_3}$$

$$1 - 4 \frac{V_1 + V_3 \cdot T_3 (V_1 + V_3)}{T_1} =$$

$$= 1 - 4 \frac{T_3 (V_1 + V_3)^2}{T_1} = 4 \frac{V_3^2}{V_1^2} \cdot \frac{(V_1 + V_3)^2}{4}$$

$$P_1 = P_3 \Rightarrow T_1 = T_3$$

$$P_1V_1 = kV_1^2 = T_1$$

$$P_3V_3 = kV_3^2 = T_3$$

$$\Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3^2}{V_1^2}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow \frac{V_1 T_3}{V_3} = \frac{P_3 T_1}{P_1}$$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow P_1 V_1 T_3 = P_3 V_3 T_1 \Rightarrow P_1 V_1 = \frac{T_1}{T_3} P_3 V_3$$

$$kV_1^2 = \frac{T_1}{T_3} kV_3^2$$

$$(V_1 - V_3)(V_1 + V_3) = \frac{T_1}{T_3}$$

$$(V_1 - V_3) T_3 = T_1$$

$$V_1 - V_3 = \frac{T_1}{T_3 (V_1 + V_3)}$$

$$V_1 - V_3 - 4V_1 - 4V_3 =$$

$$= \frac{V_1 - 5V_3}{V_1 - V_3}$$

$$= \frac{5V_3 - 3V_1}{V_3 - V_1}$$