

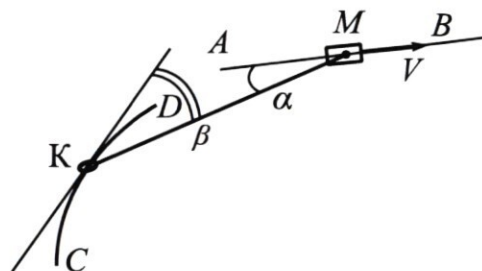
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

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.



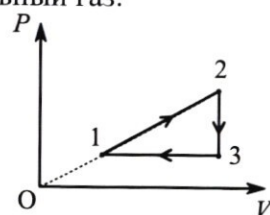
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



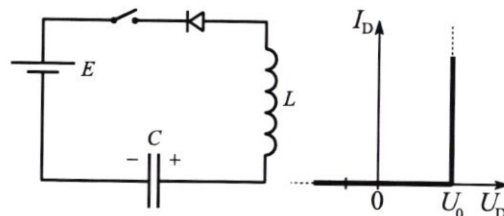
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

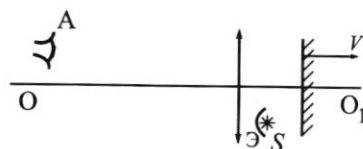


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

S_2

- 1) Понижение температуры газа происходит на участках 2-3 и 3-1

2-3 - изохора $\Rightarrow C_{23} = C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$

3-1 - изобара $\Rightarrow C_{31} = C_P = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$

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

- 2) Пусть работа на этом участке - A_{12} , а изменение вн-ей энергии - ΔU_{12}

Погда: T_k, P_k, V_k - характеристики газа в точке k .

$$\begin{aligned} \frac{Q_{12}}{A_{12}} &= \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1)}{\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)} = \\ &= 1 + \frac{\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}} \end{aligned}$$

Поскольку на участке 1-2 выполняется условие $P = kV$

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} P_1 &= kV_1 \\ P_2 &= kV_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{3(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{P_2 V_2 - P_1 V_1} = 1 + 3 = 4$$

- 3) Обозначим К.П.Д. буквы η

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_+}, \text{ где } A_{12} - \text{работа сд-ая газом за цикл,}$$

Q_+ - теплота подведенная газу при нагревании.

$$\eta = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{\frac{P_2 + P_1}{2}(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}$$

к.к. A_y - полезная работа $A_y = \frac{(P_2 - P_1)}{2}(V_2 - V_1)$

$$\eta = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{P_2 + P_1}{2}(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (P_2 + P_1)(V_2 - V_1) \right)} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{4(P_2 + P_1)(V_2 - V_1)} \Rightarrow$$

Используем:

$$(P_2 + P_1)(V_2 - V_1) = P_2 V_2 - P_1 V_1 = \nu R (T_2 - T_1)$$

(см. к.2)

$$\Rightarrow \eta = \frac{P_2 - P_1}{4(P_2 + P_1)} \quad \text{пусть } \frac{P_2}{P_1} = a \Rightarrow \eta = \frac{a - 1}{4(a + 1)}$$

$$\eta'_a = \frac{1}{4} \frac{(a+1 - (a-1))}{(a+1)^2} \quad \eta'_a = 0 \Rightarrow a \rightarrow \infty$$

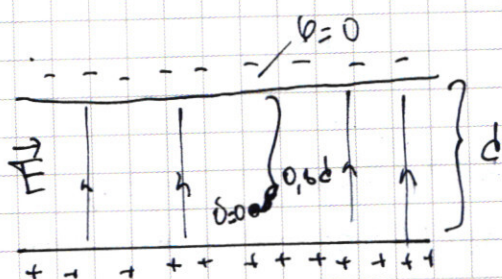
$$\eta_{\max} = \lim_{a \rightarrow \infty} \frac{1}{4} \cdot \frac{a-1}{a+1} \quad \text{пусть } a = \frac{1}{\varepsilon} \Rightarrow \varepsilon \rightarrow 0$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{\varepsilon} - 1}{\frac{1}{\varepsilon} + 1} = \frac{1}{4} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon} = \frac{1}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{11}} = \frac{3}{5}$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

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



53

2) $\Delta P = E \cdot 0,86$ к.к. поле однородно

По закону об изменении кинетической энергии

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A = \Delta E_k \Rightarrow \Delta \varphi \cdot q = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow E \cdot 0,1 d \cdot q = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow E = \frac{v_1^2}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-10}} = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 10^{-9}}$$

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

1) $\Delta V = a \cdot t$, поскольку сила постоянна — равно $F = E \cdot q$

$$v_1 = a T \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 \cdot m}{F} = \frac{v_1 \cdot m}{E \cdot q} = \frac{v_1}{E \cdot 8} = \frac{v_1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-9}}{v_1^2 \cdot 8}$$

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

3) Поскольку на бесконечном расстоянии $\varphi = 0$
(н.к. поле вне конденсатора не считаем)
 $\Rightarrow v_0 = v_1$

Ответ: 1) $T = \frac{1,6 d}{v_1}$

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

3) $v_0 = v_1$

Су

Дано:

$$E = 3 \text{ В}$$

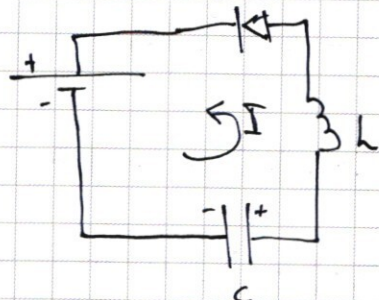
$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

1) Сразу после зам-я ключа



По 2-му з. Кирхгофа:

$$\sum E = \sum U \Rightarrow$$

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

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

2) Пусть начальный заряд конденсатора $q_0 = C U_0$.

По З.С.З.:

$$\Delta W_k - A_{\text{уч}} = W_k + Qg$$

где ΔW_k - изменение энергии конденсатора
 $A_{\text{уч}}$ - работа источника
 W_k - энергия катушки
 Qg - тепло, выделяющееся в цепи.

Пусть по цепи пройдет заряд q :

$$\frac{q_0^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} - \mathcal{E}(q_0 - q) - U_0(q_0 - q) = \frac{L I^2}{2}$$

$$\frac{L I^2}{2} = \underbrace{\frac{q_0^2}{2C} - (\mathcal{E} + U_0)q_0}_{\text{const}} - \frac{q^2}{2C} + (\mathcal{E} + U_0)q$$

Отсюда видно, что максимальное значение правой части достигается в вершине parabолы

$$\Rightarrow q = C(\mathcal{E} + U_0)$$

$$\frac{L I_{\text{max}}^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C} - (\mathcal{E} + U_0)q_0 - \frac{C^2(\mathcal{E} + U_0)^2}{2C} + (\mathcal{E} + U_0)^2 \cdot C =$$

$$= \frac{C U_0^2}{2} - \frac{C(\mathcal{E} + U_0)^2}{2} + C(\mathcal{E} + U_0)^2 - C U_0(\mathcal{E} + U_0) =$$

$$= \frac{C}{2}(U_0 - \mathcal{E} - U_0)(U_0 + \mathcal{E} + U_0) + C(\mathcal{E} + U_0)(\mathcal{E} + U_0 - U_0) =$$

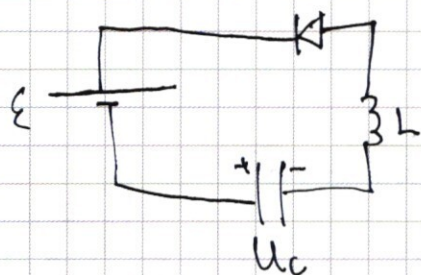
$$= \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10}{2} + 20 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot (-2) = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{L}} = \sqrt{400 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) П.к. через какое-то время диод закроется, колебания контура не успеют пройти половину периода.

В установившемся режиме изменение тока нет, но катушка успевает перезарядить конденсатор в итоге возникнет средняя сила:



$$\Rightarrow U_2 = E - U_0 = 2B$$

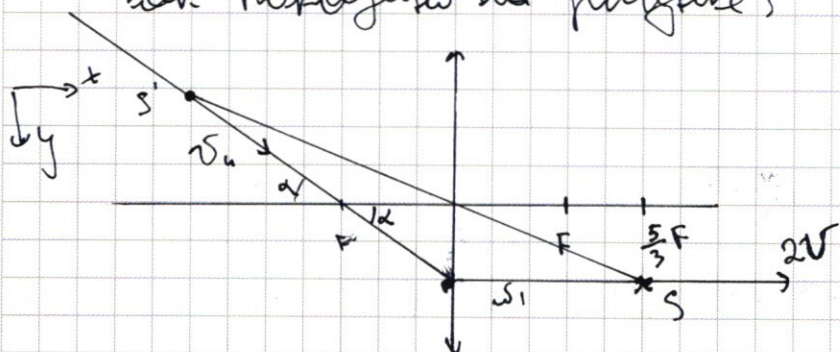
Ответ: 1) $\dot{I} = 10 \frac{A}{C}$

2) $I_{max} = 2 \cdot 10^{-2} A$

3) $U_2 = 2B$

5

Мы можем записать эту опти. сис-му на эквивалентности, как показано на рисунке;



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

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

$$d' = \frac{5}{2} F$$

2) III.к. Уменьшение гравитации без мая $S_1 \Rightarrow$ увеличение гравитации без мая $S_1 \Rightarrow$ уменьшение угла α .

$$\cancel{\sin \alpha = \frac{5}{15}} \quad \tan \alpha = \frac{4}{15}$$

3) III.к. Уменьшение гравитации без мая x .

$$\Rightarrow \frac{v_{ux}}{2v} = T^2 = \frac{d^2}{a} = \frac{\frac{25}{4} F^2}{\frac{25}{9} F^2} = \frac{9}{4}$$

$$v_{ux} = \frac{9v}{2}$$

$$v_u = \frac{v_{ux}}{\cos \alpha} = \frac{9v}{2 \cos \alpha}$$

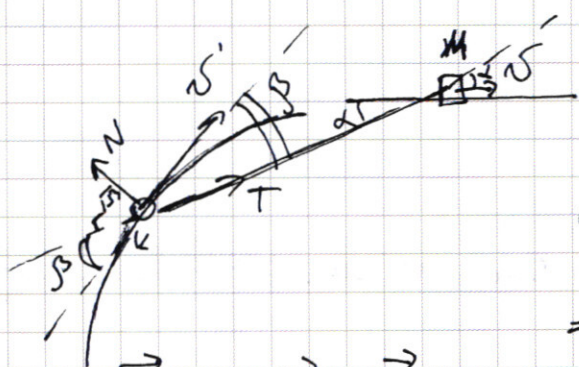
Ответ:

1) $\frac{5}{2} F$

2) $\tan \alpha = \frac{4}{15}$

3) $v_u = \frac{9v}{2 \cos \arctan \frac{4}{15}}$

$$\begin{aligned} EF &= ka \\ T - N \sin \beta &= \frac{m v_{\text{центр}}^2}{R} \end{aligned}$$



1) Поскольку процесс неэластичен

$$v' \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v' = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v \cdot 51}{40} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) $\vec{v}_{\text{центр}} = \vec{v}_k - \vec{v}_u$

$$v_{\text{центр}}^2 = v^2 + v'^2 - 2vv' \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$= -\frac{36}{51}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_{\text{полн}}^2 = 40^2 + 51^2 + 2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot \frac{36}{51} = 1600 + 2601 + 2880 =$$

$$= 7081 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \quad v_{\text{полн}} = \sqrt{7081} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 85 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3) Перебегает в сист-му отсчёта, связанную с мисерном.

В нем кольцо движется по окружности за счёт сил T , в проекции на реакцию опоры на него и сил тяжести.

В сист С.О.:

$$\sum F = ma \Rightarrow T - N \sin \beta = \frac{m v_{\text{полн}}^2}{\frac{17}{15} R}$$

В С.О., связанная с землёй:

$$T \sin \beta + mg \cdot \sin(90^\circ - (\alpha + \beta)) - N = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow$$

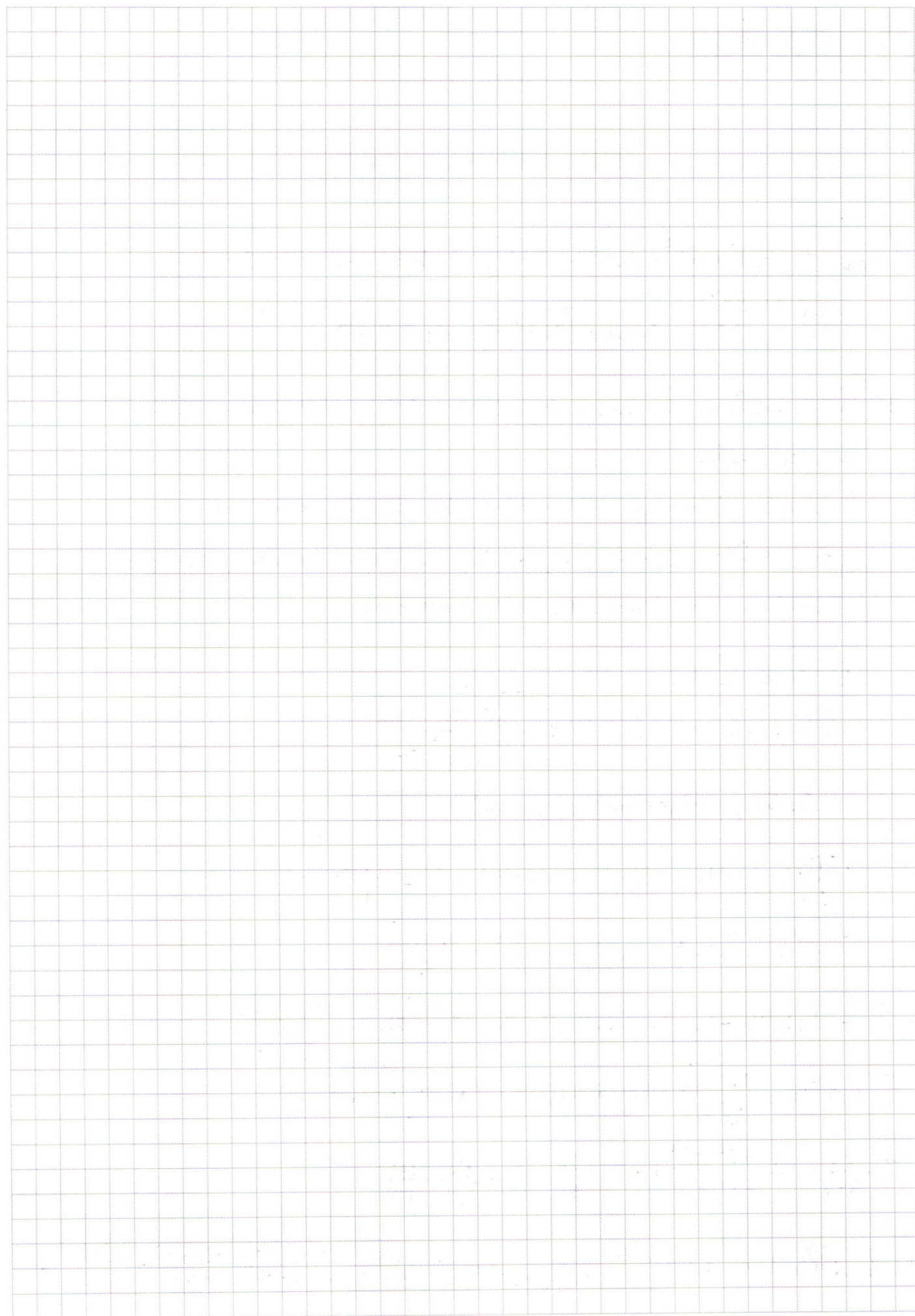
$$\Rightarrow N = T \sin \beta + mg \cos(\alpha + \beta) - \frac{m v^2}{R}$$

$$T - T \sin^2 \beta - mg \cos(\alpha + \beta) \sin \beta + \frac{m v^2}{R} \sin \beta = \frac{m v_{\text{полн}}^2}{\frac{17}{15} R}$$

$$T \cos^2 \beta = \frac{m v_{\text{полн}}^2}{\frac{17}{15} R} + mg \cos(\alpha + \beta) \sin \beta - \frac{m v^2}{R} \sin \beta$$

$$T \cdot \frac{64}{289} = \frac{15 \cdot 85^2 \cdot 10^{-4}}{17 \cdot 1,7} + 10 \cdot \frac{36}{51} \cdot \frac{15}{17} - \frac{51^2}{1,7} \cdot \frac{15}{17}$$

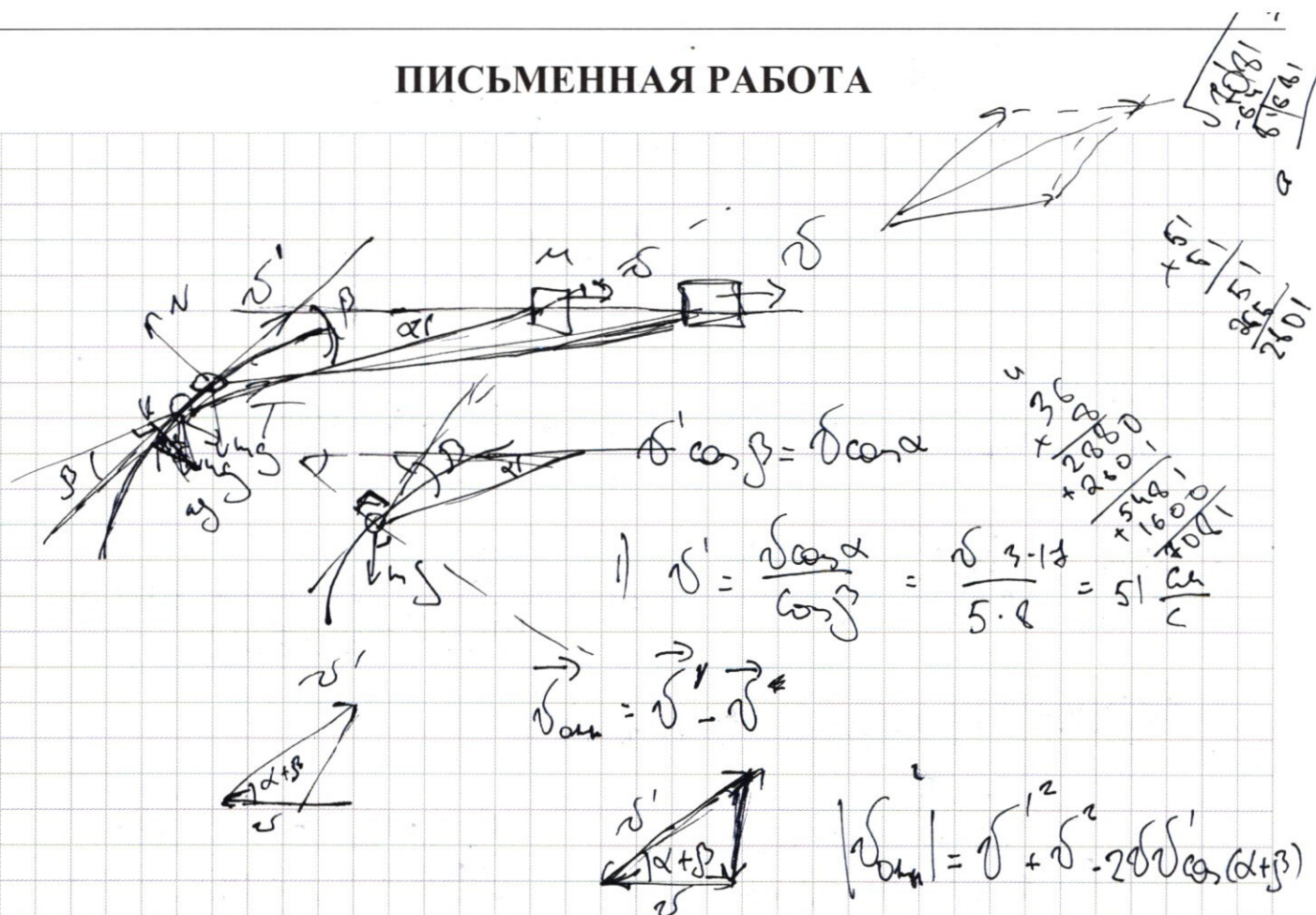
Ответ: 1) $v = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ 2) $v_{\text{полн}} = 85 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ 3) $T = \frac{289}{64} \left(\frac{15 \cdot 85^2 \cdot 10^{-4}}{17^2 \cdot 10^{-1}} - \frac{10 \cdot 36 \cdot 15}{51 \cdot 17} - \frac{51^2 \cdot 15}{17^2 \cdot 10^1} \right) \text{ Н}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{q}{c} + L\ddot{I} + U_0 = -\varepsilon$$

$$\frac{q}{ch} + \ddot{q} + \frac{U_0}{h} + \frac{\varepsilon}{L} = 0$$

$$\frac{q + c(\varepsilon + U_0)}{ch} + \ddot{q} = 0$$

$$q + c(\varepsilon + U_0) = ch_1 \cdot \cos\left(\frac{t}{\sqrt{ch}}\right)$$

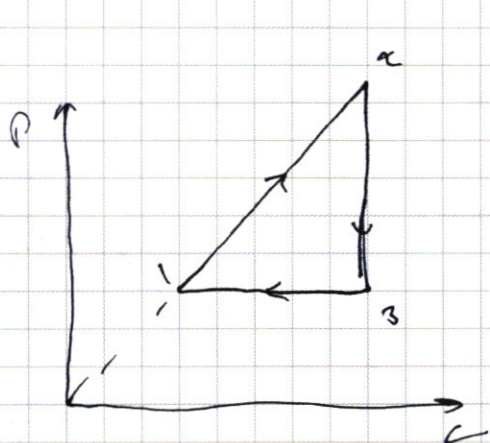
$$U_c = U_1 \cos\left(\frac{t}{\sqrt{ch}}\right) - \varepsilon - U_0$$

$$U_g =$$

$$\sqrt{7081} = 84$$

$$U_L = \frac{L\varepsilon U_1}{ch} \cos\left(\frac{t}{\sqrt{ch}}\right)$$

$$\sqrt{7081} = 84$$



S_2

$i=3$

$$1) \frac{C_V}{C_P} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{A + \Delta U}{A} = 1 + \frac{\frac{i}{2} R \Delta T}{P_{0P} \Delta V} =$$

$$3) \eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} =$$

$$= 1 + \frac{\frac{i}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)} =$$

$$= \frac{A_{12}}{Q_H} = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{2 R \Delta T}$$

$$= 1 + \frac{i (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1} = 1 + i = 4$$

$$\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{i}{2} R (T_2 - T_1) - \frac{i}{2} R (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{(P_2 - P_1) (V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) \right)} = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{2 \left(\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} + \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \right)} =$$

$$= \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{4 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{(P_2 - P_1) (V_2 - V_1)}{4 (P_2 + P_1) (V_2 - V_1)}$$

$$\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{4 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{1}{4}$$

$$= \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{4 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} = \frac{\frac{P_2}{P_1} - 1}{\frac{P_2}{P_1} + 1} =$$

$$= \frac{1}{4} \frac{a - 1}{a + 1}$$

$$\frac{1}{4} \frac{\frac{1}{\epsilon} - 1}{\frac{1}{\epsilon} + 1} = \frac{1}{4} \frac{1 - \epsilon}{1 + \epsilon} = \frac{1}{4}$$

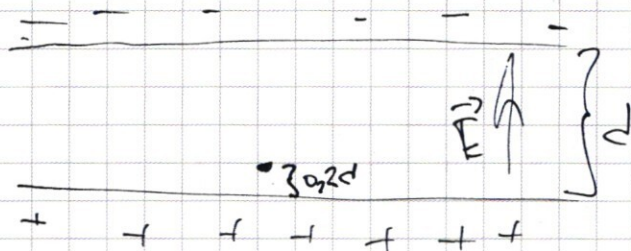
$$\eta_a = \frac{1}{4} \frac{(a+1) - (a-1)}{(a+1)^2} = \frac{1}{4} \frac{2}{(a+1)^2} = 0$$

$\epsilon \rightarrow 0$

$$\lim_{a \rightarrow \infty} \frac{1}{4} \frac{a - 1}{a + 1} = \frac{1}{4}$$

$a \rightarrow \infty$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\Delta\varphi = E \cdot 0,8d$$

$$A = \Delta E_k \quad E \cdot 0,8d \cdot q = \frac{m v_1^2}{2} \quad E = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,8d} = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

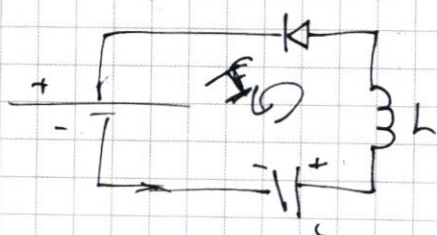
$$2) U = E \cdot d = \frac{v_1^2}{1,6}$$

$$\cancel{v_1} \quad v_1 = a \cdot t = \frac{E \cdot q}{m} \cdot t = E \gamma t =$$

$$1) t = \frac{v_1}{E \gamma} = \frac{v_1 \cdot 1,6d}{v_1^2} = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$3) v_0 = v_1$$

$$\begin{aligned} \omega_n & \\ E &= 1 \text{ В} \quad C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ ФФ} \\ L &= 0,2 \text{ Гн} \quad U_0 = 1 \text{ В} \end{aligned}$$



$$\sum \mathcal{E} = \sum U$$

$$\cancel{U_0}$$

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

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

2)

$$\frac{q^2}{2C} - \varepsilon \cdot q = \frac{hI^2}{2}$$

$$q = C \cdot u$$

$$\frac{CU^2}{2} - \varepsilon \cdot CU = \frac{hI^2}{2}$$

$$I = \sqrt{\frac{CU^2 - 2\varepsilon CU}{h}} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 36 - 2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{h}$$

$$\frac{q_0^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} - \varepsilon(q_0 - q) = \frac{hI^2}{2} \quad \sqrt{\frac{CU_1^2 - 2\varepsilon CU_1}{h}} =$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} (6 - 36)}{0,2}} = 0?$$

$$\frac{q}{2C} = \varepsilon$$

$$\frac{q_0^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} - \varepsilon q_0 + \varepsilon q = \frac{hI^2}{2}$$

$$\frac{2q}{2C} = \varepsilon$$

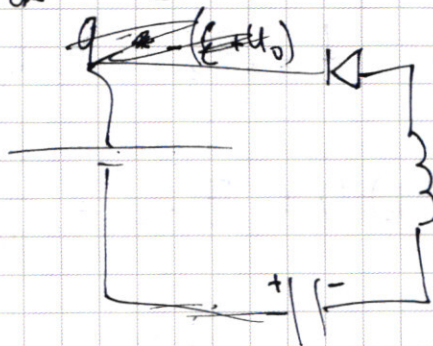
$$q = C\varepsilon$$

$$\sqrt{\frac{hI^2}{2}} =$$

$$q_c = (q -$$

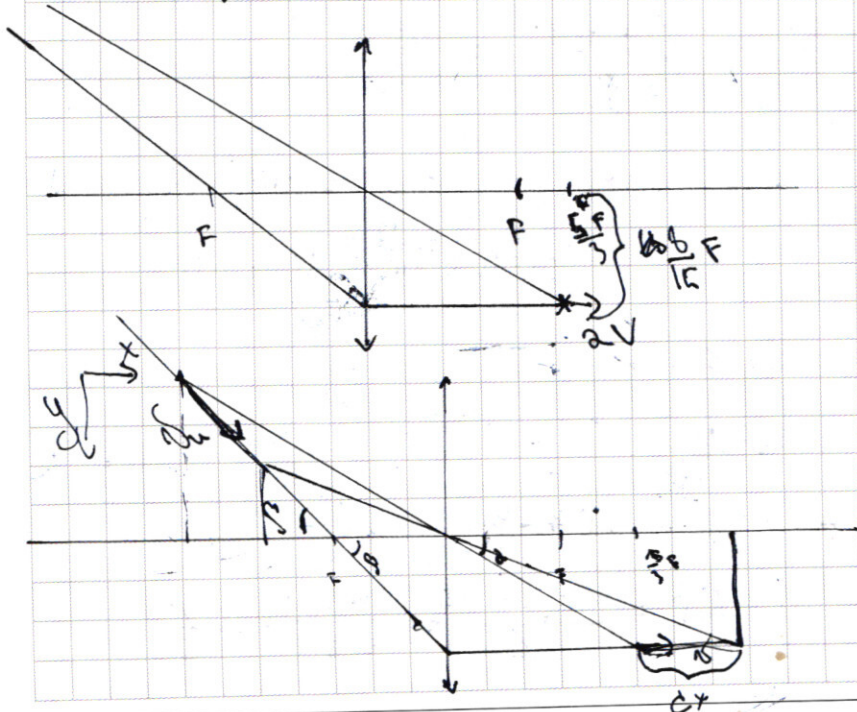
$$\varepsilon - u_g - u_c$$

$$\frac{q}{C} + hI^2 =$$



55

$$3) U_n = \varepsilon - u_c = 20$$



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

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

$$d' = \frac{5F}{2}$$

☒ черновик

☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)