

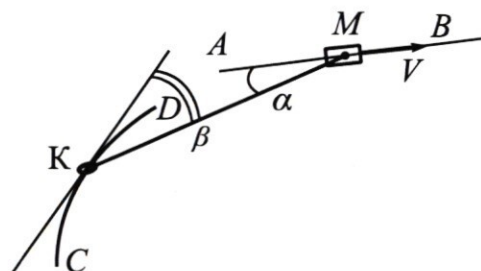
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-04

Класс 11

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

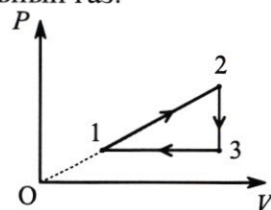
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол 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.



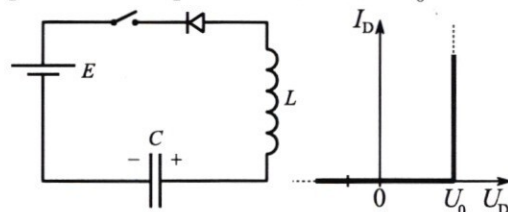
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

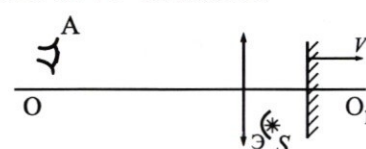
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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



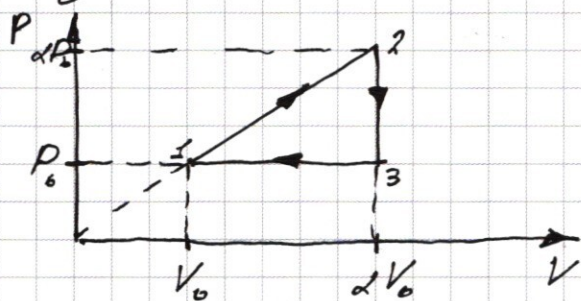
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Задача 2.



Пусть м. 1 имеет координаты (V_0, P_0) , и давление в м. 2 равно $2P_0$. П.к. 1-2 - прямая пропорциональность,

то объем в м. 2 равен $2V_0$.

1) Теплота поднимается на участках

2-3 и 3-1

$$2-3: V = \text{const} \Rightarrow A_{23} = 0$$

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

$$\text{С другой стороны, } Q_{23} = \nu C_{23} (T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow \underline{C_{23} = C_V = \frac{3}{2} R}$$

$$\begin{aligned} 3-1: Q_{31} &= \Delta U_{31} + A_{31} = \\ &= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + P_0 (V_0 - 2V_0) \end{aligned}$$

$$\text{м. 1: } P_0 V_0 = \nu R T_1$$

$$\text{м. 2: } 2^2 P_0 V_0 = \nu R T_2$$

$$\text{м. 3: } 2 P_0 V_0 = \nu R T_3$$

$$\nu R (T_1 - T_3) = P_0 V_0 (2 - 1)$$

$$\begin{aligned} Q_{31} &= \frac{3}{2} P_0 V_0 (2 - 1) + P_0 V_0 (1 - 2) = \\ &= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) \end{aligned}$$

$$\text{С другой стороны, } Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3)$$

$$\Rightarrow \underline{C_{31} = C_P = \frac{5}{2} R}$$

$$\boxed{\frac{C_{22}}{C_{33}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}}$$

$$2) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \\ = \frac{3}{2} (\alpha^2 P_0 V_0 - P_0 V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

A_{12} численно равна площади под графиком

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_0 + \alpha P_0) (\alpha V_0 - V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

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

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+}$$

Полному разведению тепло на 1-2

$$Q_+ = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 2 P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

A численно равна площади внутри графика

$$A = \frac{1}{2} (\alpha V_0 - V_0) (\alpha P_0 - P_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)^2$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2 P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)^2}{(\alpha + 1)(\alpha - 1)} = \frac{1}{4} \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$

$$\eta - \max \Rightarrow \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} - \max$$

$$f(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} = 1 - \frac{2}{\alpha + 1}$$

Найд. $f(\alpha) = 1$ при $\alpha \rightarrow \infty$

$$\Rightarrow \boxed{\eta_{\max} = \frac{1}{4} = 0,25}$$

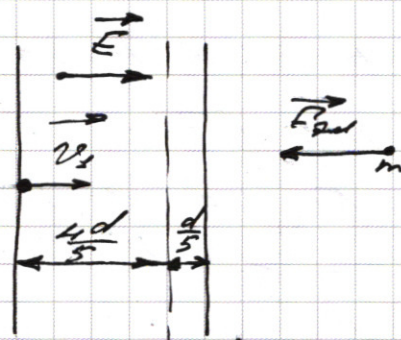
Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) 3; 3) 0,25.

Задача 3.

$$1) E = \frac{U}{d}$$

$$F_{\text{эл}} = E |q| = \frac{U}{d} |q|$$

$$a = \frac{F_{\text{эл}}}{m} = \frac{U}{d} \frac{|q|}{m} = \frac{U}{d} \gamma$$



Двигаясь с постоянным ускорением, частица остановилась, пройдя $\frac{4d}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= - \frac{4d}{5} = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{v_1^2 d}{2 U \epsilon}$$

$$\boxed{r = \frac{5 v_1^2}{8 U}}$$

2) Частица останется за время

$$t_1 = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 d}{U \epsilon} = \frac{v_1 d \cdot 8}{5 v_1^2} = \frac{8}{5} \frac{d}{v_1}$$

А затем будет двигаться с тем же ускорением, но уже в другую сторону и увеличивая скорость

Достигнет скорости она за t_2 такое, что

$$\frac{a t_2^2}{2} = \frac{4d}{5}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{8}{5} \frac{d}{a}} = \sqrt{\frac{8}{5} \frac{d^2}{U \epsilon}} = \sqrt{\frac{8}{5} \frac{d^2}{v_1^2} \cdot \frac{8}{5}} = \frac{8}{5} \frac{d}{v_1}$$

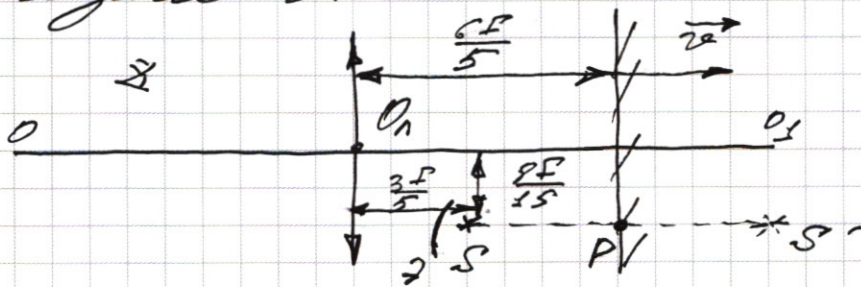
$$\boxed{T = t_1 + t_2 = \frac{16}{5} \frac{d}{v_1}}$$

3) По конденсатора. Ни-свое поле практически отсутствует $\Rightarrow$ частица будет иметь ту же скорость, которая у неё была, когда она вошла на конденсатора

$$v_0 = a \cdot t_2 = \frac{U}{d} \cdot \frac{5 v_1^2}{8 U \epsilon} \cdot \frac{8}{5} \frac{d}{v_1} = \boxed{v_1}$$

Ответ: 1) $r = \frac{5 v_1^2}{8 U}$; 2) $\frac{16}{5} \frac{d}{v_1}$; 3) v_1 .

Задача 5.



1) S' - изображение S в зеркале
 $S'P = SP = \frac{6f}{5} - \frac{3f}{5} = \frac{3f}{5}$

d - расср. от S' до линзы
 $d = \frac{6f}{5} + \frac{3f}{5} = \frac{9f}{5}$

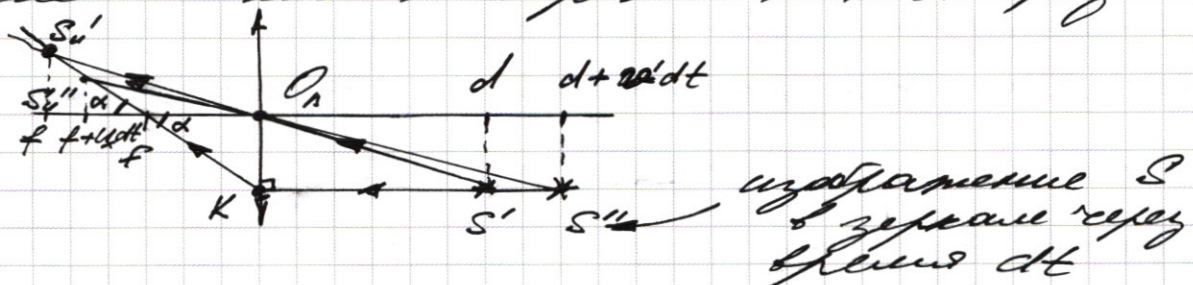
f - расср. от изображения до линзы

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

$$\frac{1}{F} = \frac{5}{9f} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{4}{9f} = \frac{1}{f}; \quad \boxed{f = \frac{9}{4}f}$$

2) Т.к. S' - точечный источник и излучает во все стороны, то его изображение можно рассмотреть таким образом:



Мы видим, что изображение всегда остаётся на прямой, соединяющей т.к (проходящую S' на линзу) и фокус линзы. $\Rightarrow$ его скорости направлена по этой же прямой

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Из $\triangle F O_n K$, $\angle F O_n K = 90^\circ$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{O_n K}{F O_n} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}}$$

3) П.к. зеркало удаляется от ист. S со скоростью v , то S' удаляется от линзы со скоростью $v' = 2v$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (1)$$

Из време dt S' сдвинется на $v'dt$, изображение — на $u_x dt$, где u_x — проекция на главную оптическую ось скорости изображения

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d + v'dt} + \frac{1}{f + u_x dt} \quad (2)$$

Вычтем (1) из (2):

$$\frac{1}{d + v'dt} - \frac{1}{d} + \frac{1}{f + u_x dt} - \frac{1}{f} = 0$$

$$-\frac{v'dt}{d(d + v'dt)} - \frac{u_x dt}{f(f + u_x dt)} = 0$$

$$\frac{v'}{d^2} + \frac{u_x}{f^2} = 0$$

$$u_x = -\frac{f^2}{d^2} v'$$

Знак минус показывает, что если S' удаляется от линзы, то изображение

приближается к ней.

~~$$|U_x| = U \cos \alpha \Rightarrow U = \frac{|U_x|}{\cos \alpha}$$~~

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}, \alpha < 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}, \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

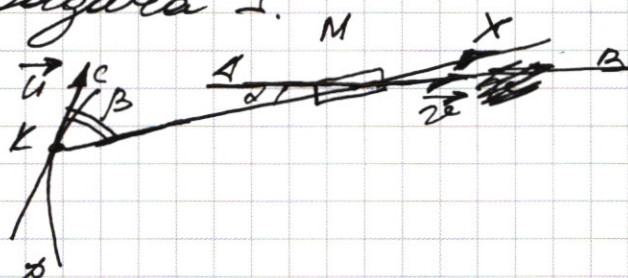
$$(8^2 + 15^2 = 17^2)$$

$$U = \frac{|U_x|}{\cos \alpha} = 2v \cdot \frac{\left(\frac{9}{4}F\right)^2}{\left(\frac{9}{5}F\right)^2} \cdot \frac{17}{15} =$$

$$= 2v \cdot \frac{25}{16} \cdot \frac{17}{15} = \boxed{\frac{85}{24}v}$$

Ответ: 1) $\frac{9}{4}F$; 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $\frac{85}{24}v$.

Задача 1.



1) пусть U - скорость катера

Направим ось X вдоль троса

Трос нерастяжим $\Rightarrow$

$$v_x = U_x$$

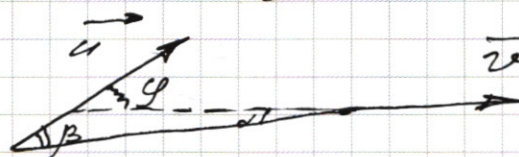
$$v \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$U = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \frac{v}{c} \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = 2 \frac{v}{c} \cdot \frac{17}{10} = \boxed{3,4 \frac{v}{c}}$$

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

$$v_{\text{отн}}^2 = (\vec{U} - \vec{v})^2 = U^2 + v^2 - 2\vec{U} \cdot \vec{v} =$$

$$= U^2 + v^2 - 2Uv \cos(\vec{U}; \vec{v})$$



$$(\vec{U}; \vec{v}) = \varphi = \alpha + \beta$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}; \sin \beta = \frac{15}{17}$$

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

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

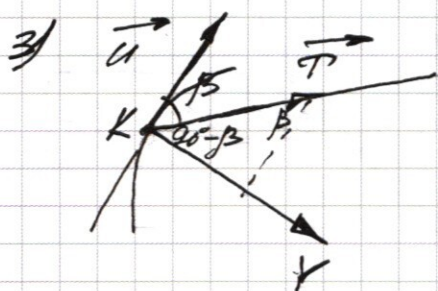
$$v_{\text{отн}}^2 = (3,4)^2 + 2^2 - 2 \cdot 3,4 \cdot 2 \cdot \left(-\frac{13}{85}\right) =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \left(\frac{17}{5}\right)^2 + 4 + 4 \cdot \frac{17}{5} \cdot \frac{13}{85} = \frac{289}{25} + 4 + \frac{52}{25} =$$

$$= 4 + \frac{341}{25} = \frac{441}{25} = \left(\frac{21}{5}\right)^2 \left(\frac{u^2}{c^2}\right)$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{21}{5} \frac{u}{c} = 4,2 \frac{u}{c}$$



Пусть ось Y направлена
к центру окружности
 $\vec{u} \perp$ этой оси (т.к. радиус,
провед. в точку касания,
 $\perp$ касательной, а скорости

в каждый момент времени направ-
на по касательной к окружности)

$$\text{ос } Y: \begin{cases} T_y = m a_y \\ a_y = \frac{u^2}{R} \\ T_y = T \sin \beta \end{cases} \Rightarrow T \sin \beta = \frac{m u^2}{R}$$

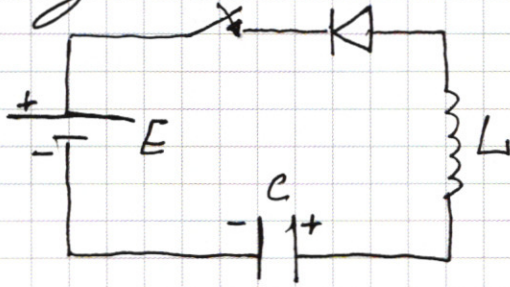
$$T = \frac{m u^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot \left(\frac{17}{5} \frac{u}{c}\right)^2}{1,9 \cdot 10^{15} \frac{1}{17}} = \frac{2}{5} \cdot \frac{289}{25} \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{10}{19} \text{ Н} =$$

$$= \frac{4 \cdot 289 \cdot 17}{125 \cdot 3 \cdot 19} \text{ Н} = \boxed{\frac{19652}{7125} \text{ Н}}$$

Ответ: 1) $3,4 \frac{u}{c}$; 2) $4,2 \frac{u}{c}$; 3) $\frac{19652}{7125} \text{ Н}$.

Задача 4.



4) Сразу после замыкания ток в цепи еще не течет,

$$U_C = 0$$

З-н Кирхгофа:

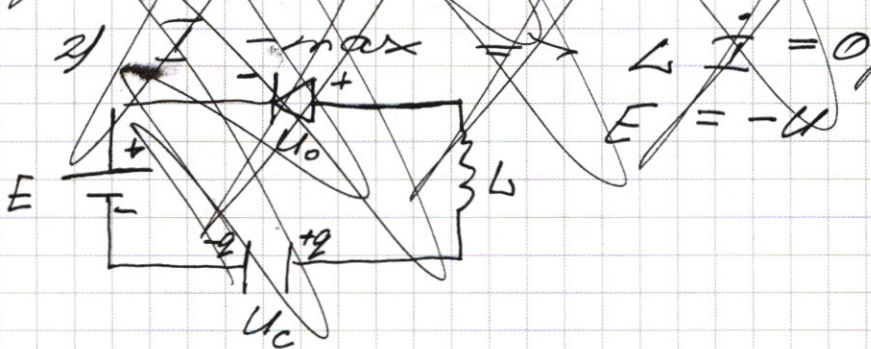
$$E = -U_C + L \dot{I} + U_C$$

(U_C со знаком минус, т.к. диод пропускает ток в направлении, обратном направлению от "+" к "-" источника)

Нах. ток:

$$E = -U_C + L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{E + U_C}{L} = \frac{6\text{ В} + 9\text{ В}}{0,4\text{ Гн}} = \frac{150}{4} \frac{\text{А}}{\text{с}} = 37,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



З-н Кирхгофа:

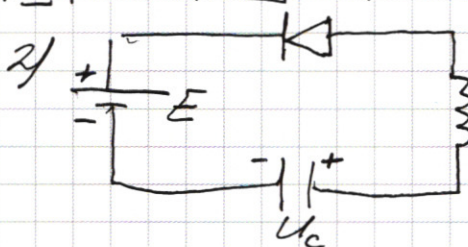
$$E = U_C + L \dot{I} - U_C$$

(U_C со знаком минус, т.к. диод пропускает ток в направлении, обратном направлению от "+" к "-" источника)

Нах. ток:

$$E = U_C + L \dot{I}$$

$$|\dot{I}| = \left| \frac{E - U_C}{L} \right| = \frac{3\text{ В}}{0,4\text{ Гн}} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



$$I - \text{max} \Rightarrow L \dot{I} = 0$$

$$E = U_C - U_C$$

$$U_C = E + U_C = 7\text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A_{\text{ист}} + W_0 = W_c + W_L$$

$$E \Delta q + \frac{C U_1^2}{2} = \frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\Delta q = q_c - q_1 = C(U_c - U_1)$$

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

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

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

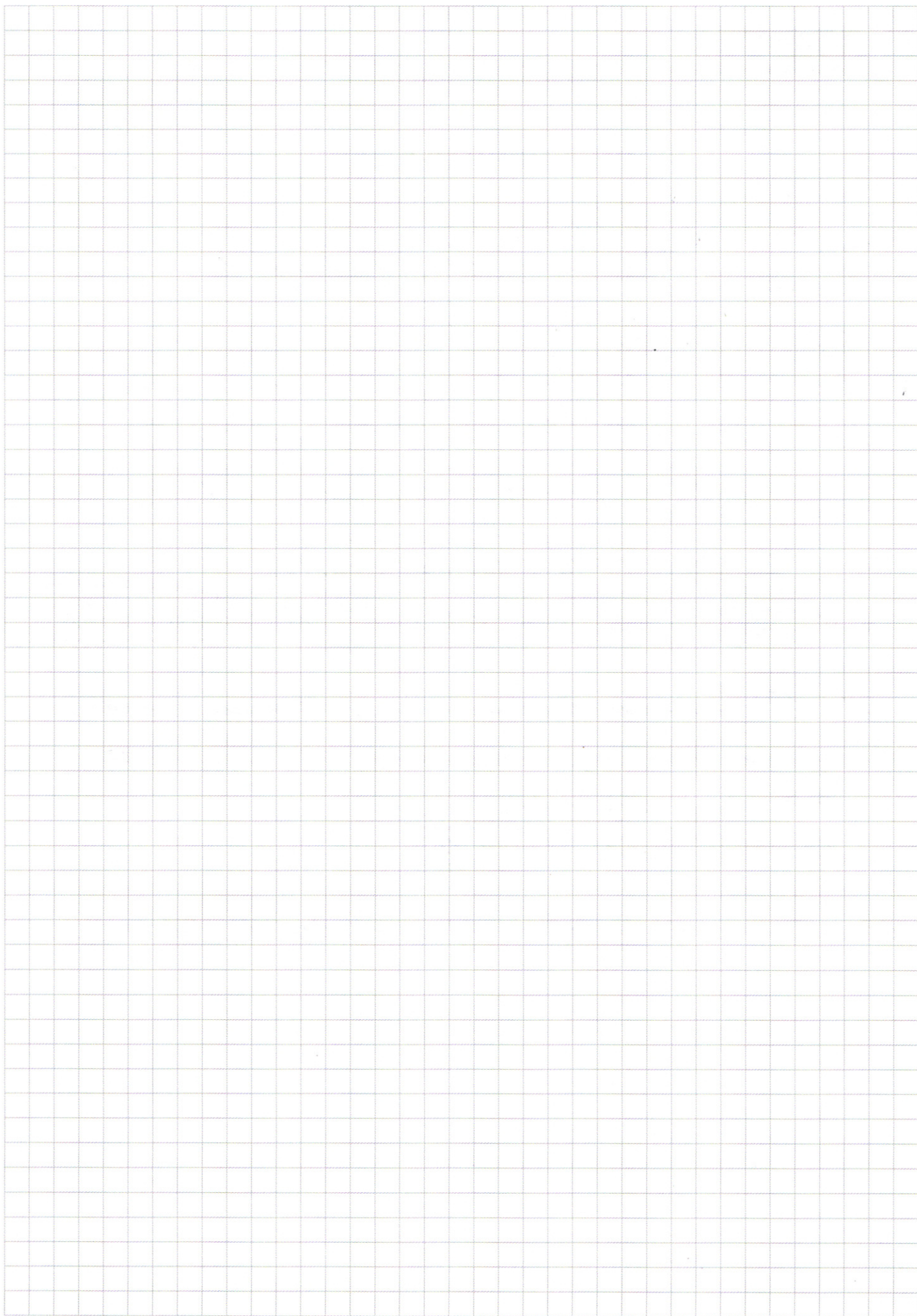
$$= \sqrt{\frac{10^{-5} \text{ Ф}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}} \cdot 2 \text{ В} (9 \text{ В} + 7 \text{ В} - 12 \text{ В})} =$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-4} \text{ Ф}}{4 \text{ Гн}} \cdot 2 \text{ В} \cdot 4 \text{ В}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \text{ А} \approx \boxed{1,41 \cdot 10^{-2} \text{ А}}$$

3) В установившемся режиме ток
и цепи не изменяется $\Rightarrow L \dot{I} = 0$
 $\Rightarrow E = U_2 - U_0$

$$U_2 = E + U_0 = \boxed{7 \text{ В}}$$

Ответ: 1) $7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) $1,41 \cdot 10^{-2} \text{ А}$; 3) 7 В .



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.

$$F_{\text{эл}} = E q = \frac{U}{d} q$$

$$a = \frac{F_{\text{эл}}}{m} = \frac{U}{d} \frac{q}{m} = \frac{U}{d} \mu$$

$$\frac{4d}{5} = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{v_1^2 d}{2U \mu}$$

$$\boxed{\mu = \frac{5 v_1^2}{8U}}$$

$$T = 2\tau = 2 \frac{v_1}{a} = 2 \frac{v_1 d}{U} \cdot \frac{8U}{5 v_1^2} = \frac{16 d}{5 v_1}$$

$$U_0 = 0$$

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

$$\dot{I} = \frac{E + U_1}{L} = \frac{15 \text{ В}}{0,4 \text{ Гн}} = \frac{150 \text{ А}}{4} = \frac{75 \text{ А}}{2} = 37,5 \text{ А}$$

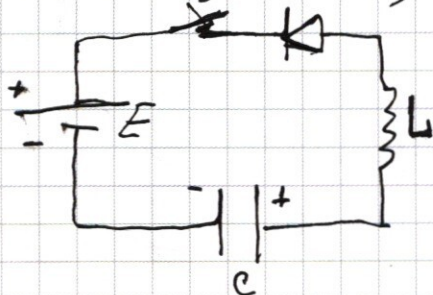
$$I_{\text{max}} \Rightarrow L \dot{I} = 0$$

$$U_c - E = U_0$$

$$U_c = E + U_0 = 7 \text{ В}$$

Вне конденсатора $2U$ -кого поле почти нет $\Rightarrow v_0 = \text{ср. на границе} \Rightarrow \boxed{v_0 = v_1}$

4.

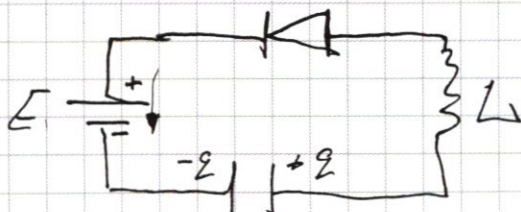


В нач. момент ток не течёт

$$U_0 = 0$$

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

$$\dot{I} = \frac{E + U_1}{L} = \frac{15 \text{ В}}{0,4 \text{ Гн}} = \frac{150 \text{ А}}{4} = \frac{75 \text{ А}}{2} = 37,5 \text{ А}$$



$$I_{\text{max}} \Rightarrow L \dot{I} = 0$$

$$U_c - E = U_0$$

$$U_c = E + U_0 = 7 \text{ В}$$

$$A_{\text{вср}} + W_0 = W_c + W_L$$

$$E \Delta q \neq \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\Delta q = U_c C - U_d C = (U_c - U_d) C$$

$$q_0 = U_d C; \quad q = U_c C$$

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

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

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

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

$$9 + 7 - 12 = 4$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L} (U_d - U_c) (U_d + U_c - 2 E)}$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}} \cdot 2 \text{ В} \cdot 4 \text{ В}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \text{ А} =$$

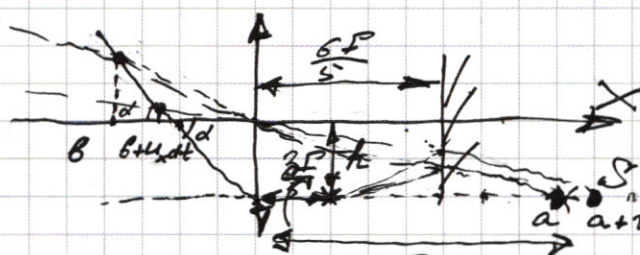
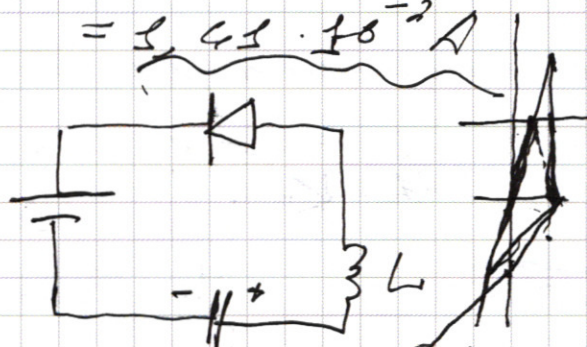
$$= 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

Уст. режим:

$$U_d - E = U_0$$

$$U_d = E + U_0$$

$$U_d = 7 \text{ В}$$



$$\frac{1}{f_c} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f_c} = \frac{5}{9f} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{9f} = \frac{4}{9f}, \quad f = \frac{9}{4} f$$

$$U_{\text{вср}} = 2 \text{ В}$$

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{8 + U_x dt} + \frac{1}{a} - \frac{1}{a + U_{\text{вср}} dt} = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{15}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Углы не растягиваем $\Rightarrow$

$$v_x = u_x$$

$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$v = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4/5}{8/17} =$$

$$= \frac{8}{5} \cdot \frac{17}{8} = \frac{17}{5} = 3,4 \text{ (м/с)}$$

3) $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$

$$v_{\text{отн}}^2 = (\vec{u} - \vec{v})^2 =$$

$$= u^2 + v^2 - 2 \vec{u} \cdot \vec{v} =$$

$$= u^2 + v^2 - 2 u v \cos(\vec{u}; \vec{v})$$

$(\vec{u}; \vec{v}) = \varphi = \alpha + \beta$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}; \quad \sin \beta = \frac{15}{17}$$

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

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

$$v_{\text{отн}}^2 = 2^2 + \left(\frac{17}{5}\right)^2 - 2 \cdot 2 \cdot \frac{17}{5} \cdot \left(-\frac{13}{85}\right) =$$

$$= 4 + \frac{289}{25} + 4 \cdot \frac{17}{5} \cdot \frac{13}{5} = 4 + \frac{289}{25} + \frac{52}{5} =$$

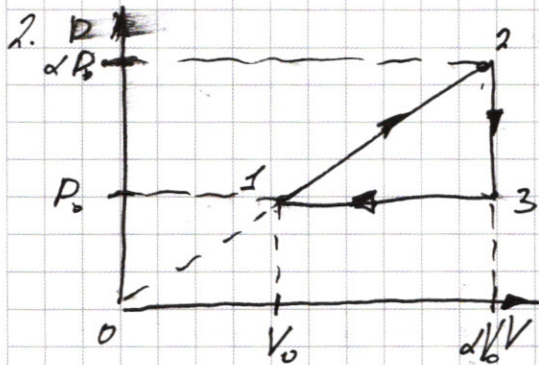
$$= \frac{100 + 289 + 520}{25} = \frac{391}{25} \text{ (м/с)}^2$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{\sqrt{391}}{5} \text{ м/с}$$

3) $T_y = m a_y = \frac{m u^2}{R}$

$$T_y = T \sin \beta$$

$$T = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{0,4 \cdot 289}{25}$$



$T \downarrow$ на 23 и 3-1

2-3: $V = \text{const} \Rightarrow A = 0$

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

$$Q_{23} = \nu R_{23} (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$\nu R T_1 = P_0 V_0$$

$$\nu R (T_3 - T_1) = (\alpha - 1) P_0 V_0$$

$$\nu R T_2 = \alpha^2 P_0 V_0$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$\nu R T_3 = \alpha P_0 V_0$$

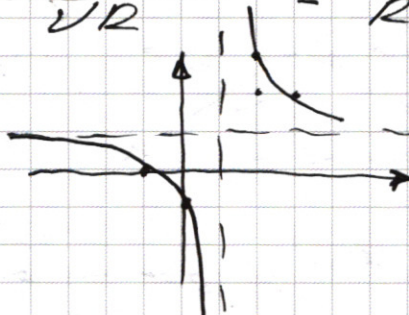
$$Q_{31} = \nu C_{31} (T_3 - T_1) =$$

$$= \nu C_{31} \frac{(\alpha - 1) P_0 V_0}{\nu R} = \frac{C_{31}}{R} P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$\frac{C_{31}}{R} = \frac{5}{2}$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$$



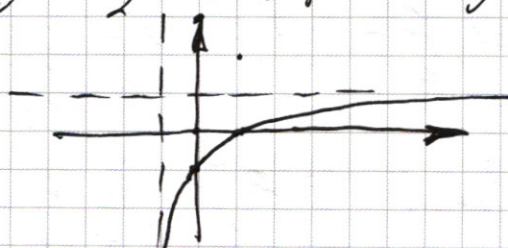
$$\Delta U_{12} = ?$$

$$A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_0 + \alpha P_0) (\alpha V_0 - V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

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



$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

$$Q_+ = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 2 P_0 V_0 (\alpha^2 - 1)$$

$$A = \frac{1}{2} (\alpha V_0 - V_0) (\alpha P_0 - P_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (\alpha - 1)^2$$

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha^2 - 1} = \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha^2 - 1} = 1 - \frac{1}{\alpha^2}$$

$$f(\alpha) = \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha^2} = 1 - \frac{1}{\alpha^2}$$