

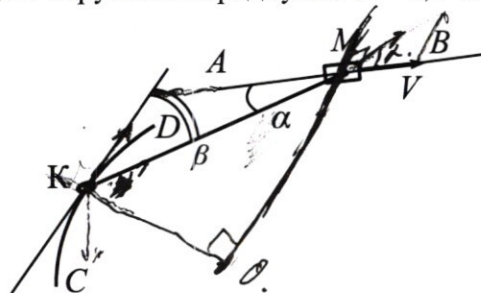
Олимпиада «Физтех» по физике, 2017 г.

Класс 11

Вариант 11-01

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.



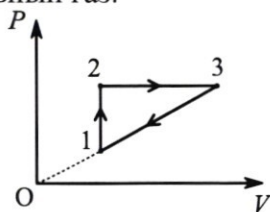
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

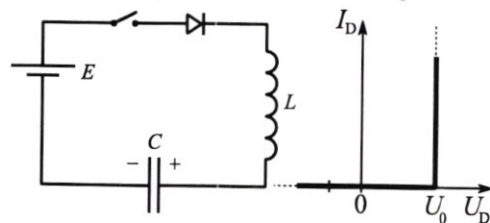
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

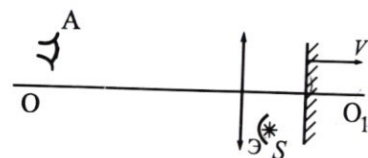


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

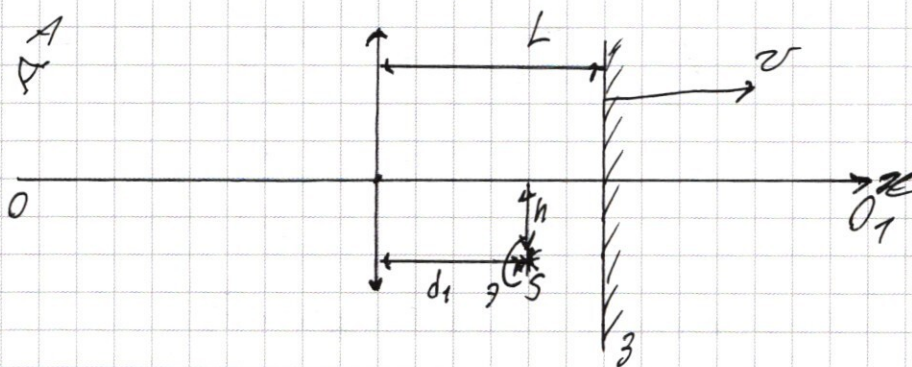
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



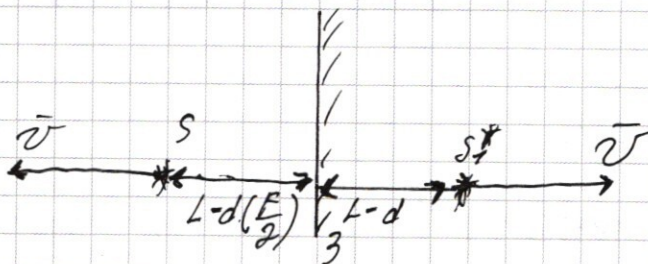
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5 Дано: F ; $d_1 = \frac{F}{2}$; v ; $h = \frac{3}{2}F$; $L = F$



1) Перейдем в СО зеркала:

То затону источник скорости
в направлении на ось x : $v_{отн} = -v$.

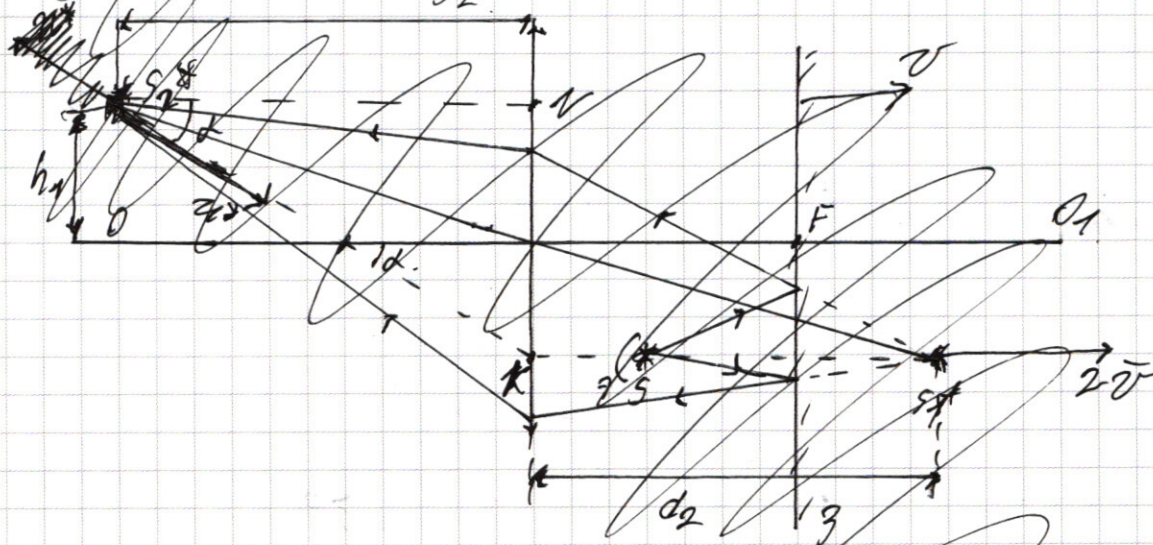


Скорость S_1^* будет равна по модулю
 v в СО зеркала.

Тогда в СО зеркала S_1^* будет
двигаться вдоль оси x со
скоростью $u = 2v$.

2) S_1^* - ставимый действительный
предмет для линзы. $d_2 = L + L - d_1 =$
 $= \frac{3}{2}F > F \Rightarrow S_2^*$ - действительное

~~изобразительное~~ $= \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{3F} \Rightarrow \frac{1}{F} - \frac{1}{3F} = \frac{1}{d_1} \Rightarrow \frac{2}{3F} = \frac{1}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{3F}{2}$



~~S_2 - увеличенное изображение.~~

3) ~~Увеличение в линзах совпадает~~
и ~~направленности движений пересечения~~
~~лучей на линзе.~~

~~$\Rightarrow$ u^* - направлена, как показано на рис.~~

~~$h_1 = F \cdot h = 3F$~~

~~Рассмотрим ΔKNS_2^* : где:~~

~~$KN = h_1 + h = 3F + \frac{3}{2}F = \frac{9}{2}F$~~

~~$S_2^*N = S_2 = 3F$~~

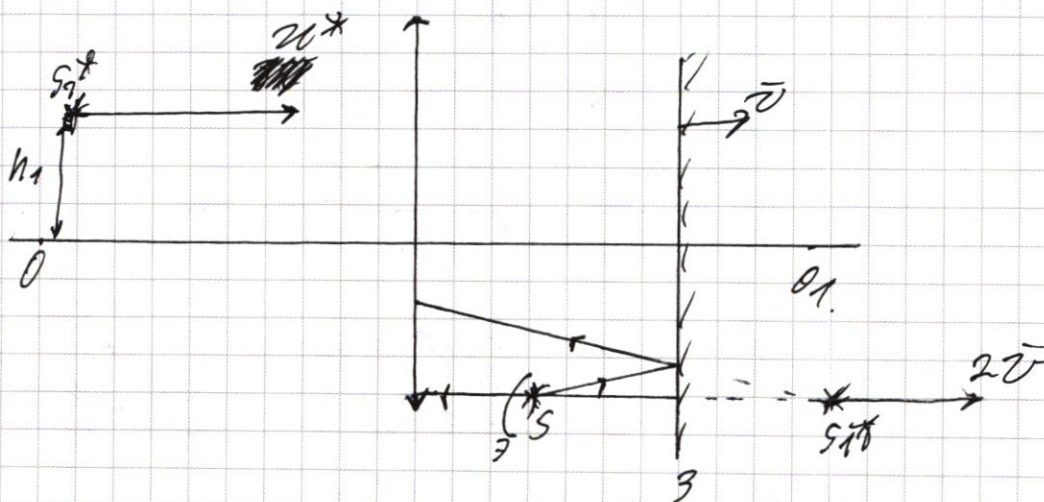
~~$\text{tg } \alpha = \frac{\frac{9}{2}F}{3F} = \frac{3}{2} = 1,5$~~

4)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Изобразим. $\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \Rightarrow S_2 = 3F \Rightarrow r = 2.$

Рл.к. $\bar{u} = 2\bar{v} \parallel 001$. то и u^* - берем
 $\parallel 001$. $u^* = r^2 \bar{u} = 4 \cdot 2\bar{v} = 8\bar{v}$.

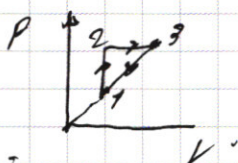


3) Прогнозность в мизан ограничена -
 ее $\rightarrow n^*$ - будет 11 0 01.
 $\alpha = 0^\circ$

Ordnung: a) 3F, b) 0, c) 20.

12

Дано:



$i=3$
главным:

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

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

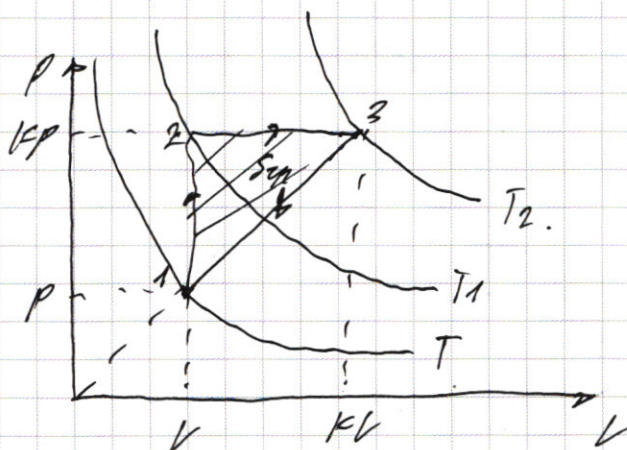
3) $\eta_{\max} - ?$

Решение:

1) процесс 3-1 можно считать -
буль в буле $P=KV$.

$\Rightarrow$ ~~изотерм~~; если $V_1=V$, то $V_2=KV$.

и если $P_1=P$, то $P_2=KP$.



2) 1-2 - изотерм $\Rightarrow \frac{KP}{T_1} = \frac{P}{T} \Rightarrow T_1=KT$

2-3 - изобара $\Rightarrow \frac{KV}{T_2} = \frac{V}{T_1} \Rightarrow T_2=K^2T$

3) $C_{12} = C_V = \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R$

$C_{23} = C_P = \frac{1}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 0,6$$

4) $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, где:

$A_{23} = KP(KV-V) = \nu R(K^2T-KT)$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(K^2T-KT)$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2}\nu R(K^2T-KT)}{\nu R(K^2T-KT)} = 2,5$$

6) $\eta = \frac{A}{Q_H}$, где:

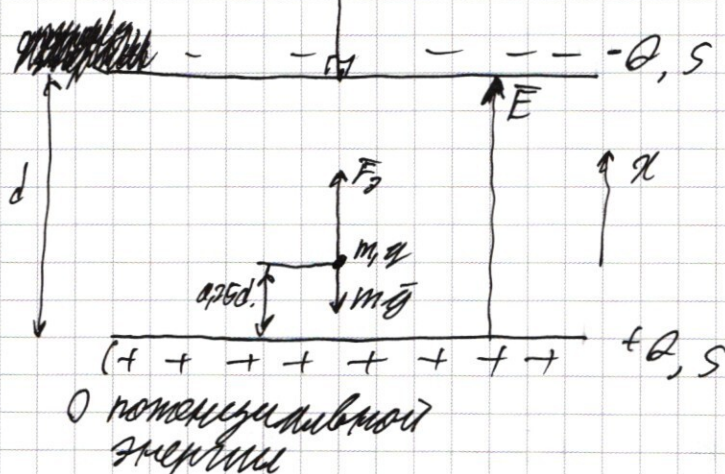
$A = +S_{12} = \frac{1}{2}PV(K-1)^2 = \frac{1}{2}\nu RT(K-1)^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

дано: S ; d ; T ; $\gamma = \frac{q}{m}$.

условия: v_1 ; v_2 ; Q ; v_2 .

Решение:



$$1) \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \text{ где:}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

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

$$2) a = \text{const}$$

$$\Rightarrow \text{где: } v_1 = at$$

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

$$\Rightarrow a = \frac{1,5d}{t^2} \quad (1)$$

$$v_1 = \frac{1,5d}{t}$$

3) По 2-й Н: (если учитывать силу тяжести)

$$\text{где: } ma = F_z - mg, \text{ где } F_z = E \cdot q = \frac{Qq}{2\epsilon_0 S}$$

$$\text{Или } a = \frac{Qq}{2\epsilon_0 Sm} - g = \frac{Q\gamma}{2\epsilon_0 S} - g \quad (2)$$

$$(1) = (2) \Rightarrow \frac{1,5d}{t^2} = \frac{Q\gamma}{2\epsilon_0 S} - g$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{T^2\gamma} + \frac{2\epsilon_0 Sg}{\gamma} = \frac{\epsilon_0 S}{d} \left(\frac{3d}{2T^2} + g \right)$$

4) В.Л.К. E только внутри конденсатора по снаружи на частицу q будет действовать только mg .

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23}, \text{ так};$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R T F (K-1)$$

$$Q_{12} = \Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (K-1) = \frac{3}{2} \nu R T (K-1)$$

$$Q_H = \frac{1}{2} \nu R T (K-1) (5K+3)$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} \nu R T (K-1)^2}{\frac{1}{2} \nu R T (K-1) (5K+3)} = \frac{K-1}{5K+3} = \frac{K-1}{5(K-1)+8} = \frac{1}{5} + \frac{K-1}{8}$$

$$= \frac{1}{5} + \frac{K}{8} - \frac{1}{8} = \frac{3}{40} + \frac{K}{8} \text{ так}$$

$$\frac{3}{40} + \frac{K}{8} \leq 1$$

$$\frac{K}{8} \leq \frac{37}{40}$$

$$K \leq \frac{37}{5}$$

$$K \leq 7,4$$

$$\text{т. к. } \eta(K) \nearrow \text{ то } \eta_{\text{max}} = \eta(7,4)$$

$$\eta_{\text{max}} \approx 1.$$

ответ: 1) 0,6; 2) 2,5; 3) 1.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по ЗСД:

$$\frac{m v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot 0,25d = \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow v_2^2 = v_1^2 + 0,5dg$$

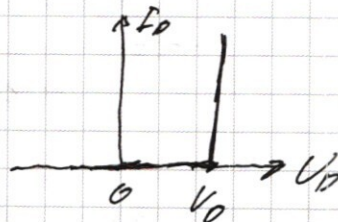
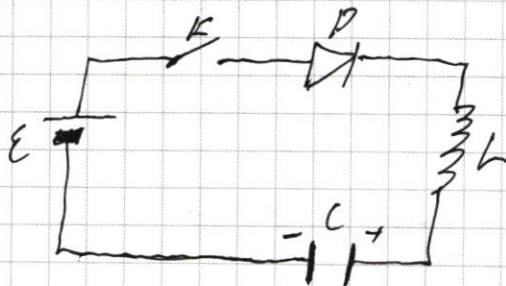
$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 0,5dg} =$$

$$\sqrt{\frac{2,25d^2}{12} + 0,5dg}$$

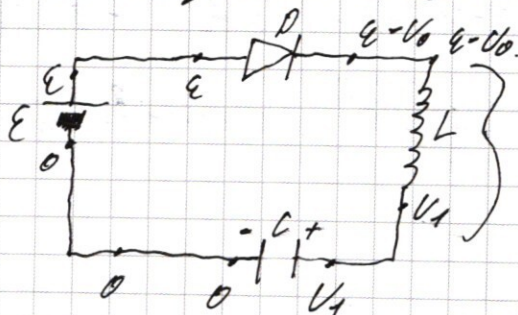
Ответ: 1) $\frac{1,5d}{T}$; 2) $\frac{405}{d} \left(\frac{3d}{2T^2} + g \right)$; 3) $\sqrt{\frac{2,25d^2}{12} + 0,5dg}$

дано: $\mathcal{E} = 9\text{В}$; $V_1 = 5\text{В}$; $C = 40\text{мкФ}$; $V_0 = 1\text{В}$; $L = 0,1\text{Гн}$.
Найти: 1) $I'(0)$; 2) I_{max} ; 3) V_2 ?

Решение:



1) Размыкаем switch сразу после замыкания ключа, ток в катушке и напряжение на конденсаторе остаются неизменными $\Rightarrow U_C(0) = V_1$; $I_A(0) = 0$.



метод уравнений
потенциалов.

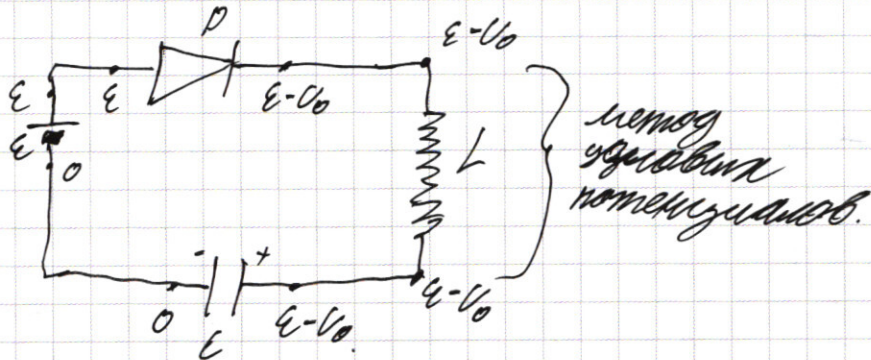
по К. в след. момент $I_A > 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_D = V_0.$$

$$U_L = L \cdot I'(0) \Rightarrow I'(0) = \frac{U_L}{L} = \frac{\mathcal{E} - V_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30.$$

$$W(0) = \frac{1}{2} C \cdot U_1^2$$

2) Рассчитываем цену в момент вр. t ,
когда $i(t) = I_{max} \Rightarrow u_L = 0$



$$u_L(t) = E - U_0 - 0 = E - U_0 = 8$$

• Рассчитываем правую ветвь цепи конденсатора:

$\rightarrow$ величина $q_0 = U_1 \cdot C = 5C$
 $\rightarrow$ величина $q^* = 3C$
 $\rightarrow$ величина $q_1 = (E - U_0) \cdot C = 8C$

Тогда ЗСЭ: $A_E = \Delta W + Q$, где $Q = 0$, а

$$\begin{aligned} \Delta W &= W(t) - W(0) = \\ &= \frac{1}{2} C (E - U_0)^2 + \frac{L I_{max}^2}{2} - \frac{1}{2} C U_1^2 \end{aligned}$$

$$A_E = E \cdot q^* = 3CE$$

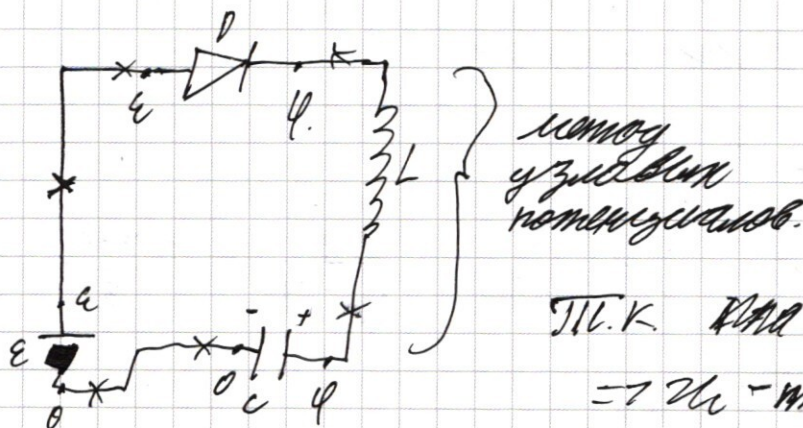
$$3CE = \frac{1}{2} C (E - U_0)^2 - U_1^2 + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

$$L I_{max}^2 = 6CE - C(E - U_0)^2 - U_1^2 = 6CE - 39C = 15C$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{15C}{L}} = \sqrt{\frac{15 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{15} = 20\sqrt{15} \text{ мА}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- 3) Рассчитать среднее значение тока $I_{\text{ср}}$ в цепи $t = t_{\text{гид}}$,
 $I_{\text{ср}}(t_{\text{гид}}) = 0$; $U_L(t_{\text{гид}}) = 0$.



матрица
уравнений
потенциалов.

П.К. Для $t = t_{\text{гид}}$ и $I = 0$.

$$\Rightarrow U_L = 0$$

Учитывая, что $U_L = 0$, то

$$U = E - U_L \quad (U_L = 0)$$

$$\Rightarrow U_{\text{max}} = E.$$

$$U_L = E = 9 \text{ В}$$

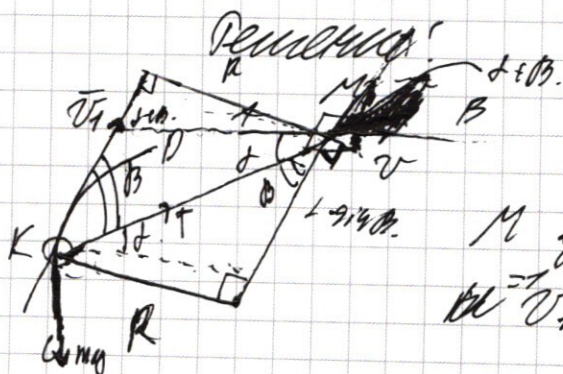
Ответ: 1) $3 \frac{4}{5}$; 2) $20 \frac{1}{15} \text{ мА}$; 3) 9 В .

17.

Дано: $v = 68 \text{ км/ч} = 0,8 \text{ м/с}$; $m = 0,1 \text{ кг}$;

$$R = 1,9 \text{ м}; \quad v = \frac{5}{8} R; \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}; \quad \cos \beta = \frac{1}{5}.$$

Найти: 1) v_1 ; 2) $v_{\text{отн}}$; 3) T .



$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \frac{8}{17}.$$

П.К. Вм. $v_{\text{отн}}$, v

m движется равномерно,
 $v_1 = v \cos \alpha$.

Из треугольника risulta видно, что

$$V_{\text{am}}^2 = V_1^2 + V^2 - 2V_1 \cdot V \cdot \cos(180 - \beta - \alpha)$$

$$V_{\text{am}}^2 = V_1^2 + V^2 + 2V_1 \cdot V \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

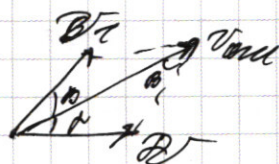
~~Из~~ ~~треугольника~~ ~~resulta~~ ~~видно~~, что

~~треугольника~~ ~~resulta~~ ~~видно~~, что

~~треугольника~~ ~~resulta~~ ~~видно~~, что

$$\Rightarrow \frac{V}{\cos \beta} = V_1 \cdot \cos \beta$$

$$V_1 = \frac{V}{\cos \beta \cdot \cos \beta} = \frac{1,17}{\frac{0,8}{5} \cdot \frac{1,14}{1,14}} = \frac{1,17 \cdot 1,14}{3} = \frac{28,9}{3} \text{ м/с}$$



$$V_{\text{am}}^2 = V^2 + \frac{V^2}{\cos^2 \beta} + 2 \cdot V^2 \cdot \frac{1}{\cos \beta \cdot \cos \beta} \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{\text{am}}^2 = V^2 + \frac{V^2}{\cos^2 \beta} + \frac{2V^2}{\cos \beta \cdot \cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$V_{\text{am}}^2 = 3V^2 + \frac{2V^2}{\cos^2 \beta} - \frac{2V^2}{\cos \beta} \sin \alpha \sin \beta$$

$$V_{\text{am}}^2 = 3V^2 + \frac{V^2}{\frac{10,225}{28} \cdot \frac{225}{289}} - 2V^2 \cdot \frac{2}{1,14}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

9)

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= Ed \\ \varphi_1 &= 0 \end{aligned}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1$$

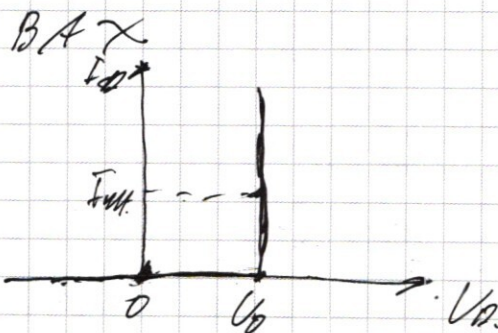
Скорость $v_2 = v_1$.

д.ч. $\varepsilon = 9 \text{ В.}$ $C = 40 \text{ мкФ.}$ $U_0 = 5 \text{ В.}$ $L = 0,1 \text{ Гн.}$

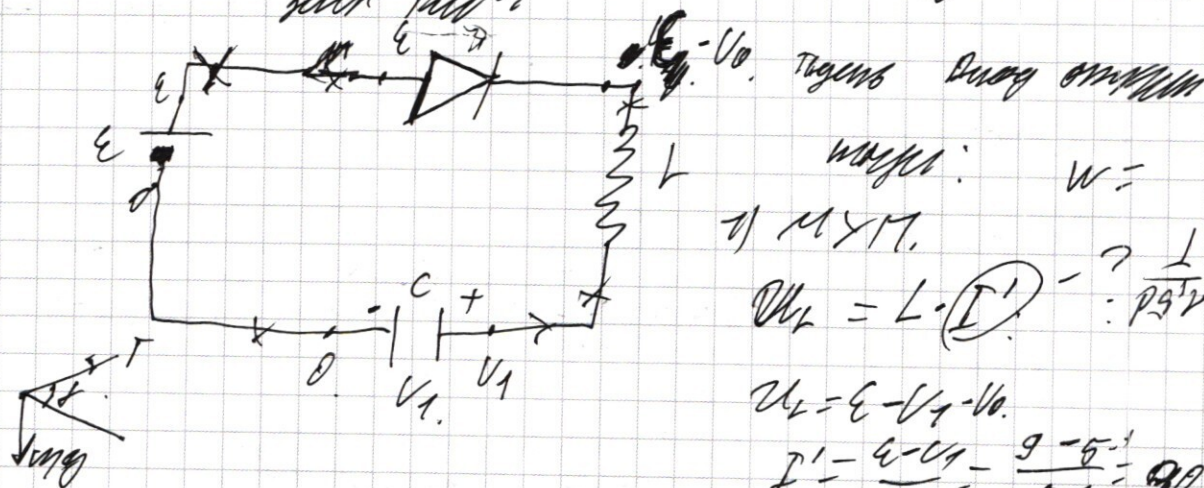
$$U_0 = 1 \text{ В.}$$

$$I' = 0.$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta U}$$



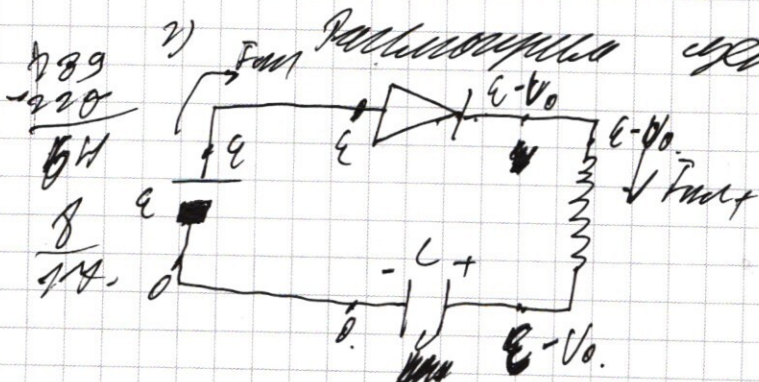
срезывающая
функция



мощность: $P =$
1) м.ч.
 $U_2 = L \cdot (I')$

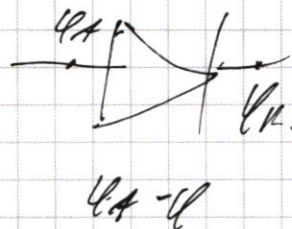
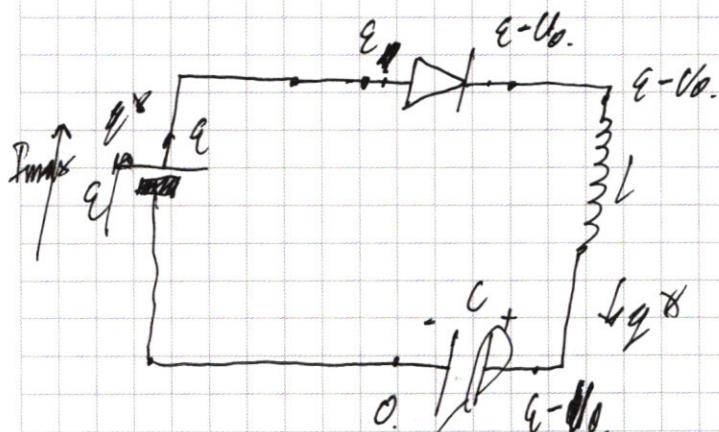
$$U_2 = \varepsilon - U_1 - U_0$$

$$I' = \frac{\varepsilon - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = 90 \text{ А}$$



срезывающая
функция

$$I = \frac{\varepsilon - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = 90 \text{ А}$$



н.т. I_{max} $U_L = 0$
 $U_R = I_{max} R$
 $U_L = 0$

$q_1 = (E - U_L)C = 3C$
 $q_0 = U_L C = 5C$

то $3C$?

$A_{\delta} = \Delta W + Q$

$A_{\delta} = \Delta W$

$A_{\delta} = E \cdot q^* = 3CE$

$\Delta W = W(t) - W(0)$

$W(0) = \frac{1}{2} C U_L^2$

$W(t) = \frac{1}{2} C (E - U_L)^2 + \frac{I_{max}^2 L}{2}$

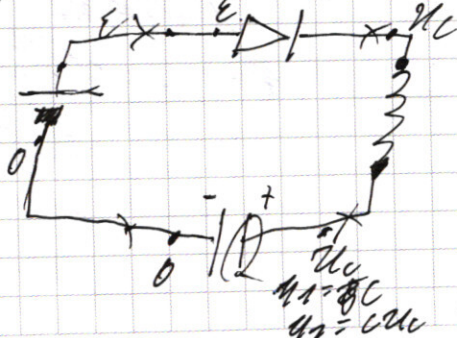
$3CE = \frac{1}{2} C (E - U_L)^2 + \frac{I_{max}^2 L}{2}$

$6CE - C(E - U_L)^2 = I_{max}^2 L$

$I_{max} = \sqrt{\frac{6CE + C(E - U_L)^2}{L}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-6} (6 \cdot 9 + (9 - 1)^2)}{0.1}}$

$= 20 \cdot 10^{-3} \sqrt{54 + 64} = 0.02 \cdot \sqrt{118} =$

3) $t = t_{max}$



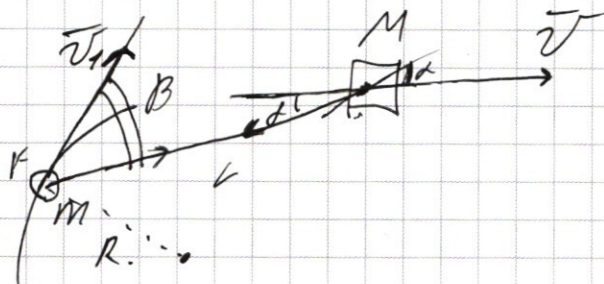
$W = \frac{1}{2} C U_L^2$

$A_{\delta} = E \cdot (U_L - U) = \frac{1}{2} C U_L^2 - \frac{1}{2} C U^2$

$2EU_L - 109 = U_L^2 - U^2$

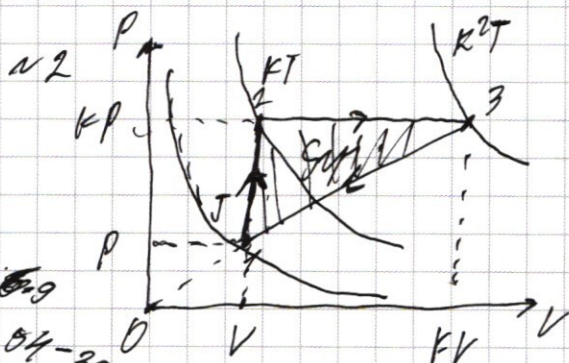
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а 1



Рассмотрим процесс, происходящий в "К"

Термодинамика



На графике 1-2 и 2-3 TPT

$$1) \frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R + R} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 0,6$$

$$2) Q_{12} = A_{12} + A_{23}$$

$$A_{23} = KP(KV - V) = \frac{1}{2}PR(K^2T - KT)$$

$$A_{12} = \frac{3}{2}PR(K^2T - KT)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2}PRKT(K-1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{23}} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad V$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_H}, \text{ где } A = +Q_{12} = \frac{1}{2}PR(K-1)^2$$

то =

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23}, \text{ где } Q_{23} = \frac{5}{2}PRKT(K-1)$$

$$Q_{12} = A_{12} = \frac{3}{2}PR(K-1)$$

$$Q_H = \frac{1}{2}PRT(K-1)(5K+3)$$

$$Q_H = \frac{1}{2} \rho R T (K-1) (5K-3)$$

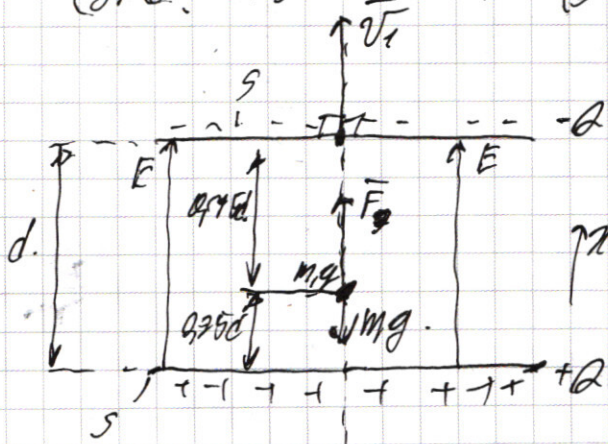
$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \rho R T (K-1)^2}{\frac{1}{2} \rho R T (K-1) (5K+3)} = \frac{K-1}{5K+3}$$

$$\eta'(K) = \frac{1(5K+3) - (K-1) \cdot 5}{(5K+3)^2}$$

$$\eta'(K) = 0 \Rightarrow 5K+3 - 5K+5 = 8 > 0$$

$$\frac{\eta'(K)}{\eta} > 0$$

23. $\theta_1 = \theta_2 < 45^\circ$ 0,25 @ $\text{D. } \frac{q}{m} = 1$



$$Q70.$$

$$E = E_1 + E_2, \text{ where } E_1 = E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

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

$$F_2 = E \cdot q = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

1) 20 23H:

$$m \cdot a = F_2 + mg$$

$$2) m \cdot a = F_2 = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$3) m \cdot a = F_2 - mg$$

$$a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S} - g$$

$$\frac{29}{12} = \frac{Qq}{\epsilon_0 S} - g$$

$$\frac{29}{12} + g = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$v = \frac{Q}{m} \cdot \frac{t^2}{2} \Rightarrow a = \frac{29}{12}$$

$$v_1 = \frac{29}{12} \cdot t = \left(\frac{29}{12} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

26. (1). $k = 3F/4$ (2). $L = F$.
 $d = F/2$.

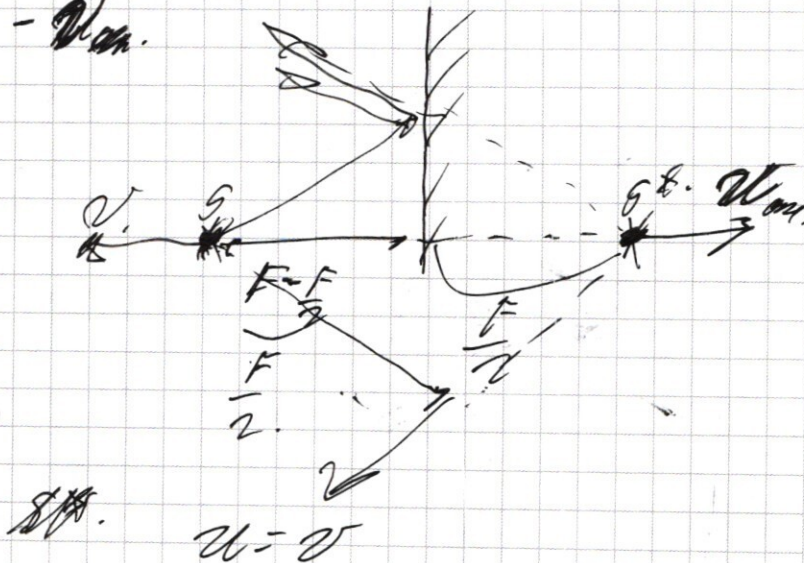
12-?

~~11~~

1) Точка C C.
 $\vec{v}_{\text{отн.}} = \vec{v}_{\text{отн.}} - \vec{v}_{\text{отн.}}$

2) $v_{\text{отн.}} = -v_{\text{отн.}}$

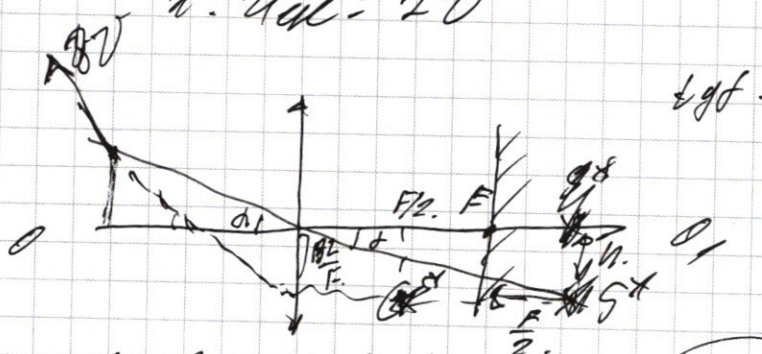
$\frac{3-2}{3-1} = \frac{1}{2}$



точка C.C.

$\vec{v}_{\text{отн.}} = \vec{v}_{\text{отн.}} + \vec{v}_{\text{отн.}}$

2) $u_{\text{отн.}} = 2v$



$u^* = r^2 2v = 3v$ $d_1 = \frac{3}{2} F \cdot l$ $(S = 3F)$

