

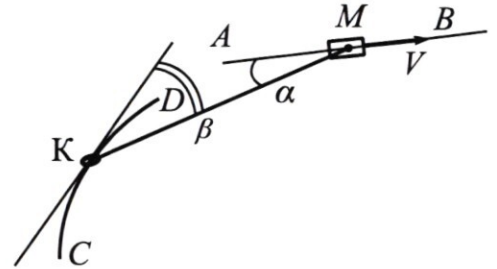
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-01

Класс 11

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

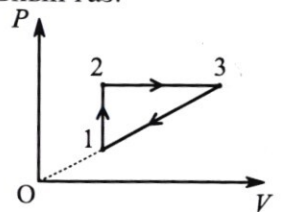
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

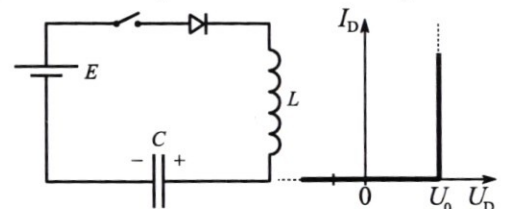


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица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

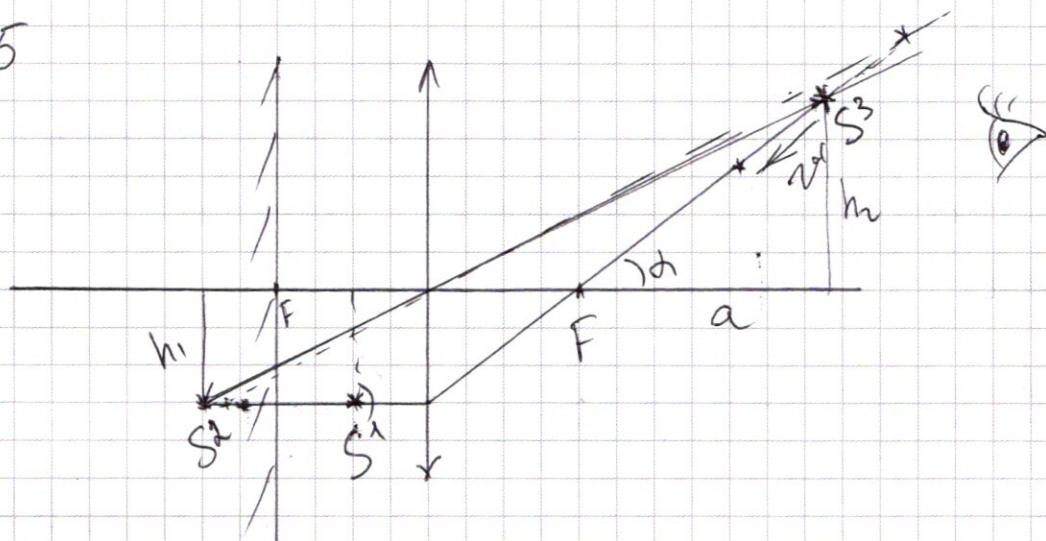
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

~5



2) Для линзы источник света находится в фокальной плоскости зеркала, то есть на расстоянии $\frac{3F}{2}$

По формуле тонкой линзы находим

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

$= \frac{1}{3F} \Rightarrow f = 3F$ на таком расстоянии от линзы увидит изображение источника наблюдатель.

3) расстояние между зеркалом и источником сокращается со скоростью в 2 раза меньшей, чем расстояние между источником и его изображением в зеркале $\Rightarrow v_{S2} = v \cdot 2$ (v - скорость

зеркала.)

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{d}{f} = \frac{3F}{2 \cdot 3F} = \frac{1}{2} \Rightarrow \Gamma = 2$$

$$\text{Увеличение } S_3 = \Gamma^2 \cdot S_2 = \Gamma^2 \cdot 2v = 4 \cdot 2v = 8v$$

2) Скорость изображения будет всё время направлена по прямой, идущей через фокус

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d}{f} = \frac{1}{2} \Rightarrow h_2 = 2h_1 = \frac{3F}{2}$$

$$a = f - F = 3F - F = 2F \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2}{a} = \frac{3F}{2 \cdot 2F} = \frac{3}{4}$$

Ответ: 1) $3F$; 2) $\frac{3}{4} = \operatorname{tg} \alpha$; 3) $8v$.

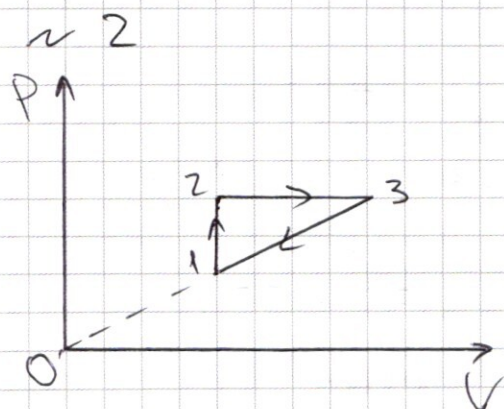
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. $U_{отч}$ и m известны, то $a_{ц.с.} = \frac{U_{отч}^2}{l} =$
 $= \frac{U_{отч}^2 \cdot 3}{5R}$; $F_{каб.} = ma = \frac{m U_{отч}^2 \cdot 3}{5R} = \frac{0,1 \cdot (77 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 3}{5 \cdot 1,9}$

$U_{отч} = 77 \text{ см/с} = 0,77 \text{ м/с}$

$F_{каб.} = \frac{10^{-1} \cdot 77^2 \cdot 10^{-4} \cdot 3}{5 \cdot 1,9 \cdot 10^{-1}} \approx 1,86 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$

Ответ: 1) 75 см/с ; 2) 77 см/с ; 3) $1,86 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$



Температура повышается
на участках 1-2 и 3-1,
а понижается на 2-3

1) В процессе 1-2 $V = \text{const}$ $C_V = \frac{3}{2}R$, т.к. $A = 0$

В процессе 3-1 $P = \alpha V$

$A_{31} = \frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{2}$; $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{31}$

$P_3 V_3 = V R T_3$

$P_1 V_1 = V R T_1$

$\Rightarrow P_3 V_3 - P_1 V_1 = V R \Delta T_{31}$

$Q_{31} = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1) \Rightarrow 2 V R \Delta T_{31}$

$\Rightarrow C_{31} = 2R$

$$\frac{C_V}{C_{31}} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 2} = \frac{3}{4}$$

2) $P_3 = P_2$ в процессе 2-3

$$\begin{aligned} P_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ P_2 V_3 &= \nu R T_3 \Rightarrow P_2(V_3 - V_2) = \nu R \Delta T_{23} \end{aligned}$$

$$A_{23} = P_2(V_3 - V_2) \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} P_2(V_3 - V_2)$$

$$\begin{aligned} Q_{23} &= A_{23} + \Delta U_{23} = P_2(V_3 - V_2) + \frac{3}{2} P_2(V_3 - V_2) = \\ &= \frac{5}{2} P_2(V_3 - V_2) = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow C_P = \frac{5}{2} R \end{aligned}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} P_2(V_3 - V_2)}{P_2(V_3 - V_2)} = \frac{5}{2}$$

★ Ответ: 1) $\frac{C_V}{C_{31}} = \frac{3}{4}$; 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$

~4 Ответ: 1) $30 \frac{A}{c}$; 2) $0,1 A$; 3) $1,5 B$.

1) В какой-то момент времени

$$\mathcal{E} - U_C = U_0 + U_L$$

$$\mathcal{E} - U_C - U_0 = U_L = 9 - 5 - 1 = 3 B$$

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_L}{L} = \frac{3 B}{0,1 Гк} = 30 \frac{A}{c}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \frac{C U_C^2}{2} &= \frac{L I_{max}^2}{2} \quad I_{max} = \sqrt{\frac{C U_C^2}{L}} = U_C \sqrt{\frac{C}{L}} = \\ &= \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} \cdot 5 = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 100 \cdot 10^{-3} = 0,1 A. \\ 3) \quad U_L &= U_C = (\mathcal{E} - U_0) / 2 = 1,5 B \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~ФЭУ~~

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_k^2 \cdot T^2}{3d}$$

$$\frac{9d^2}{4} = v_k^2 \cdot T^2$$

$$v_k^2 = \frac{9d^2}{4T^2}$$

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

$$0,25$$

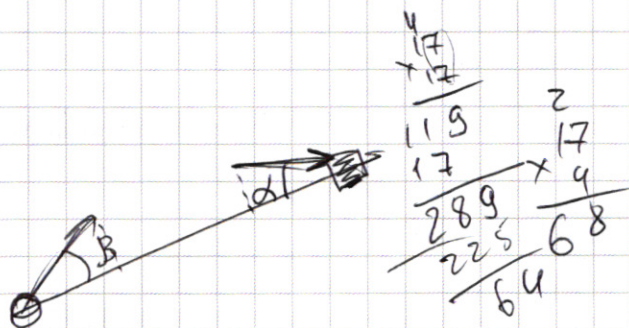
$$a = \frac{3d}{2T^2}$$

$$0,25d = \frac{v_k^2}{2a}$$

$$0,25 \frac{1}{4}d = \frac{v_k^2 \cdot T^2}{3d}$$

$$v_k^2 = \frac{3d^2}{4T^2}$$

$$v_k = \frac{\sqrt{3}d}{2T}$$



$$\frac{75 \cdot 5}{2} = 187.5$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$v_u \cos \alpha = v_k \cos \beta$$

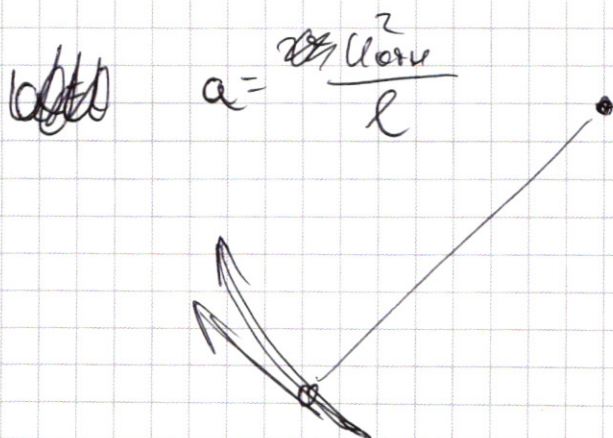
$$v_k = \frac{v_u \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v_u \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 15 \cdot 5 = 75$$

$$1) \quad \boxed{75 \text{ см/с} = v_k}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$2) v_{\text{орн}} = v_u \sin \alpha + v_k \sin \beta = \frac{68 \cdot 8}{17} + \frac{75 \cdot 3}{5} =$$

$$= 4 \cdot 8 + 15 \cdot 3 = \boxed{77 \text{ см/с}} = v_{\text{орн}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 = 0$$

$$\epsilon_0 \epsilon$$

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

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

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{q}{m} = \gamma$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$F = m \cdot a = E \cdot q$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m} = \frac{Q \cdot q}{S \epsilon_0 \cdot m}$$

$$L = d - 0,25d = 0,75d$$

$$L = \frac{v_k^2}{2a}$$

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

$$0,75d = \frac{at^2}{2}$$

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

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

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_k^2}{2a} = \frac{v_k^2 \cdot T^2}{3d}$$

$$v_k^2 = \frac{2aL}{1} = 0,75d \cdot \frac{2E \cdot q}{m} =$$

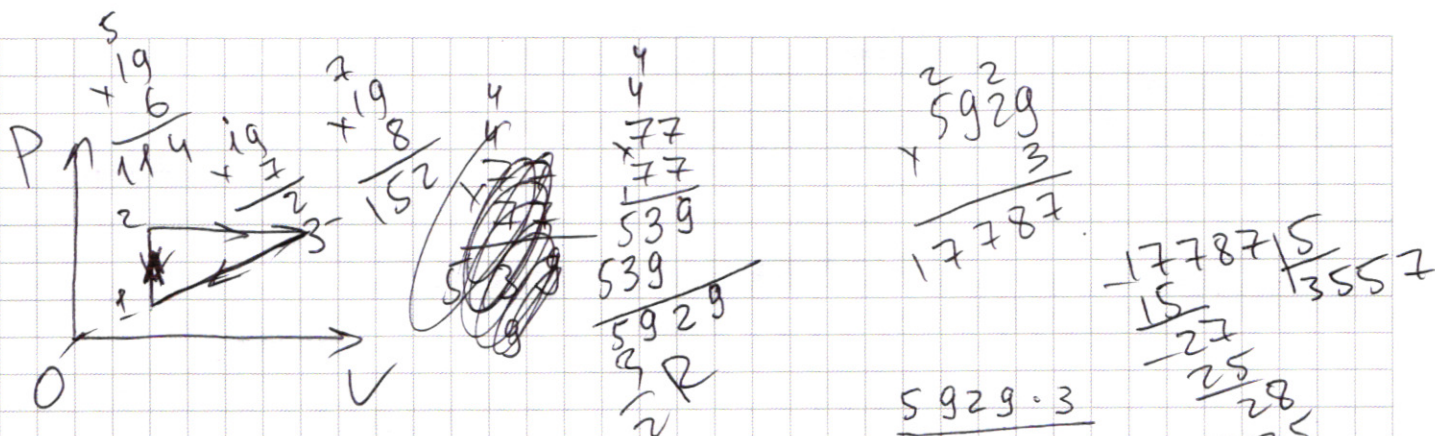
$$= 0,75d \cdot \frac{2E \cdot q}{m} =$$

$$= \frac{3 \cdot 2}{4} d E q = \frac{3}{2} d E q$$

$$v_k = \sqrt{\frac{3}{2} d E q}$$

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

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



$$\& T_{12} \uparrow \quad T_{23} \downarrow$$

$$P = \alpha V \quad 186 \cdot 10^{-4} \quad \begin{array}{r} 3557 \overline{) 19} \\ 19 \\ \hline 165 \\ 152 \\ \hline 137 \\ 134 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \alpha V \Delta V$$

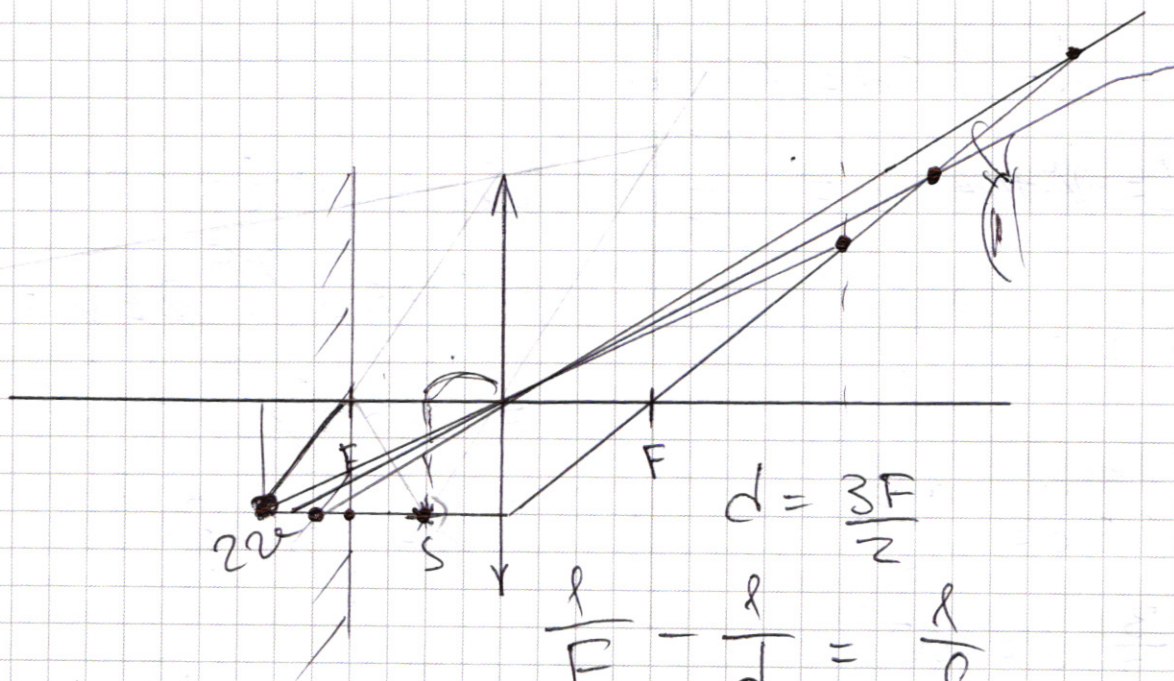
$$\frac{P V = \nu R T}{\frac{Q_{23}}{Q_{12} + Q_{31}}}$$

~~22~~

$$\cancel{P} \Delta V = \nu R T$$

$$\Delta V (V + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T)$$

$$\Delta V^2 + \Delta V \Delta V = \nu R T + \nu R \Delta T$$



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

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

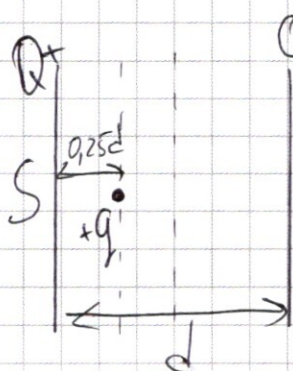
$\&$

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

$$f = 3F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



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

$$E = \frac{F}{q}$$

$$t = T$$

$$L_1 = d - 0,25d = 0,75d = \frac{3}{4}d ; F = ma = E \cdot q$$

$$L_1 = \frac{at^2}{2} ; a = \frac{2L_1}{t^2} = \frac{3d}{2t^2} ; a = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m}$$

$$= \frac{Q \cdot q}{S \epsilon_0 m} = \frac{Q \cdot x}{S \epsilon_0} ; \frac{3d}{2t^2} = \frac{Q \cdot x}{S \epsilon_0} \Rightarrow Q = \frac{3d \cdot S \epsilon_0}{3t^2 x}$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_k^2}{2a} = \frac{v_k^2 \cdot t^2}{3d} ; \frac{3}{4}d = \frac{v_k^2 \cdot t^2}{3d}$$

$$\frac{9d^2}{4} = v_k^2 \cdot t^2 ; v_k^2 = \frac{9d^2}{4t^2} \Rightarrow v_k = \frac{3d}{2t}$$

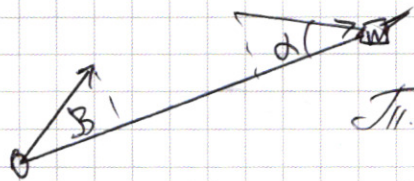
На бесконечности потенциал частицы = 0
и на средней плоскости конденса-
тора потенциал = 0 $\Rightarrow$ можно исполь-
зовать эквипотенциальную плоскость
в середине конденсатора, т.к. скорость части-
цы на ней и на бесконечности будет
одинакова.

$$\text{Итак, } L_2 = \frac{d}{2} - 0,25d = 0,25d = \frac{1}{4}d ; a = \frac{3d}{2t^2}$$

$$\frac{1}{4}d = \frac{v_k^2 t^2}{3d} ; v_k^2 = \frac{3d^2}{4t^2} ; \Rightarrow v_k = \frac{\sqrt{3}d}{2t}$$

Ответ: 1) $\frac{3d}{2T} = v_k$ 2) $\frac{3d S \epsilon_0}{3T^2 \gamma} = Q$; 3) $v_{\Sigma} = \frac{\sqrt{3} d}{2T}$.

~1



П.к. нить натянута $\Rightarrow$ расстояние между концом и музой постоянно и равно длине нити $\Rightarrow$ проекции скоростей музоты и конца ее направлены нити — постоянно.

$$\Rightarrow 1) v_{\Sigma} \cdot \cos \alpha = v_k \cos \beta \Rightarrow v_k = \frac{v_{\Sigma} \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ см/с.}$$

2) Расстояние вдоль нити постоянно $\Rightarrow$ музота и конец движутся относительно друг друга только в направлении $\perp$ нити.

$$\Rightarrow v_{\text{отн}} = v_{\Sigma} \sin \alpha + v_k \sin \beta.$$

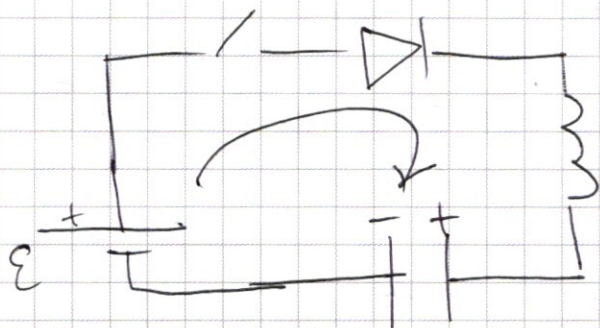
$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$v_{\text{отн}}, v_{\Sigma} = v_{\Sigma} \cdot \sin \alpha + v_k \sin \beta = \frac{68 \cdot 8}{17} + \frac{75 \cdot 3}{5} = 4 \cdot 8 + 15 \cdot 3 = 77 \text{ см/с.}$$

3) Кончик движется относительно музоты по окружности радиусом l

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



2) $\varepsilon = U_0 + U_L - U_C$

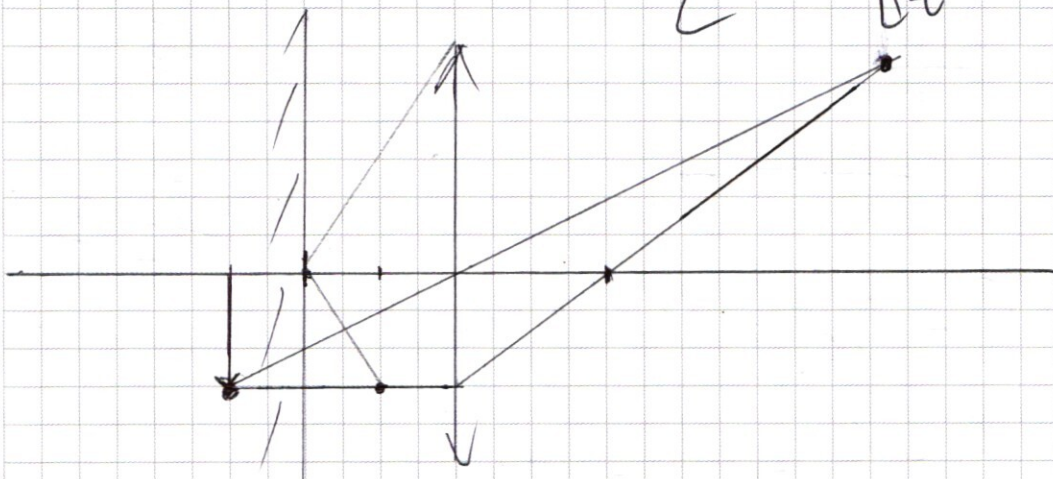
$$U_L = \varepsilon + U_C - U_0 = 9 + 5 - 1 = 13 \text{ В}$$

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{U_L}{L} = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{U_L}{L} = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{13}{0,1} = 130 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



$$A = \frac{P_3 \cdot V_3}{2} - \frac{P_1 \cdot V_1}{2} = \frac{P_3 \cdot V_3 - P_1 \cdot V_1}{2}$$

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

$$a = -\omega^2 x$$

$$F_{\max} = -\omega^2 x m$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$(P_3 V_3 - P_1 V_1) = \nu R \Delta T$$

$$\{I = U_0 I + U_L I + U_C I$$

$$Q = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1) + \frac{(P_3 V_3 - P_1 V_1)}{2} =$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

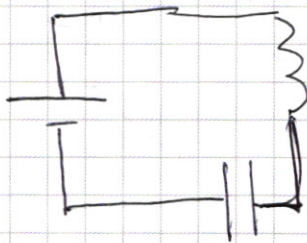
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\mu g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{F}}$$

$$= 2 (P_3 V_3 - P_1 V_1) = 2 \nu R \Delta T$$

$$A_{23} = P \Delta V =$$

$$\frac{CU_C^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$



$$\beta = 0,1 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\beta_0 = \frac{\Delta I}{\Delta t} \frac{A}{c}$$

$$\Sigma - U_C = U_0 + U_L$$

$$g - \delta = 1 + U_L$$

$$\beta = U_L \quad \& \quad U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$