

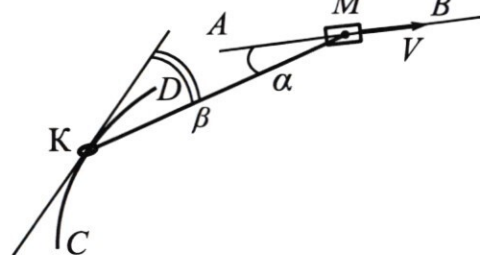
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

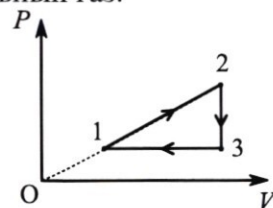
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

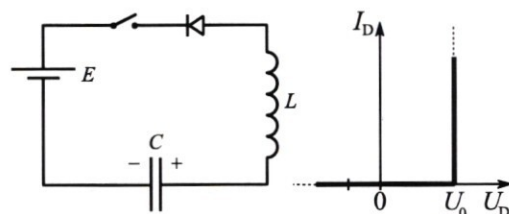


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

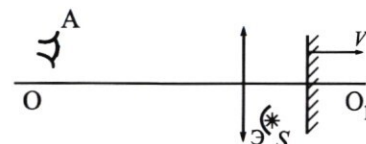
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

N/4

$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$
 $C = 20 \text{ мкФ}$
 $U_0 = 6 \text{ В}$
 $L = 0,2 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$

1) Сразу после замыкания K :

Вспользуемся методом потенциалов:

$$U_L = L \cdot \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} = \frac{6 - 3}{0,2} = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{2} = 15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

дрос открыт

2) $\dot{I}$ - максимален, когда $\ddot{I} = 0$

$$\ddot{I} = \frac{\dot{U}_L}{L} \Rightarrow \dot{U}_L = 0$$

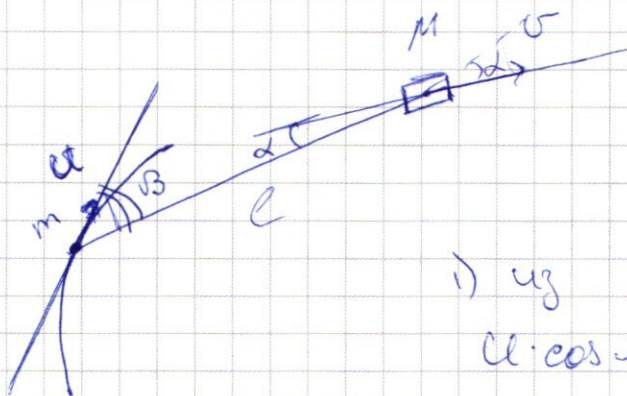
$$\frac{L \ddot{I}^2}{2} = \frac{C U_0^2}{2} \Rightarrow \ddot{I} = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = 6 \cdot \sqrt{10^{-4}} = 6 \cdot 10^{-2} = 0,06 \text{ А}$$

3)

$U_K - \mathcal{E} = U_0 \Rightarrow U_K = U_0 + \mathcal{E} = 1 + 3 = 4 \text{ В}$
 $U_2 = U_K = U_0 + \mathcal{E} = 1 + 3 = 4 \text{ В}$
 (дрос закрыт)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



U - скорость
по горизонтали

$$e = \frac{17R}{15}, \quad R = 1,7 \text{ м}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$U = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

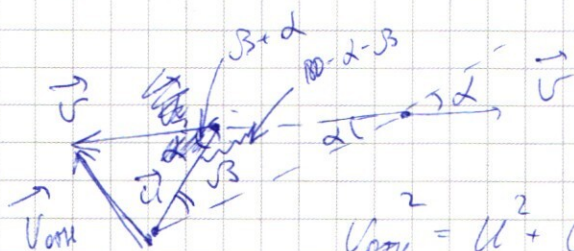
1) из кин. связи:

$$u \cdot \cos \beta = U \cdot \cos \alpha$$

$$u = \frac{U \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \boxed{51 \frac{\text{см}}{\text{с}}}$$

2) Перейдем в СО скорости U и $U_{\text{перенос}}$

$U \neq$ - абсолютная



$$\vec{U}_{\text{абс}} = \vec{U}_{\text{перенос}} + \vec{U}_{\text{отн}}$$

$$\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U}_{\text{абс}} - \vec{U}_{\text{перенос}}$$

$$U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U^2 - 2UU \cos(\alpha + \beta) \Rightarrow$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

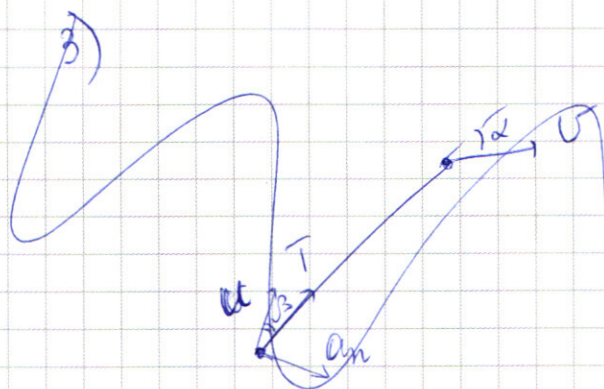
$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U^2 - 2UU \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) =$$

$$U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U^2 + 2UU \cdot \frac{48}{85} = 11U^2 + 48U = 121U^2 = 169 \Rightarrow \boxed{U_{\text{отн}} = 13 \frac{\text{см}}{\text{с}}}$$

3)



$$T \cdot \sin \beta = m a_n = m \frac{u^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{0,51^2}{1,7 \cdot 15} = \frac{0,51^2}{25,5} = \frac{0,2601}{25,5} = 0,0102 \text{ Н}$$

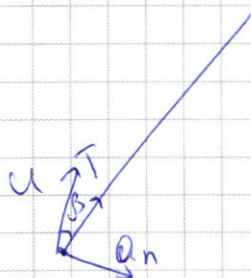
$$v_{\text{отн}}^2 = u^2 + v^2 + 2 \cdot 44 \cdot \frac{u \cdot v}{85} = u^2 + v^2 + 2 \cdot \frac{44}{85} u v - 2 \cdot \frac{44 u v}{85} =$$

$$= (u + v)^2 - \frac{82 \cdot u \cdot v}{85} = (51 + 40)^2 - \frac{82 \cdot 51 \cdot 40}{85} =$$

$$= 91^2 - 82 \cdot 24 = 8281 - 1968 = 6313$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{6313} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 79,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3)



$$m a_n = T \cdot \sin \beta$$

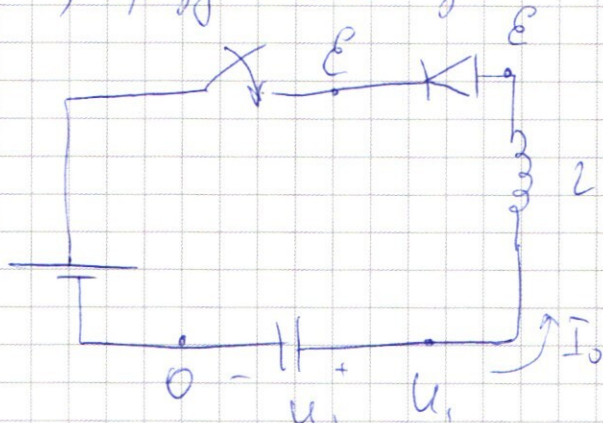
$$T = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{0,51^2}{1,7 \cdot 15} =$$

$$= \frac{1,7 \cdot 0,51}{25,5} = \frac{1,7 \cdot 0,51}{5} = 1,7 \cdot 0,102 \approx 0,17 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 1) Сразу после замыкания диод открыт



мгнов. потерь энергии:

$$U_L = L \cdot \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{6-3}{0,2} = 15 \frac{\text{A}}{\text{с}}$$

$$2) \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} + A_{\text{пот}} = \frac{CU_1^2}{2} - E \cdot C(U_1 - U_c)$$

U_c - напряжение на C в данный момент

$$\frac{LI^2}{2} = C(-U_c^2 + U_1^2 - 2EU_1 + 2EU_c)$$

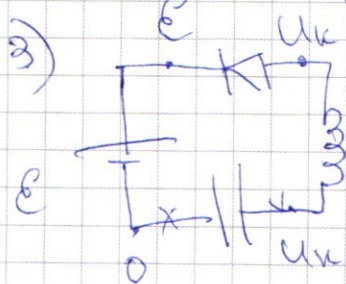
I максимален, когда это выражение минимально

$$(U_1^2 - U_c^2 - 2EU_1 + 2EU_c)' = -2U_c + 2E \Rightarrow U_c = E$$

$$I^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 - E^2 + 2E^2 - 2EU_1) = \frac{C}{L} (U_1^2 + E^2 - 2EU_1)$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L} (U_1^2 + E^2 - 2EU_1)} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} \cdot 3} = 0,03 \text{ A}$$

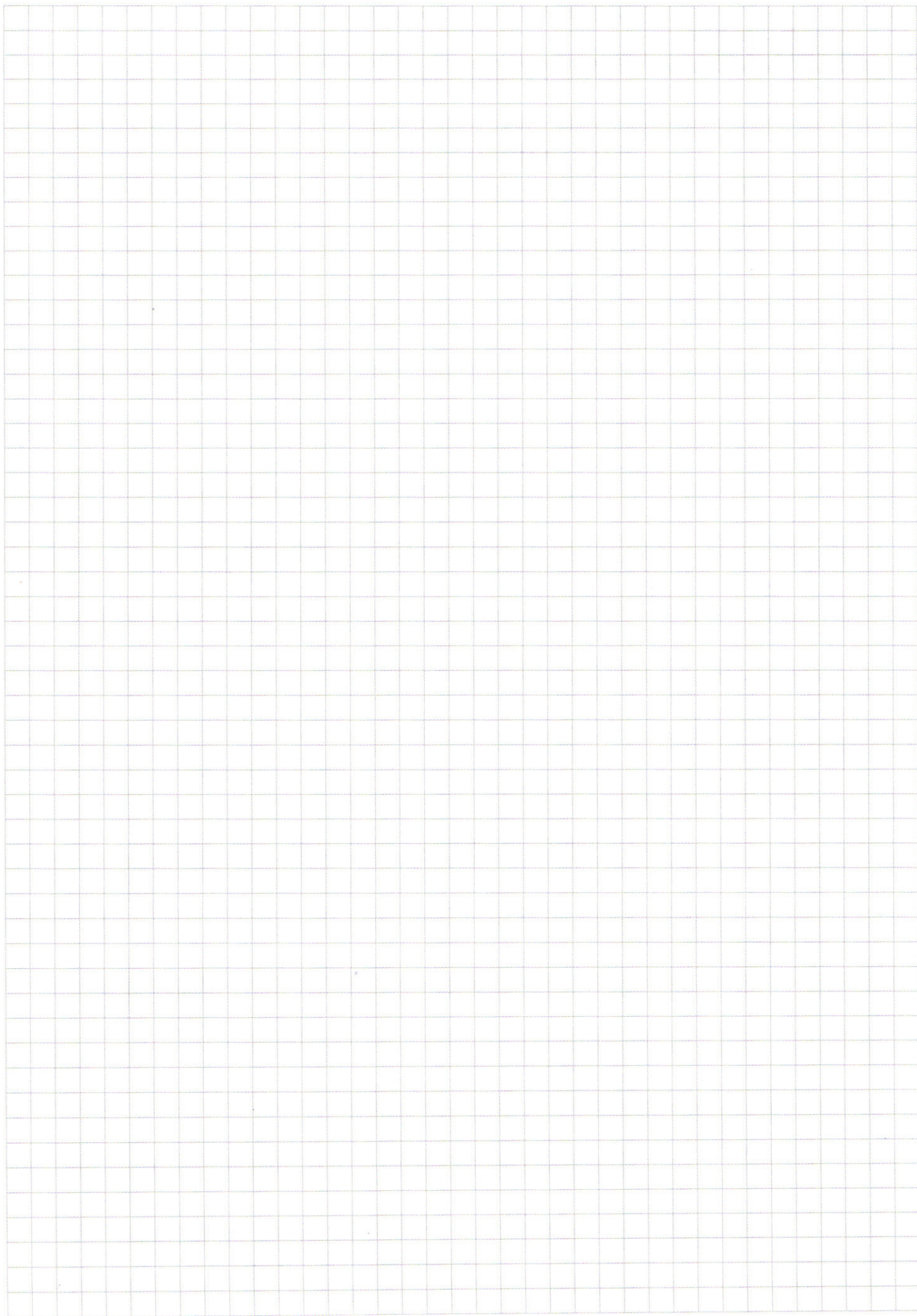
$$\sqrt{\frac{C}{L} (U_1 - E)} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} \cdot 3} = 0,03 \text{ A}$$



$$U_c - E = U_0 \Rightarrow U_2 = U_c = U_0 + E = 1 + 3 = 4 \text{ В}$$

диод закрыт

Ответ: 1) $15 \frac{\text{A}}{\text{с}}$ 2) 0,03 A 3) 4 В

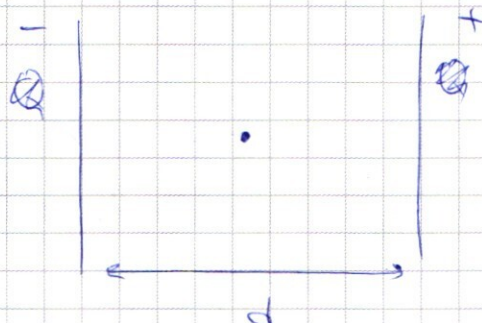


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3



$$E = \frac{U}{d}$$

$$U = Ed$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$\varphi_k = E \cdot 0,8d = \frac{0,8Qd}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} \Rightarrow U = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \text{const}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} \Rightarrow$$

$$F = \frac{qQd}{\epsilon_0 S}$$

$$q = \gamma \cdot m$$

$$a = \gamma \cdot \frac{qE}{m} = E \cdot \gamma$$

$$a = \frac{qE}{m}$$

$$\text{ЗОО: } \frac{m v_1^2}{2} = 0,8 q E d$$

$$0,8d = -\frac{a \cdot T^2}{2} + v_1 \cdot T$$

$$a = E \cdot \gamma$$

$$1,6d = 2v_1 T - a T^2$$

$$E \gamma T^2 - 2v_1 T + 1,6d = 0$$

$$T = \frac{v_1 + \sqrt{v_1^2 - 1,6d E \gamma}}{E \gamma}$$

$$E = \frac{m a}{m \gamma} = \frac{m v_1^2}{1,6 \gamma m d} = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma d}$$

$$a \cdot T^2 - 2v_1 T + 1,6d = 0$$

$$\frac{v_1^2}{1,6d} T^2 - 2v_1 T + 1,6d = 0$$

$$a = E \cdot \gamma = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$T = \frac{v_1 + \sqrt{v_1^2 - v_1^2}}{\frac{v_1^2}{1,6d}} = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$2) \quad U = Ed, \quad E = \frac{U_1^2}{1,6 \gamma d}$$

$$U = \frac{U_1^2}{1,6 \gamma}$$

3) На бесконечности $E=0$, $\varphi=0$

$$\frac{mV_0^2}{2} = q \cdot E \cdot d \Rightarrow \boxed{\cancel{\frac{mV_0^2}{2}}} + \frac{mV_1^2}{2}$$

Ответ: 1) $\frac{1,6d}{U_1}$ 2) $\frac{U_1^2}{1,6 \gamma}$ 3) $\cancel{\frac{mV_0^2}{2}} + U_1 \cdot \sqrt{3,5}$

$$V_0^2 = 2 \left(\frac{2qEd + \frac{mV_1^2}{2}}{m} = \frac{2 \gamma \cdot U_1^2}{1,6 \gamma} + \frac{mV_1^2}{2} \right)$$

$$= 2 \left(\frac{2 \gamma U_1^2}{1,6} + 0,8 \frac{E \cdot d}{m} \right) = 2 \left(\frac{2U_1^2}{1,6} + \frac{0,8 \gamma \cdot m U_1^2 d}{1,6 \gamma d} \right) =$$

$$= 2U_1^2 \left(\frac{2+0,8}{1,6} \right) = U_1^2 \cdot \frac{2,8}{0,8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{U_0 = \sqrt{\frac{2,8}{0,8}} U_1}$$

$$\frac{2,8}{0,8} = \frac{28}{8} = \frac{14}{4} = 3,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 82 \\ \times 29 \\ \hline 738 \\ 1640 \\ \hline 2378 \end{array}$$

$$S/L \propto \frac{10 \cdot 10^{-45}}{2 \cdot 10^1}$$

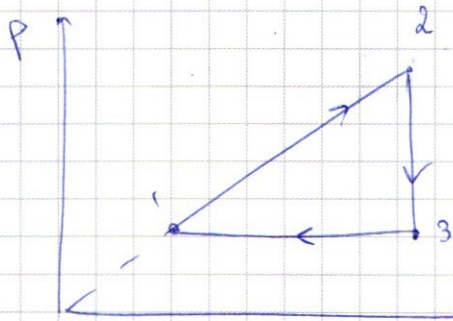
10⁻

3/3

$$V_i = V_o$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = q \cdot E_{\text{oxd}}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = qE \cdot 0,8d$$



$$pV = nRT$$

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

$$\frac{f(x)}{g(x)}$$

$$36 + 9 - 2 \cdot 18 = 9$$

$$1 \cdot (x+1) - 1(x-1)$$

$$g = \frac{x-1}{x+1} = \frac{14.77-1}{85} = \frac{13.77}{85}$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ \times 20 \\ \hline 1200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 79 \\ \times 79 \\ \hline 711 \\ 553 \\ \hline 6241 \end{array}$$

$$\frac{289}{225} = 1.28 \text{ cor}^2$$

$$\Gamma = \frac{p}{\rho}$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 + \frac{64}{225} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

60
70
80
90

$$\begin{array}{r} 25 \\ - 9 \\ \hline 16 \end{array}$$

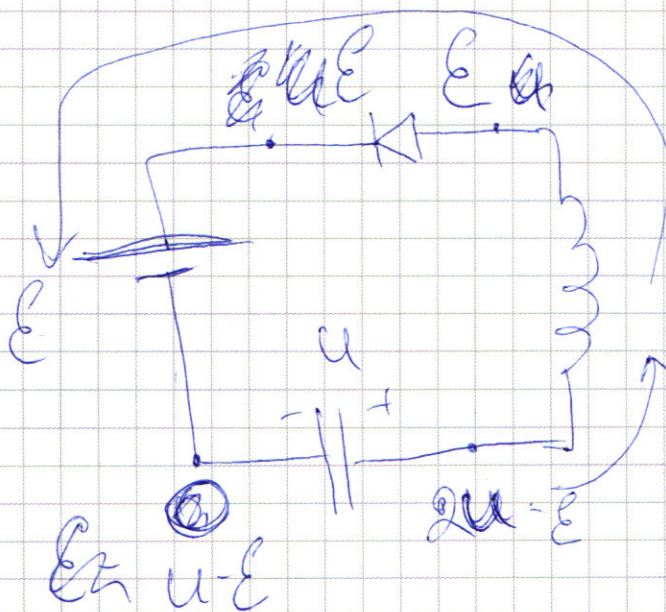
85

$$\frac{24}{85} - \frac{12^{15}}{17} = \frac{84}{85}$$

$$\frac{60}{85}$$

qe

$$51^2 + 40^2 = 2.$$



$$A_{\text{ext}} = - C(u, u)E$$

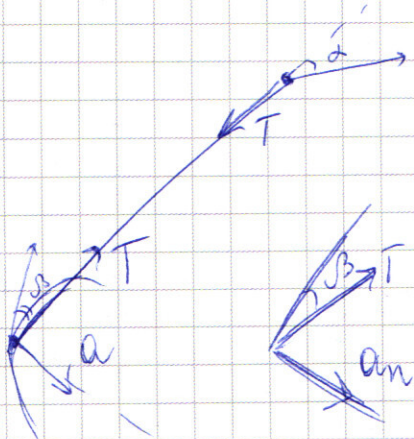
$$E - U = L \cdot I$$

$$E - U$$

$$C(u, -u)$$

$$u = \frac{3}{2}E$$

$$\frac{Cu^2}{2} = \frac{LI^2}{2} - CE \cdot (u - u)$$



$$T = \frac{m \cdot u^2}{R \cdot \sin \beta}$$

Зачем дана E?

$$a_n = \frac{u^2}{R}$$

длина

$$\frac{u^2}{R}$$

$$T \cdot \sin \alpha = m a_n$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$i=3$

$1-2: P \uparrow V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$
 $2-3: P \downarrow V = \text{const} \Rightarrow T \downarrow$
 $3-1: V \downarrow P = \text{const} \Rightarrow T \downarrow$

1) $C = \frac{Q}{\Delta T \cdot V}$

$A'_{23} = 0$
 $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} (-\alpha^2 P_1 V_1 + \alpha P_1 V_1)$
 $A'_{31} = (\alpha V_1 - V_1) \cdot P_1 = P_1 V_1 (\alpha - 1)$
 $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (-\alpha V_1 P_1 + P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha + 1)$

$Q = A' + \Delta U$
 $Q_{31} = \frac{5}{2} P_1 V_1 (\alpha + 1), \quad Q_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 \alpha (\alpha + 1)$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{\alpha P_1 \cdot \alpha V_1}{T_2} = \frac{\alpha P_1 V_1}{T_3}$
 $T_2 = \alpha^2 T_1, \quad T_3 = \alpha T_1 \Rightarrow \Delta T_{23} = T_3 - T_2 = \alpha T_1 (1 - \alpha)$
 $\Delta T_{31} = T_3 - T_1 = T_1 (1 - \alpha)$

$C_{23} = \frac{Q_{23} - \Delta T_{23}}{\Delta T_{23} \cdot Q_{31}} = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 \alpha (\alpha + 1) - \alpha T_1 (1 - \alpha) \cdot \frac{5}{2} P_1 V_1 (\alpha + 1)}{\alpha T_1 (1 - \alpha) \cdot \frac{5}{2} P_1 V_1 (\alpha + 1)} = \frac{3}{5}$

2) 1-2: $Q_{12} = A'_{12} + \Delta U_{12}$

$\frac{Q_{12}}{A'_{12}} = 1 + \frac{\Delta U_{12}}{A'_{12}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} (\alpha^2 P_1 V_1 - P_1 V_1)}{(P_1 + \alpha P_1) \cdot V_1 (\alpha - 1)} = 1 + \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)} = 4$

$$\text{3) } \eta = \frac{A'}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{A'}{Q_{12}}$$

$$A' = p_1 (x-1) \cdot V_1 (x-1) \cdot \frac{1}{2} = \frac{p_1 V_1}{2} (x-1)^2$$

$$Q_{12} = A'_{12} + \Delta U_{12} = \frac{p_1 V_1}{2} (x^2 - 1) + \frac{3}{2} p_1 V_1 (x^2 - 1) = 2 p_1 V_1 (x^2 - 1)$$

$$\eta = \frac{\frac{p_1 V_1}{2} (x-1)^2}{2 p_1 V_1 (x^2 - 1)} = \frac{x-1}{4(x+1)}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x-1}{4(x+1)} = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lim_{x \rightarrow \infty} \eta = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) 4 3) 0,25