

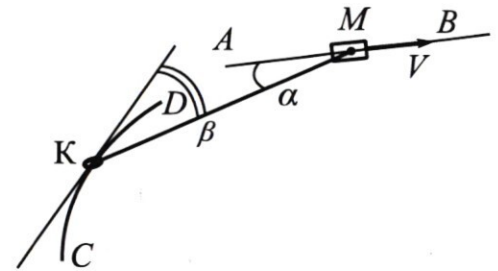
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка не принимаются.

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.



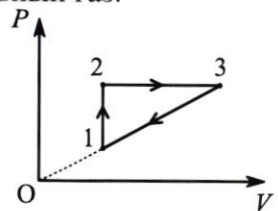
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

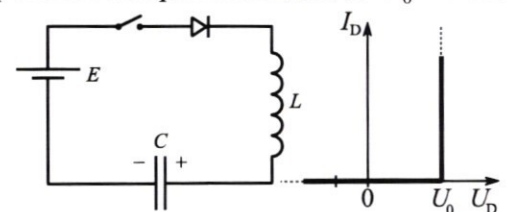
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

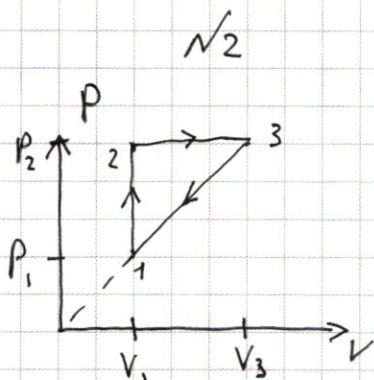
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) $T \sim PV$

(1-2): $V = \text{const}$; $P \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

(2-3): $P = \text{const}$; $V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

Первое нач. термодин.

(1-2): $\Delta U = Q$

$\frac{3}{2} \nu R \Delta T = C_V \Delta T \Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$

(2-3): $Q = A + \Delta U$

$C_P \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T \Rightarrow C_P = \frac{5}{2} R$

$X = \frac{C_P}{C_V} = \boxed{\frac{5}{3}}$

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

$\Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \boxed{2,5}$

$A_{23} = P_2 (V_3 - V_1) = P_2 V_3 - P_2 V_1 = \nu R \Delta T$

3) Процесс (3-1): $P \propto V \Rightarrow P_1 \propto V_1$

$P_2 = P_3 \propto V_3$

$\eta = \frac{A_{123}}{Q_H} = \frac{A_{123}}{Q_{12} + Q_{23}}$

$A_{123} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_2 - P_1) = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (\alpha V_3 - \alpha V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_3 - V_1)^2$

$Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{123} + A_{23} = \frac{3}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_1) + P_2 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} \alpha V_3^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 + \alpha V_3^2 - \alpha V_1 V_3 =$
 $= \frac{5V_3^2 - 2V_3 V_1 - 3V_1^2}{2} \cdot \alpha$

N2 (продолжение)

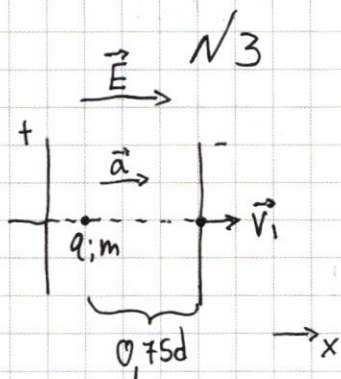
при $\Delta V \rightarrow \infty$ V_3 тоже $\rightarrow \infty$
т.к. $V_1 > 0$

3)

$$\eta = \frac{(V_3 - V_1)^2}{5V_3^2 - 2V_3V_1 - 3V_1^2} = \frac{(V_3 - V_1)^2}{(V_3 - V_1)^2 + 4(V_3^2 - V_1^2)} = \frac{V_3 - V_1}{5V_3 - 3V_1} = \frac{\Delta V}{2V_3 + 3\Delta V}$$

$$\eta'(\Delta V) = \frac{2V_3 \Delta V}{(2V_3 + 3\Delta V)^2} \Rightarrow \eta_{\max} = \eta(\Delta V \rightarrow \infty) = \lim_{\Delta V \rightarrow \infty} \frac{\Delta V}{2V_3 + 3\Delta V} = \frac{1}{3} = \boxed{20\%}$$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$
2) 2,5
3) ~~20%~~ 20%



1) 2.3. Н. "частица":

$$Ox: ma_x = Eq$$

$$a_x = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

Внутри конденсатора движение частицы - равноускорен.

$$0,75d = \frac{a_x T^2}{2} = \frac{(E\gamma T) \cdot T}{2} = \frac{V_1 T}{2}$$

$$V_1 = \boxed{\frac{1,5d}{T}}$$

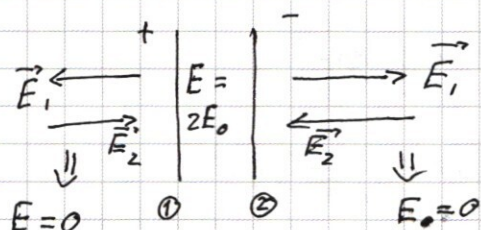
2) с другой стороны:

$$V_1 = a_x T = E\gamma T \Rightarrow \begin{cases} E = \frac{V_1}{\gamma T} = \frac{1,5d}{\gamma T^2} \\ E = \frac{\phi}{\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \end{cases} \Rightarrow Q = \boxed{\frac{1,5d \cdot \epsilon_0 S}{\gamma T^2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3 (продолжение)

3)



$\Rightarrow$ Вне конденсатора энергия
частицы сохраняется.

Т.к. Потенциал скачком не меняется $\Rightarrow \varphi_0 = Ed$; $\varphi_\infty = 0$
на
бесконечности

З.с.э:

$$Edq + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2Edq + v_1^2} = \sqrt{\frac{3d^2}{T^2} + \frac{9d^2}{4T^2}} = \sqrt{\frac{d}{T} \cdot \frac{\sqrt{21}}{2}}$$

N1

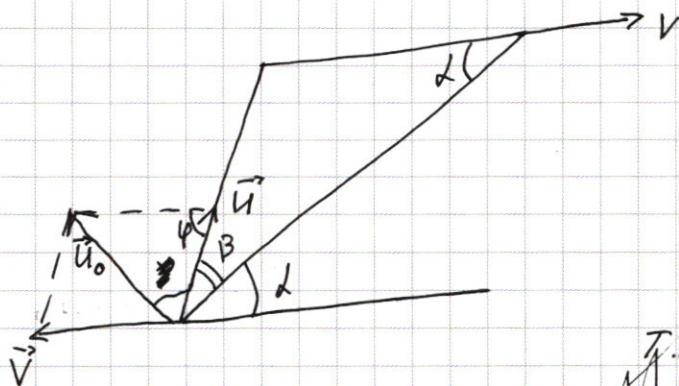
1) Т.к. нить не растягивается, то проекции скоростей
муфты и кольца на прямую, содержащую нить, равны.

$u \cdot \cos \beta = v \cos \alpha$, где u - скорость кольца.

$$u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \boxed{75} \text{ см/с}$$

N1 (продолжение)

$$2) \vec{U}_0 = \vec{U} - \vec{V}$$



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

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

~~$$\cos \gamma = \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) = \frac{7}{170}$$~~

Т. косинусов:

~~$$U_0^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos \gamma$$~~

$$\varphi = \beta + \alpha$$

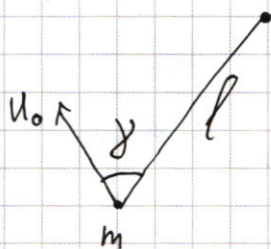
$$\cos \varphi = \frac{36}{85}$$

Т. косинусов:

$$U_0^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}$$

$$U_0 = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}} = 77 \text{ м/с}$$

3)



2. 3. Н.

$$m \frac{U_0^2 \cdot \sin^2 \gamma}{l} = T$$

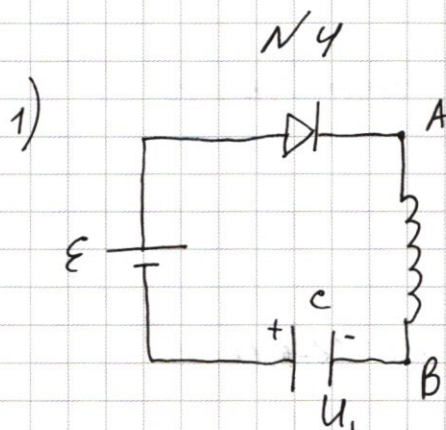
$$T = \frac{121}{170} \cdot \frac{m U_0^2}{l} =$$

$$= \frac{5929 \cdot 3}{19.5} \cdot \frac{121}{170} \text{ Н}$$

$$\cos \gamma = \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) = \frac{7}{170}$$

$$\sin \gamma = \frac{11}{170}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Если ток в цепи будет, то на диоде напряжение U_0

$$\begin{cases} U_L = \cancel{\varphi_A - \varphi_B} = (\varepsilon - U_0) - U_1 = 3V \\ U_L = L \cdot \dot{I} \end{cases}$$

$$\dot{I}_0 \stackrel{!!}{=} \frac{\varepsilon - U_0 - U_1}{L} = \boxed{30} \frac{A}{c}$$

2) Когда ток максимальный, $\dot{I}_{max} = 0$.

$$\Downarrow \\ U_L = L \cdot \dot{I}_{max} = 0 \Rightarrow U_{конденс.} = \varepsilon - U_0 = 8V$$

$$W_0 = \frac{C U_1^2}{2} + \frac{L I_0^2}{2} = \frac{C U_1^2}{2} \quad (\text{ток скачком не меняется}; I_0 = 0)$$

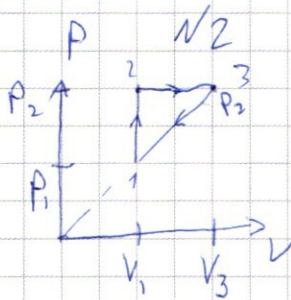
$$W_k = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C U_{конденс.}^2}{2} = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C (\varepsilon - U_0)^2}{2}$$

$$A_{ист} = \varepsilon \cdot \Delta q = \varepsilon ((\varepsilon - U_0)C - U_1 C) = \varepsilon C (\varepsilon - U_0 - U_1)$$

3. И. Э:

$$W_k - W_0 = A_{ист} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L} (\varepsilon^2 - U_0^2 + U_1^2 - 2\varepsilon U_1)} = \sqrt{6 \cdot 10^{-3}} A = \boxed{\sqrt{6}} \cdot \text{мк A}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) процесс 1-2; 2-3

1-2 $C_v = \frac{3}{2}R$

2-3 $C_p = \frac{5}{2}R$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} = \boxed{0,6}$$

$$\frac{3}{2}R\Delta T = C_v \cdot \Delta T$$

$$C_v = \frac{3}{2}R$$

$$\frac{3}{2}R\Delta T + (P_2V_3 - P_2V_1) = C_p \Delta T$$

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

$$C_p = \frac{5}{2}R$$

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

$$A_{23} = R\Delta T \Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} = \boxed{2,5}$$

3) $\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}$

$$\frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

$$Q_X = Q_{31} = \frac{P_2 - P_1}{2} \cdot (V_3 - V_1) + \frac{3}{2} (P_2V_3 - P_1V_1) = \frac{P_2V_3 - P_2V_1 - P_1V_3 + P_1V_1 + 3P_2V_3 - 3P_1V_1}{2}$$

$$= \frac{4P_2V_3 - 2P_2V_1 - 2P_1V_3 + 2P_1V_1}{2}$$

$$A_0 = \frac{1}{2}P_1V_1 \cdot \frac{(P_2 - P_1)}{P_1} = \frac{1}{2}(P_2V_1 - P_1V_1) = \frac{1}{2}V_1(P_2 - P_1)$$

$$\frac{P_2}{V_3} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow P_2V_1 = P_1V_3$$

$$P = \alpha V$$

$$P_2 = \alpha V_3$$

$$P_1 = \alpha V_1$$

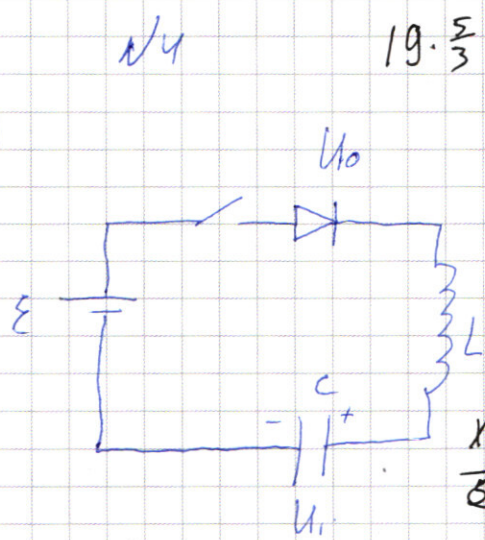
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_3}{V_1} \Rightarrow P_2V_1 = P_1V_3$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} = \Delta U_{13} + A_{23} =$$

$$= \frac{3}{2}(P_2V_3 - P_1V_1) + P_2(V_3 - V_1) = \frac{3P_2V_3 - 3P_1V_1 + 2P_2V_3 - 2P_2V_1}{2} = \frac{5P_2V_3 - V_1(2P_2 + 3P_1)}{2}$$

$$\eta = \frac{V_1(P_2 - P_1)}{5P_2V_3 - V_1(2P_2 + 3P_1)}$$

1)



$$4^2(17^2 - 270) \quad 19 \cdot 4^2 + 3^2 \cdot 5^2$$

$$289 - 270 = 19$$

$$U_L = \varepsilon - U_0 - U_C = LI$$

$$I = \frac{\varepsilon - U_0 - U_C}{L} = \frac{3}{\frac{1}{10}} = 30 \text{ A}$$

$$I \rightarrow \max = I_0$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ \times 16 \\ \hline 144 \\ 16 \end{array}$$

$$5929 = 77$$

$$(304)(3 \cdot 5 \cdot 5)^2 =$$

$$= 3^2 \cdot 5^2 \cdot 5^2 + 4^2 \cdot 17^2 - 3^2 \cdot 5 \cdot 4^2 \cdot 2$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ \times 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$W_0 = \frac{CU_C^2}{2} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 25$$

$$W_K = \frac{LI_0^2}{2} + \frac{C(\varepsilon - U_0)^2}{2} = \frac{L I_0^2}{2} + 32 \cdot 40 \cdot 10^{-6}$$

$$A_{\text{ист}} = \varepsilon \cdot q = \varepsilon \cdot ((\varepsilon - U_0)C - U_C C) = \varepsilon C (\varepsilon - U_0 - U_C) = 27 \cdot 40 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{5929 \cdot 3}{19 \cdot 5} \cdot \frac{121}{170}$$

$$W_K - W_0 = A_{\text{ист}}$$

$$81 - 1 + 25 - 90$$

$$150 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 6 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{L I_0^2}{2} = 27 \cdot 40 \cdot 10^{-6} + 20 \cdot 10^{-6} \cdot 25 - 32 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 10^{-5} (27 \cdot 4 + 50 + 32 \cdot 4) = 10^{-5} (286)$$

$$I_0^2 = 10^{-4} \cdot 572$$

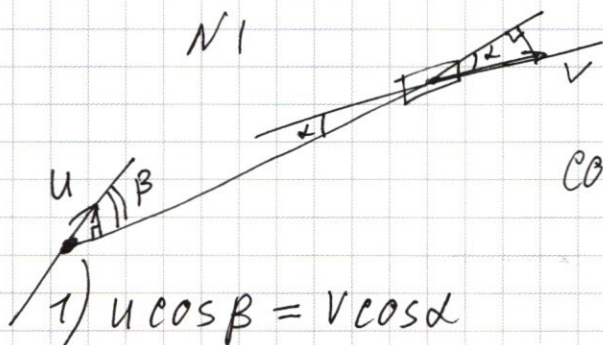
$$I_0 = \sqrt{572 \cdot 10^{-4}}$$

$$3) U_2 = \varepsilon - U_0 = 9 - 1 = 8 \text{ V}$$

$$2 \varepsilon C (\varepsilon - U_0 - U_C) - \frac{C(\varepsilon - U_0)^2}{2} + \frac{CU_C^2}{2}$$

$$I_{\max}^2 = \frac{C}{L} (\varepsilon^2 - 2 \varepsilon U_0 - 2 \varepsilon U_C + 2 \varepsilon U_0 - U_0^2 + U_C^2) = \frac{C}{L} (\varepsilon^2 - U_0^2 + U_C^2 - 2 \varepsilon U_C)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

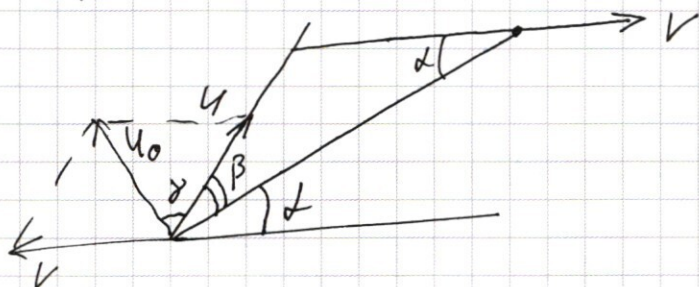


$$1) u \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 75 \text{ cm/s}$$

2)

$$u^2 - v^2 = (75 - 68)(75 + 68)$$



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

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$45 + 32 =$$

$$= 77$$

$$5 \cdot 17$$

$$\frac{17^2 - 15^2}{17^2} = \frac{196}{289} = \frac{14}{17}$$

$$\gamma = \frac{180 - (\beta + \alpha)}{2} = 90 - \frac{\beta + \alpha}{2}$$

$$\sin \gamma = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17}$$

$$\cos(\beta + \alpha) = \frac{196}{170}$$

$$\sin(\beta + \alpha) =$$

$$\cos \gamma = \sin\left(\frac{\beta + \alpha}{2}\right)$$

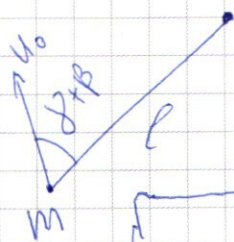
$$60 - 24 =$$

$$= \frac{36}{5 \cdot 17}$$

$$= \frac{3 \cdot 5^3 \cdot 8 \cdot 4}{5 \cdot 17 + 17 \cdot 5} =$$

$$\sin \gamma = \frac{170 - 49}{170} = \frac{121}{170}$$

3)



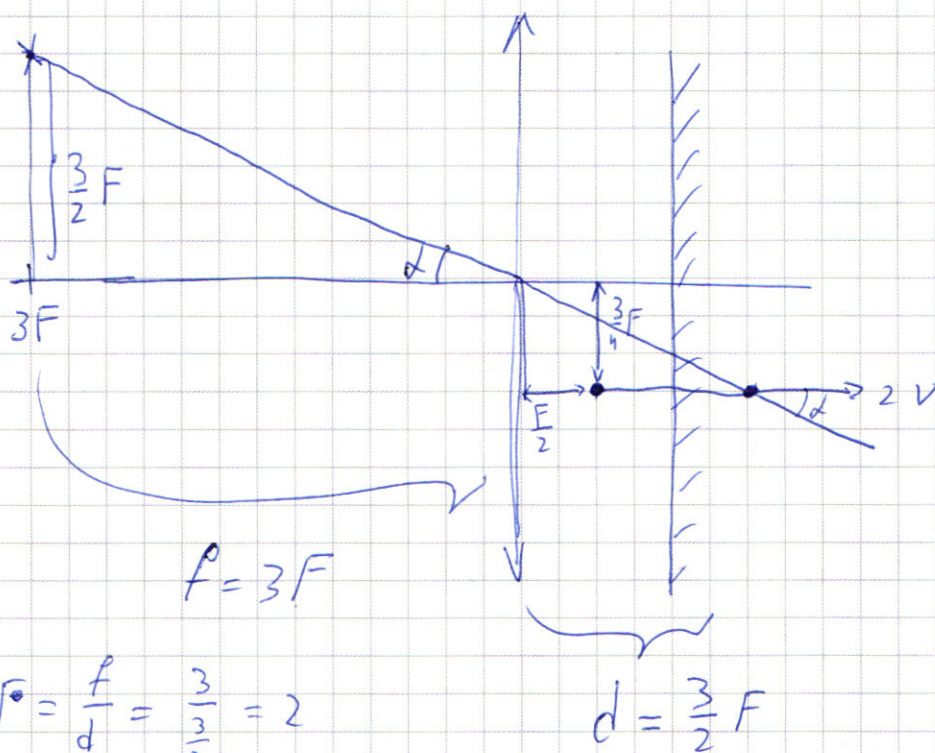
$$\frac{49}{170} = 7$$

$$\frac{\sin^2 2\alpha}{4} = \sin^2 \alpha + \sin^2 \alpha$$

$$T = m \cdot \left(\frac{u_0 \sin(\gamma + \beta)}{l} \right)^2$$

$$\sin 2\alpha = 2 \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\sin^2 2\alpha = 4 \sin^2 \alpha (1 - \sin^2 \alpha)$$



$$\tan \alpha = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \boxed{\frac{1}{2}}$$

$$\boxed{\cot \alpha = 2}$$

3) $2V \cdot \cos \alpha = U$

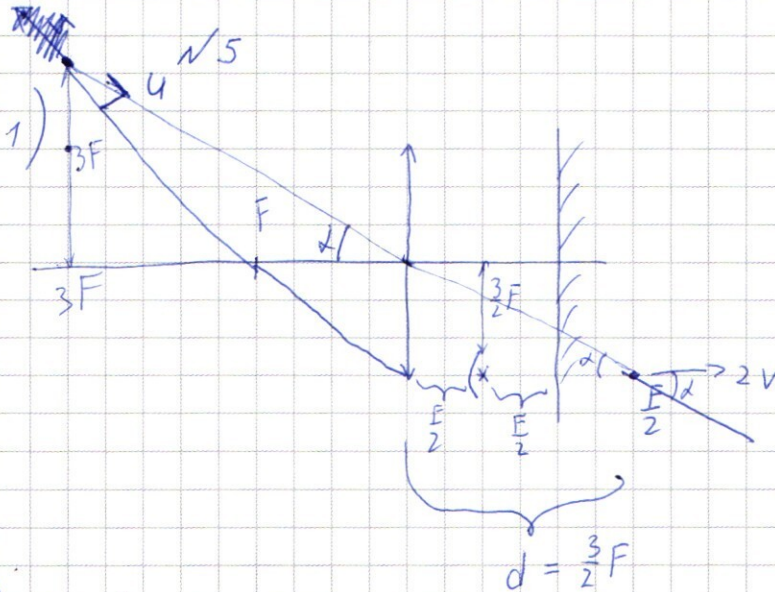
$$U = 2V \cdot \frac{2}{5} \sqrt{5} = \boxed{\frac{4}{5} \sqrt{5} V}$$

$$\sqrt{\frac{9}{4} + 9} =$$

$$= \sqrt{\frac{9 \cdot 5}{4}} = \frac{3}{2} \sqrt{5}$$

$$\frac{3}{\frac{3}{2} \sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F = \frac{\frac{3}{2}F + 2vdt}{3F - u_x dt} = \frac{\frac{3}{2}F}{3F - u_y dt}$$

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

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

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

$$f = 3F$$

$$2) \cos \alpha = 1$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$3) u = 2v \cos \alpha = 2v \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}v$$

$$u = 2v \cdot \cos \alpha = \frac{2\sqrt{2}}{2} v = \sqrt{2}v$$

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

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

$$2vdt = \frac{u dt}{\cos \alpha}$$

$$d + x = \frac{(f + y)F}{(f - y)F}$$

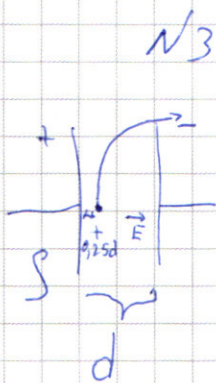
$$\frac{3}{2}F + x = \frac{3F^2 + yF}{2F + y}$$

$$3F^2 + 2Fx + \frac{3}{2}Fy + xy = 3F^2 + yF$$

$$2Fx + \frac{1}{2}y + xy = 0$$

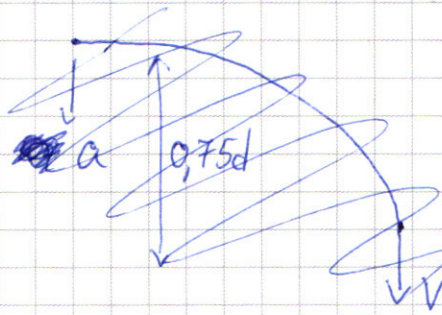
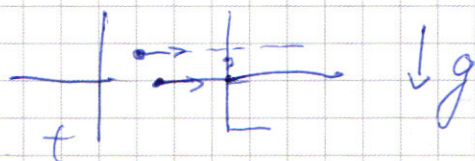
$$y\left(\frac{1}{2} + x\right) = 2Fx$$

$$y = \frac{2F \cdot 2vdt}{\frac{1}{2} + 2vdt}$$



$$U = Ed$$

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



$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

$$V_x = 0$$

$$V_1 = V_y(T) = aT = E\gamma T$$

$$V_1 = \sqrt{2ah} = \sqrt{2E\gamma h}$$

$$E\gamma = \frac{2h}{T^2} = \frac{1.5d}{T^2}$$

$$E\gamma = \frac{2h}{T^2} = \frac{1.5d}{T^2}$$

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

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



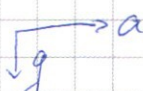
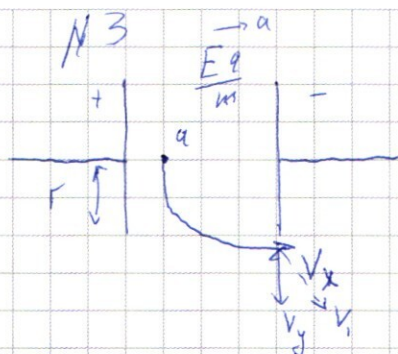
$$h = \frac{V_1}{2} \cdot T$$

$$1) V_1 = \frac{2h}{T} = \frac{1.5d}{T} = \frac{3d}{2T}$$

$$3) V_2 = \sqrt{\frac{3d^2}{T^2} + \frac{gd^2}{4T^2}} = \frac{d}{T} \sqrt{3 + \frac{g}{4}} = \frac{d}{2T} \sqrt{21}$$

$$\frac{3d^2}{T^2} + V_1^2 = \frac{3d^2}{T^2} + \frac{gd^2}{4T^2} = \frac{d}{T} \cdot \frac{\sqrt{21}}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$S = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

~~$$V_x = at$$~~
~~$$V_y = gt$$~~

~~$r =$~~

$$\frac{V_x T}{2} = 0,75d \Rightarrow V_x = \frac{1,5d}{T} = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$$

$$\frac{V_y T}{2} = r \Rightarrow V_y = \frac{2r}{T} = \frac{2}{T} \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$V_1 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{\frac{9d^2}{4T^2} + \frac{4S}{T^2 \pi}} = \frac{5}{2T} \sqrt{d^2 + \frac{4S}{\pi}} = \frac{5}{2T} \sqrt{d^2 + \frac{S}{\pi}}$$

$$2) V_x = at = Ex \cdot T = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$$

$$\begin{cases} E = \frac{3d}{2T^2 y} \\ E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \end{cases} \Rightarrow Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2T^2 y}$$

$$3) 0 \approx \left| \frac{\vec{v}}{2E} \right| \ll 0$$

$$Ed \cdot q + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$2Edy + v_1^2 = v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2Edy + v_1^2} = \sqrt{\frac{3d^2}{T^2} + v_1^2}$$

N 2

$$3) \eta = \frac{A_{123}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$A_{123} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (\alpha V_3 - \alpha V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_3 - V_1)^2$$

$$P_{4-5} U_{13} + A_{23} = \frac{3}{2} (\alpha V_3^2 - \alpha V_1^2) + P_2 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} \alpha V_3^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 + \alpha V_3^2 - \alpha V_3 V_1 =$$

$$= \frac{3\alpha V_3^2 - 3\alpha V_1^2 + \alpha V_3^2 - 2\alpha V_3 V_1}{2} = \frac{5\alpha V_3^2 - 2\alpha V_3 V_1 - 3\alpha V_1^2}{2}$$

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

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

$$= \frac{V_3 - V_1}{V_3 - V_1 + 4V_3 + 4V_1} = \frac{V_3 - V_1}{5V_3 - 3V_1} = \frac{\Delta V}{2V_3 + 3\Delta V}$$

$$V_3 - V_1 \rightarrow \max$$

$$5V_3 - 3V_1 \rightarrow \min$$

$$\eta' = \frac{(1+3)\Delta V - 3\Delta V}{(2V_3 + 3\Delta V)^2} = \frac{0}{(2V_3 + 3\Delta V)^2} = 0$$

$$\eta = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x}{2V_3 + 3x} =$$

$$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x}{x(2\frac{V_3}{x} + 3)} = \frac{1}{3}$$

$$2V_3 \Delta V = 0$$

$$\Delta V \rightarrow \infty$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

