

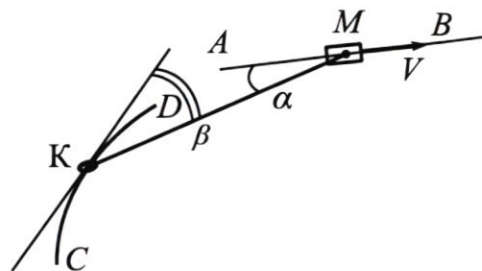
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-04

Класс 11

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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 α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



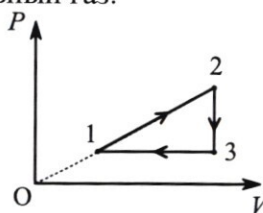
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 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.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

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.

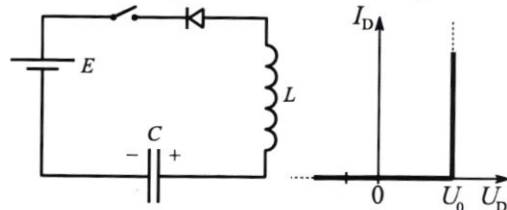
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

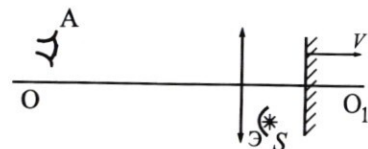


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ 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 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

$$v = 2 \frac{m}{c}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{17R}{15}$$

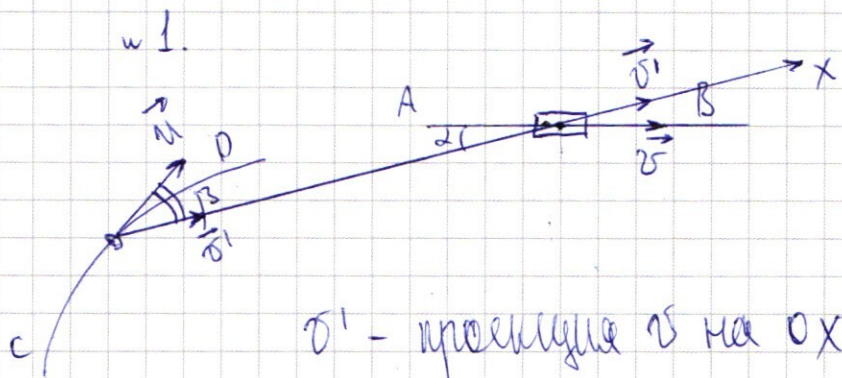
$$2(\cos 2 = \frac{4}{5})$$

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

$$1) u - ?$$

$$2) u_{\text{от}} - ?$$

$$3) T - ?$$

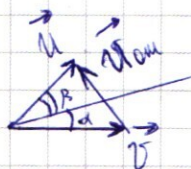


v' - проекция v на OX

$$v' = v \cos \alpha$$

$$u = v' \cos \beta = v \cos \alpha \cos \beta \quad (\text{т.к. система инерциальна})$$

$$1) u = 2 \frac{m}{c} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{64}{85} \frac{m}{c}$$



$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{u}_{\text{от}}$$

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

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$u_{\text{от}}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta) \quad (\text{по т. косинусов})$$

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

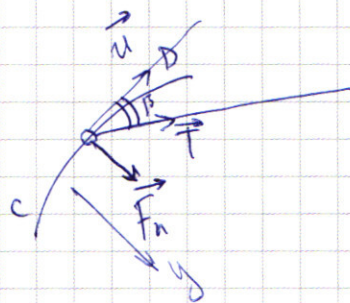
$$= \frac{64^2}{85^2} + 4 \neq u^2 + v^2 - 2v^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + 2v^2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta$$

$$\begin{aligned} \otimes \sin \beta &= v^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + v^2 - 2v^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + 2v^2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta = \\ &= v^2 + 2v^2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta - v^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta \ominus \end{aligned}$$

$$\ominus v^2(1 + 2\cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta - \cos^2 \alpha \cos^2 \beta) = 4 \cdot (1 + \frac{2 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 15}{5^2 \cdot 17^2}) \ominus$$

$$\ominus \frac{4^2 \cdot 8^2}{5^2 \cdot 17^2} = 4 \cdot (1 + \frac{8^2 \cdot 45}{5^2 \cdot 17^2} - \frac{8^2 \cdot 4^2}{5^2 \cdot 17^2}) = 4(1 + \frac{29 \cdot 8^2}{5^2 \cdot 17^2})$$

$$2) u_{\text{от}} = \frac{2}{85} \sqrt{85^2 + 29 \cdot 8^2} = \frac{2}{85} \sqrt{9081}$$



$$\vec{T} = \vec{F}_n$$

$$\text{ог: } T \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = F_n$$

$$T \sin \beta = \frac{u^2}{R} m$$

$$3) T = \frac{u^2 m}{R \sin \beta} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta m}{R \sin \beta} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha \cos \beta m}{R} \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

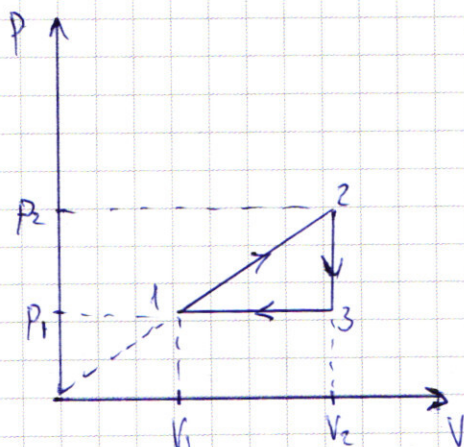
Даны: 1) $u = \frac{64}{85} \frac{m}{c}$

2) $u_{\text{max}} = \frac{2}{85} \sqrt{9081} \frac{m}{c}$

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

~2.

$i = 3$



$$V_{23} = \text{const} \Rightarrow C_{m23} = C_{mv} = \frac{i+2}{2} R$$

$$P_{31} = \text{const} \Rightarrow C_{m31} = C_{mp} = \frac{i}{2} R$$

$$1) \frac{C_{mv}}{C_{mp}} = \frac{i+2}{i} = \frac{3+2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$(1-2): p \sim V \Rightarrow p = \alpha V \text{ — логар. пропорция.}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{\alpha i}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

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

1) $\frac{C_{mv}}{C_{mp}} = ?$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} - ?$

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

$\ominus \frac{L}{2} (V_2^2 - V_1^2)$

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{L}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{L}{2} (V_2^2 - V_1^2)} = i = 3$

3) $\eta = \frac{A_{\text{электр}}}{Q_{12}} = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \cdot 2(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)} = \frac{p_2 - p_1}{4(p_2 + p_1)} \quad \left(\begin{array}{l} \text{м.к.} \\ Q_{12} = Q_{\text{электр}} \end{array} \right)$

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 4A_{12} = 2(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)$

Ответы:

1) $\frac{C_{\text{жв}}}{C_{\text{жр}}} = \frac{5}{3}$

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

3) $\eta = \frac{A_{\text{электр}}}{Q_{12}} = \frac{p_2 - p_1}{4(p_2 + p_1)}$

$a \gg d$

U

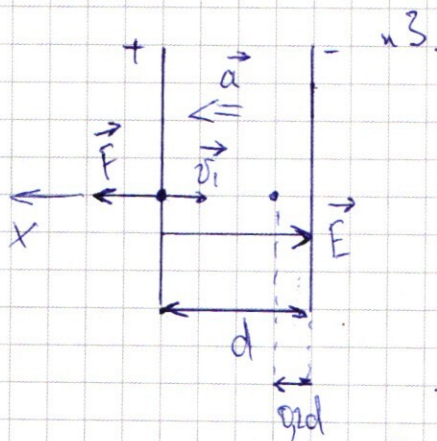
$\vec{v}_1$

$0,2d$

1) $f = \frac{|q|}{m}$

2) $T - ?$

3) $v_0 - ?$



$\vec{F} = m\vec{a}$

ОХ: $F = ma$

$F = E|q|$

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

$\frac{U|q|}{d} = ma \Rightarrow m$

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

$a = \frac{v_1^2}{2 \cdot (d - 0,2d)} = \frac{v_1^2}{1,6d}$

$$1) j = \frac{v_1^2 \cdot d}{1,6d \cdot U} = \frac{v_1^2}{1,6U} = \frac{5v_1^2}{8U}$$

$T = 2t$ м.к. ^{частица} от времени 0,8d до остановки за время t и обратно не не 0,8d за не не время t м.к. $a = \text{const}$

$$t = \frac{v_1}{a} \text{ м.к. } 0 = v_1 - at$$

$$t = \frac{1,6d}{v_1} \quad T = 2t$$

$$2) T = \frac{3,2d}{v_1} = \frac{16d}{5v_1}$$

3) $v_0 = v_1$ м.к., следуя из этого же, $v \neq$ на выходе будет равно v_1 только с противоположным направлением.

Ответ: 1) $j = \frac{5v_1^2}{8U}$; 2) $T = \frac{16d}{5v_1}$; $v_0 = v_1$ ($\vec{v}_0 \uparrow \downarrow \vec{v}_1$)

$$E = 6 \text{ В}, r = 0$$

$$C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}$$

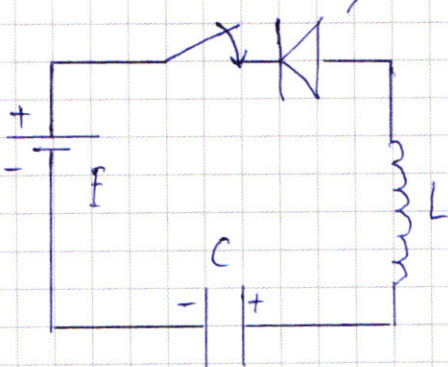
$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \frac{\Delta y}{\Delta t} - ?$$

$$2) y_m - ?$$

$$3) U_2 - ?$$



если в цепи диод, ток идет в одну ^{направл.}

$$E = -L \frac{\Delta y}{\Delta t} + \frac{q}{C}$$

$$E = -L \frac{\Delta y}{\Delta t} + U_1$$

$$L \frac{\Delta y}{\Delta t} = U_1 - E$$

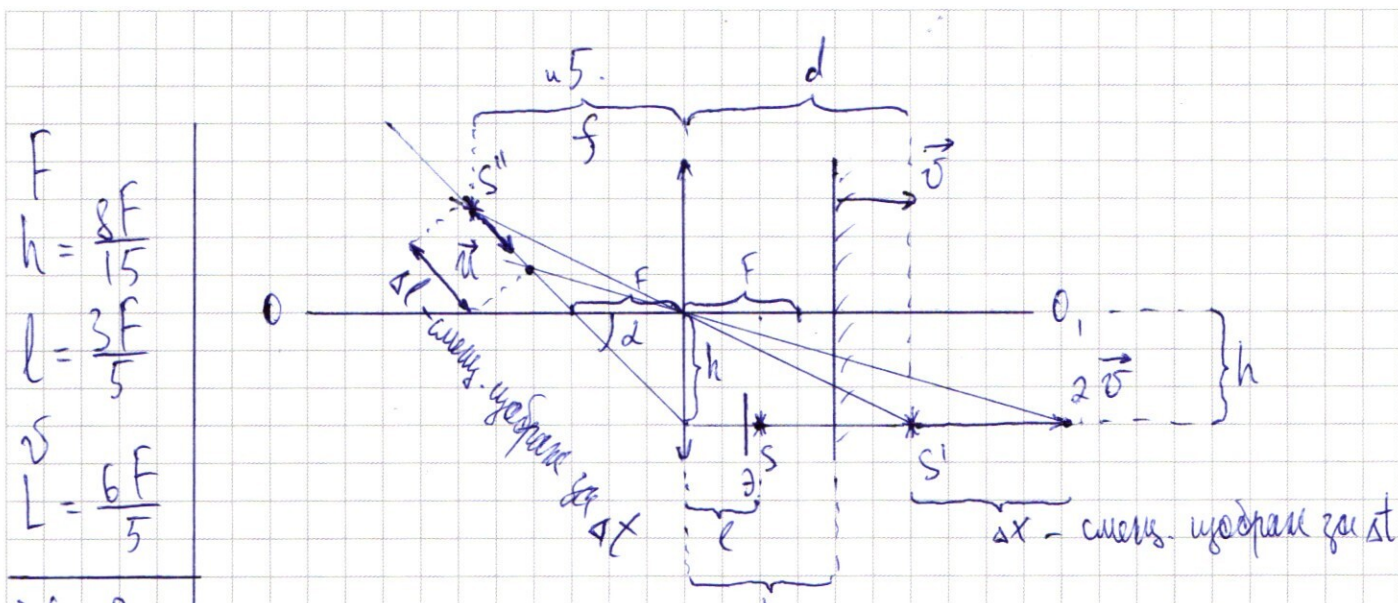
$$1) \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{9 - 6}{0,4} = \frac{30}{4} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$3) E = U_0 + U_2 \text{ (м.к. в установив. реж-ме } U_{\text{ем}} = 0)$$

$$U_2 = E - U_0 = 6 \text{ В} - 1 \text{ В} = 5 \text{ В}$$

Ответ: 1) $\frac{\Delta y}{\Delta t} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 3) $U_2 = 5 \text{ В}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) f - ?

$$2) 2 - 9$$

3) u-9

$$d = (L - l) + L = \frac{3F}{5} + \frac{6F}{5} = \frac{9F}{5}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow 1) f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{9}{4} F$$

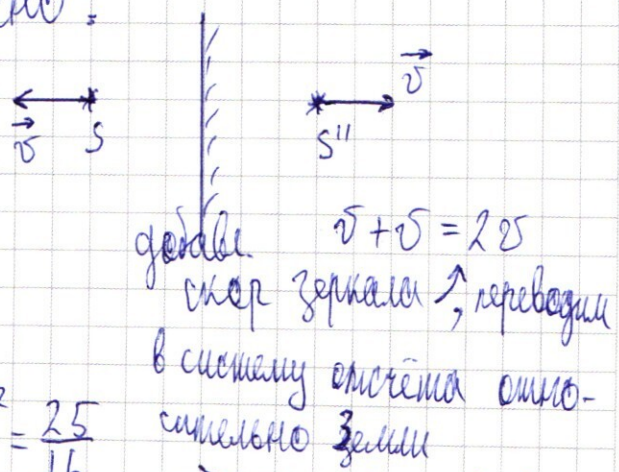
Скорость в зеркале изображения равно 20 м.с.,
если зеркало неподвижно:

$$2) \tan \alpha = \frac{h}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{13}{14}$$

$$\frac{U \cos \alpha}{2\omega} = r^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = \left(\frac{\cancel{gF}}{4} \cdot \frac{5}{\cancel{gF}}\right)^2 = \frac{25}{16}$$

$$3) u = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \cdot \frac{2v}{\cos \alpha} = \frac{25}{16} \cdot \frac{25 \cdot 17}{15} = \frac{855}{24}$$



~~Übungen: 1) $f = \frac{9}{4} F$
2) $\lg x = \frac{8}{15}$ 3)~~

Ответ: 1) $f = \frac{9}{4} F$; 2) $\alpha = \arctg(\tg \alpha) = \arctg \frac{8}{15}$;
3) $u = \frac{8525}{24}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{\rho_1}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\rho_1}{2} (V_2^2 - V_1^2)} = 1 = 3$$

$$\Delta U_{12} = 3 A_{12}$$

$$3) \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{Q_{12}} = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \cdot 2(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)} = \frac{p_2 - p_1}{4(p_2 + p_1)} = \frac{p_2 - p_1}{4(p_2 + p_1)}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 4 A_{12} = 4 \cdot \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1) = 2(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)$$

$$A_{\text{полезная}} = \frac{1}{2} (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = A_{12} - A_{31} = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1) - p_1(V_2 - V_1)$$

и 3.

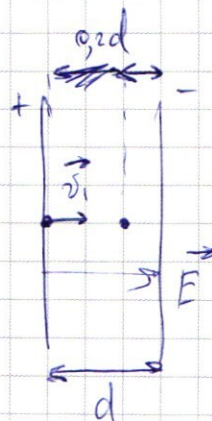
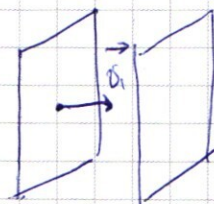
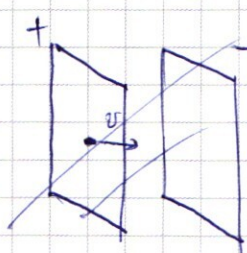
$a \gg d$

U

σ_1

$0,2d$

$-q$



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

$$F = E|q| = ma$$

$$\frac{U|q|}{d} = ma \quad | : m$$

$$1) j = \frac{|q|}{m}$$

$$2) T = ?$$

$$3) v_0$$

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

$$a = \frac{\sigma_1^2}{2 \cdot 0,8d} = \frac{\sigma_1^2}{1,6d}$$

$$1) j = \frac{\sigma_1^2 d}{1,6 U} = \frac{\sigma_1^2}{1,6 U} = \frac{10 \sigma_1^2}{16 U} = \frac{5 \sigma_1^2}{8 U}$$

$$T = 2t$$

$$0 = v_1 - at$$

$$at = v_1$$

$$t = \frac{v_1}{a}$$

$$t = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 \cdot 1,6d}{0,2} = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$2) T = \frac{3,2d}{v_1} = \frac{3,2d}{10v_1} = \frac{16d}{5v_1}$$

$$3) v_0 = v_1$$

и ч.

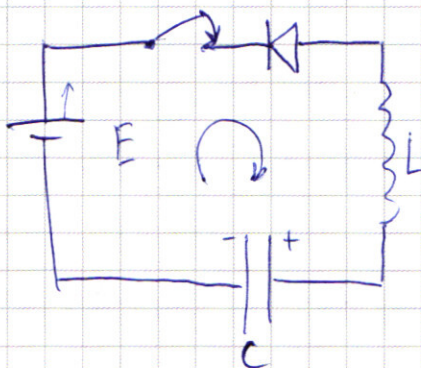
$$E = 6 \text{ В}, r = 0$$

$$C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}$$

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



$$\begin{array}{r|l} 30 & 11 \\ \hline 28 & 4,5 \\ \hline 20 & \\ \hline 0 & \end{array}$$

$$1) \frac{\Delta \psi}{\Delta t} - ?$$

$$2) \psi_m - ?$$

$$3) U_2 - ?$$

$$E = L \frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{q}{C} \quad P = UI$$

$$E = -L \frac{\Delta \psi}{\Delta t} + U_1$$

$$1) \frac{\Delta \psi}{\Delta t} = \frac{E - U_1}{-L} = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{9 - 6}{0,4} = \frac{3}{0,4} = \frac{30}{4} = 7,5 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$

$$3) E = U_0 + U_2 \quad (\text{через мкФ } U_m = 0)$$

$$U_2 = E - U_0 = 5 \text{ В}$$

$$E = -L \frac{\Delta \psi}{\Delta t} + \frac{\Delta \psi}{C \Delta t}$$

$$\frac{\Delta \psi}{\Delta t} = \frac{E}{\frac{1}{C} - L}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = 2 \frac{m}{c}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{14R}{15}$$

$$\alpha (\cos \alpha = \frac{4}{5})$$

$$\beta (\cos \beta = \frac{8}{14})$$

1) u - ?

2) $u_{\text{см}}$ - ?

3) T - ?

$$(20-3)^2 = 400 - 120 + 9 = 289$$

$$\angle \phi = 180^\circ - \alpha - \beta = 48^\circ$$

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

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

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{196}} = \frac{15}{14}$$

$$\Rightarrow \frac{15}{14}$$

$$u_{\text{см}}^2 = \left(\frac{64}{85}\right)^2 + 4 - \frac{2 \cdot 64 \cdot 2}{85} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) =$$

$$= \frac{64 \cdot 64}{85^2} + 4 - \frac{4 \cdot 64}{85} \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{14} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{14}\right) = \frac{64 \cdot 64}{85^2} + 4 -$$

$$- \frac{4 \cdot 64}{85} \cdot \frac{1}{5 \cdot 14} (-13) = \frac{64 \cdot 64}{85^2} + 4 + \frac{4 \cdot 64 \cdot 13}{85^2} = \frac{64(64 + 52)}{85^2} + 4 =$$

$$= \frac{64 \cdot 116}{85^2} + 4 = \frac{7424 + 4 \cdot 7225}{85^2} = \frac{4(1856 + 7225)}{85^2} = \frac{4 \cdot 9081}{85^2}$$

$$8100 + 1800 + 1 = 9901$$

$$10000 - 180 + 1 = 9821$$

$$2) u_{\text{см}} = \frac{2}{85} \sqrt{9081}$$



$$F_n = a_n \cdot m = \frac{u^2}{R} m$$

$$Oy: T \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \frac{u^2}{R} m$$

$$T \cdot \sin \beta = \frac{u^2}{R} m$$

$$T = \frac{u^2 m}{R \sin \beta} = \frac{64^2 \cdot 0,4 \cdot 17}{85^2 \cdot 19 \cdot 15} = \frac{64^2 \cdot 0,4 \cdot 17}{85 \cdot 17 \cdot 5 \cdot 19 \cdot 15} = \frac{4096 - 4 \cdot 0,1}{1245 \cdot 19 \cdot 0,1} =$$

$$3600 + 480 + 16 = 4096$$

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 15 \\ \hline 425 \\ 85 \\ \hline 1245 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4096 \cdot 19 \\ - 38 \\ \hline 29 \\ - 19 \\ \hline 106 \end{array}$$

и 2.

$i=3$

P



$$C_{mv} = \frac{i+2}{2} R \quad C_{mp} = \frac{i}{2} R \quad (2-3) \downarrow V = \text{const}$$

$$(3-1) \downarrow p = \text{const}$$

$$1) \frac{C_{mv}}{C_{mp}} = \frac{i+2}{i} = \frac{3+2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$(1-2): T = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0$$

$$1) \frac{C_{mv}}{C_{mp}} - ?$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

$$p \sim V \Rightarrow p = \alpha V$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$2) \frac{\Delta U_2}{A_{12}}$$

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

$$\Delta U_2 = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \left(\frac{\alpha}{2} V_2^2 - \frac{\alpha}{2} V_1^2 \right) \frac{i}{2} = \frac{\alpha i}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$3) \eta - ?$$

$$= \frac{\frac{\alpha (V_2 + V_1)}{2} (V_2 - V_1)}{2} = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.

F
 $h = \frac{8F}{15}$
 $l = \frac{3F}{5}$
 δ
 $L = \frac{6F}{5}$

1) f - ?
 2) α - ?
 3) u - ?

$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$
 1) $f = \frac{Fd}{d - F} = \frac{F \cdot \frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{\frac{9F^2}{5}}{\frac{4F}{5}} = \frac{9}{4} F$

2) $\tan \alpha = \frac{h}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$
 $\sqrt{64 + 225} = \sqrt{289} = 17$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$

$\frac{(u \cos \alpha)^2}{2v} = f^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = \left(\frac{9F \cdot 5}{4 \cdot 9F}\right)^2 = \frac{25}{16}$

3) $u = \frac{25 \cdot 2v}{16 \cdot \cos \alpha} = \frac{25 \cdot 2 \cdot 17}{16 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{85 \cdot 17}{24}$

