

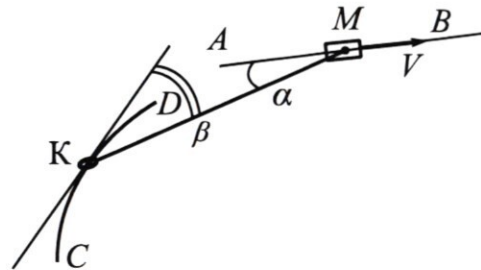
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



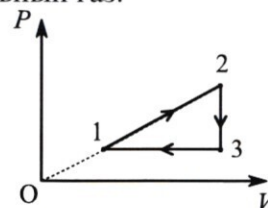
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



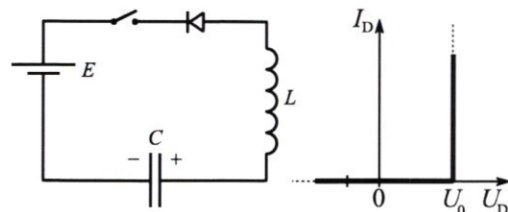
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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



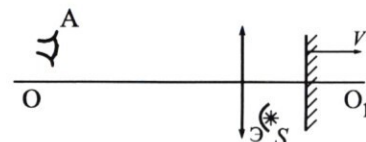
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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.

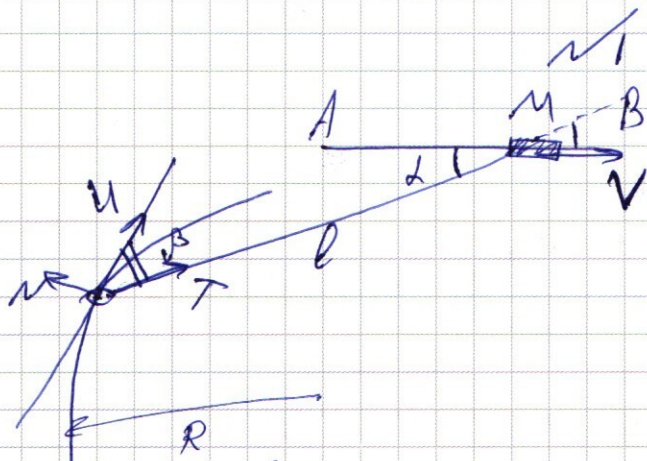
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



Закон наклона:

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

$$U = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) Перейдем в ИСО муфты:

$$\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_{\text{пер}}$$

Изобразим это в виде векторного треугольника скоростей:

~~Изобразим~~

$$W = V \cdot \sin \alpha + U \cdot \sin \beta =$$

$$= V \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} + U \sqrt{1 - \cos^2 \beta}$$

$$W = 40 \cdot \frac{4}{5} \frac{\text{см}}{\text{с}} + 51 \cdot \frac{15}{17} \frac{\text{см}}{\text{с}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3) В ИСО С.О.

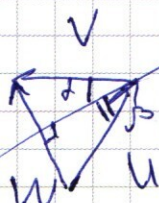
Из-н Ньютона:

$$O_n: m \cdot \frac{U^2}{R} = T \cdot \sin \beta - N$$

В И.С.О. муфты

Из-н Ньютона:

$$O_t: m \cdot \frac{W^2}{\rho} = T - N \cdot \sin \beta$$



П.к. $l = \text{const}$ в этой
С.О. кольцо будет
двигаться по окружности
радиуса l вокруг муфты.
Значит $\vec{W} \perp$ радиусу

O_n -ось, направленная вдоль
скорости
 O_t -ось, направленная
по радиусу

$$\begin{cases} m \frac{U^2}{R} = T \cdot \sin \beta - N \\ m \frac{W^2}{\rho} = T - N \cdot \sin \beta \end{cases}$$

$$m \frac{W^2}{\rho} = T - (T \cdot \sin \beta - m \frac{U^2}{R}) \cdot \sin \beta$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{\frac{1}{2}(P_1 + P_2)(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{-\frac{1}{2}(P_1 + \beta P_1)(\beta V_1 - V_1)}{\frac{1}{2}(P_1 + \beta P_1)(\beta V_1 - V_1) + \frac{3}{2}(\beta^2 P_1 V_1 - P_1 V_1)} =$$

$$= \frac{(\beta - 1)^2}{(\beta^2 - 1) + 3(\beta^2 - 1)} = \frac{\beta - 1}{4(\beta + 1)} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{\beta + 1} \right) \Rightarrow \eta_{\text{MAX}} = \frac{1}{4} \text{ при } \beta \rightarrow \infty$$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$
2) 4
3) $\frac{1}{4}$

$\sqrt{3}$

1) II-ой закон Ньютона:

$$ma = E \cdot q$$

$$E = \frac{U}{d}$$

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

$$V_1 = a \cdot T$$

$$\frac{4}{5}d = \frac{V_1}{2} \cdot T \Rightarrow T = \frac{8d}{5V_1}$$

$$2) \frac{4}{5}d = a \frac{T^2}{2}$$

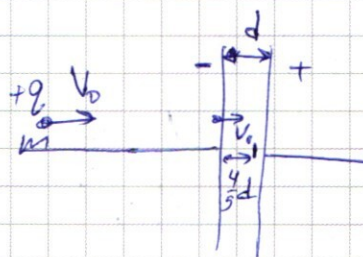
$$\frac{8d}{5T^2} = \frac{4\gamma}{d} \Rightarrow U = \frac{8d^2}{5T^2\gamma} = \frac{8d^2 \cdot 5V_1^2}{5\gamma \cdot 8d^2} = \frac{5V_1^2}{\gamma}$$

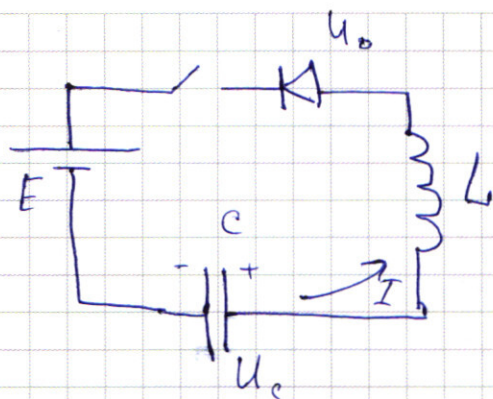
3) $\sqrt{U}$ поля вне конденсатора нет, $V_1 = V_0$

Ответ: 1) $t = \frac{8d}{5V_1}$

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

3) $V_0 = V_1$





И-ое правило Кирхгофа:
(Тока через открытый, $I=0$)

$$U_c - E = U_0 + L \cdot \dot{I}$$

$t=0$:

$$1) \dot{I} = \frac{U_1 - E - U_0}{L}; \dot{I} = \frac{6\text{В} - 3\text{В} - 1\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) I = -C \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

$$\dot{I} = -C \cdot \ddot{U}_c$$

$$\frac{U_c - E - U_0}{L} = -C \ddot{U}_c$$

$$\ddot{U}_c + \frac{U_c}{LC} - \frac{E + U_0}{LC} = 0$$

$$\tilde{U}_c = U_c - (E + U_0)$$

$$\tilde{U}_c = A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$U_c = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) + E + U_0 = A \cdot \cos(\omega t) + E + U_0; U_c(0) = U_1 \Rightarrow A = U_1 - E - U_0$$

$$\dot{U}_c = -A\omega \cdot \sin(\omega t + \varphi); \dot{U}_c(0) = 0 \Rightarrow \sin \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$I = -C \cdot \dot{U}_c = +C \cdot (U_1 - E - U_0) \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sin(\omega t); I_{\text{max}} = (U_1 - E - U_0) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 20 \text{ мА}$$

3) Когда ток впервые goes to zero:

$$I = 0 \Rightarrow \sin(\omega t) = 0 \Rightarrow t = \frac{\pi}{\omega}; U_{c2} = (U_1 - E - U_0) \cdot \cos(\pi) + E + U_0 = -U_1 + 2(E + U_0) = 2\text{В}$$

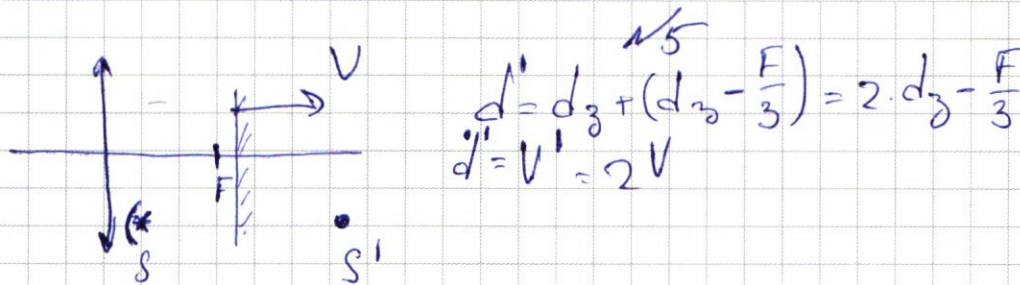
$$\text{И.к. уст. режим: } I = 0 \Rightarrow U_L = 0$$

$$\text{Ответ: } 1) \dot{I}(0) = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) I_{\text{max}} = 20 \text{ мА}$$

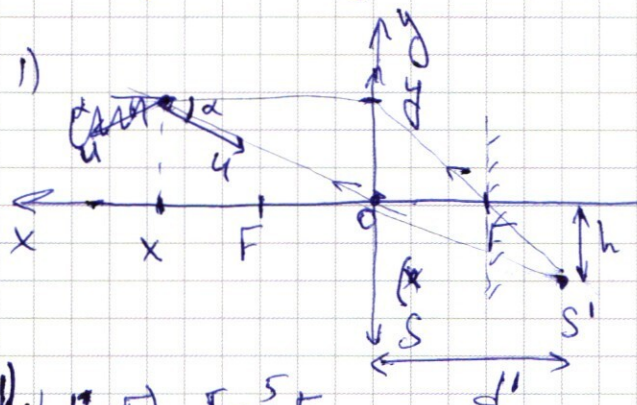
$$3) U_2 = 2\text{В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$d' = d_3 + \left(d_3 - \frac{F}{3} \right) = 2 \cdot d_3 - \frac{F}{3}$$

$$d' = v' = 2v$$



Уравнение тонкой пленки:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d'} + \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d'}} = \frac{F d'}{d' - F}$$

$$\frac{h}{d'} = \frac{y}{x} \Rightarrow y = x \cdot \frac{h}{d'} = \frac{Fh}{d' - F}$$

$$1) X(I_3 = F) = F \cdot \frac{5}{3} F$$

$$\frac{5}{3} F - F = \frac{2}{3} F$$

$$2) V_x = \dot{X} = F \cdot \frac{2V \cdot (d' - F) - d' \cdot 2V}{(d' - F)^2} = \frac{-2VF^2}{(d' - F)^2}$$

$$v_y = \dot{y} = Fh \cdot (-1) \frac{1}{(d' - F)^2} \cdot 2V = - \frac{2VFh}{(d' - F)^2}$$

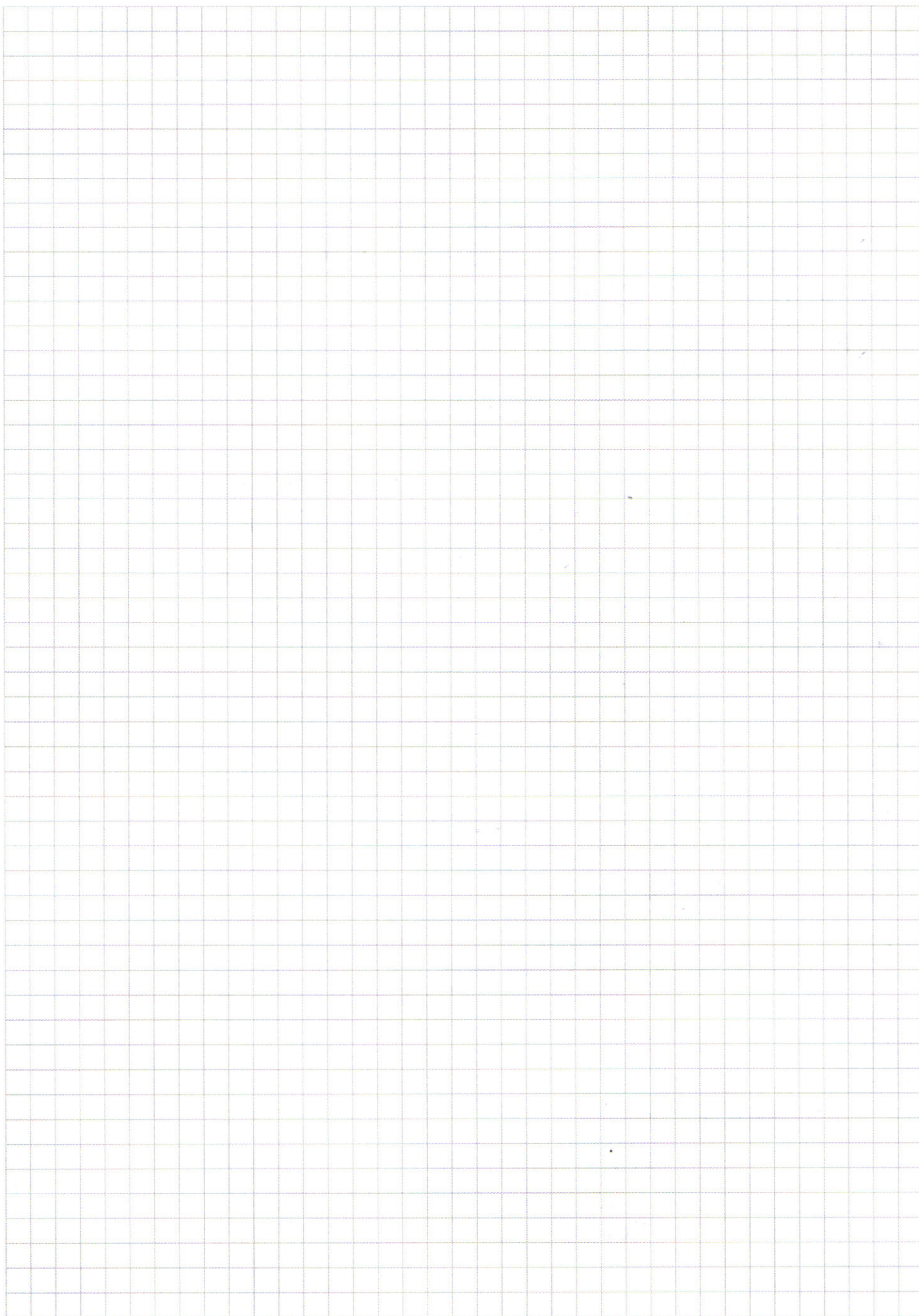
$$\tan \alpha = \left| \frac{v_y}{v_x} \right| = \frac{h}{F} = \frac{8}{15} = \text{const}$$

$$3) U = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{2VF}{(d'-F)^2} \sqrt{F^2 + l^2} = \frac{2VF^2}{(d'-F)^2} \sqrt{1 + \frac{8^2}{15^2}} = \frac{2VF^2}{(d'-F)^2} \cdot \frac{17}{15} = \frac{2VF^2}{\left(\frac{2}{3}F\right)^2} \cdot \frac{17}{15} = \frac{2V \cdot 3}{2} \cdot \frac{17}{5} = \frac{51}{10} V = 5,1 V$$

Om Beer. 1) $\frac{5}{2} F$

$$2) \lg 2 = \frac{8}{15}$$

3) 5,1 V

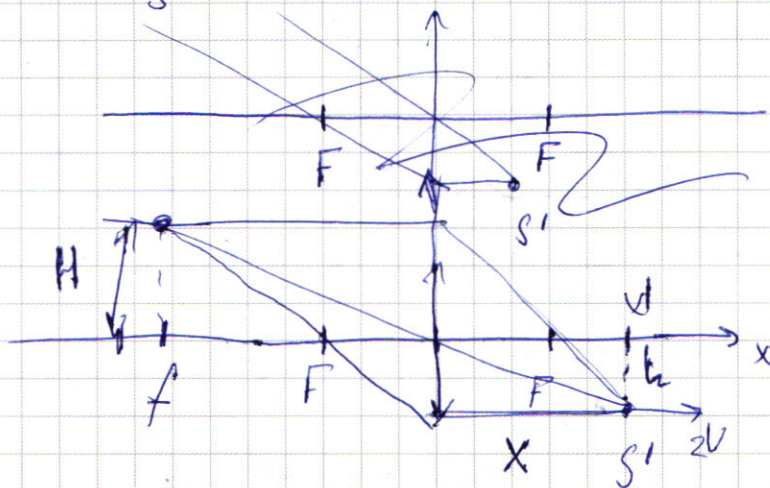


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$P_2 = \alpha \cdot V$
 $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1}$; $V_2 = \beta \cdot V_1$; $P_2 = \alpha V_2 = \alpha \beta V_1$
 $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot (P_2 - P_1) \cdot \frac{1}{2}}{Q_+}$
 $Q_+ = A + \Delta U = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} ((P_1 + P_2)(V_2 - V_1) + 3P_2 V_2 - 3P_1 V_1)$
 $U = \frac{3}{2} \nu R T$
 $\eta = \frac{(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)}{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1) + 3P_2 V_2 - 3P_1 V_1} = \frac{(\beta V_1 - V_1)(\alpha \beta V_1 - \alpha V_1)}{(\alpha V_1 + \alpha \beta V_1) + 3\alpha \beta V_1^2 - 3\alpha V_1^2} =$
 $= \frac{(\beta - 1)(\alpha \beta - \alpha)}{(\alpha + \alpha \beta)(\beta - 1) + 3\alpha \beta^2 - 3\alpha} = \frac{(\beta - 1)^2}{(\beta + 1)(\beta - 1) + 3(\beta^2 - 1)} = \frac{(\beta - 1)^2}{4(\beta^2 - 1)}$
 $= \frac{(\beta - 1)}{4(\beta + 1)}$
 $\beta = 2: \frac{1}{4 \cdot 3} = \frac{1}{12}$; $\beta = 3: \frac{1}{4 \cdot 4} = \frac{1}{16}$; $\beta = 4: \frac{1}{4 \cdot 5} = \frac{1}{20} = 0,05$
 $\beta = 5: \frac{1}{4 \cdot 6} = \frac{1}{24}$; $\beta = 6: \frac{1}{4 \cdot 7} = \frac{1}{28}$
 $\beta = 7: \frac{1}{4 \cdot 8} = \frac{1}{32}$
 $(6 - 3 - 1) \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 2}} = 2 \cdot 10^{-2}$



$$X = F; X' = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{X} + \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{x}} = \frac{x F}{x - F}$$

$$\frac{H}{f} = \frac{h}{x} \Rightarrow H = f \cdot \frac{h}{x} = \frac{F}{x-F} \cdot \frac{h}{x} = \frac{F \cdot h}{x-F};$$

$$Q5 \quad y = \frac{dH}{dt} = Fh \cdot (-1) \frac{2V}{(x-F)^2} = -\frac{2FhV}{(x-F)^2}; \quad V_x = \frac{df}{dt} = \frac{15}{225}$$

$$\frac{1}{\frac{5}{3}F} + \frac{1}{\frac{5}{3}F} = \frac{1}{F}$$

$$1 + \frac{8^2}{15^2} = \frac{15^2 + 8^2}{15^2} = \frac{225 + 64}{15^2} = \frac{289}{15^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v, \alpha, \beta, m, R, \ell$

$v \cdot \cos \alpha = u \cdot \cos \beta$
 $v \cdot \frac{3}{5} = u \cdot \frac{8}{17}$
 $u = \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} v = \frac{51}{40} v = 51 \text{ см/с}$

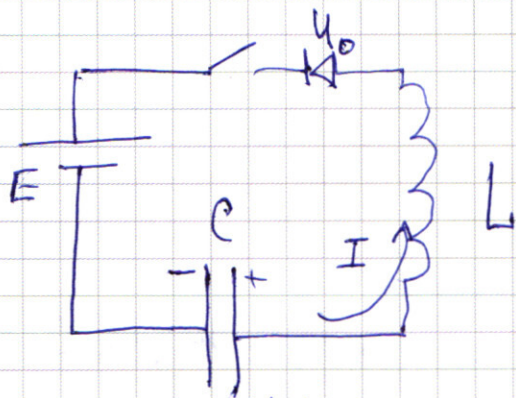
$\sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}; \sqrt{1 - \frac{8^2}{17^2}} = \frac{\sqrt{(17-8)(17+8)}}{17} = \frac{9}{17}$
 $= \frac{3 \cdot 5}{17} = \frac{15}{17}; \begin{matrix} \times 48 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ 144 \end{matrix} \quad 5 \cdot 17$

$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta$
 $= \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{24 - 60}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{5 \cdot 17}$

$W^2 = v^2 + u^2 + 2vu \cdot \frac{36}{5 \cdot 17} = 40^2 + 51^2 + 2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17} = 1600 + 2601 + 1728 = 5929$
 $W = 77$

$E = q \cdot \varphi + \frac{mv^2}{2}$
 $\frac{mv_0^2}{2} = q \cdot \varphi_0 + \frac{mv_1^2}{2} = q(\varphi_0 + \frac{4}{5}U) \neq$
 $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{4}{5}q \cdot U$
 $U = \frac{mv_1^2 \cdot 5}{2q \cdot 4} = \frac{5mv_1^2}{8q} = \frac{5V_1^2}{8\gamma} \left(\frac{5}{4}\right)$

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 $a = \frac{F \cdot q}{m} = \frac{U}{d} \cdot \gamma$
 $V_1 = a \cdot T$
 $\frac{4}{5}d = \frac{V_1}{2} \cdot T; \quad T = \frac{8d}{5V_1}; \quad U = \frac{50V_1^2}{64\gamma} = \frac{25V_1^2}{32\gamma}$



$$L\dot{I} = U_1 - E - U_0$$

$$\dot{I} = \frac{U_1 - E - U_0}{L}$$

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

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

$$I_{\text{MAX}}; \dot{I} = 0$$

$$U_c = E + U_0$$

$$(U_1 - U_0 - E)^2 =$$

$$I = -\frac{dU_c}{dt} \cdot C$$

$$\frac{U_c - E - U_0}{L} = -\ddot{U}_c \cdot C$$

$$\frac{L I^2}{2} = C (U_1^2 - 2U_1(E+U_0) + (E+U_0)^2)$$

$$\ddot{U}_c + \frac{U_c - U_0 - E}{LC} = 0$$

$$U_c = A \cdot \cos(\omega t + \varphi); U_c(0) = U_1 = A \cdot \cos(\varphi)$$

$$\dot{U}_c = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi); \dot{U}_c(0) = 0; U_c = U_1 \cos(\omega t)$$

$$I = C \cdot \frac{U_1}{\sqrt{LC}} \cdot \sin(\omega t)$$

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

$$q = C \cdot (U_1 - E - U_0)$$

$$U_c = A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$U_c = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) + U_0 + E = A \cdot \cos(\omega t) + U_0 + E; U_c(0) = U_1$$

$$\dot{U}_c = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi); \dot{U}_c(0) = 0; \varphi = 0; U_1 = A + U_0 + E$$

$$A = U_1 - U_0 - E$$

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

$$I = +C \cdot \frac{U_1 - U_0 - E}{\sqrt{LC}} \sin(\omega t); \text{З.С.Э.}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - (E+U_0) \cdot q = \frac{CU_1^2}{2} + \frac{L I_{\text{MAX}}^2}{2}$$

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

$$C \left(\frac{U_1^2}{2} - U_1(E+U_0) + (E+U_0)^2 - (E+U_0)^2 \right) = \frac{L}{2} I_m^2 = C \left(\frac{U_1^2}{2} - U_1(E+U_0) \right)$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 - 2U_1(E+U_0)) \left(\frac{U_1^2}{2} - U_1(E+U_0) + \frac{(E+U_0)^2}{2} \right)$$