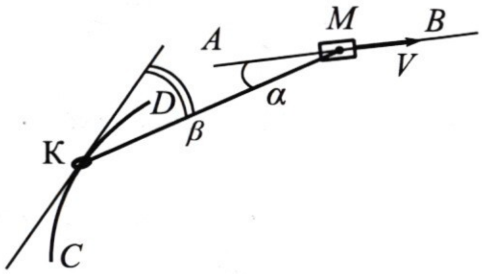
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-04

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

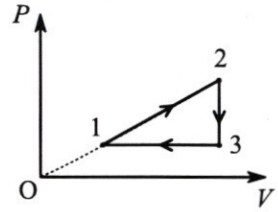
**1.** Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha(\cos\alpha = 4/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 8/17)$ 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



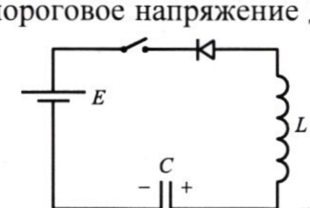

**3.** Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния $d$ между обкладками. Напряжение на конденсаторе $U$. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью $V_1$ и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки. S дано

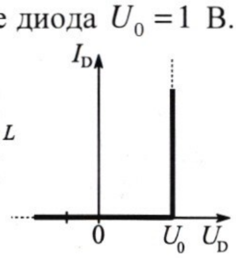
1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время $T$ после влета в конденсатор частица вылетит из него?
? 3) Найдите скорость $V_0$ частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

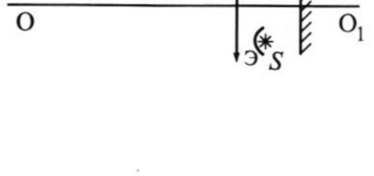
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение $U_2$ на конденсаторе после замыкания ключа.

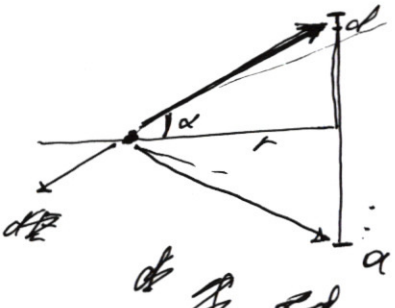



**5.** Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием $F$, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника $S$ может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси $OO_1$ линзы. Источник $S$ находится на расстоянии $8F/15$ от оси $OO_1$ и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью $V$ вдоль оси $OO_1$. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом $\alpha$ к оси $OO_1$ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

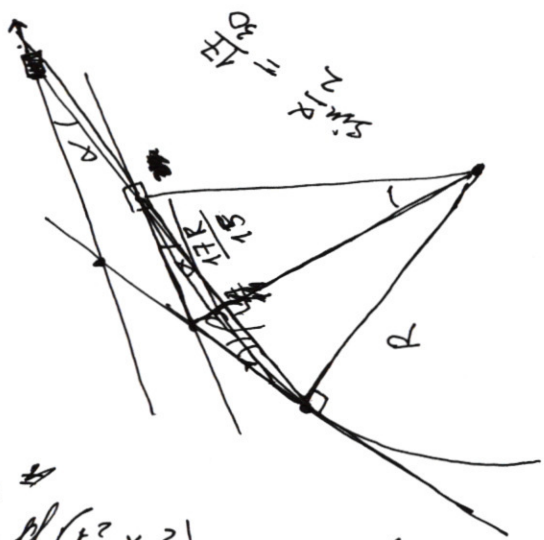




$\sigma dl \cdot dx$

$k\sigma\Omega$

$k\sigma\Omega \quad\quad \Omega_1 - \Omega_2$



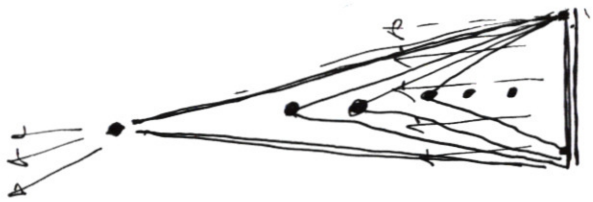
$$d\left(\sqrt{r^2-x_0^2}\right) = \frac{d(r^2-x_0^2)}{2\sqrt{r^2-x_0^2}} = \frac{2rdr}{2\sqrt{r^2-x_0^2}}$$

$k\Omega\sigma$

$k\sigma\Omega$

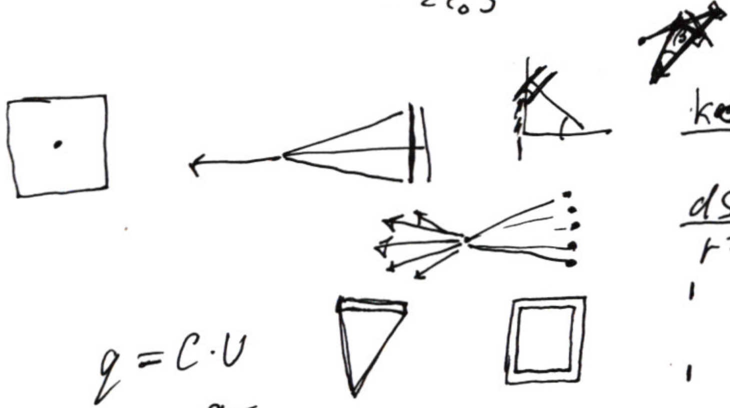
$$\frac{q}{2S\varepsilon_0} = \frac{U}{d}$$

$$q = \frac{2US\varepsilon_0}{d}$$



$$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$$

$\cancel{k\sigma\Omega} = E$



$\cos\beta$

$$\frac{k\sigma dS}{r^2} \cos \frac{k\sigma dS}{r^2}$$

$$\frac{dS}{r^2} \quad \Omega \sim \frac{1}{r^2}$$

$$k\sigma\Omega \sim \frac{1}{r^2}$$

$$L \cdot \frac{A}{C} = B$$

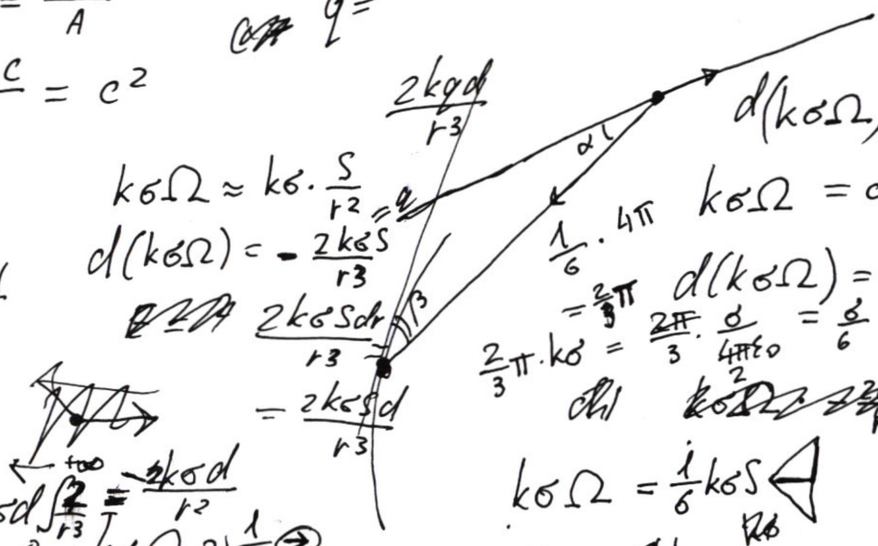
$$C \cdot B = B k_1 \Rightarrow C$$

$$C = \frac{k_1}{k B}, \quad L = \frac{B \cdot C}{A}$$

$$LC = \frac{k_1 \cdot C}{A} = c^2$$

$q = C \cdot U$

$q =$



$$\frac{2kqd}{r^3}$$

$$d\,\frac{kq}{r^2} = \frac{2kq}{r^3}$$

$$k\sigma\Omega \approx k\sigma \cdot \frac{S}{r^2}$$

$$d(k\sigma\Omega) = -\frac{2k\sigma S}{r^3}$$

$$\frac{2k\sigma S dr}{r^3}$$

$$= \frac{2k\sigma S d}{r^3}$$

$$d(k\sigma\Omega) = \text{const} \cdot -\frac{2dr}{r^3}$$

$$k\sigma\Omega = \text{const} \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$\frac{1}{6} \cdot 4\pi = \frac{2}{3}\pi \quad d(k\sigma\Omega) = \text{const} \cdot -\frac{2dr}{r^3} =$$

$$\frac{2}{3}\pi \cdot k\sigma = \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{6} = -\frac{2dr}{r} \cdot k\sigma\Omega$$

$$k\sigma\Omega = \frac{1}{6} k\sigma S$$

$$\int_0^{+\infty} \frac{2k\sigma d}{r^3} = 2k\sigma d \int_0^{+\infty} \frac{2}{r^3} = \frac{-2k\sigma d}{r^2}$$

$$k\sigma\Omega \sim \frac{1}{r^2}$$

$dr$

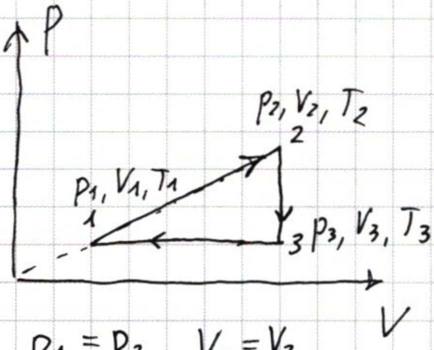
$v_1$

$$\Omega \sim \frac{S}{r^2}$$

$$\frac{\sigma\Omega}{4\pi\varepsilon_0} \quad k\sigma\Omega$$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

## Задача 2




$p_1 = p_3, \quad V_2 = V_3$

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

1) $1 \to 2$: $pV = \nu RT \Rightarrow p_2V_2 - p_1V_1 = \nu R(T_2 - T_1)$

$p_2V_2 > p_1V_1 \Rightarrow T_2 > T_1$

темп. повышалась

$p_3V_3 - p_2V_2 = \nu R(T_3 - T_2)$ на $2 \to 3$

$p_3V_3 < p_2V_2 \Rightarrow T_3 < T_2$

пониж. темп.

$C$ на $2 \to 3$ $= C_V = \frac{3}{2}R$ для одноат. газа

$p_1V_1 - p_3V_3 = \nu R(T_1 - T_3)$ на $3 \to 1$

$p_1V_1 < p_3V_3 \Rightarrow T_1 < T_3 \Rightarrow$ пониж. темп.

$C$ на $3 \to 1$ $= C_p = C_V + R = \frac{5}{2}R$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} = 0{,}6$$

2) $\begin{cases} \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) \\ A_{12} = \frac{p_2 + p_1}{2} \cdot (V_2 - V_1) \text{ (пл. трап.)} \\ p_2V_2 - p_1V_1 = \nu R(T_2 - T_1) \end{cases}$

$A_{12} = \frac{1}{2}\left(p_2V_2 - p_2V_1 + p_1V_2 - p_1V_1\right)$

т.к. $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$, то $p_1V_2 - p_2V_1 = 0 \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2}(p_2V_2 - V_1p_1) =$

$= \frac{1}{2} \cdot \nu R(T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)} = 3$

3) $A_{итогов.} = A = |A_{12}| - |A_{31}| = \frac{(p_2-p_1)(V_2-V_1)}{2}$ (пл. Δ-а 1→2→3)

$\Delta Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 4A_{12} = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \nu R(T_2 - T_1) = 2\nu R(T_2 - T_1)$

$\Delta Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 0 + \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) < 0$

$\Delta Q_{31} = C_p \cdot \nu(T_1 - T_3) = \frac{5}{2}R\nu(T_1 - T_3) < 0$

$\Delta Q_{12} > 0 \Rightarrow \eta = \frac{A}{\Delta Q_{12}} = \frac{(p_2-p_1)(V_2-V_1)\cdot\frac{1}{2}}{2\nu R(T_2-T_1)}$

Пусть $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = k > 1$.

$\cancel{\eta = \frac{(k-1)^2 p_1 V_1 \cdot \frac{1}{2}}{}}$ $2\nu R(T_2 - T_1) = 2\cdot(p_2V_2 - p_1V_1) =$

$= 2\cdot(k^2-1)\cdot p_1V_1 = \Delta Q_{12}$

$\eta = \frac{A}{\Delta Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2}\cdot(k-1)^2\cdot p_1V_1}{2\cdot(k^2-1)\cdot p_1V_1} = \frac{1}{4}\cdot\frac{(k-1)^2}{(k-1)(k+1)} =$

$= \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{1}{4}\cdot\left(\frac{k+1-2}{k+1}\right) = \frac{1}{4}\cdot\left(1 - \frac{2}{k+1}\right)$

$\cancel{\left(\frac{k-1}{4(k+1)}\right)'_k = \frac{1}{4}\cdot\left(\frac{(k-1)'\cdot(k+1) - (k+1)'\cdot(k-1)}{(k+1)^2}\right) = \frac{1}{4}\cdot\frac{(k+1)-(k-1)}{(k+1)^2} =}$

$\cancel{= \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{(k+1)^2}}$

Заметим, что $\eta = \frac{1}{4}\cdot\left(1 - \frac{2}{k+1}\right) < \frac{1}{4}$ при любом $k>1$

и что при $k \to +\infty$ $\eta \to \frac{1}{4} \Rightarrow \eta_{max} = \frac{1}{4}$.

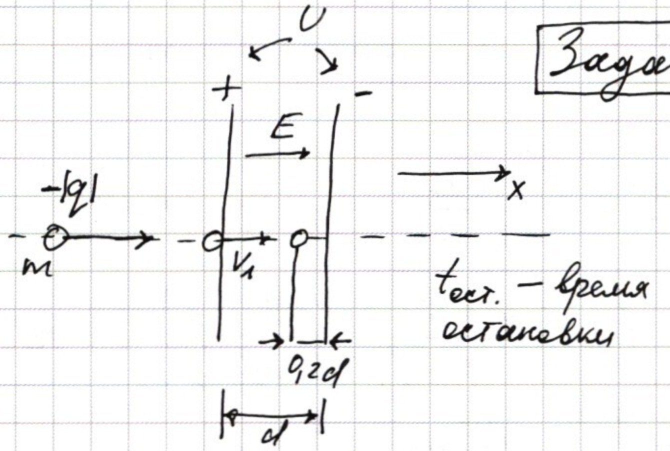
**Ответ:** 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} = 0{,}6$

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$

3) $\eta_{max} = \frac{1}{4}$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{\text{Задача 3}}$




1) Запишем в проекции на ось x:

$$\begin{cases} ma = -|q|E \\ V_1 t_{ост.} + \dfrac{a t_{ост}^2}{2} = d - 0{,}2d \\ Ed = U \\ V_1 + a t_{ост.} = 0 \end{cases}$$

$$a = -\frac{|q|E}{m} = -\gamma E$$

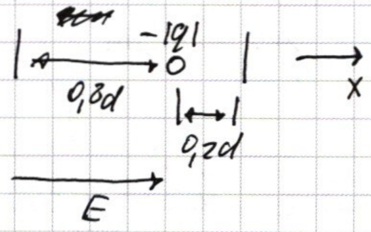
$$t_{ост.} = -\frac{V_1}{a}$$

$$-\frac{V_1^2}{2a} = 0{,}8d$$

$$V_1^2 = -0{,}8d \cdot 2a = 0{,}8d \cdot 2 \cdot \gamma E$$

$$E = \frac{U}{d} \Rightarrow V_1^2 = 1{,}6d\gamma \cdot \frac{U}{d} = 1{,}6\gamma U \Rightarrow \gamma = \frac{V_1^2}{1{,}6U} = \frac{5V_1^2}{8U}$$

2)




$$\begin{cases} ma = -|q|E \\ \dfrac{aT^2}{2} = -0{,}8d \\ E = \dfrac{U}{d} \\ \gamma = \dfrac{5V_1^2}{8U} = \dfrac{|q|}{m} \end{cases}$$

$$a = -\gamma E = -\gamma \cdot \frac{U}{d}$$

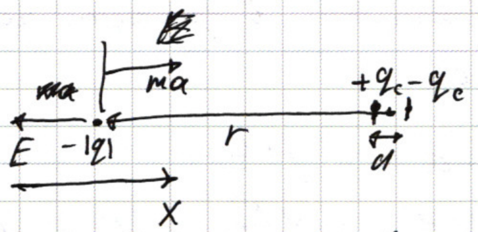
$$-\frac{\gamma U}{2d} \cdot T^2 = -0{,}8d \Rightarrow \gamma U T^2 = 1{,}6d^2 \Rightarrow \frac{5V_1^2}{8U} \cdot UT^2 = \frac{8}{5}d^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{5V_1^2}{8} \cdot T^2 = \frac{8}{5}d^2 \Rightarrow T^2 = \frac{8^2}{5^2} \cdot \frac{d^2}{V_1^2} \Rightarrow T = \frac{8d}{5V_1}$$

Причём частица вылетит туда же, откуда и прилетела.

3) На расстояниях, на которых поле от пластины начинает сильно отличаться от $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ и начинает зависеть от расстояния, можно рассматривать конденсатор как диполь с дипольным моментом $q_c \cdot d$.

$$\frac{q_c}{\varepsilon_0 \cdot S} = E = \frac{U}{d} \Rightarrow q_c = \frac{U\varepsilon_0 S}{d}$$ , $q_c$ – заряд на конд.




$$-|q|E = \left(-\frac{kq_c}{(r-\frac{d}{2})^2} + \frac{kq_c}{(r+\frac{d}{2})^2}\right)\cdot|q|$$

$$= kq_c\left(\frac{(r+\frac{d}{2})^2-(r-\frac{d}{2})^2}{(r-\frac{d}{2})^2\cdot(r+\frac{d}{2})^2}\right)\cdot|q| \approx$$

$$\approx kq_c|q|\cdot\frac{2rd}{r^4} = \frac{2kq_c|q|d}{r^3}$$ ввиду $d \ll r$

$$\frac{2kq_c|q|d}{r^3} = ma \Rightarrow \frac{2kq_c|q|d}{mr^3} = 2k\gamma d\cdot\frac{q_c}{r^3} = 2k\gamma d\cdot\frac{U\varepsilon_0 S}{dr^3} =$$

$$= 2k\gamma\cdot\frac{U\varepsilon_0 S}{r^3} = a$$

В момент вылета из конденсатора $V = V_1$.

Работа при отлёте на $+\infty$ равна

$$A = \int_{\frac{d}{2}}^{+\infty}(-ma)\,dr = \int_{\frac{d}{2}}^{+\infty} -\frac{2k\gamma U\varepsilon_0 Sm}{r^3}\,dr = k\gamma U\varepsilon_0 Sm\cdot\int_{\frac{d}{2}}^{+\infty}-\frac{2}{r^3}\,dr =$$

$$= \frac{k\gamma U\varepsilon_0 Sm}{r^2}\Bigg|_{\frac{d}{2}}^{+\infty} = 0 - \frac{k\gamma U\varepsilon_0 Sm}{(\frac{d}{2})^2} = -\frac{4k\gamma U\varepsilon_0 Sm}{d^2}$$

$$\frac{mV_1^2}{2}+A = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_1^2 + \frac{2A}{m} = V_0^2 \Rightarrow V_1^2 - \frac{8k\gamma U\varepsilon_0 S}{d^2} = V_0^2$$

**Ответ:**

1) $\gamma = \frac{5V_1^2}{8U}$

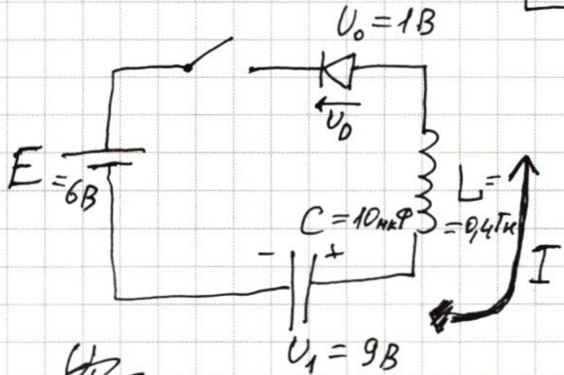
2) $T = \frac{8d}{5V_1}$

3) $V_0 = \sqrt{V_1^2 - \frac{2\gamma US}{\pi d^2}}$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

## Задача 4




1) Сразу после замыкания ключа ток = 0, т.к. на катушке ток не может возрастать скачкообразно ($\dot{I}$ конечно).

~~Его Заряд на конденсаторе тогда тоже равен, т.к. заряд не может мгновенно на него перейти.~~

~~$U_L =$~~

~~$U_L = 0$~~ ~~$L\dot{I}$~~

~~$E - L\dot{I} = 0$~~

~~$E - L\dot{I} - U_1 + U_D = 0$~~

~~$E - U_1 = L\dot{I} - U_D$~~

~~$E - U_1 = -3В = L\dot{I} - U_D < 0$~~

$E + L\dot{I} - U_1 + U_D = 0$

$L\dot{I} + U_D = U_1 - E = 3В$

Ток пытается начать течь против часовой стрелки, т.к. $U_1 - E > 0$, но в направлении открытия диода $\Rightarrow U_D = U_0 \Rightarrow L\dot{I} = U_1 - E - U_0 = 2В \Rightarrow$

$\Rightarrow \dot{I}$ в момент замыкания ключа равна $\frac{U_1 - E - U_0}{L} =$

$= \frac{2В}{0{,}4Гн} = 5\frac{А}{с}$

~~2) Ток потечёт против ЭДС $\Rightarrow$ работа ЭДС $= -Eq$, где $q$ — заряд, ушедший с конденсатора.~~

~~При максимальном токе~~

2) $E + L\dot{I} - U_c + U_D = 0$, $U_c$ – напряжение на конденсаторе

$\cancel{E}$ $I = -(C\cdot \dot{U_c}) = -C\cdot \dot{U_c} \Rightarrow \dot{I} = -C\cdot \ddot{U_c}$

$I \geq 0$ (диод не пускает ток в другую сторону) $\Rightarrow$

$\Rightarrow U_D = U_0$

$E + U_0 \cancel{+} - LC\cdot \ddot{U_c} - U_c = 0$

$\cancel{U_c}$ $U_c - E - U_0 + LC\cdot \ddot{U_c} = 0$

$(U_c - \ddot{E} - U_0) = \ddot{U_c} \Rightarrow (U_c - E - U_0)\cdot \frac{1}{LC} + (U_c - \ddot{E} - U_0) = 0$

Это ур-ие гарм. колебаний с $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

$U_c - E - U_0 = (U_1 - E - U_0)\cdot \cos(\omega t)$

$\cancel{I = \dot{U_c} = U_c}$ $I = -C\cdot \dot{U_c} = -C\cdot (\dot{U_c} - \dot{E} - \dot{U_0}) =$

$= -C\cdot (U_1 - E - U_0)\cdot (-\sin(\omega t))\cdot \omega = \omega(U_1 - E - U_0)\cdot C\sin(\omega t)$

$\Rightarrow I_{max} = \omega C (U_1 - E - U_0) = \frac{C}{\sqrt{LC}}\cdot (U_1 - E - U_0) = \sqrt{\frac{C}{L}}\cdot (U_1 - E - U_0) =$

$= \sqrt{\frac{10^{-5}Ф}{4\cdot 10^{-1}Гн}}\cdot 2В = \sqrt{\frac{10^{-4}}{4}}\cdot 2\,А = \frac{10^{-2}}{2}\cdot 2А = 0{,}01\,А$

3) ~~cos~~ $U_c - E - U_0$ убывает от $U_1 - E - U_0$ до $0$ с течением времени $t$ от $0$ до $\frac{\pi}{2\omega}$ – конденсатор разряжается, заряд с него утекает против часовой стрелки, образуя ток $I$. Когда величина $U_c - E - U_0$ станет равной $0$, напряжение на катушке станет равным $0 \Rightarrow$ ток не будет меняться. Затем величина $U_c - E - U_0$ станет $<0$, и направление напряжения на катушке поменяется – ток начнёт уменьшаться. В $t = \frac{\pi}{\omega}$ после замыкания ключа $I = 0$, а $U_c - E - U_0 = -(U_1 - E - U_0) = -2В$. ~~Конденсатор~~ После этого ток должен будет расти по часовой стрелке, но этого не произойдёт – помешает диод.

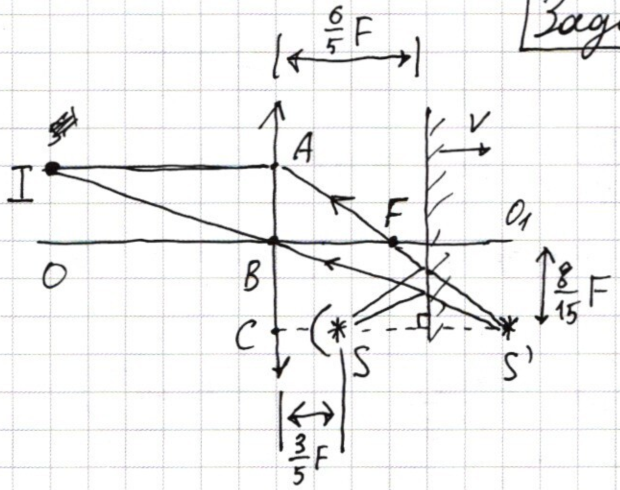
☐ черновик ☑ чистовик Страница № 6
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Таким образом, ~~заряд~~ $U_C - E - U_0$ останется равным $-2В$ $\Rightarrow$
$\Rightarrow U_{C_k} = E + U_0 - 2В = 7В - 2В = 5В$.

**Ответ:** 1) $\dot{I}_0 = 5\frac{А}{с}$
2) $I_{max} = 0{,}01$ А
3) $U_{C_k} = 5В$

## Задача 5




Выберем два луча, идущие от S, такие, что один из них проходит через фокус F линзы, а другой — через центр линзы B. A — точка прохождения луча SF через линзу, I — изображение источника.

Отразим S относительно зеркала: S' — образ S. Тогда ~~S'FA~~ S', F и A лежат на одной прямой, а точка отражения луча, идущего через B, лежит на BS'; B, S' и I коллинеарны. Т.к. луч FA идёт из фокуса, то он параллелен оптической оси после преломления ($IA \parallel OO_1$), а луч BS' не преломляется, т.к. он проходит через центр линзы (B, S' и I на одной прямой). C — точка пересечения SS' с плоскостью линзы

1) $\frac{AI}{AB} = \cancel{\frac{BC}{CS}}\ \frac{CS'}{BC}$

$CS' = CS + 2SS' = \frac{3}{5}F + 2\cdot\left(\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F\right) = \frac{3}{5}F + \frac{6}{5}F = \frac{9}{5}F$

$\frac{BF}{CS'} = \frac{AB}{AC}$, $\quad BF = F \Rightarrow \frac{5}{9} = \frac{AB}{AC} \Rightarrow 5AC = 9AB \Rightarrow AB = \frac{5}{9}AC$

$AC = AB + BC \Rightarrow \cancel{BC = A} \; BC = \frac{4}{9}AC \Rightarrow \frac{AB}{BC} = \frac{5}{4}$

$AI = CS'\cdot\frac{AB}{BC} = \frac{5}{4}CS' = \frac{5}{4}\cdot\frac{9}{5}F = \frac{9}{4}F$

$AI$ — расстояние от линзы до источника $\Rightarrow$ наблюдатель сможет увидеть изображение на расстоянии $\geqslant \frac{9}{4}F$

2) $AI = CS'\cdot\frac{AB}{BC} = (CS + SS')\cdot\frac{AB}{BC}$

$v_{Ix} = \dot{AI}$ — горизонт. скорость изображения (вдоль $OO_1$)

$AB\cdot CS' = AC\cdot BF = (AB + BC)\cdot BF$

$AB\cdot(CS' - BF) = BC\cdot BF \; \cancel{\Rightarrow \frac{AB}{BC} = \frac{BF}{CS'-BF} \Rightarrow AI = \frac{CS'\cdot BF}{CS'-BF}}$

$\cancel{AB = BC\cdot\frac{AB}{BC}}$ $\quad AB = \frac{BC\cdot BF}{CS' - BF}$, $\quad BC = const = \frac{8}{15}F$

$v_{Iy} = \dot{AB}$ — ~~горизонт.~~ перпендикулярная $OO_1$ скорость изображения (~~вдо~~ поперёк $OO_1$).

$v_{Ix} = \dot{AI} = \left(CS'\cdot\frac{AB}{BC}\right)^{\boldsymbol{\cdot}} = \left(CS'\cdot\frac{BF}{CS'-BF}\right)^{\boldsymbol{\cdot}} = \left(\frac{CS'\cdot BF}{CS'-BF}\right)^{\boldsymbol{\cdot}} =$

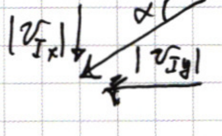
$= BF\cdot\frac{\dot{CS'}\cdot(CS'-BF) - (CS'-BF)^{\boldsymbol{\cdot}}\cdot CS'}{(CS'-BF)^2} = \frac{BF}{(CS'-BF)^2}\cdot$

$\cdot\left(\dot{CS'}\cdot CS' - \dot{CS'}\cdot BF - \dot{CS'}\cdot CS'\right) = -\frac{BF^2\cdot\dot{CS'}}{(CS'-BF)^2}$

$\dot{CS'} = 2V \Rightarrow v_{Ix} = -\frac{BF^2\cdot 2V}{(CS'-BF)^2}$

$v_{Iy} = \dot{AB} = \left(\frac{BC\cdot BF}{CS'-BF}\right)^{\boldsymbol{\cdot}} = BC\cdot BF\cdot\left(-\frac{(CS'-BF)^{\boldsymbol{\cdot}}}{(CS'-BF)^2}\right) = -\frac{BC\cdot BF\cdot 2V}{(CS'-BF)^2}$

$v_{Ix}$ напр. влево, а $v_{Iy}$ — вниз




$tg\,\alpha = \frac{|v_{Iy}|}{|v_{Ix}|} = \frac{BF^2\cdot 2V}{BC\cdot BF\cdot 2V} = \frac{BF}{BC} = \frac{F}{\frac{8}{15}F} = \frac{15}{8}$

$tg\,\alpha = \frac{15}{8}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $v_I = \sqrt{v_{I_x}^2 + v_{I_y}^2} = \sqrt{\dfrac{BF^4 \cdot 4V^2 + BF^2 \cdot BC^2 \cdot 4V^2}{(CS' - BF)^4}} =$

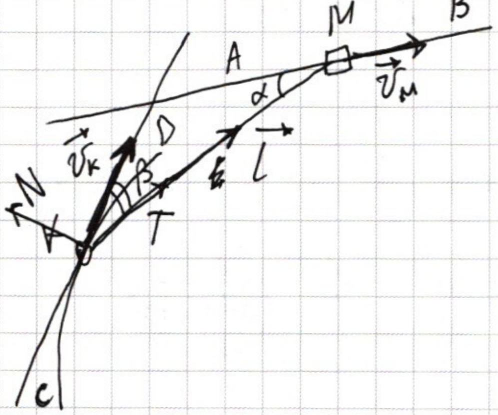
$= \dfrac{2V}{(CS'-BF)^2} \cdot \sqrt{BF^4 + BF^2 \cdot BC^2} = \dfrac{2V \cdot BF}{\left(\frac{9}{5}F - F\right)^2} \cdot \sqrt{BF^2 + BC^2} =$

$= \dfrac{2V \cdot F}{\left(\frac{4}{5}F\right)^2} \cdot \sqrt{F^2 + \left(\frac{8}{15}F\right)^2} = \dfrac{2VF^2}{16F^2} \cdot 25 \cdot \sqrt{\dfrac{225+64}{225}} =$

$= \dfrac{2V \cdot 25}{16} \cdot \dfrac{1}{15}\sqrt{289} = \dfrac{2V \cdot 25}{16 \cdot 15} \cdot 17 = \dfrac{V \cdot 5}{8 \cdot 3} \cdot 17 = \dfrac{85}{24}V$

Ответ:
1) На расст. $\geqslant \frac{9}{4}F$
2) $tg\,\alpha = \frac{15}{8}$
3) $v_I = \frac{85}{24}V$

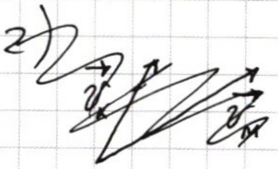
## Задача 1

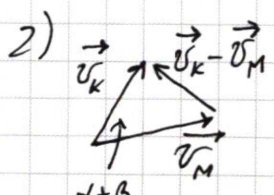



1) Муфта тянет за собой кольцо ⇒ нить натянута и больше растянуться не может ⇒ проекции скоростей муфты и кольца на ось троса равны $(|\vec{l} \cdot (\vec{v}_M - \vec{v}_K)| = \Delta MK = 0)$

$\Rightarrow v_M \cos\alpha = v_K \cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow v_K = \dfrac{v_M \cos\alpha}{\cos\beta} = 2\,\frac{м}{с} \cdot \dfrac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{8}{5} \cdot \frac{17}{8}\,\frac{м}{с} = \frac{17}{5}\,\frac{м}{с} = 3,2\,\frac{м}{с}$




Относительная скорость $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_K - \vec{v}_M$

угол между $\vec{v}_K$ и $\vec{v}_M$ равен $180° - (180° - \alpha - \beta) = \alpha + \beta$

$$v_{отн}^2 = v_м^2 + v_к^2 - 2 v_м v_к \cos(\alpha+\beta)$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{1-\frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

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

$$= -\frac{13}{85}$$

$$v_к = \frac{17}{5}\ м/с \Rightarrow v_{отн}^2 = \left(4 + \frac{17^2}{5^2} + 2\cdot 2\cdot\frac{17}{5}\cdot\frac{13}{85}\right)\frac{м^2}{с^2} =$$

$$= \left(\frac{100+289}{25} + \frac{4\cdot17\cdot13}{25\cdot17}\right)\frac{м^2}{с^2} = \left(\frac{389+52}{25}\right)\frac{м^2}{с^2} = \frac{441}{25}\frac{м^2}{с^2}$$

$$v_{отн} = \sqrt{\frac{441}{25}}\ \frac{м}{с} = \frac{21}{5}\frac{м}{с} = 4{,}2\ \frac{м}{с}$$

3) Для кольца $m\cdot\frac{v_к^2}{R} = \cancel{T\cdots} \; T\sin\beta - N$

$\cancel{T\cos\alpha} = T\cos\beta = a_к$

$a_к\cos\beta = \cancel{a_м \sin}\ a_м$ вдоль троса

$a_м$ вдоль троса $= (\dot{v_м\cdot\cos\alpha}) = v_м\cdot\dot{\cos\alpha}$

$\alpha+\beta = const \Rightarrow v_м\cdot\dot{\cos\alpha} = \cancel{v_м\cdot(-\sin\alpha)\cdot d\alpha} =$

$= \cancel{v_м \sin\alpha\, d\beta}$

$$\left(\frac{l}{\sin(\alpha+\beta)}\cdot\sin\beta\right) = const = v_м$$

$$\cancel{a_м}\quad \cancel{\sin\beta}\cdot\left(\frac{l}{\sin(\alpha+\beta)}\cdot\sin\beta\right)^{\cdot} = \cos\beta\cdot d\beta\cdot\underbrace{\frac{l}{\sin(\alpha+\beta)}}_{=const} =$$

$= \cancel{\cos\beta\cdot d}$

$$T = \frac{a_к}{\cos\beta} = \frac{a_м}{\cos^2\beta} = \frac{v_м\cdot\dot{\cos\alpha}}{\cos^2\beta} = v$$

**Ответ:** $v_м = 3{,}2\ \frac{м}{с}$

$v_{отн.} = 4{,}2\ \frac{м}{с}$