

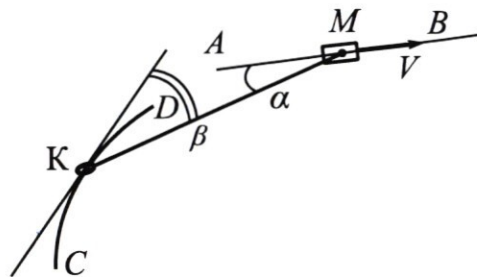
Олимпиада «Физтех» по физике, Ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

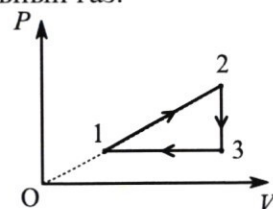
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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

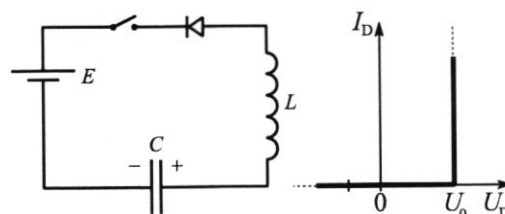


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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



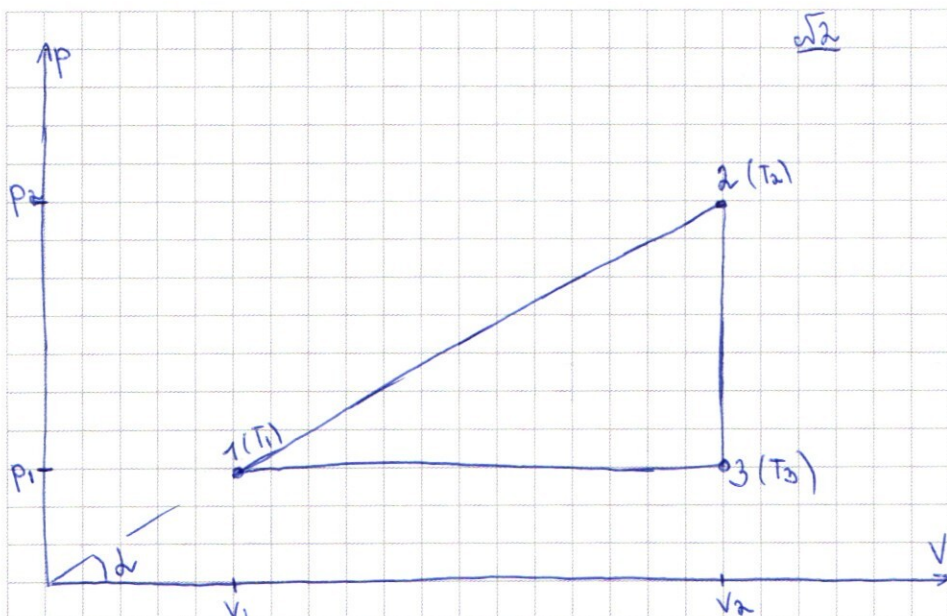
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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



Дано:

$i=3$

1. $\frac{C_{p3}}{C_{v1}} - \eta$

2. $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - \eta$

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

Упр-2 Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_2 = \nu R T_3$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{31} = p_1 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = \frac{3}{2} \nu R$$

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{T_1 - T_3} = \frac{5}{2} \nu R$$

$$\left(\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3 \nu R}{5 \nu R} = \frac{3}{5} \right)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3 p_2 V_2 - 3 p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1}{2} = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

$$\left(\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{p_2 V_2 - p_1 V_1} = 2 = 1 \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$\eta = \frac{A_m}{Q_{12}} = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \cdot 2 \cdot (p_1 V_2 - p_1 V_1)} \quad \text{или (проверка)}$$

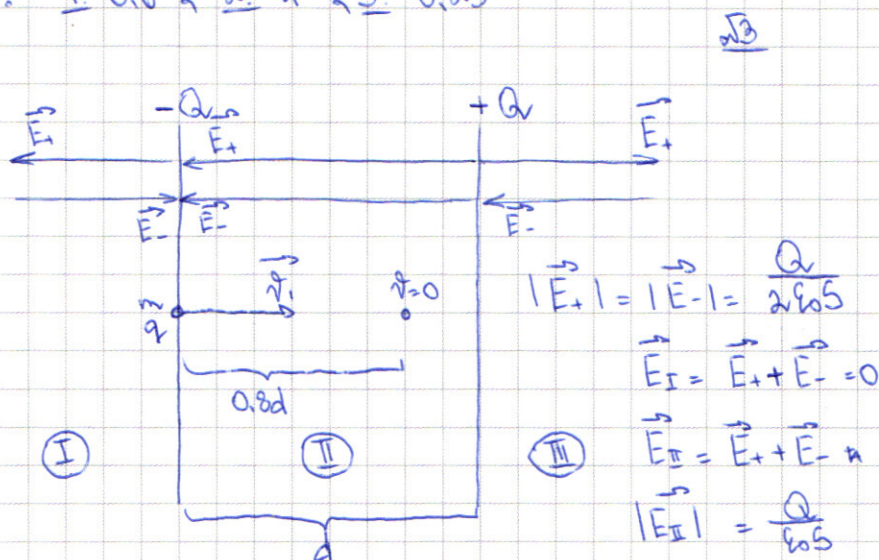
$$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{(p_1 \frac{V_2}{V_1} - p_1)(V_2 - V_1)}{p_1 V_2 - p_1 V_1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{p_1 (V_2 - V_1)(V_2 - V_1)}{p_1 (V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

$$\forall V_1 \text{ и } V_2 \quad \eta \leq \frac{1}{4} \quad (\text{м.к. числитель } (V_2 - V_1) \leq (V_2 + V_1)).$$

$$\eta = \frac{1}{4} \text{ если } V_2 - V_1 = V_2 + V_1 \Rightarrow V_1 = 0$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4} \text{ при } V_1 = 0.$$

$$\text{Дано: } 1. 0,6 ; 2. 4 ; 3. 0,25$$



Реш:

дано: $q = \frac{q}{m}$

1. T

2. U

3. $\vec{v}_0$

2. 3H:

$$m a = q E_{II}$$

$$a = \mu \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 d}$$

$$\frac{q_1^2}{2a} = 0,8d \Rightarrow a = \frac{q_1^2}{1,6d}$$

$$a \cdot T = \vec{v}_1 \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 \cdot 1,6d}{q_1^2} = \frac{1,6qd}{q_1^2}$$

3C3:

$$\frac{m v_1^2}{2} - E_{II} \cdot 0,8d \cdot q = 0 \Leftrightarrow m v_1^2 = 1,6q \cdot E_{II} \cdot d \Leftrightarrow m v_1^2 = 1,6q U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = \frac{m v_1^2}{1,6q} = \frac{q_1^2}{1,6\mu}$$

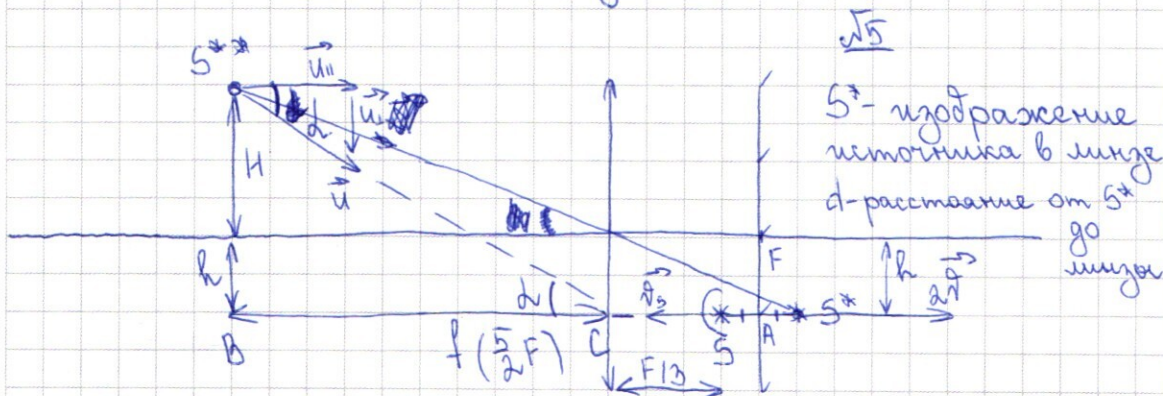
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 3 (продолжение)

В данной системе $A_{\text{мех}} = 0 \Rightarrow$ частица вернется в точку, в которой она вошла в конденсатор, с такой же скоростью v_1 .

$E_I = 0 \Rightarrow$ элек. поле ~~не будет~~ за пределами конденсатора отсутствует. Частица будет двигаться по инерции со скоростью v_1 . ($v_0 = v_1$)

Дано: 1. $T = \frac{1.6bd}{v_1}$; 2. $U = \frac{v_1^2}{1.6b\gamma}$; 3. $v_0 = v_1$.



З5

S^* - изображение источника в линзе
 d - расстояние от S^* до линзы

Дано:

f, F

1. f

2. d

3. u

$$SA = AS^* = F - \frac{F}{3} = \frac{2F}{3}$$

$$d = F + AS^* = \frac{5F}{3}$$

$d > F \Rightarrow$ и. S^* действительное

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow \left(f = \frac{5F}{2F} = \frac{5}{2} F \right)$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F} = \frac{3}{2}$$

В СО линзы:

$$\vec{v}_S = -\vec{v}$$

$$\vec{v}_{S^*} = -\vec{v}_S = \vec{v}$$

В КСО:

$$\vec{v}_{\text{вид } S^*} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{пер}} = 2\vec{v}$$

Скорость груза и нит. пересекаются в точке на нити.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H+h}{l} \quad (\Delta S^* BC)$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} \Rightarrow H = \Gamma h = \frac{3}{2} h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{5} F = \frac{4}{5} F \quad (h = \frac{8}{5} F \text{ по укл.})$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot 20 F}{15 \cdot 5 F} = \frac{40}{75} = \frac{8}{15}$$

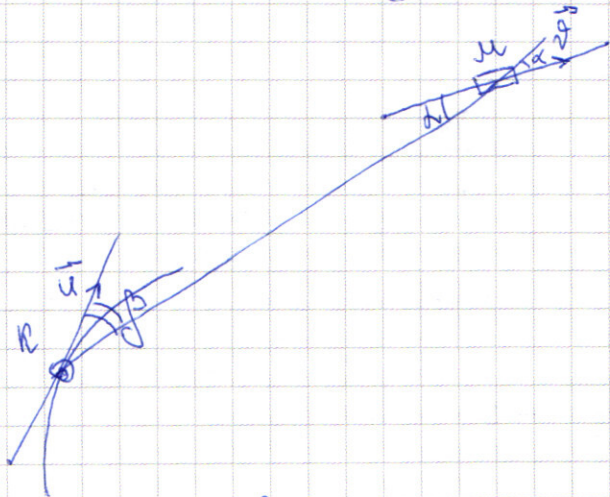
$$\alpha = \arctg \frac{8}{15}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} ; \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$U \cos \alpha = 2 \Gamma^2$$

$$U = \frac{2 \Gamma^2}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 17}{2 \cdot 2 \cdot 15} = \frac{17 \cdot 3}{2 \cdot 5} = \frac{51}{10} \text{ V}$$

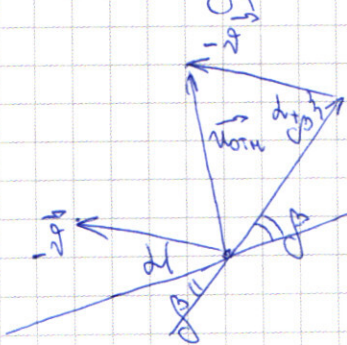
Омб: 1. $\frac{5}{2} F$; 2. $\arctg \frac{8}{15}$; 3. $\frac{51}{10} \text{ V}$.



Усл-е неразрывности троса:

$$U \cos \alpha = \Gamma \cos \alpha \Rightarrow U = \frac{\Gamma \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 51 \text{ см/с}$$

В СО нити:



$$U_{\text{нит}}^2 = U^2 + \Gamma^2 - 2 \Gamma U \cos(2\alpha)$$

$$\cos(2\alpha) = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = -\frac{36}{5 \cdot 17}$$

$$U_{\text{нит}} = \sqrt{1600 + 2601 + 2 \cdot 40 \cdot 3 \cdot 17 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17}} = 74 \text{ см/с}$$

Дано:

$$\Gamma = 40 \text{ см/с}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1.7 \text{ м}$$

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

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

1. U - ?

2. U_nit - ?

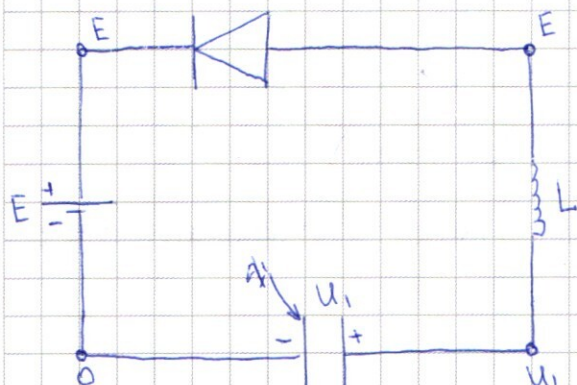
3. T - ?

Омб: 1. 51 см/с ; 2. 74 см/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24

1 Сразу после замыкания ключа



ток через катушку
скачкообразно, поэтому
равен нулю в данный
момент времени

$$U_L < U_0$$

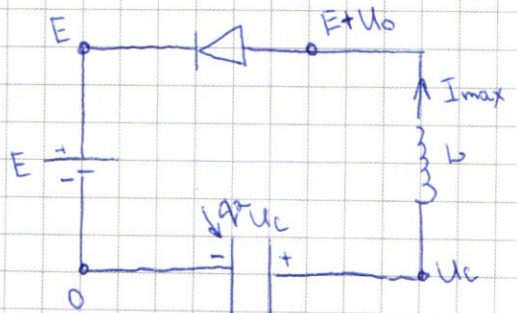
$$U_L = U_0 \text{ (т.к. в первый)}$$

момент времени отсутствие тока в цепи
обеспечивается катушкой).

Воспользуемся методом узловых потенциалов.

$$U_L = U_0 - E = L \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{U_0 - E}{L} = \frac{3 - 0}{2} \text{ А/с} = 1.5 \text{ А/с}$$

2 При максимальном значении ~~тока~~ скорости его
изменения равна нулю $\Rightarrow U_L = 0$



$$E + U_0 = U_C = 4 \text{ В}$$

$$q_1 = CU_1$$

$$q_2 = CU_2$$

ЗСЭ:

$$-(q_1 - q_2) \cdot E = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U_0^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} \cdot 0.2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C U_1^2 - C U_0^2 + (q_2 - q_1) E \cdot 2}{L}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C U_1^2 - C (E + U_0)^2 + 2 E C (E + U_0 - U_1)}{L}} = 2.52 \cdot 10^{-2} \text{ А} \approx 25.2 \text{ мА}$$

Дано:

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$E = 3 \text{ В}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0.2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

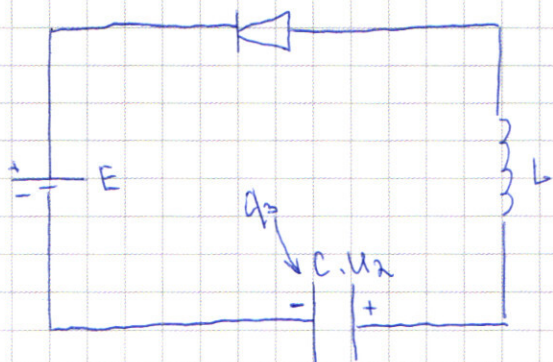
1. $\dot{I}$

2. $I_{\max}$

3. U_2

3 Установившееся состояние

В уст. сост. $I=0$



$$q_3 = CU_2$$

ЗСЭ.

$$-(q_1 - q_3)E = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \quad | : 2$$

$$2(q_3 - q_1)E = CU_2^2 - CU_1^2$$

$$2 \cdot CU_2 E - 2 \cdot CU_1 E = CU_2^2 - CU_1^2$$

$$2CE(U_2 - U_1) = C(U_2 - U_1)(U_2 + U_1)$$

если $U_2 = U_1$, то мы получили начальное состояние, которое не абст. уст.

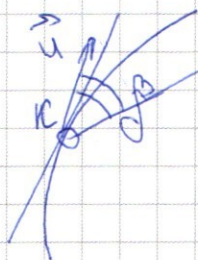
$$U_2 + U_1 = 2E \Rightarrow U_2 = 2E - U_1$$

$$U_2 = 0 \text{ В}$$

Отв.: 1 15 А; 2 20 мА; 3 0 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 51 \\ \hline 255 \\ 2601 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 36 \\ 48 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array} \quad \begin{array}{r} + 4201 \\ 1728 \\ \hline 5929 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 44 \\ 44 \\ \hline 1088 \\ 484 \\ \hline 5929 \end{array}$$

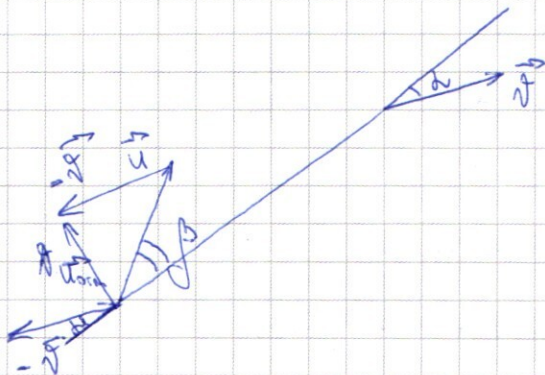


Угол α — это угол между векторами u и r .

$$u \cos \alpha = r \cos \alpha$$

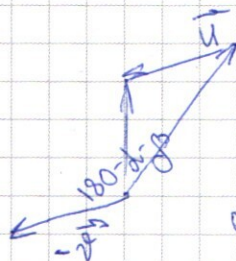
$$u = \frac{r \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 14}{5 \cdot 8} = 51 \text{ см/с}$$

В со шурты:

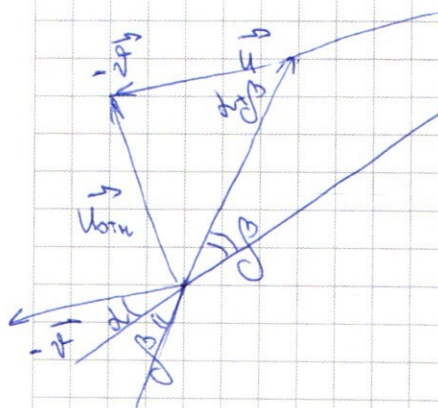


$$u_{\text{вс}} = u_{\text{отн}} + u_{\text{пер}}$$

$$u_{\text{отн}} = u_{\text{вс}} - u_{\text{пер}}$$



$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{14} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{14} = \frac{24 - 60}{5 \cdot 14} = \frac{-36}{5 \cdot 14}$$

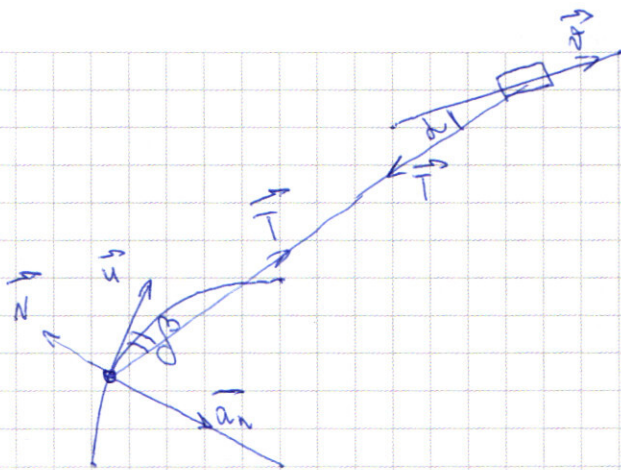


$$u_{\text{отн}}^2 = r^2 + u^2 - 2ru \cos(\alpha + \beta)$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{1600 + 2601 + 2 \cdot 40 \cdot 3 \cdot \frac{36}{5 \cdot 14}}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{4201 + 2 \cdot 24 \cdot 36} = 77 \text{ см/с}$$

$$u_{\text{отн}} =$$



$$T \cos \theta - N = m \frac{v^2}{R}$$

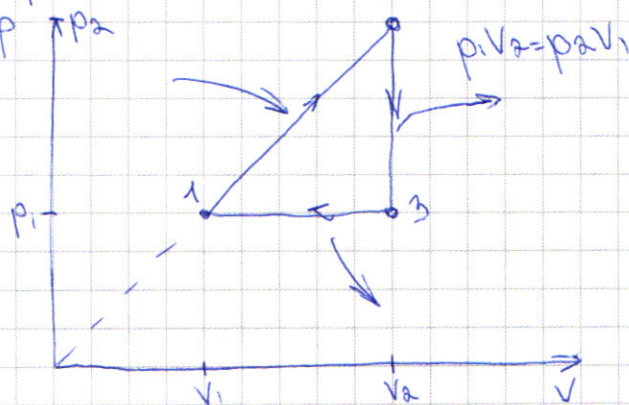
$$\begin{cases} p_1 = \rho V_1 \\ p_2 = \rho V_2 \end{cases}$$

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

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_3} \Rightarrow T_1 = \frac{V_1 T_3}{V_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 T_3}{p_1}$$



$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

$$A_{12} =$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} + \frac{3 p_2 V_2 - 3 p_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{4 p_2 V_2 - 4 p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1}{2} = \frac{5 (p_2 V_2 - p_1 V_1)}{2}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 5$$

$$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{\text{вз}} = \frac{3}{2}(p_1 V_2 - p_2 V_2)$$

$$Q_{\text{от}} = -p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_1 V_2) = p_1(V_1 - V_2) + \frac{3}{2}p_1(V_1 - V_2) = \frac{5}{2}p_1(V_1 - V_2)$$

$$\eta = \frac{4p_2 V_2 - 4p_1 V_1 + 3p_1 V_2 + 3p_2 V_2 - 5p_1 V_1 + 5p_1 V_2}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)}$$

$$\eta = \frac{4p_2 V_2 - 9p_1 V_1 + 2p_1 V_2}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{4p_2 V_2 - 9 \frac{p_2 V_1^2}{V_2} + 2p_2 V_1}{4(p_2 V_2 - \frac{p_2 V_1^2}{V_2})}$$

$$\eta = \frac{4V_2^2 - 9V_1^2 + 2V_1 V_2}{4(V_2^2 - V_1^2)}$$

$$\eta(k) = \frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1}$$

$$\eta' = \frac{1}{4} \cdot \frac{(k^2 - 2k + 1)(k+1) - (k^2 + 2k + 1)(k-1)}{(k+1)^2} = \frac{(k+1)(k-1)(k-1-k-1)}{(k+1)^2} = -\frac{2}{k+1}$$

$$\eta' = -\frac{k-1}{(k+1)^2}$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 \sigma} \cdot 2 = \frac{q}{\epsilon_0 \sigma}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 d}$$

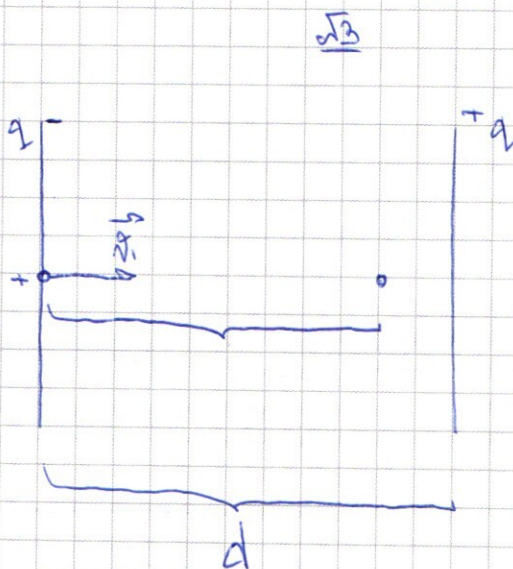
2.3 Н:

$$qE = ma$$

$$a = E \mu$$

$$a q E d = \frac{m v^2}{2}$$

$$U = \frac{m v^2}{1.6 q e} = \frac{q^2}{1.6 q e}$$



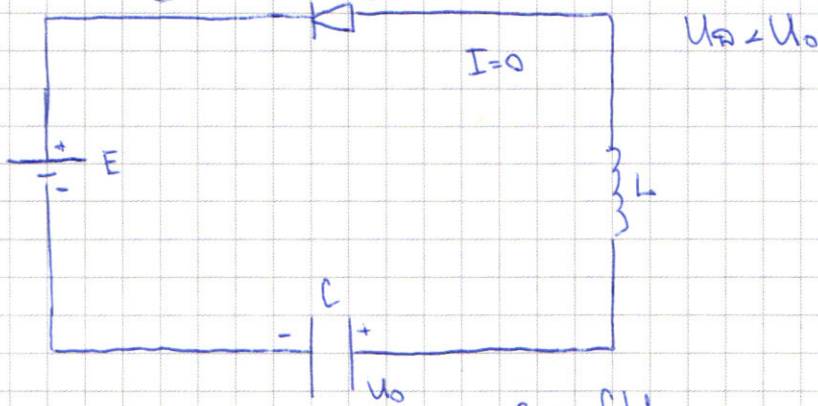
$$\frac{q^2}{2a} = 0.8d$$

$$a = \frac{q^2}{1.6d}$$

$$q_1 = aT$$

$$T = \frac{q_1}{a} = \frac{q \cdot 1.6d}{q \cdot q}$$

1 Сразу после замыкания ключа



$$U_0 - E = U_L + q_1 = L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{U_0 - E}{L} = \frac{3 \cdot 10}{2} = 15 \text{ A/c}$$

$$q_1 = CU_0$$

$$q_1 > q_2$$

Дано:

$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0.2 \text{ Гн}$$

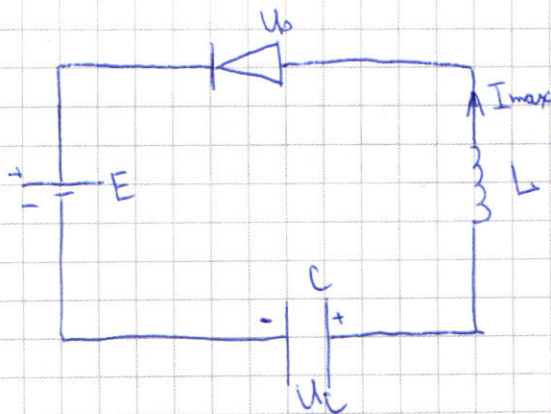
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$\dot{I} - ?$$

$$I_{\text{max}} - ?$$

2 Пик в цепи течёт, если на диоде напряжение = U_0

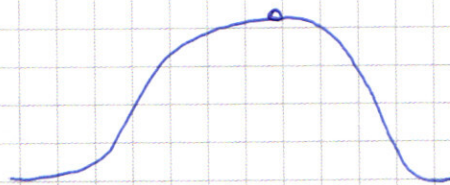
$$U_D = U_0$$



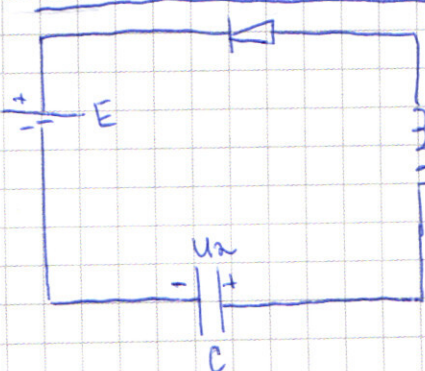
ЗСЗ:

$$-E(CU_0 - CU_0) = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$CU_0E - CU_0E = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$



3 Установившееся состояние:

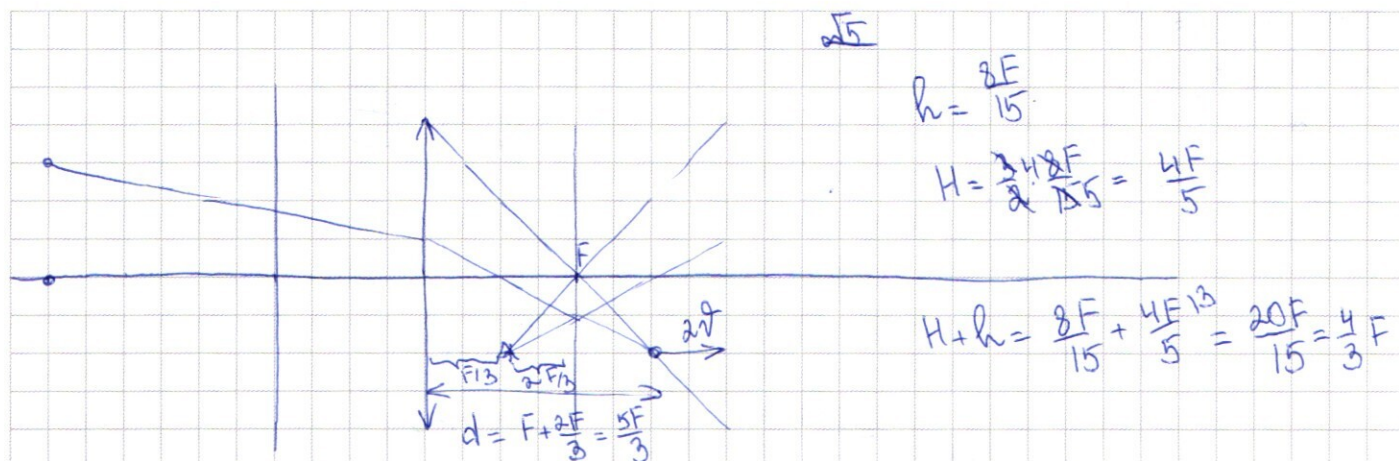


$$\sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 36 - 20 \cdot 10^{-6} \cdot 16 + 2 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{2}} \cdot 10$$

$$\sqrt{(36 - 16 - 12) \cdot 10^{-4}} =$$

$$\frac{20 \cdot 10^{-6} (36 - 16 - 2 \cdot 3 \cdot 2)}{2} \cdot 10 = 8 \cdot 10^{-4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow \left[f = \frac{dF}{d-F} = \frac{5F^2}{5F-3F} = \frac{5F}{2} \right]$$

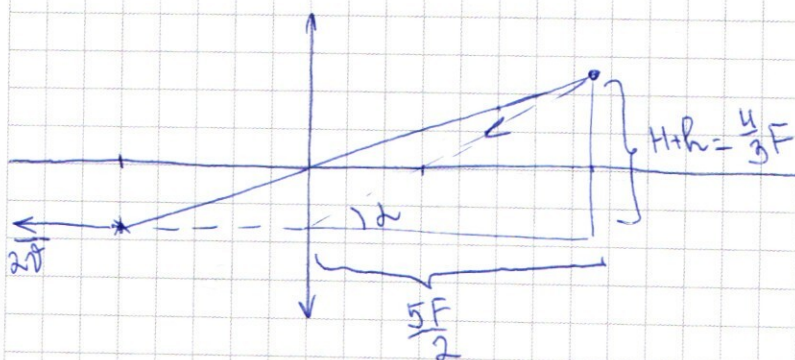
$$\Gamma = \frac{5E_2}{2 \cdot 5E} = \frac{3}{2}$$

$$x^2 =$$

$$\frac{g}{2} = \frac{g}{2} \quad \frac{g}{2} = \frac{g}{2}$$



$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 18 \\ \hline 136 \\ 14 \\ \hline 306 \end{array}$$



$$\tan \alpha = \frac{4.2}{3.5} = \frac{8}{7}$$

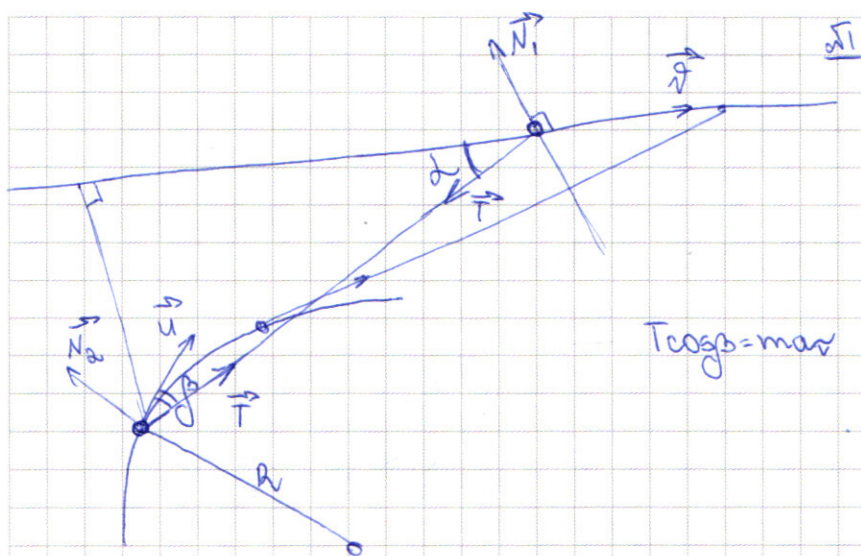
$$\alpha = \arctan \frac{8}{15}$$

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

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\text{2. v. } \Gamma^2 = u \cos d$$

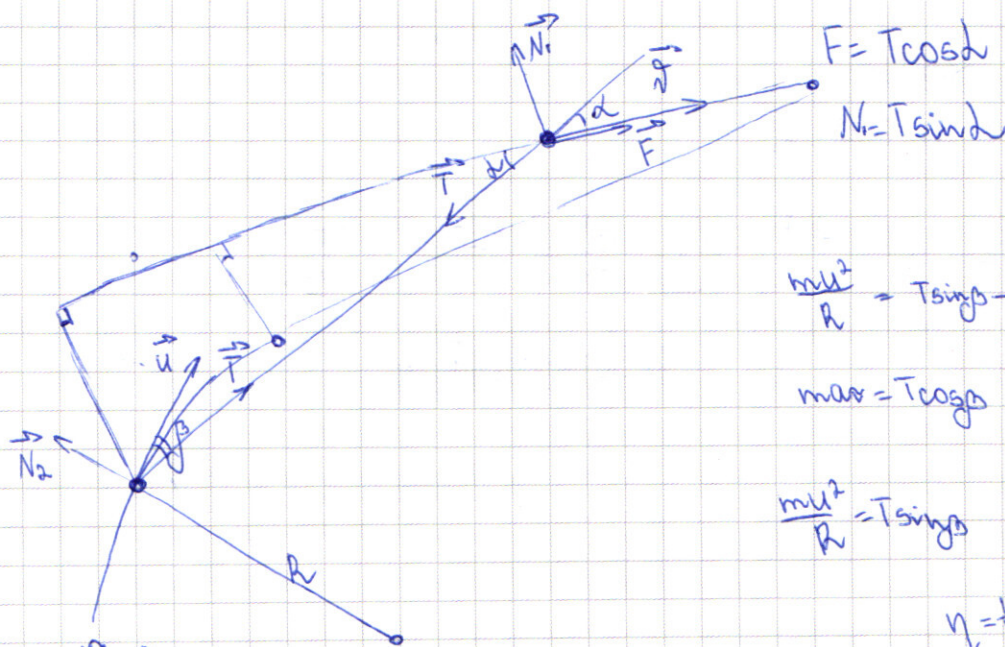
$$U = \frac{247^2}{\cos 4} = \frac{24 \cdot 9 \cdot 17}{4 \cdot 15} = \frac{306}{60} \text{ s} = \frac{102}{20} \text{ s} = \frac{51}{10} \text{ s}$$



$$N_1 = T \sin \alpha$$

$$T \cos \alpha = m a v$$

$$\eta = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$



$$\frac{m v^2}{R} = T \sin \alpha - N_2$$

$$m a v = T \cos \alpha$$

$$\frac{m v^2}{R} = T \sin \alpha$$

$$\eta = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

$$V_2 - V_1 = V_2 + V_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{аэроу}}}$$

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

$$Q_{\text{аэроу}} = Q_{\text{аэ}} = 2 p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{p_2 (V_2 - V_1)}{p_1 V_1} = \frac{(p_2 - p_1) (V_2 - V_1)}{p_1 V_1} = \frac{(p_2 - p_1) (V_2 - V_1)}{p_1 V_1}$$

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

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

$$p_1 = 2 V_1$$

$$p_2 = 2 V_2$$

$$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{p_1 (V_2 - V_1) (V_2 - V_1)}{p_1 (V_2 - V_1) (V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{\partial A(T_2 - T_1)}{\partial T_2} = V_2 - V_1$$

$$\frac{\partial A(T_2 - T_1)}{\partial T_1} = V_2 + V_1$$

$$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$$