

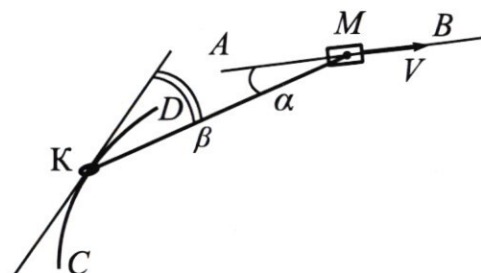
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



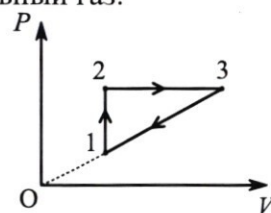
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

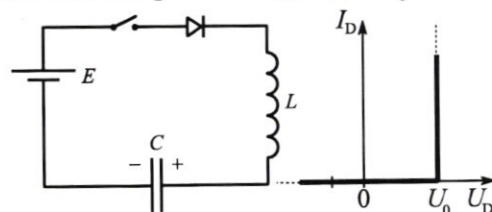
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

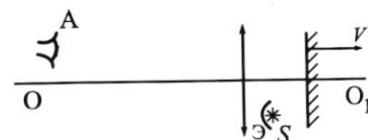


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

(F) (V)

1) ϕ - ?

2) $\angle$ - ?

3) v^{**} - ?

1) S^* - предмет для линзы

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

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

$$\phi = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

2) Относительно зеркала предмет S движется влево со скоростью $V \Rightarrow$ относительно зеркала изображение S^* движется вправо со скоростью $V \Rightarrow$

~~$\Rightarrow$ относительно z~~ Абсолютная скорость S^*

$$\vec{v}^* = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}}$$

$$v^* = 2V$$

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

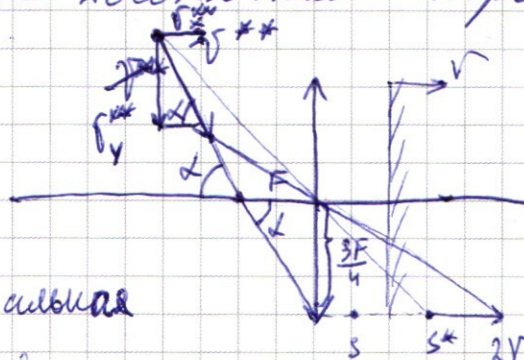
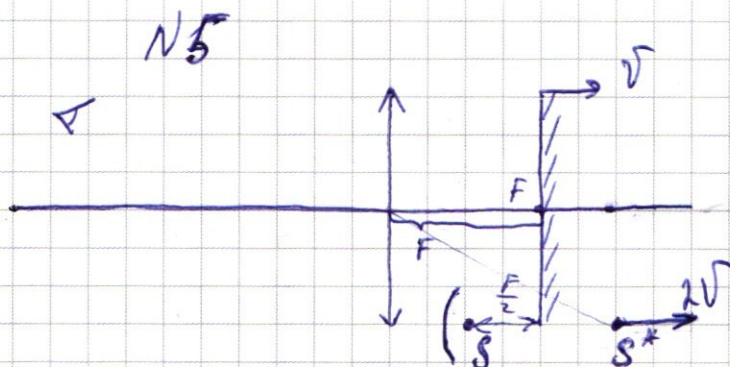
3) v_x^{**} и v_y^{**} - горизонтальная

и вертикальная составляющие скорости v^{**}

Относительно z линзы $\frac{v_{x \text{ отн}}^{**}}{v_{y \text{ отн}}^{**}} = \Gamma^2$. Т.к. линза неподвижна,

$$\text{то } v_{x \text{ отн}}^{**} = v_{x \text{ абс}}^{**}, v_{y \text{ отн}}^{**} = v_{y \text{ абс}}^{**} = 2V \Rightarrow v_x^{**} = \frac{1^2}{d^2} = \frac{9F^2 \cdot 4}{9F^2} = 4$$

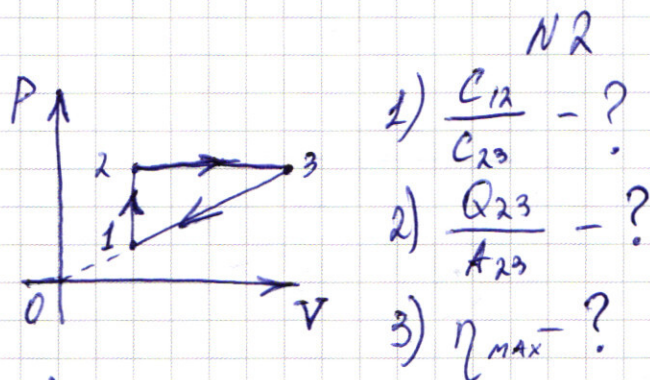
$$\Rightarrow v_x^{**} = \Gamma^2 \cdot 2V = \frac{1^2}{d^2} \cdot 2V = \frac{9F^2 \cdot 4}{9F^2} \cdot 2V = 8V$$



$$v_y^{**} = v_x^{**} \operatorname{tg} \alpha = 8 \sqrt{5} \cdot \frac{3}{4} = 6 \sqrt{5}$$

$$v^{**} = \sqrt{v_y^{**2} + v_x^{**2}} = \sqrt{5} \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \sqrt{5}$$

Ответ: 1) $\phi = 3F$ 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$ 3) $v^{**} = 10 \sqrt{5}$



NR
1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} - ?$

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

1) 1-2: $V = \text{const}$

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

$$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1)$$

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

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

2-3: $p = \text{const}$

$$Q_{23} = A + \Delta U = p(V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$p(V_3 - V_2) = \nu R (T_3 - T_2)$$

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

$$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} \nu (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3R \cdot 2}{2 \cdot 5R} = \frac{3}{5}$$

2) $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} p(V_3 - V_2)$

$$A_{23} = p(V_3 - V_2)$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5 p(V_3 - V_2)}{p(V_3 - V_2)} = \frac{5}{2}$$

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

3) $\eta_{\max} = \eta_{\text{каро}} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_3 V_1 + p_3 V_2} = 1 - \frac{p_1 V_1}{k p_1 V_1 + k^2 p_1 V_1} =$

$$= 1 - \frac{1}{k + k^2}, \quad k - \text{коэф. пропорциональности в } 3-1.$$

$$k = \frac{p_3 V_1 - p_1 V_1}{p_3 V_2 - p_3 V_1} = \frac{k-1}{k^2 - k} = \frac{1}{k} \quad k^2 = 1 \quad \eta = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

Ответ: $\frac{1}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

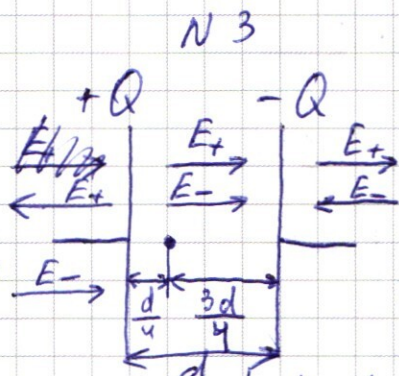
8) d) T) Y

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

1) v_1 при $v_{\text{внеш}} = 0$?

2) Q - ?

3) v_2 на ∞ - ?



$$E_+ = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_- = \frac{|-Q|}{2\epsilon_0 S} = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$$

Т.к. $|E_+| = |E_-|$, то поле конденсатора $\vec{E}_{\text{рез}}$ существует только между обкладками, а вне обкладок компенсируется.

$$1) \vec{E}_{\text{рез}} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- \Rightarrow E_{\text{рез}} = E_+ + E_- = \frac{2|Q|}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

2) 3) для частицы:

$$F_{\text{рез}} q = ma$$

$$a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S m} = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2} = \frac{Q\gamma T^2}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\gamma T^2} \Rightarrow a = \frac{3d\epsilon_0 S \cdot \gamma}{2\gamma T^2 \cdot \epsilon_0 S} = \frac{3d}{2T^2}$$

$$v_1 = aT = \frac{3dT}{2T^2} = \frac{3d}{2T}$$

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

3) Т.к. внешнего поля по условию нет, а вне обкладок поле конденсатора компенсируется, то внешние силы на частицу не действуют $\Rightarrow$ частица движется без ускорения

$$V_2 = V_1 = \frac{3d}{2T}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{3d}{2T}$ 2) $Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2T^2}$ 3) $V_2 = \frac{3d}{2T}$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$E = 9 \text{ В}$$

$$U_{ic} = 5 \text{ В}$$

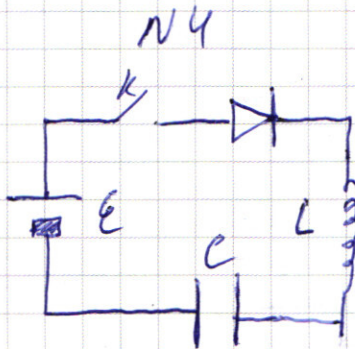
$$L = 0.1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) $\frac{dI}{dt}$ сразу после зам.-?

2) $I_{\max}$

3) U_{2c} - ?



1) $E = U$ Момент сразу после замыкания

2-ое пр. Кирхгофа:

$$E = U_{ic} + L \frac{dI}{dt} + U_0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E - U_{ic} - U_0}{L} = \frac{30}{0.1} \text{ А/с}$$

2) $E = \frac{q}{C} + L q''$

$$q'' + \frac{1}{LC} q = \frac{E}{L} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ - гармонические колебания}$$

$$q_1 = \frac{E LC}{L} = EC$$

$$q(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t + EC$$

$$q(0) = U_{ic} C$$

$$U_{ic} C = B + EC$$

$$B = (U_{ic} - E)C$$

$$I(0) = 0$$

$$q'(t) = I(t) = A \omega \cos \omega t + (-1) B \omega \sin \omega t$$

$$0 = A \omega$$

$$A = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q(t) = (U_1 - \mathcal{E})C \cos \omega t + \mathcal{E}C$$

$$I(t) = (\mathcal{E} - U_1)C\omega \sin \omega t$$

$$I_{\max} = (\mathcal{E} - U_1)C\omega = \frac{(\mathcal{E} - U_1)C}{\sqrt{LC}} = (\mathcal{E} - U_1)\sqrt{\frac{C}{L}} = 4 \sqrt{400 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 80 \text{ мА}$$

3) ω Период колебаний $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Напряжение установившееся через конденсатор

$$q(\pi\sqrt{LC}) = (U_1 - \mathcal{E})C \cos\left(\frac{1}{\omega} \cdot \pi\sqrt{LC}\right) + \mathcal{E}C =$$

$$= \mathcal{E}C - U_1C + \mathcal{E}C = 2\mathcal{E}C - U_1C$$

$$U_{2c} = \frac{q}{C} = \frac{2\mathcal{E}C - U_1C}{C} = 2\mathcal{E} - U_1 = 18 - 5 = 13 \text{ В}$$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = 30 \text{ А/с}$ 2) $I_{\max} = 80 \text{ мА}$ 3) $U_{2c} = 13 \text{ В}$

$$V = 68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

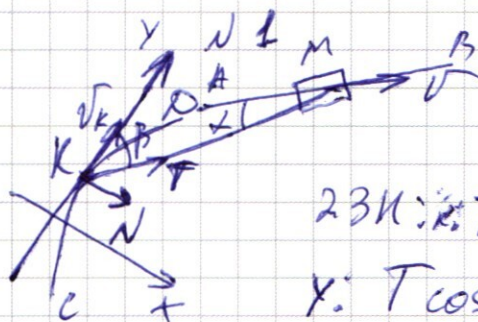
$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

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

1) V_k - ?

2) V_k от широты - ?

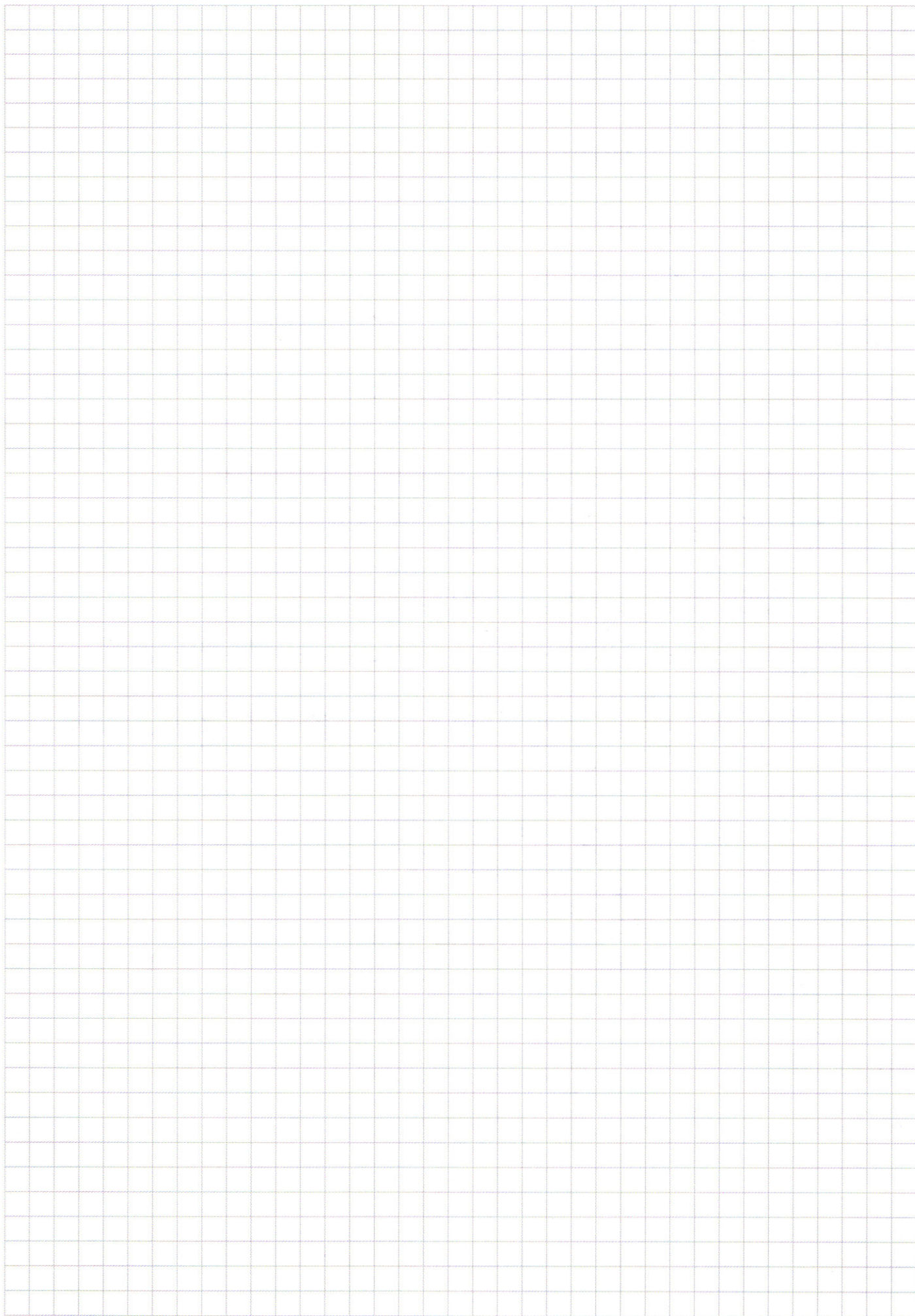
3) T - ?



$$23 \text{ Н}: R: T \sin \alpha + N = m \frac{V_k^2}{2}$$

$$Y: T \cos \alpha = m a_y$$

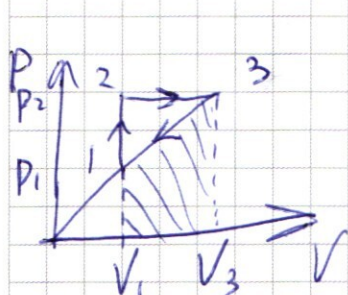
Центр масс системы движется
по направлению V



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) $\frac{C_{V12}}{C_{V23}}$ - ?
2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$ - ?
3) $\eta_{\max}$ - ?

$$A_y = \frac{(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{2} =$$

$$= \frac{1}{2}(p_3 V_3 - p_3 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(p_3 V_3 + p_1 V_1)$$

1) 1-2: $V = \text{const}$
 $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$
 $Q_{12} = C_{V12} \nu \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$
 $C_{V12} = \frac{3}{2} R$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3R \cdot 2}{2 \cdot 5R} = \frac{3}{5}$$

2-3: $P = \text{const}$
 $Q_{23} = p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$
 $p V_3 = \nu R T_3$
 $p V_2 = \nu R T_2$
 $p \Delta V = \nu R \Delta T$
 $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$
 $C_{23} \nu \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$
 $C_{23} = \frac{5}{2} R$

2) $Q_{23} = \frac{5}{2} p \Delta V$
 $A_{23} = p \Delta V$
 $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $p_3 V_3 = \nu R T_3$
 $p_1 V_1 - p_3 V_3 = \nu R (T_1 - T_3) \Rightarrow$
 $\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$

3) $Q_{31} = A + \Delta U$ $A = \frac{1}{2} (p_1 + p_3)(V_1 - V_3) = \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3 + p_3 V_1 - p_1 V_3)$
 $= \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$
 $Q_{31} = (\frac{3}{2} + \frac{1}{2})(p_1 V_1 - p_3 V_3) = 2(p_1 V_1 - p_3 V_3) = -2(p_3 V_3 - p_1 V_1)$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} - |Q_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$\eta_k = \frac{T_2 + T_3 - T_1}{T_2 + T_3}$$

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

$$Q_{23} = \frac{5}{2} p (V_3 - V_1)$$

$$Q_{31} = -2 (p_3 V_3 - p_1 V_1)$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_3 V_1 = \nu R T_2 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases}$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$$

$$T_2 = \frac{p_3 V_1}{\nu R}$$

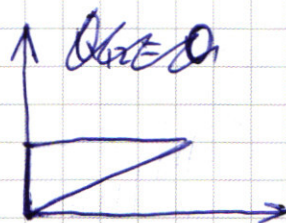
$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{\nu R}$$

$$\nu R (T_2 - T_1) = V_1 (p_3 - p_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} V_1 (p_3 - p_1)$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} V_1 p_3 - \frac{3}{2} V_1 p_1 + \frac{5}{2} p_3 V_3 - \frac{5}{2} p_3 V_1 - 2 p_3 V_3 + 2 p_1 V_1}{\dots}$$

$$= \frac{-p_3 V_1 + \frac{1}{2} p_1 V_1 + \frac{1}{2} p_3 V_3}{\frac{3}{2} V_1 p_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_3 V_3 - \frac{5}{2} p_3 V_1}$$



$$\eta_k = \frac{p_3 V_1 + p_3 V_3 - p_1 V_1}{p_3 V_1 + p_3 V_3} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_3 V_1 + p_3 V_3}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} 0$$

$$Q_{23} = p_3 V_3 + \frac{3}{2} p_3 V_3$$

$$-p_3 V_1 + \frac{1}{2} (p_1 V_1 + p_3 V_3) = \frac{1}{2} (p_1 V_1 + p_3 V_3)$$

$$A = \frac{1}{2} p_1 V_1 - \frac{1}{2} p_3 V_3 + p_3 V_3 - p_3 V_1 = \frac{1}{2} p_1 V_1 + \frac{1}{2} p_3 V_3 - p_3 V_1$$

$$k = \frac{p_3 V_1 - p_1 V_1}{p_3 V_3 - p_3 V_1} = \frac{k-1}{k^2-k} = \frac{1}{k}$$

$$k^2 = 1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N \perp$
 $v = 0,68 \text{ м/с}$
 $l = \frac{5R}{3}$
 $m = 0,1 \text{ кг}$
 $R = 1,9 \text{ м}$

1) v_k при α, β
 2) v_k от муфта
 3) T - ?

$\cos \alpha = \frac{4}{5}$
 $\sin \beta = \frac{3}{5}$

$x: T \cos \beta = m a_x$
 $y: T \sin \beta - N = m \frac{v_k^2}{R}$

$m + M$

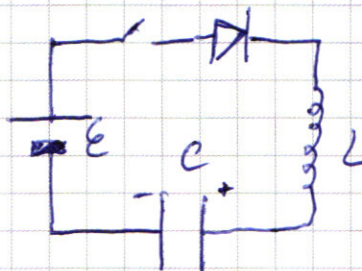
$$N4 \quad C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$U_{1c} = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



1) i' сразу после замыкания?

$$1) \mathcal{E} = U_c + L i'$$

$$i'_L = \frac{\mathcal{E} - U_{1c}}{L} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) $I_{\max}$ - ?

$$2) \mathcal{E} = \frac{q}{C} + L q''$$

$$q'' + \frac{q}{CL} = \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{L} = q_1 \omega^2 = q_1 \frac{1}{LC}$$

$$q_1 = \mathcal{E}C$$

$$q(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) + \mathcal{E}C$$

$$q(0) = 0 \quad q(0) = U_{1c}C$$

$$I(0) = 0$$

$$U_{1c}C = B + \mathcal{E}C$$

$$0 = 0 + B + \mathcal{E}C$$

$$B = (U_{1c} - \mathcal{E})C$$

$$B = -\mathcal{E}C$$

$$I(0) = 0$$

$$q(t) = I(t) = A \omega \cos(\omega t) + (U_{1c} - \mathcal{E})C \omega \sin(\omega t)$$

$$A \omega = 0$$

$$A = 0$$

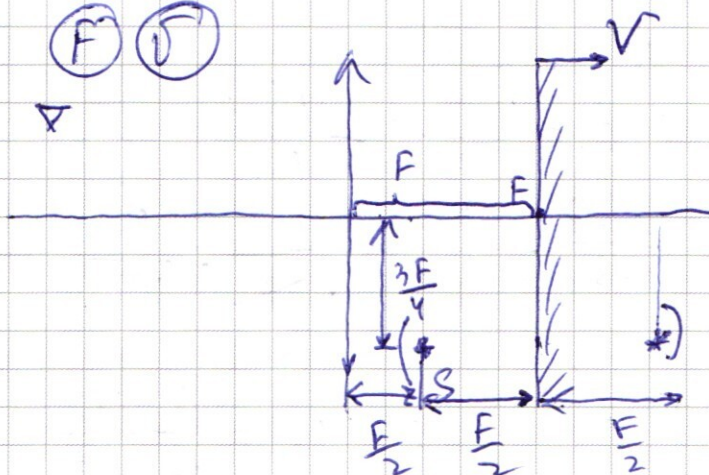
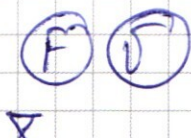
$$q(t) = (U_{1c} - \mathcal{E})C \cos(\omega t) + \mathcal{E}C$$

$$I(t) = (\mathcal{E} - U_{1c})C \omega \cos(\omega t)$$

$$I_{\max} = \frac{(\mathcal{E} - U_{1c})C}{\sqrt{LC}} = (\mathcal{E} - U_{1c}) \sqrt{\frac{C}{L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



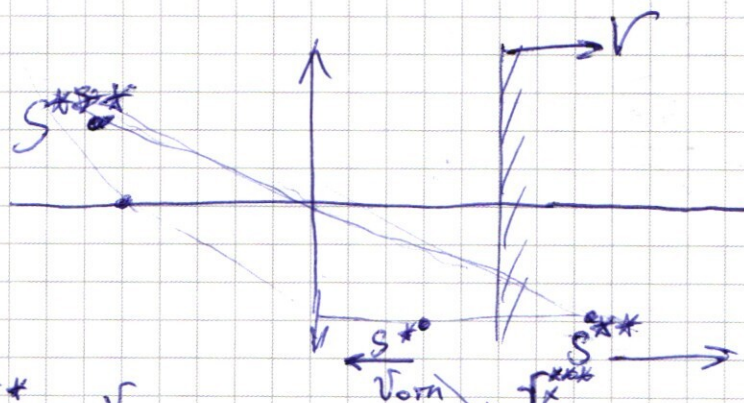
- 1) ϕ - ?
- 2) $\angle$ - ?
- 3) σ^{***} - ?

$$1) d = \frac{3F}{2}$$

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

$$\phi = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

2)



$$V_{\text{орх}}^* = V$$

$$V_{\text{дс}}^{**} = 2V$$

$$\tan \alpha = \frac{3F}{2F} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{V_x}{2V} = \sqrt{2} = \frac{\phi^2}{d^2} = \frac{9F^2 \cdot 4}{9F^2} = 4$$

$$V_x = 8V$$

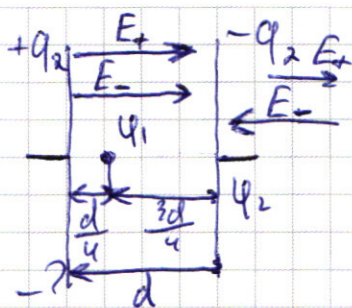
$$V_y = V_x \tan \alpha = 12V$$

$$= 2\sqrt{52} = 4\sqrt{13}$$

$$V = \sqrt{208V^2} =$$

N3 (S) (d) (T)

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



$$E_+ = \frac{|q_2|}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_- = \frac{1 - q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{|q_2|}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{pes} = E_+ + E_- = \frac{|q_2|}{\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

1) v_1 при бомбе -?

2) Q_2 -?

3) v_2 на ∞ -?

$$\phi_1 - \phi_2 = E_{pes} \frac{3d}{4}$$

$$(\phi_1 - \phi_2) q_1 = \frac{m v_1^2}{2} \quad \frac{3d |Q| q_1}{4 \epsilon_0 S} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \frac{\lambda Q q}{m \epsilon_0 S} = \frac{3 \lambda Q \gamma d}{\epsilon_0 S \cdot 4} = \frac{3 Q \gamma d}{2 \epsilon_0 S} = \frac{3 \cdot 3d \epsilon_0 S \gamma}{2 T^2 \gamma \cdot 2 \epsilon_0 S} = \sqrt{\frac{9 d^2}{4 T^2}} = \frac{3d}{2T}$$

$$E_{pes} q = m a$$

$$a = \frac{Q q}{\epsilon_0 S m} = \frac{Q \gamma}{\epsilon_0 S}$$

$$v_1 = a T = \frac{Q \gamma T}{\epsilon_0 S}$$

$$\phi_1 - \phi_2 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{3d}{4}$$

$$\phi_2 - \phi_\infty = 0 \cdot \infty$$

$$0 = 0$$

$$\frac{3d}{4} = \frac{a T^2}{2} = \frac{Q \gamma T^2}{2 \epsilon_0 S} \quad \frac{T^2 Q \gamma}{2 \epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2 T^2 \gamma}$$

$$Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2 T^2 \gamma}$$

$$v_1 = \frac{3d \epsilon_0 S \gamma \cdot T}{2 T^2 \gamma \cdot \epsilon_0 S} = \frac{3d}{2T}$$

$$\phi_\infty = 0$$

$$E_{pes} = 0 \Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$(\phi_1 - \phi_2) q = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$0 = (\phi_2 - \phi_\infty) q = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$(\phi_1 - \phi_\infty) q = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\phi_1 q = \frac{m v_2^2}{2}$$