

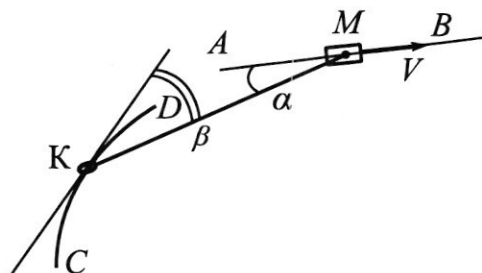
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.

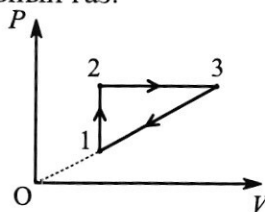
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

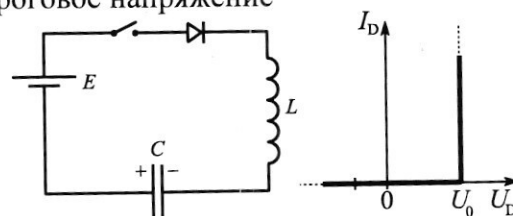
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

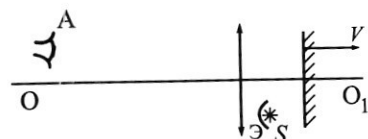


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

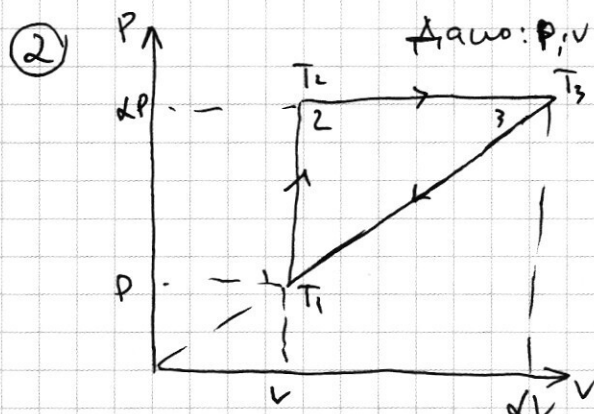
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



α - коэффициент
пропорциональности.
 $\alpha > 1$ т.к. $\alpha V > V$; $\alpha P > P$

Запишем закон
Бойля-Мариотта где
 $\Delta = \text{const}$

$$\frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha^2 PV}{T_3} \Rightarrow T_3 = \alpha^2 T_1$$

$$\frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha PV}{T_2} \Rightarrow T_2 = \alpha T_1$$

$$2) Q_{12} = \frac{3}{2} (\alpha PV - PV) = \frac{3}{2} PV(\alpha - 1)$$

$$\uparrow \Delta T_{12} = T_2 - T_1 = T_1(\alpha - 1) \Rightarrow C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12} \Delta} = \frac{3}{2} \frac{PV(\alpha - 1)}{(\alpha - 1)T_1 \Delta}$$

$$3) Q_{23} = \frac{5}{2} (\alpha^2 - \alpha) PV = \frac{5}{2} \alpha (PV(\alpha - 1))$$

$$\uparrow \Delta T_{23} = \alpha^2 T_1 - \alpha T_1 = \alpha T_1(\alpha - 1) \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} \frac{PV\alpha(\alpha - 1)}{2T_1(\alpha - 1)\Delta}$$

$$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

$$4) K = \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ? ; \Delta U_{23} > 0 ; A_{23} > 0 \Rightarrow$$

т.к. изобарный процесс

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} PV\alpha(\alpha - 1)$$

$$A_{23} = (\alpha V - V)\alpha P = \alpha PV(\alpha - 1) \Rightarrow K = \frac{3}{2}$$

$$5) \eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{ст}}} \rightarrow$$

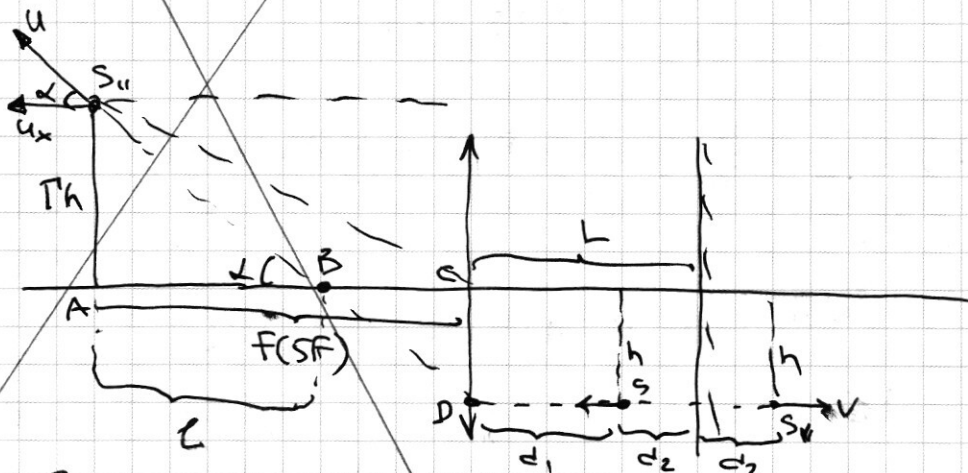
$$|Q| = |Q_{31}| = \frac{3}{2}(\alpha^2 PV - PV) + \frac{(\alpha V - V)(\alpha P + P)}{2} = 2PV(\alpha^2 - 1)$$

$$= \frac{PV}{2} (3d - 3 + 5d^2 - 5d - 2d^2 + 4) =$$

$$A_{\text{yucca}} = \frac{(2P-P)(2V-V)}{2} = \frac{PV(2-1)^2}{2}$$

$$A_{yukl} = A_2' - A_1 =$$

⑤ $F; h = \frac{3}{4}F$
 $d_1 = F/4$
 $L = \frac{3}{4}F$
 $F; d; u?$

~~$$\Rightarrow d_s = d = L + (L - d_1) = 2L - d_1 = \frac{3}{2}F - \frac{F}{4} = \frac{5F}{4}$$~~

~~$d \rightarrow F \Rightarrow$ изображение S_n будет действ.
перевести и увеличением:~~

$$\frac{\pi}{1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{\pi}{1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{\pi}{6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$+Q^+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} PV(\alpha-1) + \frac{5}{2} PV\alpha(\alpha-1)$$

$$A_{\text{yuk}} = \frac{(2V-U)(2P-P)}{2} = \frac{PV}{2} (2-1)^2$$

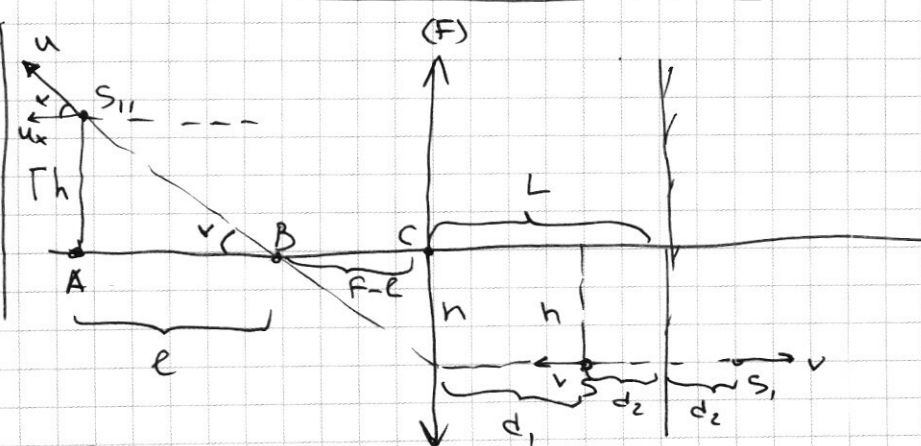
$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(\alpha-1)^2}{\frac{3}{2}(\alpha-1) + \frac{5}{2}\alpha(\alpha-1)} = \frac{(\alpha-1)^2}{3(\alpha-1) + 5\alpha(\alpha-1)} = \frac{\alpha-1}{3+5\alpha}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} = \frac{\frac{1}{2}(1 - \frac{1}{2})}{\frac{1}{2}(5 + \frac{3}{2})} = \frac{1}{5} \Rightarrow \text{максимально возможная: } 1/5$$

Orber: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$, $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{3}{2}$, $\eta_{\max} = \frac{1}{5}$

⑤ $F; h = \frac{3}{4}F$
 $d_1 = F/4$
 $L = \frac{3}{4}F$

 $P; \alpha; u - ?$



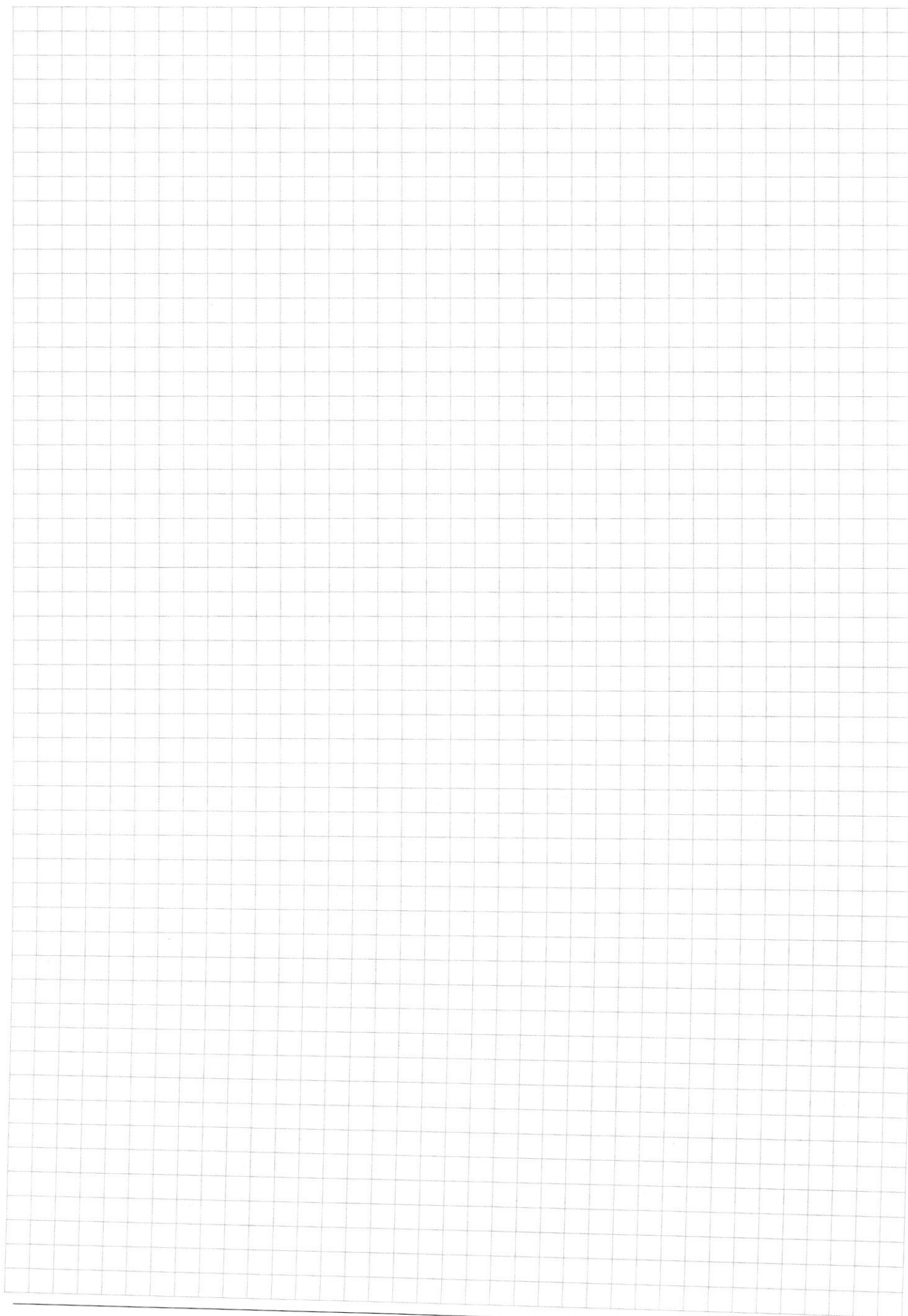
1) Источник S отражается в зеркале и оказывается на $(L-d_1)$ справа от него $\Rightarrow$

$$\Rightarrow d_{S_1} = d = L + (L - d_1) = 2L - d_1 = \frac{3}{2}F - \frac{F}{4} = \frac{5F}{4}$$

$d > F \Rightarrow$ изобращения S_n будут действовать.

перевёрнутые и увеличенные

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{p} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{dF} = \frac{\frac{S}{f} - F}{\frac{S}{f} F} =$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{5F} \Rightarrow \boxed{F = 5F}$$

2) Перейдем в СО зеркала, по свойству линз направление скорости изобр. и предмета пересекаются на линзе $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ см. рисунок

$$\triangle AS_1 B \sim \triangle DCB \Rightarrow \frac{\pi h}{e} = \frac{h}{f-e}$$

$$\pi - \frac{f}{d} = \frac{5F}{5F} 4 = 4. \Rightarrow$$

$$= \frac{4}{e} = \frac{1}{5F-e} \Rightarrow 20F - 4e = e$$

$$e = 4F \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi h}{e} =$$

$$= \frac{h}{F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = 1 + \frac{9}{16} = \frac{25}{16} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\cos \alpha = 4/5}$$

3) Заметим, что знаем угол:

$$u = \frac{u_x}{\cos \alpha}$$

$$u_{x0\pi} = \pi^2 v_{изобр} = \pi^2 v$$

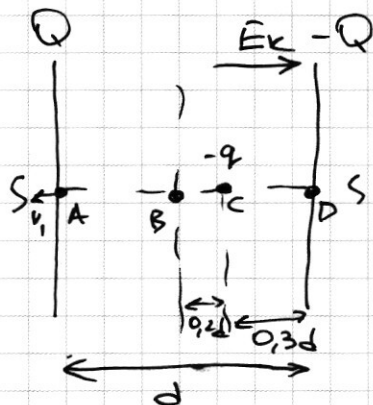
$$u_x = u_{x0\pi} - v \quad (\text{см рисунок}) \quad (u_y = \text{const})$$

$$= \cancel{\pi^2 v} \rightarrow v(\pi^2 - 1)$$

$$u = \frac{v(\pi^2 - 1)}{\cos \alpha} = \frac{v \cdot 15 \cdot 5}{4} = \frac{75v}{4}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } 5F; \cos \alpha = 4/5; u = \frac{75v}{4}}$$

③ Дано:
 $d; 0,3d;$
 $v_1; \gamma$
 $t; Q; v_2$



$$1) E_k = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

234:

$$-ma = E_k(-q)$$

$$\Rightarrow ma = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S m} = \frac{\gamma Q}{\epsilon_0 S} = \text{const}$$

2) Запишем закон сохранения энергии для точек A и C:

$$\varphi_C(-q) = \varphi_A(-q) + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = q(\varphi_A - \varphi_C)$$

$$\varphi_A - \varphi_C = E_k(0,5d + 0,2d) = 0,7 E_k d =$$

$$v_1^2 = \frac{1,4 Q \gamma d}{\epsilon_0 S} = \frac{0,7 Q \gamma}{\epsilon_0 S}$$

$$\boxed{Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 \gamma d}}$$

3) Т.к. $a = \text{const} \Rightarrow S_B - S_C = \frac{at^2}{2} + v_0 t = 0,2d$

$$t^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,4d \epsilon_0 S}{\gamma Q} = \frac{0,4d \cdot \epsilon_0 S \cdot 1,4 \gamma d}{\gamma \cdot v_1^2 \epsilon_0 S} = \frac{0,4 \cdot 1,4 d^2}{v_1^2} = \frac{0,56 d^2}{v_1^2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,56 d^2}{v_1^2}} = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,56}$$

$$\sim \boxed{0,75 \frac{d}{v_1}}$$

4) На бесконечно большом расстоянии

$\varphi_0 \Rightarrow$ Запишем закон сохр. энергии.
 $\varphi_C(-q) = \frac{mv_2^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Заметим, что напряженности на
пластинах равны, но отличаются по
знаку $\Rightarrow \varphi_A - \varphi_D = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$

$$2\varphi_A = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \varphi_A = \frac{Qd}{2\epsilon_0 S} = \frac{U_1^2 \epsilon_0 S d}{2,885 \times 10^{-14} \times 2,885 \times 10^{-14}} = \frac{U_1^2}{2,885}$$

ЗС $\Rightarrow$ можно записать и для левой
пластины:

$$\varphi_A(-q) + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \cancel{\varphi_D} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$-\frac{U_1^2}{1,4} + v_1^2 = v_2^2$$

$$-v_1^2 + 1,4v_1^2 = 1,4v_2^2 = 0,4v_1^2$$

$$v_2^2 = \frac{0,4}{1,4} v_1^2 = \frac{2}{7} v_1^2 \Rightarrow v_2 = v_1 \sqrt{\frac{2}{7}} \approx \boxed{0,54 v_1}$$

Ответ: $Q = \frac{U_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d}$; $T = 0,78 \frac{d}{v_1}$;

$$v_2 = 0,54 v_1$$

① Дано:

$$v = 34 \text{ см/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{SR}{4}$$

$$\cos \alpha = 15/17 \quad u - ? \quad T - ?$$

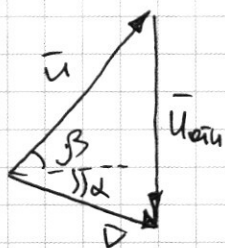
$$\cos \beta = 3/5 \quad \text{и что?}$$

1) В начальный момент

времени, работает усилитель

$$u \cos \beta = u \cos \alpha \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \text{ см/с}$$

2) $\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{v} + \vec{u}$



Теорема косинусов:

$$\Rightarrow u_{01}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = 8/17$$

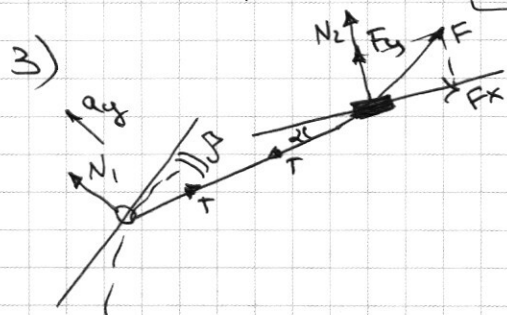
$$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - 9/25} = 4/5$$

$$\Rightarrow \cos(\alpha + \beta) = \frac{9}{17} - \frac{32}{85} = \frac{13}{85}$$

$$u_{01}^2 = 50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{85}$$

$$u_{01}^2 = 2500 + 1156 - \frac{2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot 13}{85} = 2500 + 1156 - 520 = 1980 + 1156 = 3136$$

$$u_{01} = \sqrt{3136} \approx 56 \text{ cm/s}$$



Уравнение 2-го закона Ньютона:

$$\begin{cases} T \cos \alpha = F_x \\ T \sin \alpha = F_y + N_2 \\ T \sin \beta = N_1 + \frac{u^2}{R} m \end{cases}$$

и кинетическая связь системы:

$$T - N_1 \sin \beta = F_x \cos \alpha + (N_2 + F_y) \sin \alpha - T$$

$$T - \frac{u^2}{R} m \sin \beta + T \sin^2 \beta = T \cos^2 \alpha + T \sin^2 \alpha - T$$

$$T(1 - \sin^2 \beta) = \frac{u^2}{R} m \sin \beta$$

$$T = \frac{\frac{u^2}{R} m \sin \beta}{(1 - \sin^2 \beta)} = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 289}{8 \cdot 0,53 \cdot 225} = \frac{289 \cdot 0,12}{225} \approx \frac{289}{3} \cdot 0,12 \approx 0,164$$

Ответ: $u = 50 \text{ cm/s}$
 $u_{01} = 56 \text{ cm/s}$; $T = 0,164$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$LI_m^2 = C(E + U_0 - U_1)(2E - E - U_0 - U_1)$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L}(E + U_0 - U_1)(E - U_0 - U_1) = \frac{600}{10^5}$$

$$\Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{C}{L}(E + U_0 - U_1)(E - U_0 - U_1)} =$$

$$= \sqrt{\frac{40 \cdot 5 \cdot 3}{10^6 \cdot 0,1}} = \sqrt{\frac{600}{10^5}} = \sqrt{\frac{6}{10^3}} \approx$$

$$\approx \frac{1}{10} \sqrt{\frac{6}{10}} = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{3}{5}} \approx 0,8 \cdot \frac{1}{10} \approx \boxed{0,08 \text{ A}}$$

3) В установившемся состоянии
ток через конденсатор не будет
течь $\Rightarrow$ не будет течь и через всю

цепь $\Rightarrow$ ~~W~~ $W_k = \frac{CU_2^2}{2}$

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

$$A_{\text{ист}} = E(CU_2 - CU_1)$$

(конденсатор поменяет
знак) $Q=0$.

$$A_{\text{ист}} = W_k - W_u$$

$$CE(U_2 - U_1) = \frac{C}{2}(U_2 + U_1)(U_2 - U_1)$$

$$2E = U_2 + U_1 \Rightarrow U_2 = 2E - U_1 = 10 \text{ В}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } 80 \text{ В/м; } 0,08 \text{ A; } 10 \text{ В}}$$

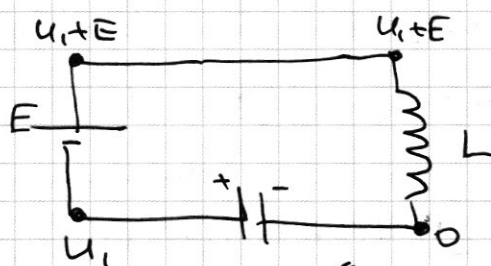
④) $C = 40 \text{ нФ}$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) После замыкания ключа ток на катушке резко не изменился $\Rightarrow$ и на диоде тоже $\Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow U_D = 0$

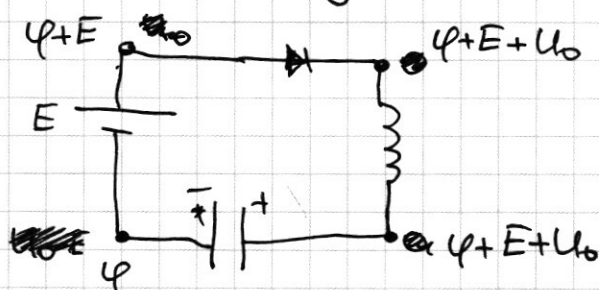


U_K - тоже скачки не изменилось. Используем метод потенциалов

$$L I_D' = U_1 + E \Rightarrow I_D' = \frac{U_1 + E}{L} =$$

$$= \frac{8 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 80 \text{ В/Гн}$$

2) Известно что при максимальном ~~токе~~ ~~напряжении на конденсаторе равно нулю~~, а на диоде установившееся напряжение U_0 . Напряжение на катушке становится нулевым, а на диоде $U_0 \Rightarrow$ конденсатор меньше полярность.



$$U_K = E + U_0$$

Запишем ЗСЭ:

$$A_{\text{ист}} = \Delta W + Q \quad (Q = 0)_{\text{диод}}$$

$$A_{\text{ист}} = E(q_K - q_U) = E(-CU_1 + C(U_0 + E)) =$$

$$= -CU_1 E + CE(U_0 + E) = CE(-U_1 + U_0 + E) =$$

$$= \cancel{CE(U_1 + U_0 + E)}$$

$$+ CE(-U_1 + U_0 + E) = -\frac{CU_1^2}{2} + \frac{C(E + U_0)^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$+ 2CE(-U_1 + U_0 + E) = C(E + U_0 - U_1)(E + U_0 + U_1) \neq \frac{LI_m^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_k = \frac{U_1^2 \epsilon_0 S}{1,48d} \Rightarrow E_k = \frac{U_1^2}{1,48d}$$

Заметим, что ЗСЭ можно записать и в другом виде

$$\varphi_A(-q) + \frac{mU_1^2}{2} = \frac{mU_2^2}{2}$$

Также заметим, что $\varphi_B = 0$ - это значит между пластинами потенциалов в пластине (т.к. вектор напряженности направлен к центру) и $0 \Rightarrow \varphi_B = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi_A = E_k d = \frac{U_1^2}{1,48}$$

$$\begin{aligned} & \Leftarrow \\ -\frac{U_1^2 q}{1,48} + \frac{mU_1^2}{2} &= \frac{mU_2^2}{2} \end{aligned}$$

$$-\frac{U_1^2}{0,7} + U_1^2 = U_2^2$$

$$\sqrt{\frac{2}{7}}$$

$$\frac{0,28}{1,0} \sim 0,28$$

$$5,2$$

$$0,52$$

①

Дано:

$$v = 34 \text{ см/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{SR}{4}$$

$$\cos \alpha = 15/17$$

$$\cos \beta = 3/5$$

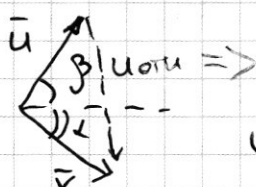
u ; $u_{отн}$; T ?

1) В начальный момент:

$$u \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} =$$

$$= \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \text{ см/с}$$

$$2) \quad \vec{u} = \vec{u}_{отн} - \vec{v}$$



Теорема Косинусов:

$$u_{отн}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

$$u_{отн}^2 = 50^2 + 34^2$$

$$\boxed{\text{отв } 6} \\ \boxed{1 - u - ?}$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = 8/17$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - 9/25} = 4/5$$

$$\Rightarrow \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= \frac{9}{17} - \frac{32}{85} = \frac{13}{85}$$

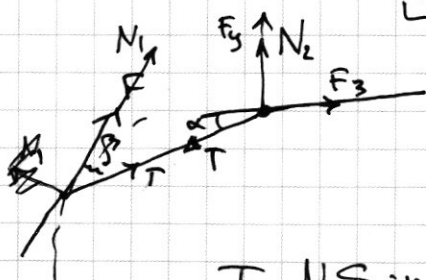
$$u_{отн}^2 = 50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \left(\frac{9}{17} - \frac{32}{85} \right) =$$

$$= 50^2 + 34^2 - 2 \left(\frac{50 \cdot 34 \cdot 13}{85} \right) = 50^2 + 34^2 - 520 =$$

$$2500 + 1156 - 520 = 1980 + 1156 \approx 3136$$

$$u_{отн} = \sqrt{3136} \approx 56 \text{ см/с}$$

3)



23u:

$$T \cos \alpha = F_3$$

$$T \sin \alpha = N_2 + F_y$$

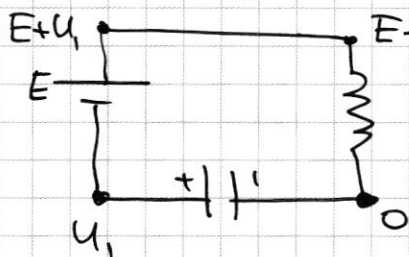
$$T - N_1 \sin \beta = F \cos \alpha + N_2 \sin \alpha + F_2$$

$$T - T \sin^2 \beta = \frac{u^2}{R} \sin \beta = T \cos^2 \beta - T \sin^2 \alpha - T$$

$$T = \frac{u^2}{R} \cdot \frac{\sin \beta}{1 - \sin^2 \alpha} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

из графика видим, что в момент
когда $U_D = U_0$ — он становится отриц.
Сразу после $U_D = 0 \Rightarrow$



$$\Rightarrow 1) E + U_1 = LI_0!$$

$$I_0 = \frac{E + U_1}{L} = \frac{8 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Когда ток максимальный $\Rightarrow U_C = 0$
когда $U_D = E > U_0 \Rightarrow$ просто учт.
 $\rightarrow$ тем же дж.

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

$$W_k = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$A_{\text{ист}} = E(0 - (-CU_1)) = CU_1 E$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + CU_1 E = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow I_m^2 = \frac{CU_1^2 + 2CU_1 E}{L}$$

$$= \frac{CU_1(U_1 + 2E)}{L} = \frac{40 \cdot 2(14) \cdot 10^6}{10^{-6} \cdot 0,1} =$$

$$\Rightarrow I_m = \sqrt{\dots} \quad \frac{0,2dQ}{\epsilon_0 S} = \frac{mV_k^2}{2}$$

$$\varphi_B - \varphi_C = E \kappa 0,2d$$

$$\varphi_C - \varphi_D = E \kappa 0,3d$$

$$\varphi_B - \varphi_D = E \kappa 0,5d$$

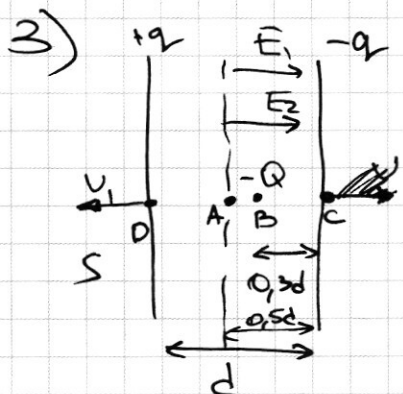
$$0,8$$

$$V_1 = at = \frac{5Q \cdot 0,75d}{\epsilon_0 S \cdot 4}$$

$$2\varphi_C - \varphi_D - \varphi_B = 0,1d E \kappa$$

$$2\varphi_C = 0,1d E \kappa + \varphi_D + \varphi_B$$

$$\sqrt{10,6} = 2,3 \quad \text{В}$$



$$U \neq 0 \quad E_k = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$-ma = -\frac{qQ}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{qQ}{\epsilon_0 S m} = \text{const} - \text{выгипс}$$

тыт:

$$S = 0,2d$$

$$S = \frac{at^2}{2} = 2d = \frac{q^2}{a}$$

$$\varphi_B(-Q) = \varphi_A(-Q) + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = Q(\varphi_A - \varphi_B)$$

$$0,2d = \frac{q^2 t^2}{2\epsilon_0 S}$$

$$\varphi_A - \varphi_C \quad \varphi_A - \varphi_B = \frac{q \cdot 0,2d}{\epsilon_0 S} = \frac{0,2dq}{\epsilon_0 S}$$

$$V^2 = \frac{0,4dqQ}{m\epsilon_0 S} = \frac{0,4dq\gamma}{\epsilon_0 S}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = 0,5dE_k$$

$$\varphi_A - \varphi_C = 0,7dE_k$$

$$\varphi_A - \varphi_D = dE_k$$

$$0,2d = \frac{V^2}{2a} = \frac{0,4dq\gamma}{\epsilon_0 S \cdot 2 \cdot qQ}$$

$$\varphi_B(-Q) = \varphi_D(-Q) + \frac{mV_1^2}{2}$$

$$4 \cdot 14 = 40 + 16 =$$

$$= 56$$

$$0,56$$

$$\frac{Qq \cdot 0,8d}{\epsilon_0 S} = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow \frac{1,6Qqd}{\epsilon_0 S m} = V_1^2$$

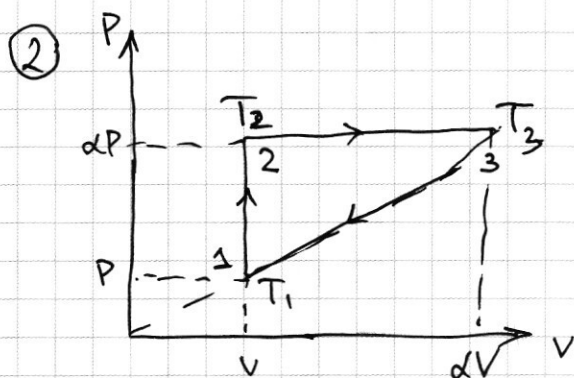
$$\frac{1,65qd}{\epsilon_0 S} = V_1^2 \Rightarrow$$

$$q = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,68d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{q \cdot V_1^2 \epsilon_0 S}{\epsilon_0 S \cdot 1,68d} = \frac{V_1^2}{1,68d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,2d = \frac{qt^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,4d V_1^2}{1,68d \cdot 0,4} = \frac{V_1^2}{0,4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



α - коэффициент
пропорциональности
 $\alpha > 1$ т.к. $\alpha V > V$ и $\alpha P > P$

Запишем закон
Бойля - Мариотта для
 $D = \text{const}$:

$$\frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha^2 PV}{T_3} \Rightarrow T_3 = \alpha^2 T_1$$

$$\frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha PV}{T_2} \Rightarrow T_2 = \alpha T_1$$

~~Каждому~~
~~процессу~~
 ~~$T_2 = \alpha T_1$~~

2) $Q_{12} = \frac{3}{2}(\alpha PV - PV) = \frac{3}{2}PV(\alpha - 1)$

$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = T_1(\alpha - 1) \Rightarrow C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12} D} = \frac{\frac{3}{2}PV(\alpha - 1)}{\frac{3}{2}T_1(\alpha - 1)D} =$

3) $Q_{23} = \frac{5}{2}(\alpha^2 - \alpha)PV = \frac{5}{2}\alpha PV(\alpha - 1) = \frac{3}{2} \frac{PV}{T_1 D}$

$\Delta T_{23} = \alpha^2 T_1 - \alpha T_1 = \alpha T_1(\alpha - 1) \Rightarrow C_{23} = \frac{\frac{5}{2}PV\alpha(\alpha - 1)}{\frac{5}{2}T_1(\alpha - 1)\alpha D} =$

4) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ?; \Delta U_{23} > 0; A_{23} > 0$

$= \frac{5PV}{2T_1 D} \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5}}{\frac{3}{5}} = \boxed{\frac{3}{5}}$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}PV\alpha(\alpha - 1)$

$A_{23} = (\alpha V - V)\alpha P = \alpha PV(\alpha - 1) \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \boxed{\frac{3}{2}}$

5) $\eta = \frac{Q^+ - |Q^-|}{Q^+}; Q^+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}PV(\alpha - 1) + \frac{5}{2}PV\alpha(\alpha - 1)$
 $|Q^-| = |Q_{31}| = \frac{3}{2}(\alpha^2 PV - PV) + \frac{(\alpha V - V)(\alpha P + P)}{2}$

$$Q^* = \frac{3}{2}PV(\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2}PV(\alpha^2 - 1) = 2PV(\alpha^2 - 1)$$

Запишем η сразу сократив (PV)

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

$$\eta = \frac{3\alpha - 3 + 5\alpha^2 - 5\alpha - 4\alpha^2 + 4}{3\alpha - 3 + 5\alpha^2 - 5\alpha} = \frac{\alpha^2 - 2\alpha + 1}{5\alpha^2 - 2\alpha - 3} =$$

$$= \frac{(\alpha - 1)^2}{(\alpha - 1)(\alpha + 3/5)} = (\alpha \neq 1; \alpha \neq -3/5)$$

$$= \frac{\alpha - 1}{\alpha + 3/5} - \text{максимум?} \sim$$

$$\alpha = 1; -3/5$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 56 \\ \times 56 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1336 \\ 280 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3196 \\ 34 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 136 \\ 102 \\ \hline \end{array}$$

$$\varphi_A + \varphi_D = 2\varphi_C + 0,4E$$

$$\varphi_A + \varphi_D$$

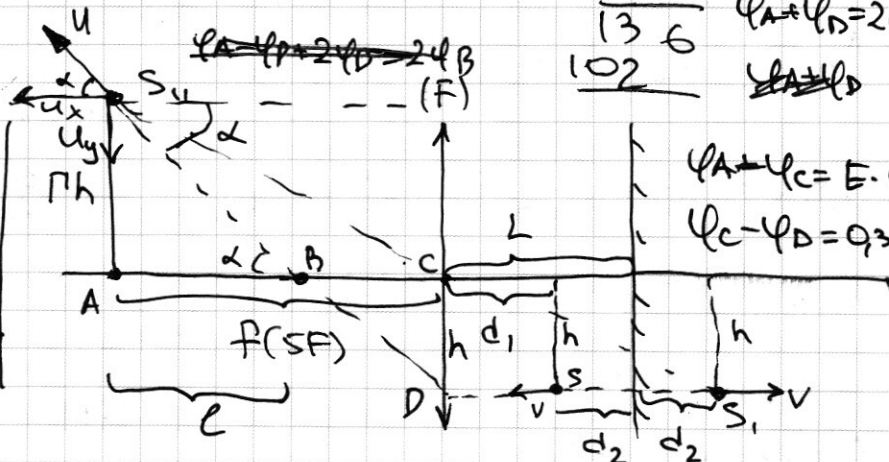
$$\varphi_A - \varphi_B = \varphi_B - \varphi_D \Rightarrow \boxed{\varphi_A + \varphi_D = 2\varphi_B}$$

⑤ $F; h = \frac{3}{4}F$

$$d_1 = F/4$$

$$L = 3/4 F$$

$$F; \alpha; u - ?$$



1) Источник S отражается в зеркале и окажется на $(L - d_1)$ справа от него $\Rightarrow$

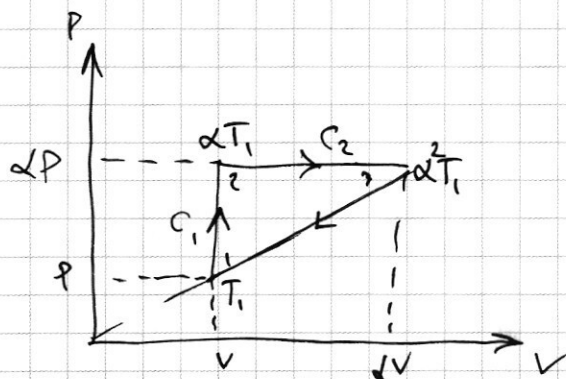
$$\Rightarrow d_s = d = L + (L - d_1) = 2L - d_1 = \frac{3}{2}F - \frac{F}{4} = \frac{5F}{4}$$

$d > F \Rightarrow$ изображение S_1 - будет переверну, действительным и увелич.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{dF} = \frac{\frac{5F}{4} - F}{\frac{5F}{4} \cdot F} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



$$1) \frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha^2 PV}{T_2} \Rightarrow T_2 = \alpha^2 T_1$$

$$\frac{PV}{T_1} = \frac{\alpha PV}{T_3} \Rightarrow \alpha T_1 = T_3$$

$$\alpha > 1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (\alpha PV - PV) =$$

$$C_1 = \frac{Q_{12}}{\Delta T}$$

$$= \frac{3}{2} PV(\alpha - 1) \Rightarrow C_1 = \frac{3 PV(\alpha - 1)}{2 \alpha T_1 (\alpha - 1)} = \frac{3 PV}{2 \alpha T_1}$$

$$\frac{2 \cdot 4}{12} = \frac{12}{19}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} (\alpha^2 PV - \alpha PV) = \frac{5}{2} PV(\alpha^2 - \alpha) = \frac{5}{2} PV \alpha (\alpha - 1)$$

$$\Delta T_2 = \alpha^2 T_1 - \alpha T_1 = \alpha T_1 (\alpha - 1)$$

$$C_2 = \frac{5 PV(\alpha - 1)}{2 \alpha T_1} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{0.12}{224} =$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} \quad \Delta U_{23} > 0; \quad A_{23} > 0 \quad t_2 = \alpha V_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} PV(\alpha - 1)$$

$$0.7d = \frac{U_1^2 \epsilon_0 S}{2 \cdot 80 \cdot 289} \times 0.0049$$

$$A_{23} = (\alpha V - V) \alpha P = \alpha P(\alpha V - V) = \alpha PV(\alpha - 1)$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{2661}{289} = 4PV(\alpha - 1)$$

$$3) \eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+}; \quad Q^+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} PV(\alpha - 1) + \frac{5}{2} PV \alpha (\alpha - 1)$$

$$Q^- = Q_{31} = \frac{3}{2} (\alpha^2 PV - PV) + \frac{(\alpha V - V)(\alpha P + P)}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} PV(\alpha^2 - 1) + \frac{PV(\alpha^2 - 1)}{2} = \frac{2}{2} PV(\alpha^2 - 1)$$

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

$$= \frac{3\alpha - 3 + 5\alpha^2 - 5\alpha - 4\alpha^2 + 4}{3\alpha - 3 + 5\alpha^2 - 5\alpha} = \frac{\alpha^2 - 2\alpha + 1}{5\alpha^2 - 2\alpha - 3} = \frac{(\alpha-1)^2}{5\alpha^2 - 2\alpha - 3}$$

$$= \frac{(\alpha-1)^2}{(\alpha-1)(\alpha+3/5)} =$$

$$\alpha = 1; \alpha = -3/5$$

$$D = 4 + 60 = 64$$

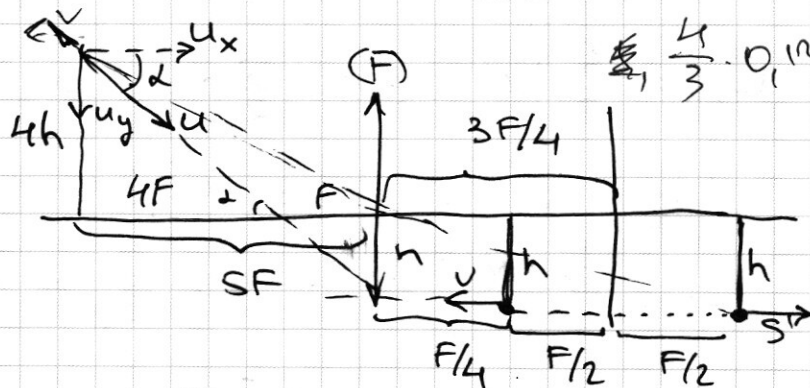
$$\alpha_{1,2} = \frac{2 \pm 8}{10} = -$$

$$= \frac{\alpha-1}{\alpha+3/5} - \max - ? \quad \alpha \neq -3/5$$

$$(\alpha-1)(\alpha+3/5) = 0 \quad \alpha = 1; \alpha = -3/5$$

$$\alpha = -3/5 \Rightarrow \alpha = 2/5$$

5) F_1
 $h = \frac{3F}{4}$
 $d_1 = F/4$
 $L = 3F/4$
 $P; \alpha; u?$



$$1) d_1 = \frac{F}{4} + \frac{F}{2} + \frac{F}{2} = \frac{SF}{4}$$

$$d_1 > F \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1} = \frac{d_1 - F}{F d_1} =$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{F \cdot \frac{SF}{4}}{\frac{1}{4}F} = SF$$

$$2) \Gamma = \frac{P}{d} = \frac{SF}{SF} 4 = 4$$

$$\tan \alpha = \frac{4h}{4F} = \frac{h}{F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + \frac{9}{16}} = \frac{16}{25} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$3) u_x = \pi^2 v$$

$$u_y = \pi^2 v$$

$$u = \frac{u_x}{\cos \alpha} = \frac{5}{4} \pi^2 v$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

