

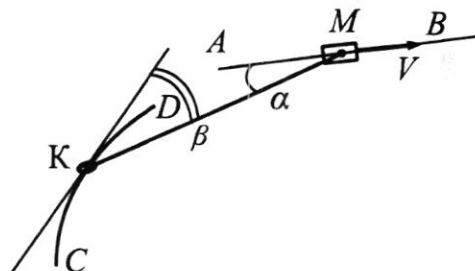
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

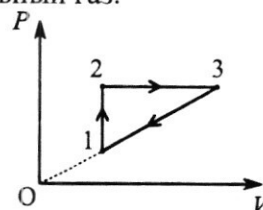
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



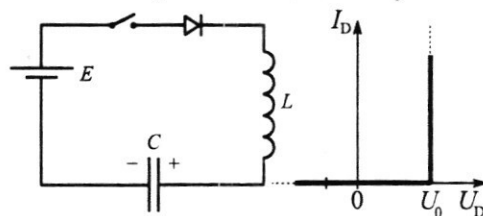
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

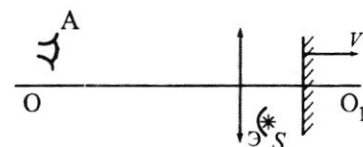
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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



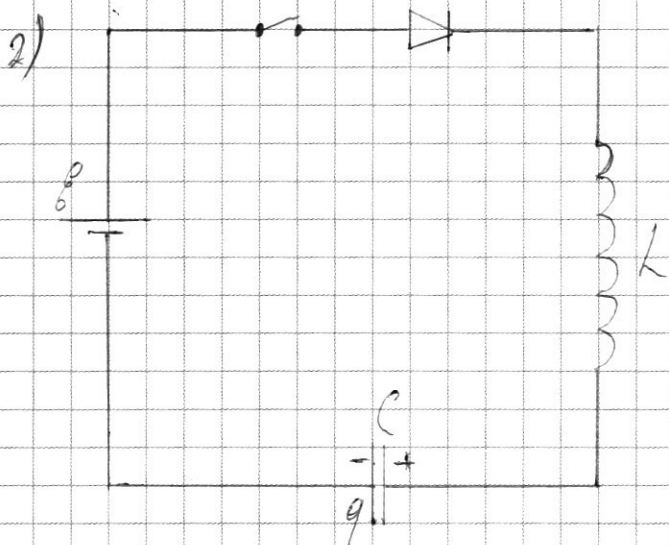
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

1) После замыкания катушки в катушке $U_2 = \mathcal{E} - U_1$

$$U_2 = L I'$$

$$I' = \frac{U_2}{L} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}; \quad I' = 40 \text{ В/с}$$



Пусть в кон. момент заряд на конд-ре q .

$$q = CU_1$$

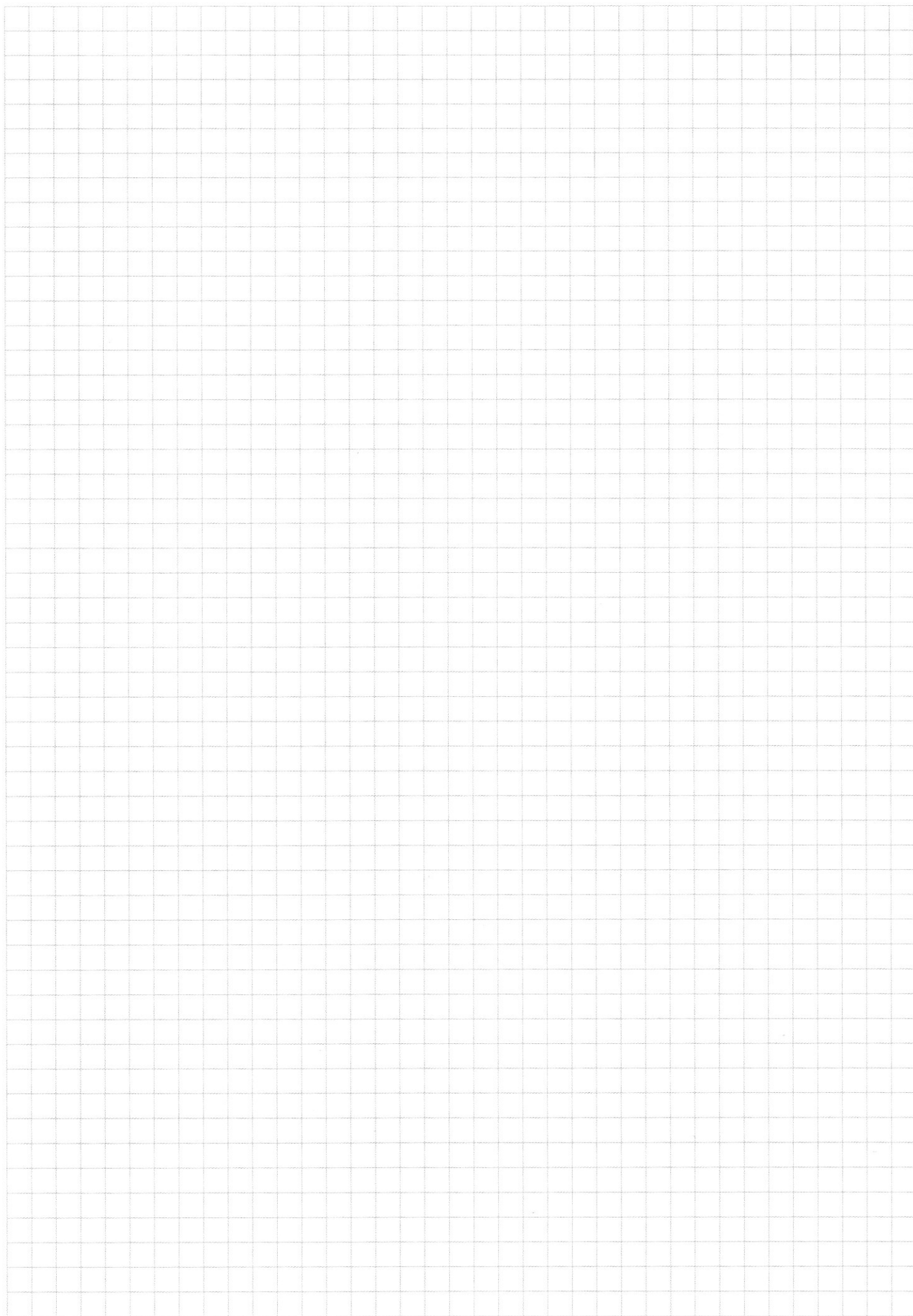
Ток будет наибольшим тогда, когда заряд на конд-ре равен 0.

Отсюда, по ЗСЭ: $W_{\text{ист}} = \frac{LI^2}{2} + \Delta W_{\text{к}}; \quad W_{\text{ист}} = \mathcal{E} q = CU_1 \mathcal{E}$

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

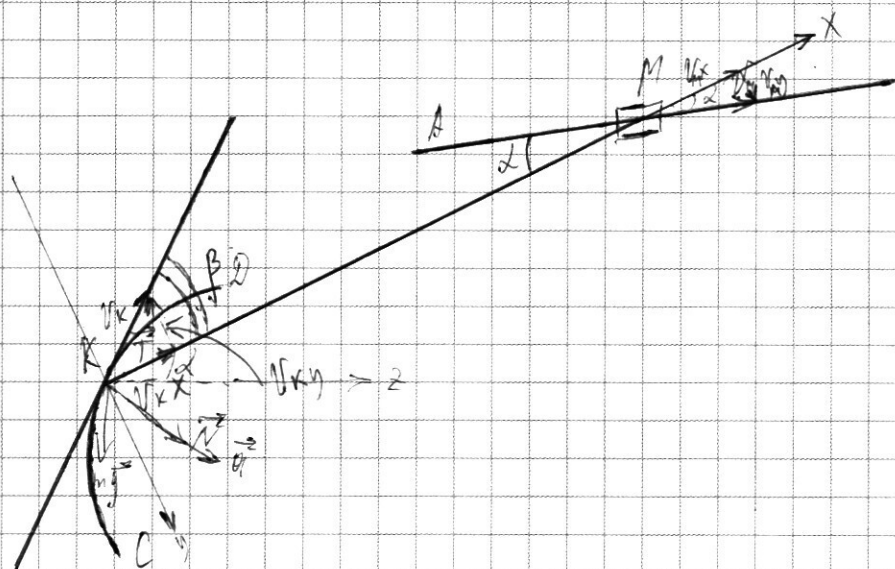
$$I = \sqrt{\frac{2CU_1 \mathcal{E}}{L}}; \quad I = \frac{\mathcal{E}}{10 \sqrt{10}} \text{ А} \quad I = \sqrt{\frac{CU_1 (\mathcal{E} - U_1)}{L}}$$

3) По ЗСЭ: $\frac{LI^2}{2} + W_{\text{ист}} = \Delta W_{\text{к}} + \Delta W_{\text{к}}; \quad I = \frac{\sqrt{2500}}{100} \text{ А}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



$$v_M = v = 68 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

v_M - скорость мушкетера;

v_K - скорость кавальера

1) Исходя из известн. кин. имеем:

$$v_M \cos \alpha = v_K \cos \beta$$

$$v_K = v_M \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}; v_K = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 25 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$2) v_{\text{отн}} = \sqrt{v_{\text{отн}x}^2 + v_{\text{отн}y}^2}$$

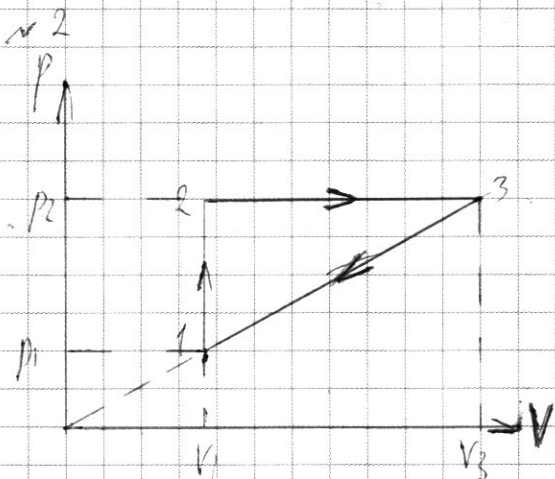
$$v_{\text{отн}x} = v_{Kx} - v_{Mx} = v_K \cos \beta - v_M \cos \alpha = 0$$

$$v_{\text{отн}y} = v_{Ky} + v_{My} = v_K \sin \beta + v_M \sin \alpha = \left(68 \cdot \frac{8}{17} + 25 \cdot \frac{7}{5} \right) \frac{\text{cm}}{\text{s}} = (32 + 43) \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_{\text{отн}x}^2 + v_{\text{отн}y}^2} = v_{\text{отн}y}$$

$$v_{\text{отн}} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3) По II з. Ньютона: $\vec{m}\vec{a} = \vec{m}\vec{g} + \vec{N} \perp \vec{T}$



$$1) p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad ; \quad p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 > T_1$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2 \quad ; \quad p_2 V_3 = \nu R T_3 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 > T_2$$

$$p_2 = 2 p_1$$

$$p_1 = 2 p_2$$

$$2 V_3^2 = \nu R T_3$$

$$2 V_1^2 = \nu R T_1$$

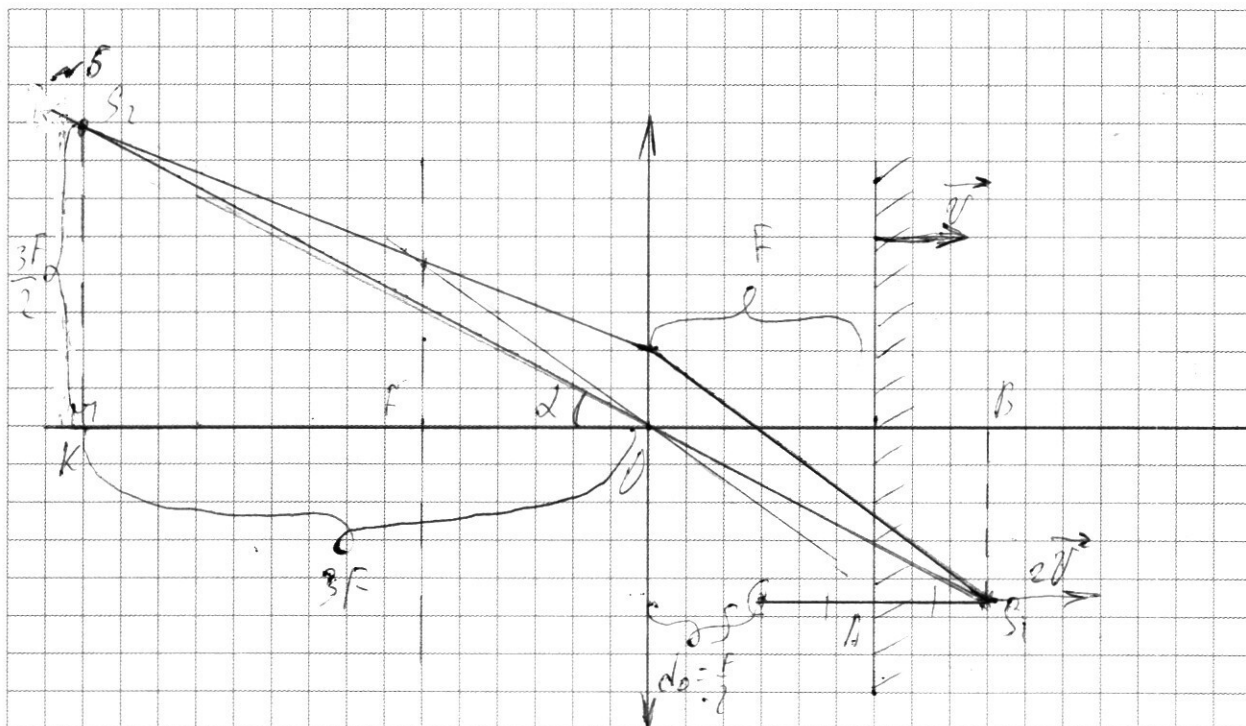
$$\frac{V_3^2}{V_1^2} = \frac{T_3}{T_1} \quad ; \quad T_1 < T_3$$

$$C_{12} = C_V = \frac{3}{2} R \quad ; \quad C_{23} = C_P = \frac{5}{2} R$$

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

$$2) Q_{23} = \nu \cdot \frac{5}{2} R \Delta T = \frac{5}{2} A_{23} \quad ; \quad \left(\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} \right) \quad ; \quad A_{23} = \nu R \Delta T \quad \text{Answer: } 1) \frac{3}{5} \quad ; \quad 2) \frac{5}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $AB = AB_1$, т.к. S перпенд. b и AB_1 в S , S — вып. S b и AB_1 в S

$$d = c_0 + 2SA = \frac{3}{2} \text{ f}$$

По гр се монхс: дуга: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ $f = \frac{d \cdot F}{d - F} = 3 F$

2) $F = \frac{f}{d} = 2$, cm. fm , $\int_2 K = F \cdot B_1 = 2 B_1 = 2 \cdot \frac{3}{4} F = \frac{3}{2} F$

$$\epsilon_{g2} = \frac{s_2 k}{\sigma k} = \frac{1}{2}, \text{ T.P. } \alpha = \text{arity } \frac{1}{2}$$

3) $\chi_{\text{ges}} = \Gamma^3 V_{\text{gesamt}} = 2 \Gamma^2 V = 10 \text{ V}$

Избем: 1) $3F$; 2) $\arctg \frac{1}{2}$; 3) $8V$

3

Дано: Решение:

S
 d
 T

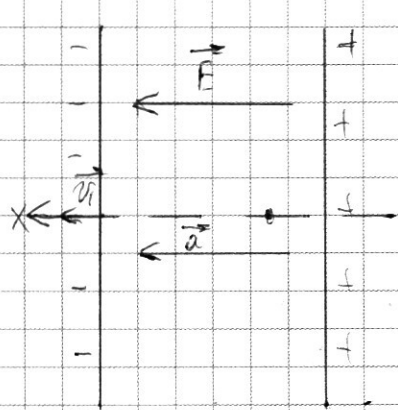
$0,35d$

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

1) $V_1 = ?$

2) $Q = ?$

3) $V_2 = ?$



$$1) \vec{S} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$X: \frac{3d}{2} = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{3d}{2T^2}$$

$$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}t$$

$$X: v_1 = at$$

$$v_1 = \frac{3d}{2T}$$

2) По II з. Ньютона:

$$ma = F_r$$

$$X: ma = qE; E = \frac{m a}{q} = \frac{a}{d} = \frac{3d}{2T^2};$$

$$ma = q \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{m a}{q \epsilon_0 S} = \frac{3m d}{2q T^2 \epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{m a}{q \epsilon_0 S} = \frac{3d \epsilon_0 S}{2T^2}$$

$$3) \text{ По 3CЗ: } \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + qU; U = \frac{q d^2}{2T^2}$$

$$\text{Из 2-го, найдем: } v_2 = \frac{3d\sqrt{5}}{2T\sqrt{2}} \text{ Ответ: 1) } \frac{3d}{2T}; 2) \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2}; 3) \frac{3d\sqrt{5}}{2T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$$3) \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}; \quad Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1); \quad Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2); \quad Q_{31} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_3 - V_1)$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_3}; \quad p_2 = \frac{V_1}{V_3} p_1; \quad Q_{31} = \frac{1}{2} (p_1 + \frac{V_1}{V_3} p_1) (V_3 - V_1) =$$

$$p_1 = \frac{V_1}{V_3} p_2; \quad p_1 = 2V_1; \quad p_2 = 2V_3; \quad = \frac{1}{2} \frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3} p_2 = \frac{1}{2} \frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3} \cdot 2V_3 =$$

$$= \frac{1}{2} 2 (V_3^2 - V_1^2)$$

$$\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3} = \frac{V_3^2}{V_1^2} - \frac{V_1^2}{V_3^2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_2) = \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (1 - \frac{V_1}{V_3}) 2V_1; \quad Q_{23} = \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1) = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1) =$$

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

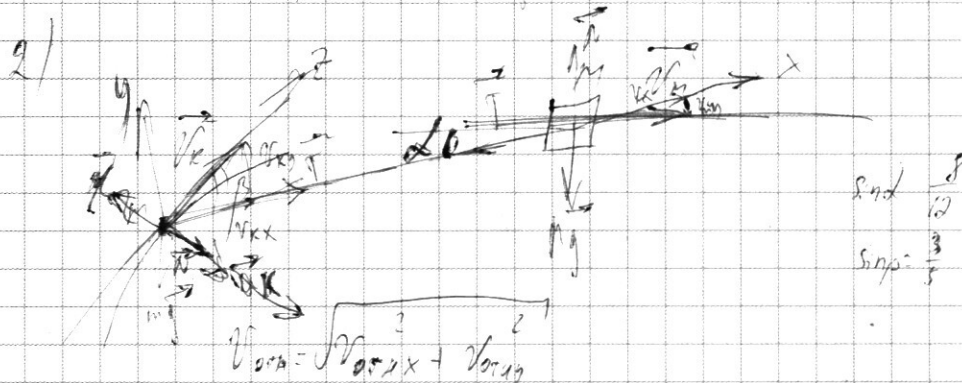
$$\eta = \frac{\frac{3}{2} \frac{(V_3 - V_1)}{V_3} 2V_1 + \frac{5}{2} 2(V_3 - V_1)V_3 - \frac{1}{2} (V_3^2 - V_1^2)}{\frac{3}{2} \frac{V_3 - V_1}{V_3} \cdot 2V_1 + \frac{5}{2} 2(V_3 - V_1)V_3} = \frac{\frac{3V_1}{2V_3} + \frac{5V_3}{2} - \frac{1}{2}(V_3 + V_1)}{\frac{3}{2} \frac{V_1}{V_3} + \frac{5}{2} V_3}$$

OK

11

1) $V_k \cos \beta = V_m \cos \alpha$ (т.к. нити нерастг.)

$$V_k = V_m \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{\frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 4 \cdot \frac{15 \cdot 5}{4} = 25 \text{ см}$$



$$V_{mx} = V_m \cos \alpha = V_k \cos \beta = 0; V_{mx} = 68 \cdot \frac{15}{17} = 25 \cdot \frac{4}{5} = 60 \text{ см}$$

$$V_{my} = V_m \sin \alpha + V_k \sin \beta = 68 \cdot \frac{8}{17} + 25 \cdot \frac{3}{5} = 32 + 15 = 47 \text{ см}$$

$$V_{th} = 47 \text{ см}$$

3) $m \vec{a} = \vec{F}$

$$\frac{mv^2}{2} + qU = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{v^2 + \frac{2qU}{m}} = \sqrt{v^2 + 2qU} = \sqrt{\frac{4d^2}{4T^2} + 2qU}$$

$$m \vec{a} = m \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}$$

$$2 \cdot m g = N +$$

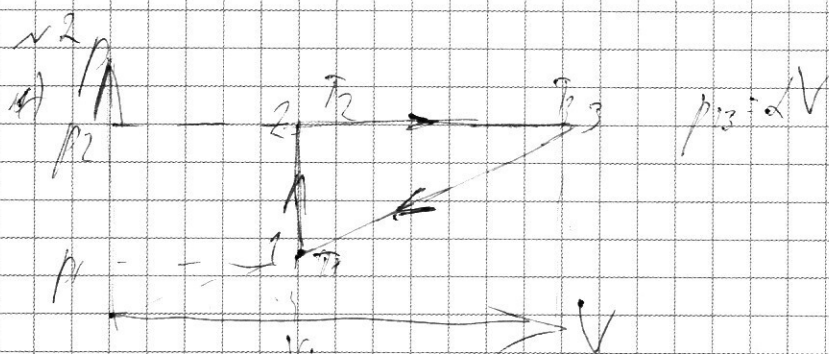
$$2 \cdot m g =$$

$$U = \frac{Ed}{2} = \frac{3d^2}{2jT^2} \quad Ed = \frac{3d^2}{2jT^2}$$

$$\sqrt{\frac{4d^2}{4T^2} + 2qU} = \sqrt{\frac{4d^2}{4T^2} + 2q \cdot \frac{3d^2}{2jT^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{4d^2}{4T^2} + \frac{3q d^2}{jT^2}} = \frac{3\sqrt{2}d}{2T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 > T_1$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} \Rightarrow T_3 > T_2$$

$$p_2 = 2p_1$$

$$p_1 = 2p_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_1}$$

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$2p_1 V_1 = \nu R T_3$$

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

$$C_{12} = C_V = \frac{5}{2} R; C_{23} = \frac{5}{2} R C_p = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{7}{5}$$

$$Q_x = \frac{1}{2} (p_1 - p_2) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_3 - p_1 V_1 + p_2 V_3 - p_2 V_1) = \frac{1}{2} (2p_1 V_3 - p_1 V_1 + p_1 V_3 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} (3p_1 V_3 - 2p_1 V_1)$$

$$2) Q_{23} = \frac{5}{2} C_p \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} A_{23}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

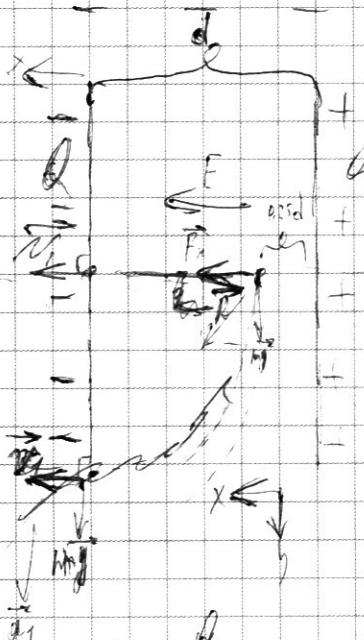
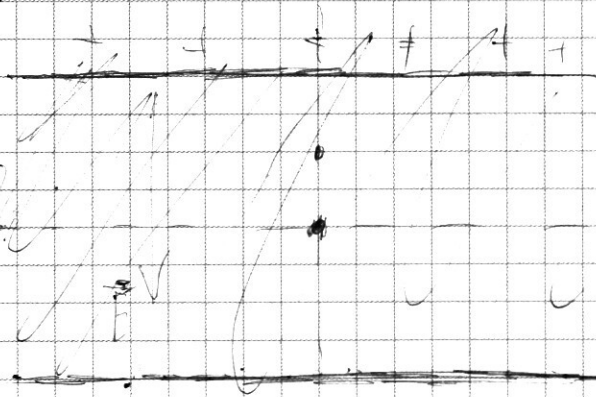
$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1) = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1)$$

$$3) \eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}; Q_H = Q_{23} + Q_{12}; Q_X = Q_{31}$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} (p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} (p_1 - p_2) V_1$$

~3
 1) V₁ =
 2) Q =
 3) V₂ =

Решение:



$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_g$$

$$\vec{R} = m\vec{a} = m\vec{g} - \vec{F}_K$$

$$x: m a_x = qE; a_x = \frac{q}{m} E = j E = j \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$y: m a_y = mg$$

$$a_y = g$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$x: d = v_x T$$

$$y: \vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$x: a_x d = \frac{a_x^2 T^2}{2}$$

$$a_x = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow v_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3d^2}{4T^2} - \frac{2\epsilon_0 S}{2jT^2} \cdot \frac{3d^2}{8jT^2}}$$

$$\frac{3d^2}{8jT^2} \cdot \frac{3d\epsilon_0 S}{2jT^2} =$$

$$= \frac{22d^3\epsilon_0 S}{16j^2 T^4 m}$$

$$\sqrt{\frac{3d^2}{8jT^2} + \frac{3d^2}{4T^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{9d^2 + 18d^2}{8jT^2}} =$$

$$U = Ed = \frac{3d\sqrt{3}}{2\sqrt{2}T}$$

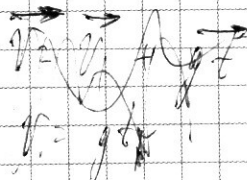
$$= \frac{3d}{2jT^2}$$

$$m v_2^2 = m v_1^2 - qU$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{qU}{m}}$$

$$2) \frac{3d}{2T^2} = j \frac{Q}{\epsilon_0 S}; Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 j}$$

$$3) a_x = a_y = \frac{3d}{4T^4} = j \frac{Q}{\epsilon_0 S} = mg; a_y = g$$



$$3) \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + qU$$

$$U = Ed$$

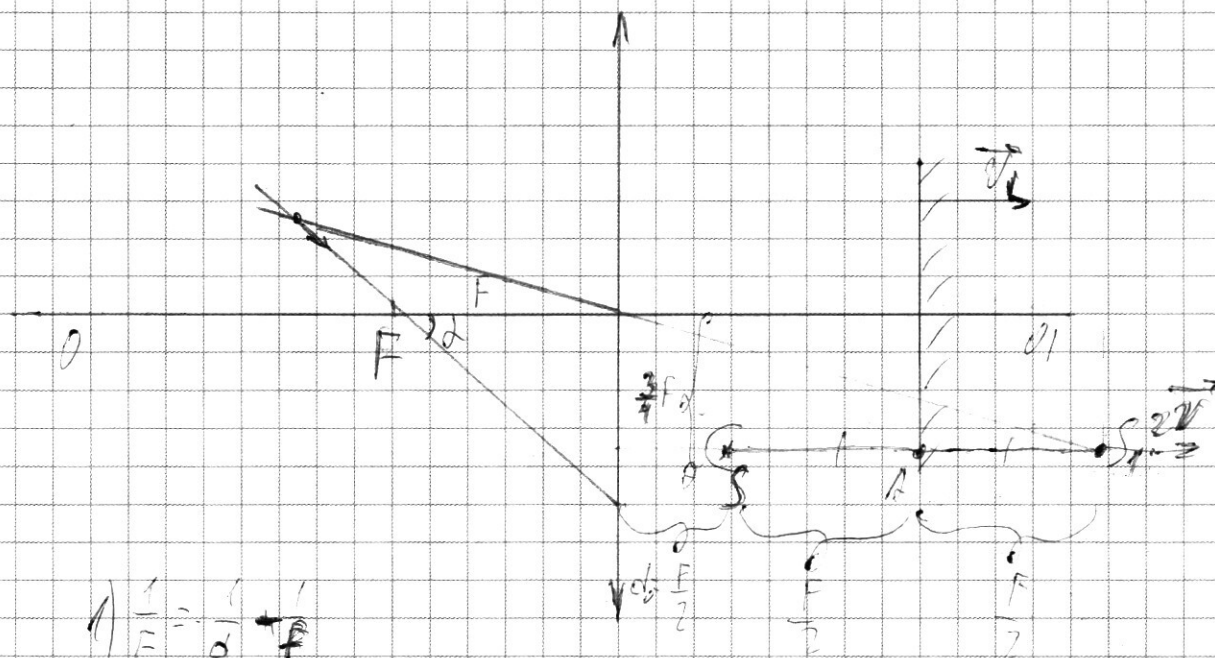
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $I = ?$:
 $U_k = E$; $U_k = E - U_L$
 $U_L = L \frac{dI}{dt}$ $E - U_L = L \frac{dI}{dt}$
 $I = \frac{E - U_L}{L}$ $I' = \frac{E - U_L}{L}$
 $I' = \frac{4B}{0.1C} = 40 \frac{B}{C}$

2) $W_{\text{ист}} = W_L$ (*)
 $W_{\text{ист}} = \frac{L I_m^2}{2}$
 $\Delta q = +q + q = q + q$; $q = C U_1$; $q = C U_2$
 $E(q + q) = W_{\text{ист}} W_L$
 $\frac{L I_m^2}{2} = E(q + q) = E(q + C U_1)$
 $I = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 3}{0.1}}$
 $= \sqrt{10^3 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}$
 $= \sqrt{36 \cdot 10^{-3}} = \frac{6}{100 \cdot 10^1}$

$40 \cdot 5 \cdot 3 = 600$
 $= 2400 + 2$
 $2(C U_1)^2 - (C U_1)^2 = L I^2$
 $(C U_1 (2^2 - 1)) = L I^2$
 $I = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 3}{0.1}}$
 $I = \sqrt{\frac{C U_1 (2^2 - 1)}{L}}$
 $= \sqrt{40 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{40 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}}$

~5



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

$$\frac{1}{f} = \frac{d+F}{dF} \quad f = \frac{dF}{d+F} = \frac{\frac{3}{2}FF}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

$$f = \frac{dF}{d+F} = \frac{\frac{3}{2}FF}{\frac{1}{2}F} = \frac{F}{3}$$

$$2) \tan \alpha = \frac{3F}{F} = \frac{3}{1}; \alpha = \arctg \frac{3}{1}$$

$$3) \nu_{\text{изогр}} = \Gamma^2 \nu$$

$$\nu_{\text{изогр}} = 2 \Gamma^2 \nu$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2; \nu_{\text{изогр}} = 8\nu$$