

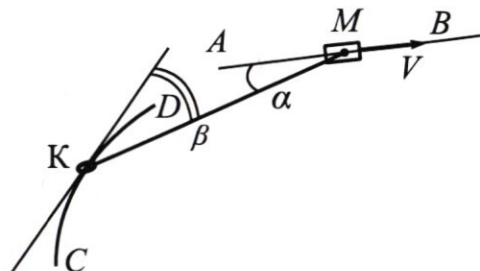
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



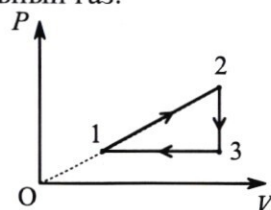
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



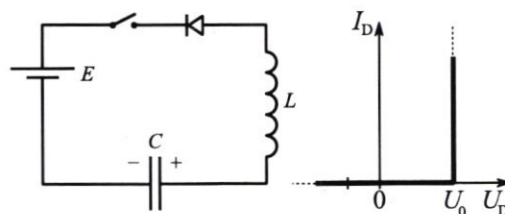
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы 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.

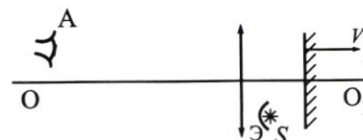
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

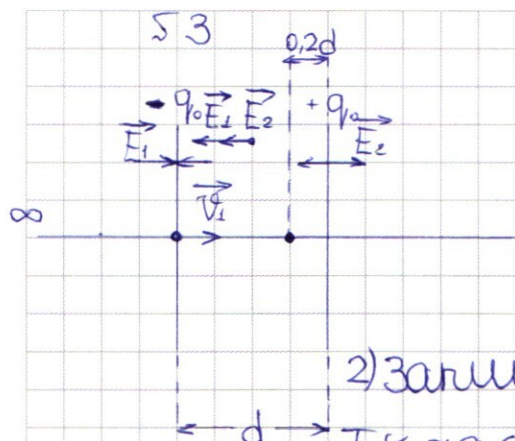


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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) Частица влетает в конденсатор с скоростью v_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$, значит проходит расстояние: (учтено, что конденсатор воздушный $\Rightarrow \epsilon = 1$)
 $l = d - 0,2d = 0,8d$; $\alpha = \frac{q}{m}$

2) Запишем: $0 - v_1^2 = 2\alpha l$, где $v = 0$ по условию;

Т.к. частица движется в области электрического поля конденсатора, то на него действует сила qE , которая и сообщает ускорение a . Найдем E :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E = E_1 + E_2 = \frac{q_0}{2\epsilon S} + \frac{q_0}{2\epsilon S} = \frac{q_0}{\epsilon S} \Rightarrow$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{q \cdot q_0}{m \epsilon S} = \frac{q_0}{\epsilon S} \Rightarrow 0 = \frac{v_1^2}{2} = \frac{q_0}{\epsilon S} \cdot 0,8d \Rightarrow \frac{q_0}{\epsilon S} = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

3) Запишем: $v = v_1 - \alpha t = 0 \Rightarrow t = \frac{v_1}{\alpha} = \frac{v_1}{\frac{q_0}{\epsilon S}} = \frac{v_1 \epsilon S}{q_0} = \frac{1,6d \epsilon}{v_1}$

было учтено, что $\frac{q_0}{\epsilon S} = \frac{v_1^2}{1,6d}$

4) $U = E \cdot d = \frac{q_0}{\epsilon S} \cdot d = \frac{q_0 d}{\epsilon S} = \frac{v_1^2 d}{1,6d} = \frac{v_1^2}{1,6}$

5) Запишем закон сохранения энергии $\Rightarrow$

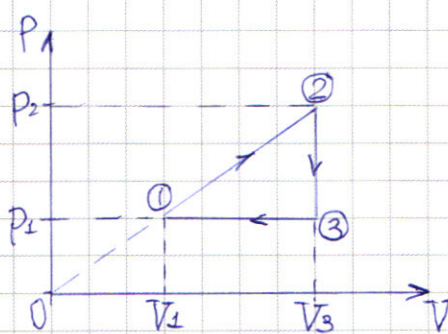
$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + q\Delta\varphi$, где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, где $\varphi_1 = 0$, т.к. частица находилась на бесконечном удалении от конденсатора $\Rightarrow \varphi_2$ можно принять равным 0, тогда

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + q\varphi, \text{ где } \varphi = U = \frac{v_1^2}{1,6} \Rightarrow$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{q v_1^2}{1,6} \Rightarrow 0 = m \Rightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{q v_1^2 \cdot 2}{m \cdot 1,6} = v_1^2 + \frac{\alpha v_1^2 \cdot 2}{1,6} \Rightarrow$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2\alpha v_1^2}{1,6}} = \sqrt{\frac{36}{16} v_1^2} = \frac{6}{4} v_1 = 1,5 v_1; \text{ ответ: } \frac{v_1^2}{1,6d\epsilon}, \frac{v_1^2}{1,6d}, 1,5 v_1$$

52



1) Т.к. из ① в ② $p \sim V \Rightarrow$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1$$

2) Найдем работу на участке из ① в ② как площадь трапеции:

$$A_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot (p_1 + p_2) \cdot (V_3 - V_1), \text{ где } V_3 = V_2 \Rightarrow$$

$$A_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot (p_1 V_3 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1) \Rightarrow$$

$$A_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

3) понижение температуры происходило на участках ①-③; ③-②, т.е. при ②-③ - изохорный процесс; ①-③ - изобарный

при $V = \text{const} \Rightarrow A_V = 0 \Rightarrow Q_V = \Delta U_V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \equiv C_{\mu, V} \nu \Delta T \Rightarrow$
 $C_{\mu, V} = \frac{3}{2} R$

при $p = \text{const} \Rightarrow Q_p = \Delta U_p + A_p = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 + p \Delta V$, где $p \Delta V = \nu R \Delta T_1 \Rightarrow$

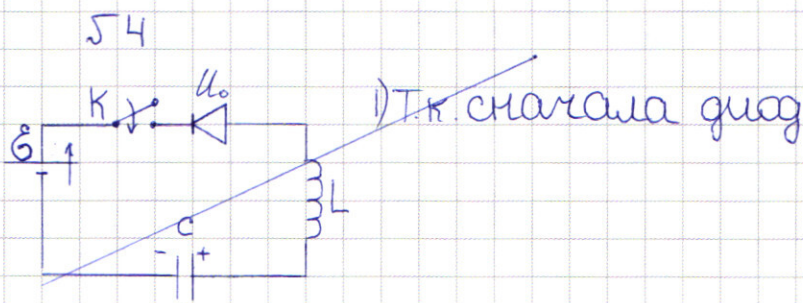
$$Q_p = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 + \nu R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_1 \equiv C_{\mu, p} \nu \Delta T_1 \Rightarrow C_{\mu, p} = \frac{5}{2} R$$

$$4) \eta_1 = \frac{Q_p}{Q_V} = \frac{C_{\mu, p}}{C_{\mu, V}} = \frac{5 \cdot R}{2R \cdot 3} = \frac{5}{3}$$

5) найдем количество теплоты на ①-②:

$$Q_{1,2} = \Delta U + A_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \nu R (T_2 - T_1)$$

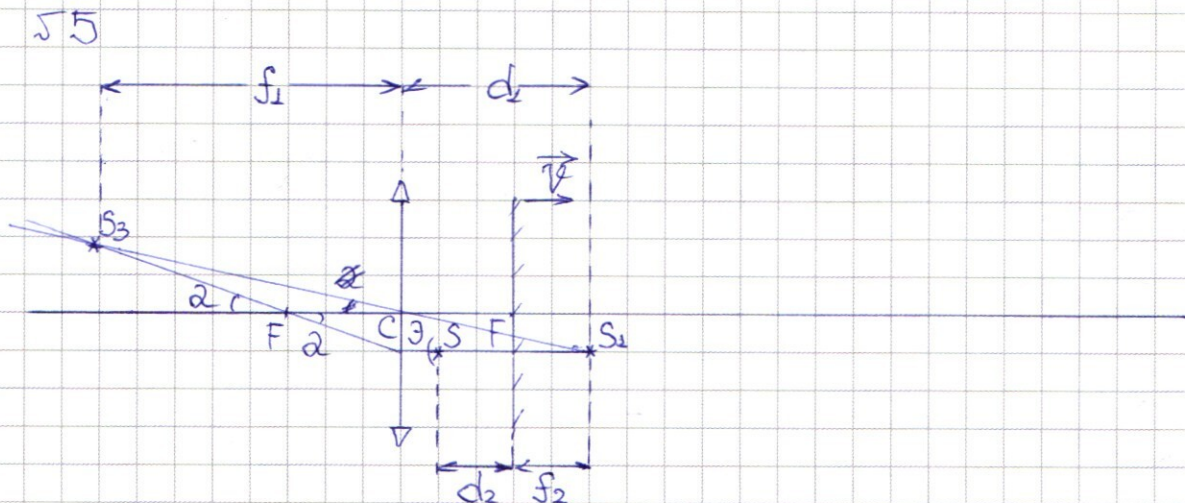
$$6) \eta_2 = \frac{Q_{1,2}}{A_{1,2}} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{0.5 \nu R (T_2 - T_1)} = 2; \text{ ответ: } \frac{5}{3}; 2$$



$$7) \eta = \frac{A}{Q_{\text{из}}}, \text{ где } A = \frac{1}{2} \cdot (p_3 - p_2) \cdot (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} \cdot (p_1 - p_2) \cdot (V_2 - V_1) \Rightarrow$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot (p_1 V_2 - p_1 V_1 - p_2 V_2 + p_2 V_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Воспользуемся тем, что у плоского зеркала $d_2 = f_2 = F - \frac{F}{3} = \frac{2F}{3}$

2) Найдем $d_1 = F + f_2 = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$

3) Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} \Rightarrow$
 $f_1 = \frac{F \cdot \frac{5F}{3}}{\frac{5F}{3} - F} = \frac{5}{2} F$

4) Найдем угол α , под которым будет двигаться изображение:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{8F}{15} \cdot \frac{1}{F} = \frac{8}{15}$$

5) Перейдем в сое зеркалу $\Rightarrow$ предмет S будет двигаться со скоростью $2v$ тогда

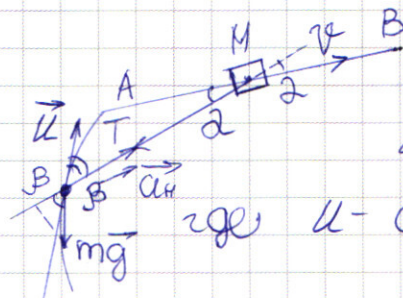
$$\frac{u \cos \alpha \cdot t}{2v \cdot t} = \Gamma^2 = \frac{f_1^2}{d_1^2} \Rightarrow u = \frac{2v f_1^2}{d_1^2 \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 25F^2}{4} \cdot \frac{9}{25F^2} \cdot v \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{9v}{4 \cos \alpha}$$

$$\text{где } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 64/225}} = \frac{1}{\sqrt{289}} = \frac{1}{17} \Rightarrow$$

$$u = \frac{9v}{4 \cdot \frac{1}{17}} = \frac{153}{4} v = 38.25v ; \text{ ответ: } \frac{5}{2} F; \operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}; 5.1v$$

51

1) Т.к. скорость нити постоянна, то



$$v \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{17}{8}} = 15 \text{ см/с}$$

где u - скорость кольца

2) Согласно векторной диаграмме, которую построим на основании классического закона сложения скоростей, запишем:

$$\vec{u} = \vec{u}_{\text{отн}} + \vec{v} \Rightarrow \vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v} \Rightarrow \text{в.д.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_{\text{отн}} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)}, \text{ где } \cos(\alpha + \beta) = (\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta)$$

$$3) \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}, \text{ тогда}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{51^2 + 40^2 - 2 \cdot 51 \cdot 40 \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)} \Rightarrow$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{51^2 + 40^2 - 80 \cdot 51 \cdot \left(-\frac{36}{85} \right)} = \sqrt{51^2 + 40^2 + 80 \cdot 51 \cdot \frac{36}{85}} \Rightarrow$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{5929} = 77 \text{ см/с}$$

4) запишем II з.Н для $m \Rightarrow$

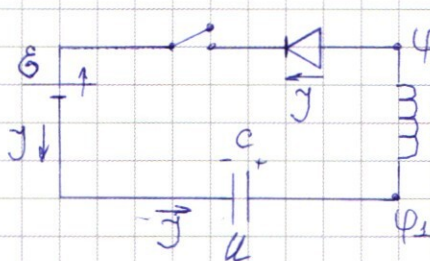
$$T - mg \cos \alpha = m a_n = \frac{m u_{\text{отн}} \cdot 15}{17R} \Rightarrow$$

$$T = mg \cos \alpha + \frac{m u_{\text{отн}} \cdot 15}{17R} = 1 \cdot 10 \cdot \frac{8}{17} + \frac{1 \cdot \sqrt{5929} \cdot 15}{17 \cdot 1,7} = \frac{80}{17} + \frac{1 \cdot 77 \cdot 15}{17 \cdot 1,7} = \frac{1291}{17,7} = 28,9 \text{ Н}$$

ответ: 51 см/с; 77 см/с; $\frac{1291}{28,9} \text{ Н}$

54 54

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Сразу после замыкания на катушке будет напряжение U_0 т.к. диод присутствует в этой цепи и тогда, пока напряжение диода не достигнет значения U_0 тока в цепи не будет тогда сразу после замыкания, т.е. до того, как диод, а точнее напряжение диода не достигнет U_0 тока в цепи не будет, а значит

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

2) Максимальный ток будет, когда E и катушка будет равно 0, тогда

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0 \Rightarrow E_{\text{си}} \Rightarrow E - U_c = 0 \Rightarrow U_c = E$$

$$3) \text{ } \cancel{A_{\text{ист}}} + \cancel{A_{\text{рез}}} = Q_{\text{т}}^0 + \Delta W \Rightarrow \text{ } \cancel{A_{\text{ист}}} = \Delta W, \text{ где } \text{ } \cancel{A_{\text{ист}}} = \Delta q \cdot E, \text{ где}$$

$$\Delta q = C U_c - (-C U) = C U_c + C U > 0 \Rightarrow \text{ } \cancel{A_{\text{ист}}} = C \cdot (U_c + U) \cdot E;$$

$$\Delta W = \Delta W_c + \Delta W_L = \left(\frac{C U_c^2}{2} - \frac{C U^2}{2} \right) + \left(\frac{L I_0^2}{2} - 0 \right) \Rightarrow$$

$$C \cdot (U_c + U) E = \frac{C U_c^2}{2} - \frac{C U^2}{2} + \frac{L I_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{L I_0^2}{2} = C E^2 + C U_c E - \frac{C E^2}{2} + \frac{C U^2}{2} = \frac{C E^2 + 2 C U_c E + C U^2}{2} = \frac{C (E + U_c)^2}{2} \Rightarrow$$

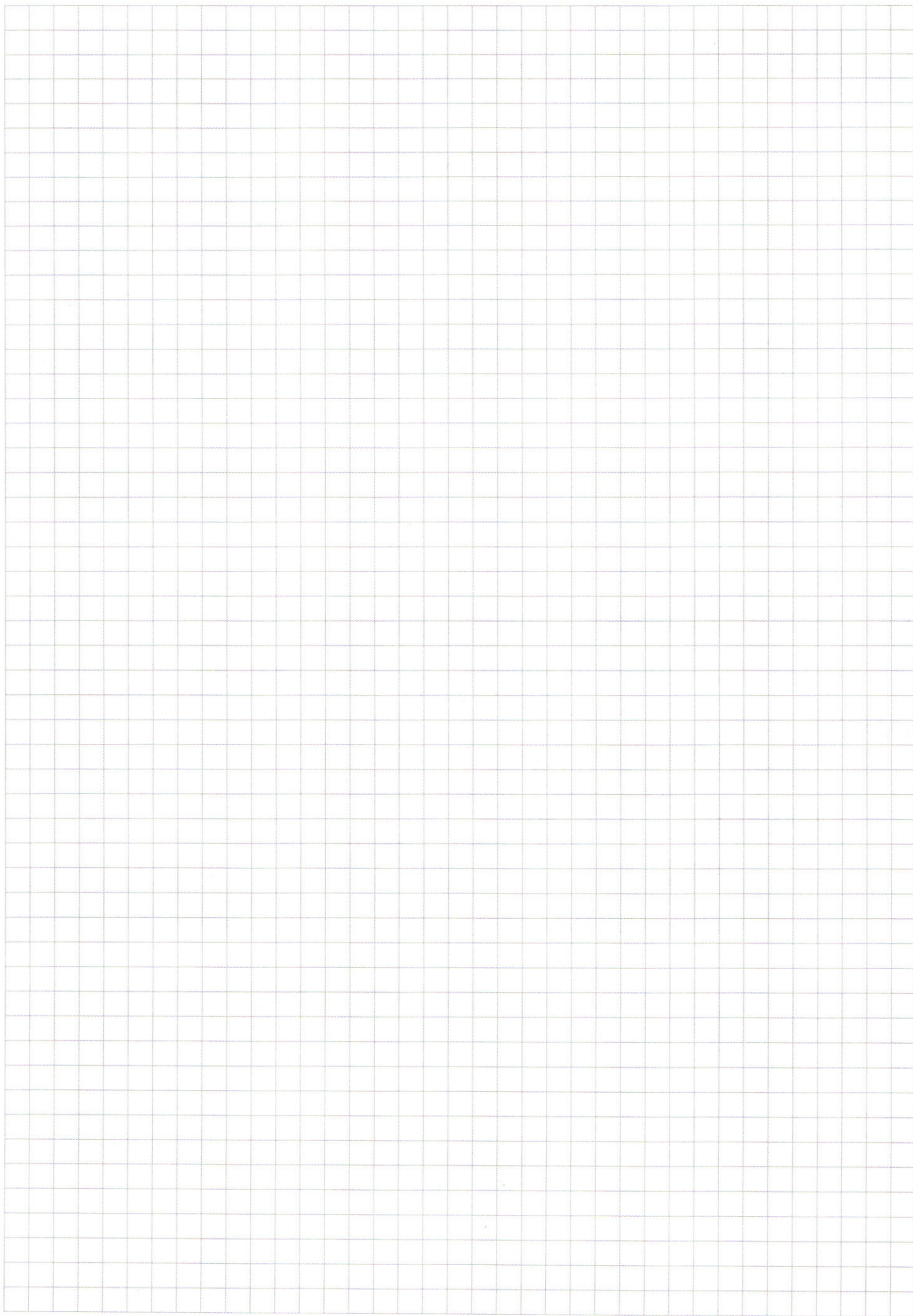
$$\frac{L I_0^2}{2} = \frac{C (E + U_c)^2}{2} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{C \cdot (E + U_c)^2}{L}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot (6 + 3)^2}{0,2}} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ A} \Rightarrow$$

$I_0 = 90 \text{ mA}$ — максимальный ток после замыкания ключа

4) В установившемся режиме ток через конденсатор не идет и тогда:

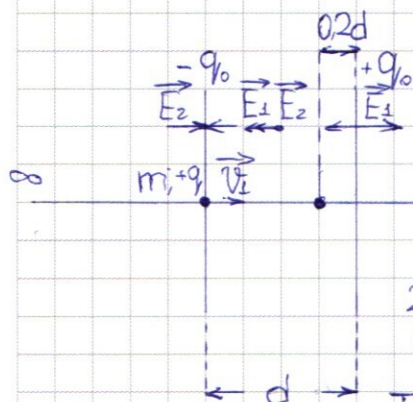
$$U_{c2} = E = 3 \text{ В}$$

ответ: 0, 90 мА, 3В



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

53



1) Частица влетает в конденсатор с скоростью v_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$, значит проходит расстояние:

$$l = d - 0,2d = 0,8d$$

2) Запишем: $v_1^2 - v^2 = 2al$, где $v = 0$ по условию,

т.к. частица движется в области электрического поля конденсатора, то на него действует сила qE , где

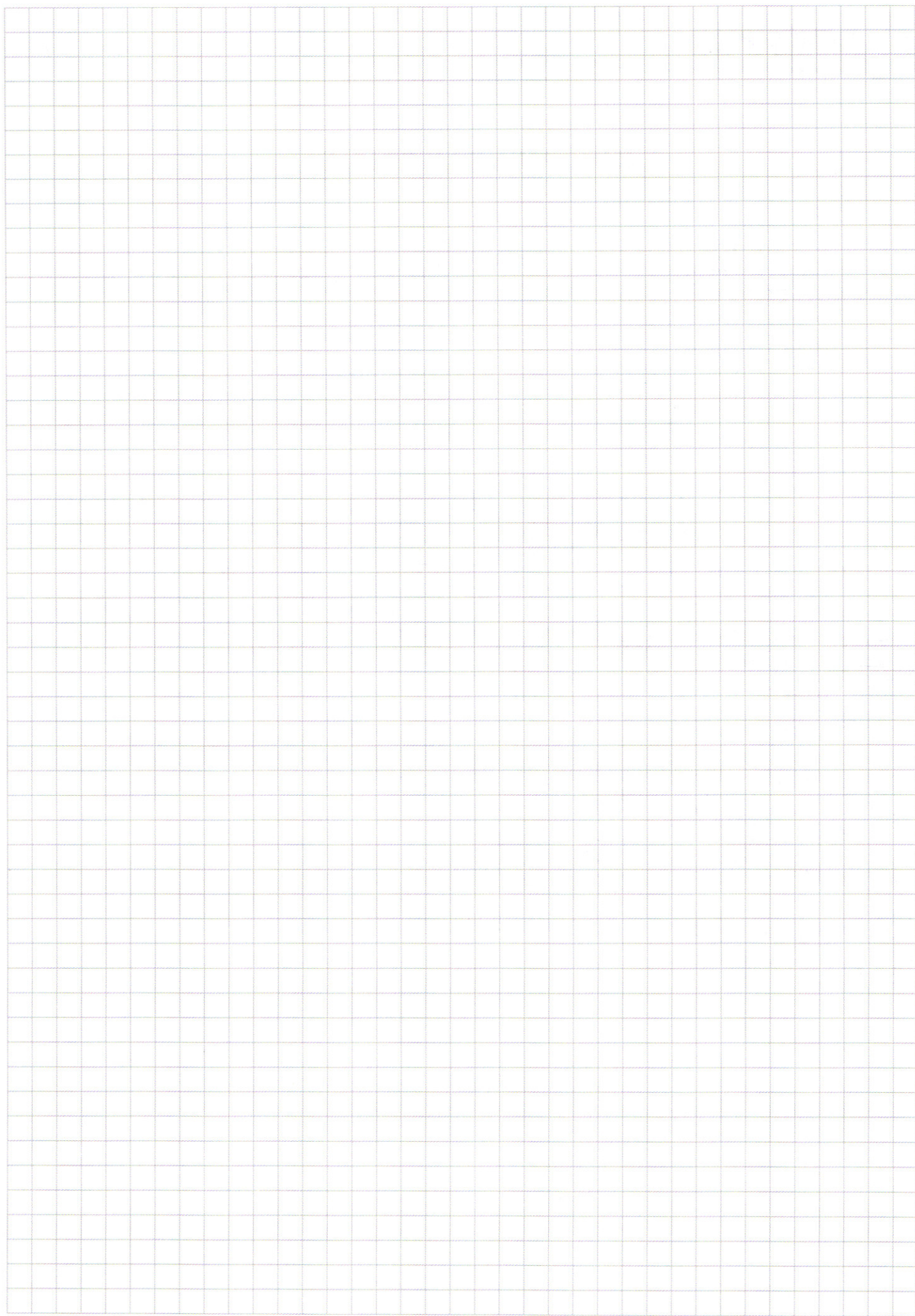
$$E = 2 \frac{q_0}{\epsilon_0 S} \Rightarrow E = \frac{q_0}{\epsilon_0 S} \text{ т.к. } \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E = 2 \frac{q_0}{\epsilon_0 S} + \frac{q_0}{\epsilon_0 S} = \frac{3q_0}{\epsilon_0 S} \text{ Эта сила и будет создавать частице ускорение } a, \text{ которое найдем:}$$

$$a = m = \frac{q_0}{\epsilon_0 S} = \frac{q_0}{\epsilon_0 S} \Rightarrow v_1^2 = \frac{2al}{m} = \frac{2 \cdot \frac{q_0}{\epsilon_0 S} \cdot 0,8d}{m} = \frac{1,6qd}{m\epsilon_0 S} \Rightarrow$$

$$3) \text{ Запишем: } v = v_1 - at = 0 \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 \epsilon_0 S}{\frac{q_0}{2} q_0} = \frac{m v_1 \epsilon_0 S}{q_0^2} \Rightarrow$$

$$T = \frac{m v_1 \cdot 1,6d q_0}{q_0^2 m v_1^2} = \frac{1,6d}{v_1} \quad 4) U = E \cdot d = \frac{q_0}{\epsilon_0 S} d = \frac{1,6d q_0}{1,6d} = 1,6d$$

$$5) \text{ Запишем закон сохранения энергии } \Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + q \Delta \varphi$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

54

$$\delta) \varphi_1 - \varphi_2 = 0 \Rightarrow \mathcal{E} - U_c - U_0 = 0 \Rightarrow U_c = \mathcal{E} - U_0 = 2B$$

$$\frac{CU_0^2}{2} \quad \text{Анаст} = \Delta W + Q_T = 0 \Rightarrow \text{Анаст} = \Delta W = \Delta W_c + \Delta W_L, \quad \frac{CU_0^2}{2}$$

$$\Delta W_c = \frac{CU_c^2}{2}, \quad \Delta W_L = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$\text{Анаст} = \Delta q \cdot \mathcal{E} = CU - (-CU) \mathcal{E} = 2 \cdot C + 6C = 8C \mathcal{E}$$

$$\Delta W_c = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{6C}{2} = 3C$$

$$24C + 16C = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = \sqrt{8000 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{80} \cdot 10^{-3}$$

$$20C \mathcal{E} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = \sqrt{4000 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{40} \cdot 10^{-3}$$

$$U - \mathcal{E} = 3B \equiv L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U - \mathcal{E}}{L} = \frac{0 - 3}{0,2} = \frac{-3}{0,2} = -15 \frac{A}{C}$$

$$\delta) \text{ при } I_{\max} \mathcal{E}_{\text{св}} = 0 \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 0$$

$$U_0 - \mathcal{E} + U_c = 0 \Rightarrow U_c = \mathcal{E} - U_0 = 3 - 1 = 2B$$

$$\text{Анаст} = \Delta W$$

$$\text{Анаст} = \Delta W_c + \Delta W_L \Rightarrow \mathcal{E} \cdot (CU_c - (-CU_0)) = \frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2} + \left(\frac{LI_0^2}{2} - 0 \right) \Rightarrow$$

$$C(U_c + U_0) \mathcal{E} = \frac{C \cdot 4}{2} - \frac{C \cdot 36}{2} + \frac{LI_0^2}{2} = -16C + \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$C \cdot (2 + 6) \cdot \mathcal{E} + 16C = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow 40C = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot C}{L}} \Rightarrow$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = \sqrt{8000 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{80} \cdot 10^{-3} = \sqrt{80} \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{10} \approx 8,3 \cdot 10^{-3} A$$

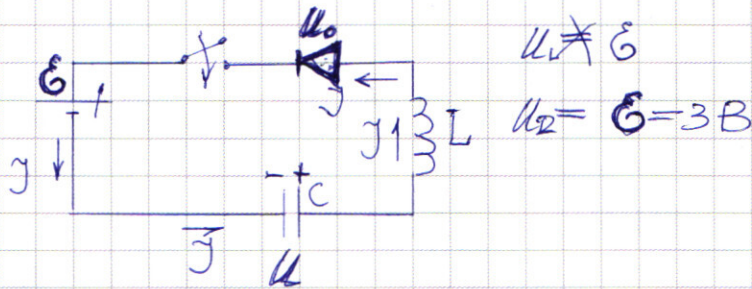
$$\approx 8,3 \text{ mA}$$

б) В установившемся режиме ток через конденсатор не идет, а следовательно он заряжается до 3B/2B?

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 15 \frac{A}{C} \quad \text{а) } \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

51

$$T - mg \cos \beta = m a_k = m \varepsilon = m \frac{v}{R}$$



$$E_0 = \frac{q}{2\epsilon S} \quad \frac{q}{2\epsilon S} = \frac{q}{\epsilon S}$$

ограни

$$\frac{\Delta J}{\Delta t} = 0$$

$$U \cos \alpha = U \cos \alpha$$

$$(3B) \quad 3 + 6 = 9B$$

$$C \cdot 9 \cdot 3$$

$$27C = \frac{9C}{2} - \frac{36C}{2} = \frac{27C}{2}$$

$$27 \cdot 2 = 54 + 27$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 3 \\ \hline 81 \end{array}$$

$$R C = \frac{L I^2}{2} = \Rightarrow$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot R C}{L}}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon S}{d}$$

$$\begin{array}{r} 80 \\ \times 17 \\ \hline 1360 \\ 80 \\ \hline 1360 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 136 \\ \times 17 \\ \hline 952 \\ 1712 \\ \hline 23032 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.77 \cdot 5 \\ \times 17.7 \\ \hline 17.17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 385 \\ \times 5 \\ \hline 1925 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 521 \\ \times 17.7 \\ \hline 17.17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 521 \\ \times 17 \\ \hline 8857 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1155 \\ \times 80 \\ \hline 92400 \end{array}$$

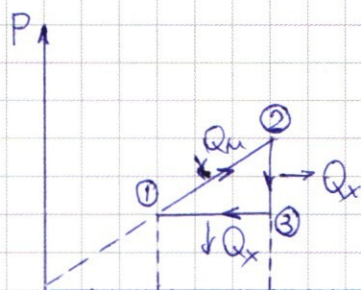
$$\begin{array}{r} 1155 \\ \times 136 \\ \hline 157080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1155 \\ \times 136 \\ \hline 157080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1155 \\ \times 136 \\ \hline 157080 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

52



$$a) 1) \frac{C_{M,P}}{C_{M,V}}, \text{ где } C_{M,V} = \frac{3}{2} R; C_{M,P} = C_{M,V} + \frac{J_e}{V \Delta T} \Rightarrow$$

$$C_{M,P} = \frac{3}{2} R + R = C_{M,V} + R = \frac{5}{2} R$$

$$\eta = \frac{C_{M,P}}{C_{M,V}} = \frac{5R \cdot 2}{3R \cdot 2} = \frac{5}{3}$$

$$2) J_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot (p_1 + p_2) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

$$3) Q_T = \frac{1}{2} 2R(T_2 - T_1)$$

$$3) Q_T = \Delta U + J = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1) + \frac{1}{2} 2R(T_2 - T_1) = 2R(T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{Q_T}{J} = \frac{2R(T_2 - T_1)}{0,5 \cdot 2R(T_2 - T_1)} = 4$$

$$Q3) \eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}, \text{ где } Q_H = 2R(T_2 - T_1)$$

$$Q_H = Q_{2,3} + Q_{3,1}, \text{ где } Q_{2,3} = \Delta U = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_3)$$

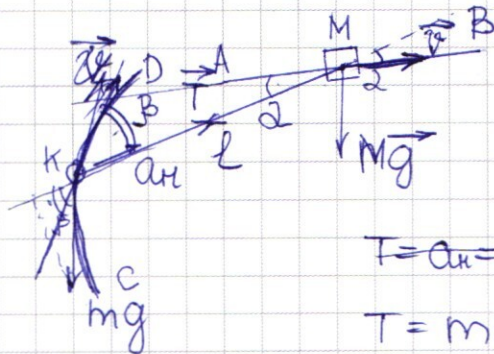
$$Q_{2,3} = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_3), \text{ где } p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3 T_2}{V_2}$$

$$J = \frac{1}{2} (p_2 - p_3) \cdot (V_3 - V_1) = \eta = \frac{J}{Q_H} =$$

54

$$1) \mu = \epsilon \equiv L \cdot \frac{\Delta J}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta J}{\Delta t} = \frac{\epsilon}{L}$$

51

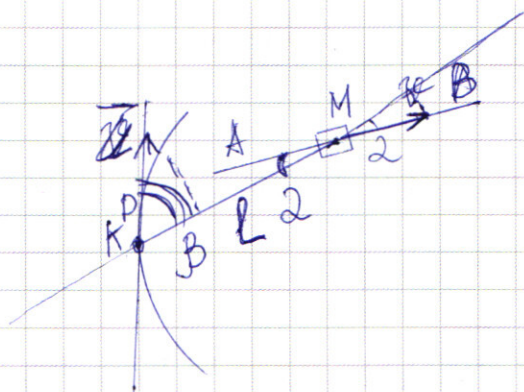


$$mv \cos \alpha = mv \cos \beta \Rightarrow \frac{mv \cos \alpha}{mv \cos \beta} = \frac{40 \cdot 3}{5} \cdot \frac{17}{8} = \frac{mv \cos \alpha}{mv \cos \beta}$$

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_{\text{адс}} - \vec{v} \Rightarrow \text{B.2.} \Rightarrow$$

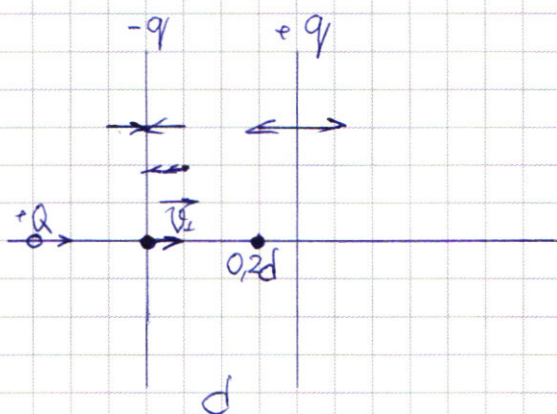
$$T = a_n = m \frac{v^2}{R} - T - mg \cos \beta = m a_n \Rightarrow$$

$$T = m a_n + mg \cos \beta = \frac{m v^2}{R} + mg \cos \beta$$



$$X_c = \frac{m\ell}{m+M} = \frac{17R}{15} \cdot \frac{m}{m+M}$$

53



$$\frac{mv_1^2}{2} = q\varphi, \text{ где } \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2, \text{ где } \varphi_2 = 0, \text{ т.к. на Земле.}$$

$$\varphi_1 = E \cdot d = \frac{q}{2\epsilon_0 S} \cdot d \Rightarrow$$

$$v_0 = v_1 - at, \text{ где } v_0 = 0 \Rightarrow$$

$$v_2 = at, \text{ где } a = \frac{qE}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{q}{2\epsilon_0 S} \Rightarrow$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{\frac{q}{m} \cdot \frac{q}{2\epsilon_0 S}} = \frac{2\epsilon_0 S m v_1}{q^2}$$

$$U = E \cdot d = \frac{q}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$v_1^2 - v_2^2 = 2as, \text{ где } s = 0,8d \Rightarrow \frac{v_1^2}{2} = 0,8d \cdot \frac{q^2}{2\epsilon_0 S m} = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{2 \cdot q^2 d} = 0,8d \Rightarrow$$

$$1) \epsilon_0 S = \frac{2 \cdot 0,8d}{v_1^2} = \frac{1,6d}{v_1^2}$$

$$2) T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 \cdot \epsilon_0 S}{q^2} = \frac{v_1 \cdot 2 \cdot 0,8d}{v_1^2 \cdot \frac{q^2}{2\epsilon_0 S m}} = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$3) U = E \cdot d = \frac{q}{\epsilon_0 S} \cdot d = \frac{v_1^2}{1,6d} \cdot d = \frac{v_1^2}{1,6}$$

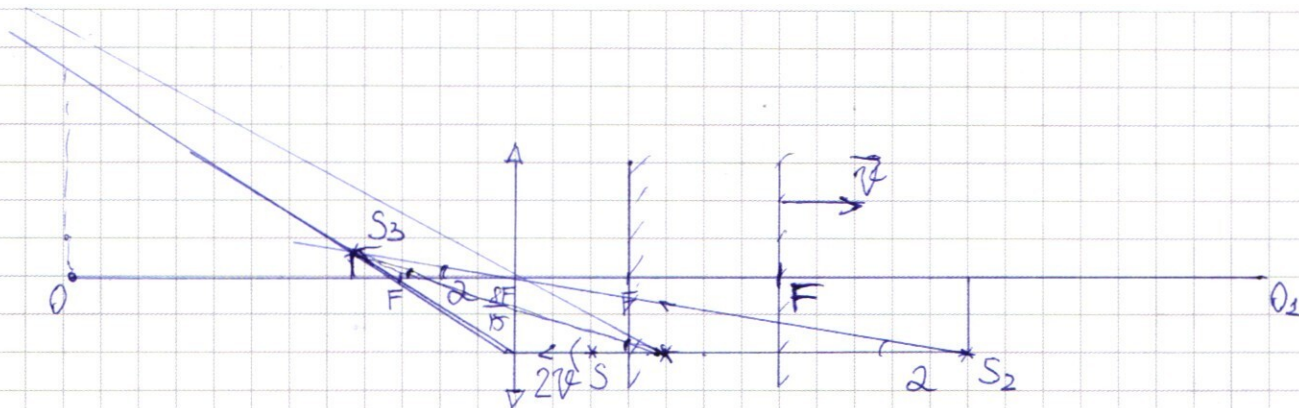
$$4) \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + q\varphi \Rightarrow mv_0^2 = mv_1^2 + q\varphi, \text{ где } \varphi = \frac{q}{\epsilon_0 S} d = \frac{q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{1,6d}{v_1^2} \Rightarrow$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2q^2 d}{\epsilon_0 S m}} = \sqrt{v_1^2 + \frac{2 \cdot 0,8d \cdot v_1^2}{1,6d}} = v_1 \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{1,6}} = \sqrt{1 + \frac{20}{16}} = \sqrt{\frac{36}{16}} \Rightarrow$$

$$v_0 = \frac{6}{4} v_1 = 1,5 v_1$$

54

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{F - d_1}{F d_1} \Rightarrow f_1 = \frac{F d_1}{F - d_1}, \text{ zge } d_1 = \frac{F}{3} + 2 \cdot \left(F - \frac{F}{3}\right) = \frac{F}{3} + 2F - \frac{2F}{3} = 2F - \frac{F}{3} = \frac{5F}{3}$$

$$I_2 = \frac{F \cdot 5F}{3 \cdot \left(\frac{5F}{3}\right)} = \frac{5}{2} F$$

$$\tan \alpha = \frac{SF}{185} \cdot \frac{311}{SF} - \frac{8}{25} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{625}{689}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{8 \text{ F. 3}}{518 \cdot \text{F. 5}} = \frac{8}{25}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + 64/625}} = \frac{15}{17} \quad \begin{array}{r} 625 \\ 64 \\ \hline 689 \end{array}$$

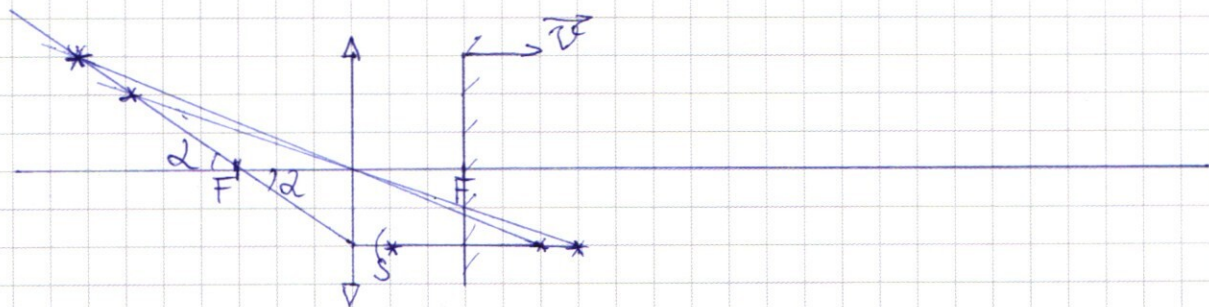
689

$$\begin{array}{r} 19 \\ 27 \\ \times 27 \\ \hline 189 \\ 540 \\ \hline 729 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 220 \\ + 64 \\ \hline 289 \end{array}$$

289 (17)

9



$$\frac{u_{\text{max}}}{2v} = \frac{f_z^2}{d^2} = \frac{25 \cdot 9}{4} = \frac{9}{4} \Rightarrow u = \frac{9}{2} v = 4,5v \quad \frac{3,17}{2 \cdot 185} = \frac{51}{10} = 5,1v$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{J_H - J_X}{J_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

$$Q_X = Q_{2,3} + Q_{3,1}$$

$$Q_H = Q_{1,2} = 2\nu R(T_2 - T_1)$$

$$Q_X = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_1)$$

$$V = \text{const} \Rightarrow \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{p_3 T_2}{p_2}$$

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3 \cdot T_1}{V_1}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{p_3 T_2}{p_2} = \frac{V_3 \cdot T_1}{V_1}$$

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3 \cdot T_1}{V_1}$$

$$p_3 = \frac{\nu R T_3}{V_3} \Rightarrow \frac{\nu R T_3 \cdot T_2}{p_2 V_3} = \frac{V_3 T_1}{V_1} \Rightarrow T_3 =$$

$$J_{\text{об}} = \frac{1}{2}(p_2 + p_3) \cdot (V_3 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_3 - p_2 V_1 + p_3 V_3 - p_3 V_1)$$

$$Q_X = \frac{3}{2}\nu R T_3 + \frac{5}{2}\nu R T_3 - \frac{3}{2}\nu R T_2 - \frac{5}{2}\nu R T_1 =$$

$$= 4\nu R T_3 - \frac{3}{2}\nu R (1,5 T_2 - 2,5 T_1)$$

$$Q_X = \frac{3}{2} p (V_3 - V_2) + \frac{5}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} p_3 V_3 + \frac{5}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{5}{2} p_1 V_1 = 4 p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{5}{2} p_1 V_1$$

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

(T₃)

$$A = \frac{1}{2}(p_2 - p_3)(V_3 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2 - p_3)(V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_3 V_2 + p_3 V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$