

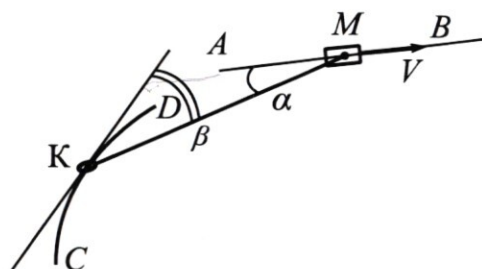
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

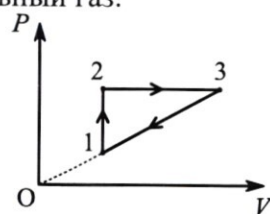
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



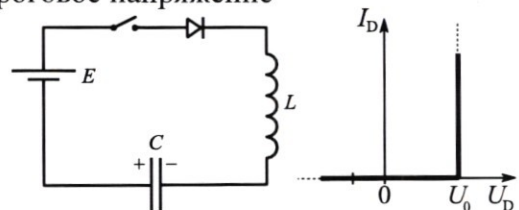
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 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.

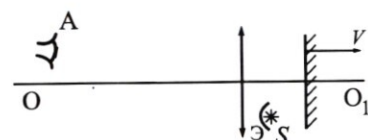
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

2. Дано:

$$i = 3$$

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

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$

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

$$Q_{12} = C_{12} V (T_2 - T_1)$$

$$Q_{23} = C_{23} V (T_3 - T_2)$$

$$C_{12} = C_V = \frac{i}{2} R$$

$$C_{23} = C_P = C_V + R = \frac{i}{2} R + R$$

C_V - теплоемкость при постоянном объеме

C_P - теплоемкость при постоянном давлении

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

$$C_{23} = C_P = C_V + R = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

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

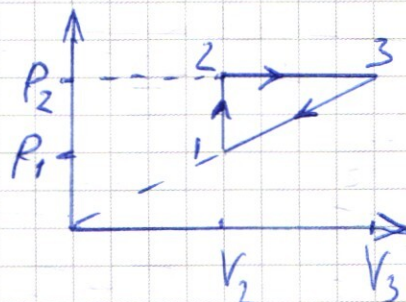
Ответ: 0,6

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = \nu R (T_3 - T_2)$$

т.к. по закону Менделеева-Клапейрона

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_2 V = \nu R T_2$$



$$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

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

Ответ: $\frac{3}{2}$

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

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

$$\eta \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \quad Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2) =$$

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

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) - \frac{(p_2 + p_1)(V_3 - V_2)}{2} = \frac{(p_2 V_3 - p_2 V_2 + p_1 V_3 - p_1 V_2)}{2} + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

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

$$\frac{p_2}{V_3} = \frac{p_1}{V_2} \quad p_2 V_2 = p_1 V_3$$

Т.к. на графике 3-1 $p = \text{const}$

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

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

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

$$\eta = \frac{-T_2 + \frac{3}{2} T_3 - \frac{7}{2} T_1}{-T_2 - \frac{3}{2} T_1 + \frac{5}{2} T_3}$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_2 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_2 V_2 = p_1 V_3$$

$$p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_3}$$

$$V_3 = \frac{p_2 V_2}{p_1}$$

$$\text{Адиабата} = \frac{(p_2 - p_1)(V_3 - V_2)}{2} = \left(p_2 - \frac{p_2 V_2}{V_3} \right) \left(\frac{V_3 - V_2}{2} \right)$$

$$T_4 \neq T_3$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_3$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_2$$

$$T_4 \neq T_2$$

$$T_2 - T_1 \neq T_3$$

$$\eta_{\max} = \frac{-1 + \frac{3}{2} - \frac{7}{2}}{-1 + \frac{3}{2} + \frac{5}{2}} = \frac{-1}{1} = -1$$

$$\eta_{\max} = \frac{T_3 - T_1}{T_3}$$

$$T_2 - T_1 + T_3 - T_2 + T_1 - T_3$$

$$T_2 =$$

Ответ: $\eta_{\max} = 50\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:

$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_c = 2 \text{ В}$$

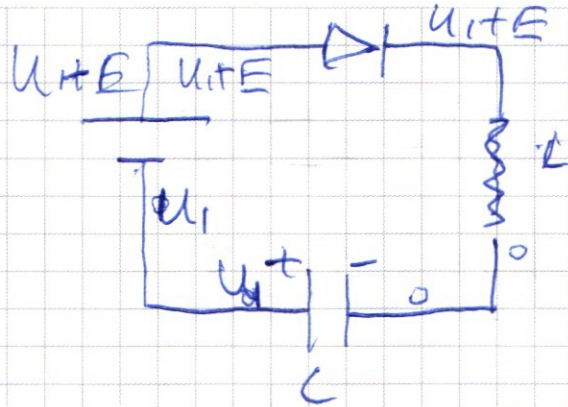
$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) $I' - ?$

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

3) U_2

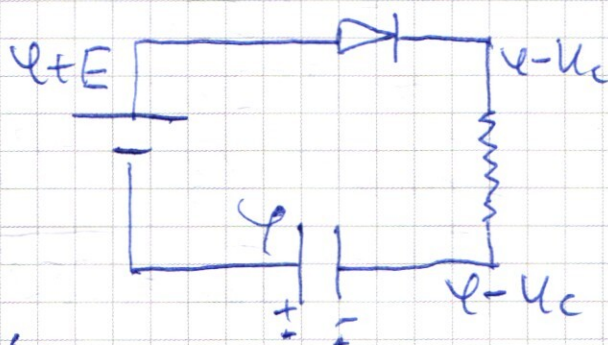


мемит сразу
после замыкания
ключа

$$U_L = L I'_1 \quad I'_1 = \frac{U_1 + E}{L}$$

$$I'_1 = \frac{2 + 6}{0,1} = 80 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

Ответ: $I' = 80 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$



$$U_L = L I'_{L_{\text{max}}} = 0$$

т.к. $I'_{\text{max}} = 0$

т.к. в цепи есть
ток напряжение
на диоде U_0

$$U_c = U_+ - U_- \Rightarrow U_- = U_+ - U_c \quad U_c - \text{напряжение на конденсаторе при } I = I_{\text{max}}$$

$$U + E - U + U_c = U_0$$

$$E + U_c = U_0$$

$$U_c = U_0 - E$$

$$U_c = 1 - 6 = -5 \text{ В}$$

$$Q_E + Q_{C2} = Q_{C1}$$

Q_{C2} - заряд на конденсаторе

Q_{C1} - начальный заряд на конденсаторе

Q_E - заряд прошедший из источника.

$$Q_E = Q_{C1} - Q_{C2}$$

$$q_E = C U_1 - C U_c = C(U_1 - U_c)$$

$$q_E = 40 \cdot 10^{-6} \text{ p} (2 - (-5)) = 280 \cdot 10^{-6} \text{ kn}$$

$$q_E E = A_{\text{источника}} = \frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$A_{\text{источника}}$ = работа источника

$$q_E E = \frac{C(U_c^2 - U_1^2)}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{2 q_E E - C(U_c^2 - U_1^2)}{L} = I_{\text{max}}^2$$

$$\frac{2 \cdot 280 \cdot 10^{-6} \cdot 6 - 40 \cdot 10^{-6} (25 - 4)}{0,1} = I_{\text{max}}^2$$

$$\frac{(12 \cdot 280 - 40 \cdot 21) \cdot 10^{-6}}{10^{-1}} = I_{\text{max}}^2$$

$$280 \cdot 12 = 2800 + 560 = 3360$$

$$40 \cdot 21 = 840$$

$$\begin{array}{r} 3360 - 840 = 2520 \\ \hline 252 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 16 \cdot 16 = 160 - \quad 17 \cdot 17 = 170 + \\ 16 \cdot 16 = 160 + 26 = 286 \end{array}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{max}}^2 &= 252 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \\ &= 252 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$I_{\text{max}} \approx 16 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

$$\text{Ответ: } I_{\text{max}} = \sqrt{252} \cdot 10^{-2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

M

$$V = 34 \text{ км/ч}$$

$$m = 0,3 \text{ т}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

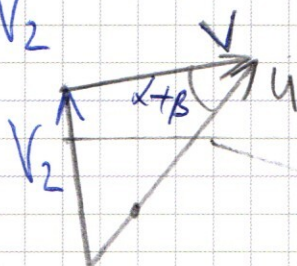
$$l = \frac{5R}{4}$$

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

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

1) U ?

2) V_2



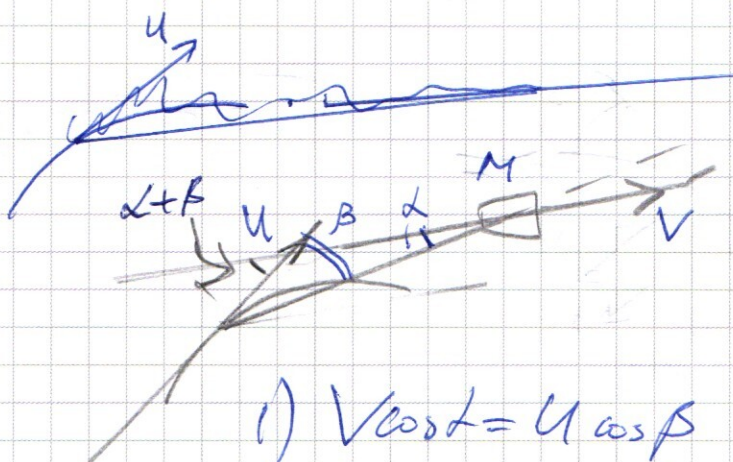
$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17}$$

$$= \frac{\sqrt{(17-15)(17+15)}}{17}$$

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

$$\sin \beta = \frac{8-9}{25} = \frac{4}{5}$$

$$34 \cdot 34 =$$



$$1) V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{34 \cdot 4}{3} = \frac{136}{3} \approx 45,33$$

$$= 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Ответ: $50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

B со

мудрм

$$\vec{U} = \vec{V} + \vec{V}_{\text{относ}}$$

$$\vec{V}_{\text{относ}} = \vec{U} - \vec{V}_{\text{непеченная}}$$

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

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \frac{9}{17} - \frac{32}{17 \cdot 5} = \frac{45 - 32}{17 \cdot 5} = \frac{13}{85}$$

$$V_2^2 = 34^2 + 50^2 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{13}{85}$$

$$= 34^2 + 50^2 - 40 \cdot 13 = 34^2 + 50^2 - 520 = 34^2 + 1980$$

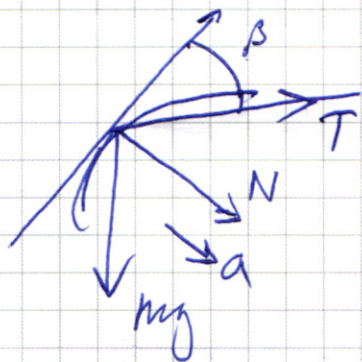
$$\begin{array}{r}
 34 \\
 34 \\
 \hline
 136 \\
 102 \\
 \hline
 1156 \\
 + 1980 \\
 \hline
 3136
 \end{array}$$

$$V_2^2 = 1156 + 1980 = 3136$$

$$V_2 = \sqrt{3136}$$

$$\text{Answer: } V_{\text{cm}} = \sqrt{3136} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T \cos \beta = mg$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. Дано:

d

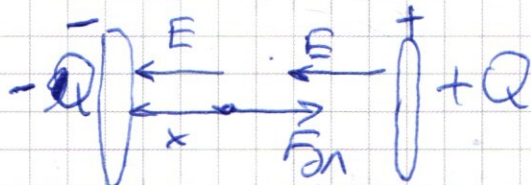
$$x = 0,3d$$

$$V_0 = 0,4/c$$

V_1

$$\frac{|q|}{m} = \gamma$$

1) ?

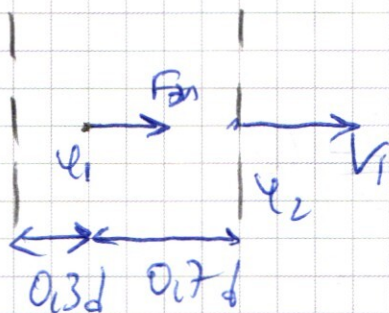


d

$0,5d - 0,3d = 0,2d$

$$\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \varphi_2 - \varphi_1 = 2E \cdot 0,2d$$

$$q(\varphi_2' - \varphi_1) = \frac{mv_2^2}{2}$$



$$F_{\text{эл}} = 2Eq$$

$$(\varphi_2 - \varphi_1) = 2E \cdot 0,7d$$

$$q(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{mv_1^2}{2q} = 1,4Ed \quad (1)$$

E.

$$E = \frac{2,89Ed}{m v_1^2}$$

$$ma = F_{\text{эл}} \quad a = \frac{F_{\text{эл}}}{m}$$

$$\text{из (1)} \quad E = \frac{mv_1^2}{2,89d}$$

$$a = \frac{2Eq}{m} = \frac{2qmv_1^2}{m \cdot 2,89d}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,2d$$

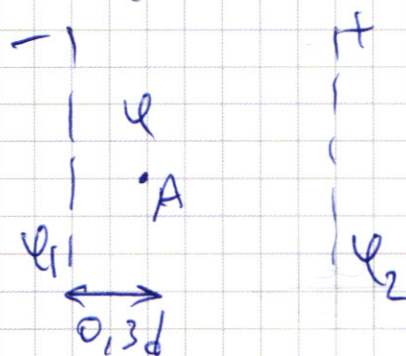
$$T^2 = \frac{0,4d}{a}$$

$$T^2 = \frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}$$

$$T = \frac{0,74d}{v_1}$$

$$E \left\{ T = \frac{10,56 d}{V_1} \right.$$

$$\varphi =$$



$$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \quad \text{Ойбер: } T = \frac{10,56 d}{V_1}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = C Q$$

$$\varphi_0 \Rightarrow$$

$$(\varphi_2 - \varphi_1) = 2 E d = F_{\text{эл}} d$$

$$g(\varphi_2 - \varphi_1) = k$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\epsilon_0 S \cdot Q}{d}$$

$$E = \frac{m V_1^2}{2,89 d} = \frac{Q}{2 \epsilon_0 S}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2 E d}{\gamma}$$

$$E = \frac{Q}{2 \epsilon_0 S}$$

$$\frac{m V_1^2}{2,89 d} = \frac{V_1^2}{2,89 d} = \frac{Q^2 \cdot \gamma \cdot 1,4}{2 \cdot d V_1^2}$$

$$\frac{V_1^2}{2,89 \gamma} = \frac{Q^2 \gamma \cdot 1,4}{2 V_1^2}$$

$$Q^2 = \frac{2 V_1^4}{2,8 \cdot 1,4 \cdot \gamma^2} = \frac{V_1^4}{(1,4)^2 \gamma^2}$$

$$\boxed{Q = \frac{V_1^2}{1,4 \cdot \gamma}}$$

$$\text{Ойбер: } Q = \frac{V_1^2}{1,4 \gamma}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. Дано:
 F ,

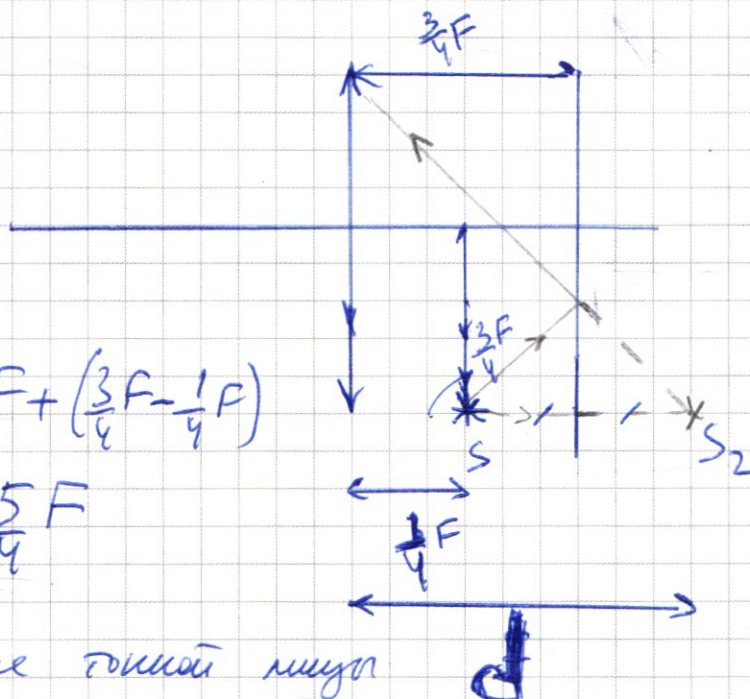
1) f ?

2) d ?

3) V_2 ?

$$d = \frac{3F}{4} + \left(\frac{3F}{4} - \frac{1F}{4}\right)$$

$$d = \frac{5F}{4}$$



по формуле тонкой линзы

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

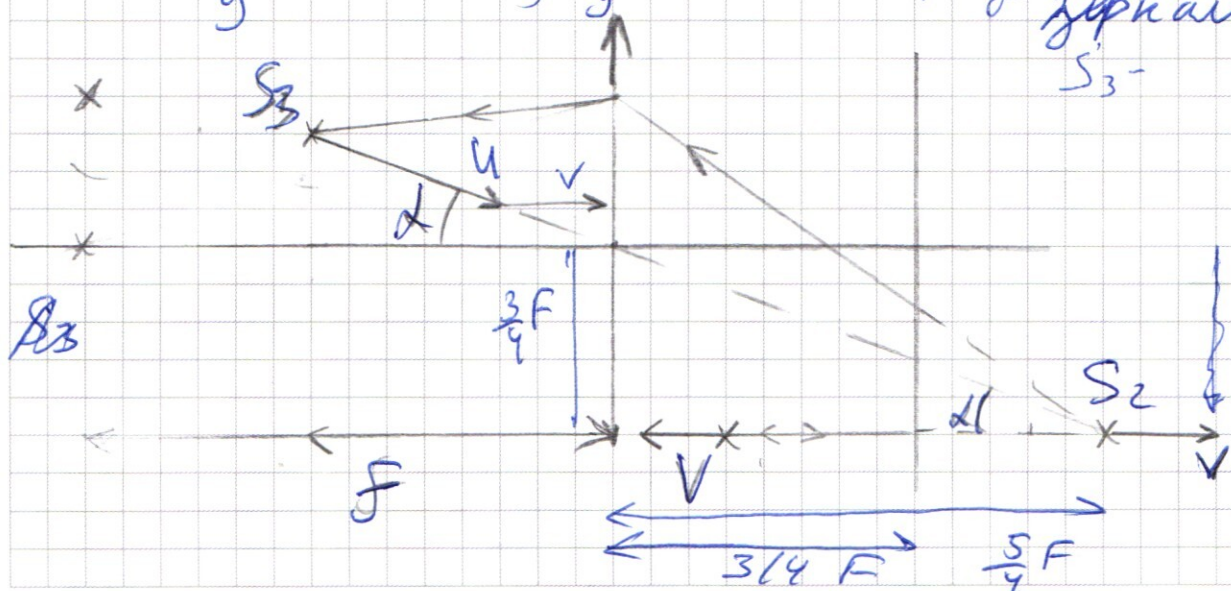
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{1}{d} = \frac{d+F}{Fd}$$

$$f = \frac{Fd}{d+F} = \frac{5F \cdot F}{4 \cdot \left(\frac{5F}{4} + F\right)} = \frac{5F \cdot 4}{4 \cdot 9} = \frac{5F}{9}$$

$$f = \frac{5F}{9}$$

Ответ: $f = \frac{5F}{9}$

~~$f = \frac{3F-F}{5F \cdot F}$~~
 ~~$\frac{5F \cdot 4}{4 \cdot 9} = \frac{5F}{9}$~~
перенесем в левую часть
 S_3



$$\cos \alpha = \frac{5F}{4 \sqrt{\left(\frac{3F}{4}\right)^2 + \left(\frac{5F}{4}\right)^2}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3F \cdot 4}{4 \cdot 5F} = \frac{3}{5}$$

Ойбер: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{5}$

U — скорость изобретения в CO зеркала

$$\frac{U \cos \alpha}{V} = r^2$$

т.е. $r = \frac{f}{d} = \frac{5F \cdot 4}{9 \cdot 5F} = \frac{4}{9}$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

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

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = \frac{1}{\frac{9}{25} + \frac{25}{25}} = \frac{25}{34}$$

$$\cos \alpha = \frac{5}{\sqrt{34}}$$

$$\frac{U \cdot 5}{\sqrt{34}} = \frac{16}{81}$$

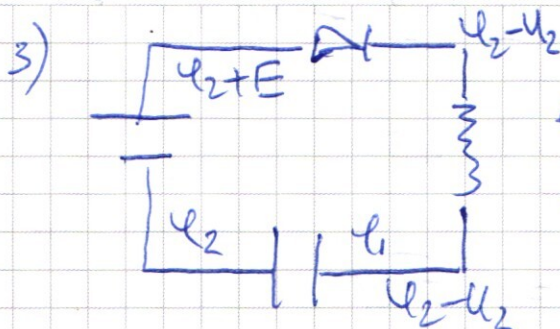
$$U = \frac{\sqrt{34} \cdot 16V}{405}$$

В CO Земли скорость много предель
S₂ будет равен 2V

$$U_2 \cos \alpha = r^2 \cdot 2V$$

$$U_2 = \frac{r^2 \cdot 2V}{\cos \alpha} = \frac{16 \cdot 2 \cdot V \cdot \sqrt{34}}{81 \cdot 5} = \frac{32\sqrt{34}V}{405}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



цель
в установившемся
режиме

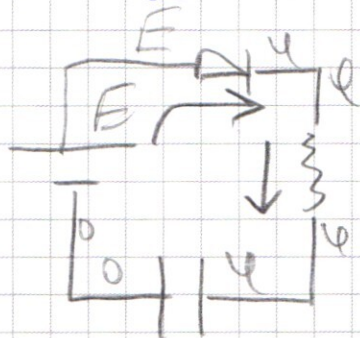
$$U_{L_{уст}} = 0.$$

В установившемся
режиме ток на
конденсаторе нет, значит

нет и в цепи. $\Rightarrow U_D = 0.$

$$U_2 + E = U_2 - U_2$$

$$U_1 = L I_1'$$

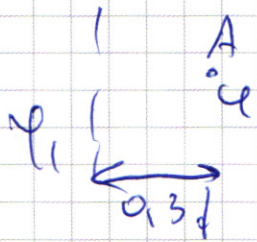


$$U_2 = -E$$

$$\text{Ответ: } U_2 = -6\text{В}$$

Задача 3

3) φ - потенциал в точке A



$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_2 \\ \varphi_1 \end{array} \right\} \quad \frac{mv_c^2}{2} = 2(\varphi - \varphi_\infty) =$$
$$= 2\varphi$$

$$\varphi_\infty = 0$$

$$\varphi_1 = ?$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2Ed$$

$$\varphi_2 - \varphi_A = 1.4Ed$$

$$\varphi_A - \varphi_1 =$$