

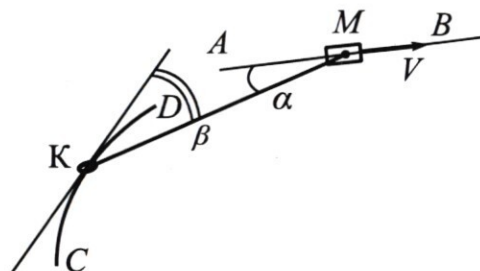
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

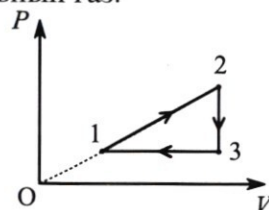
Вариант 11-04

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

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.

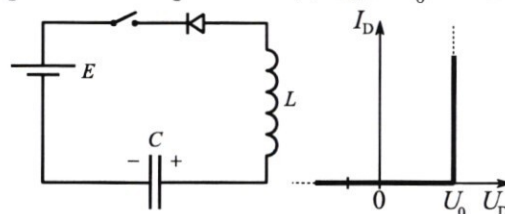
- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

- 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.

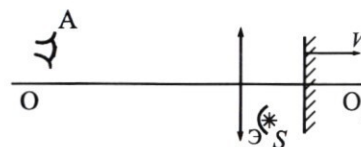
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.



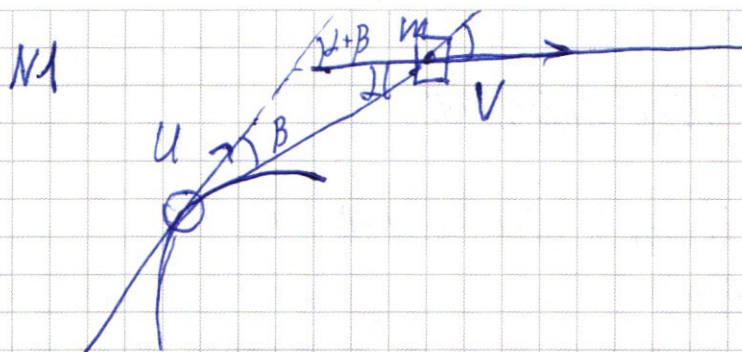
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

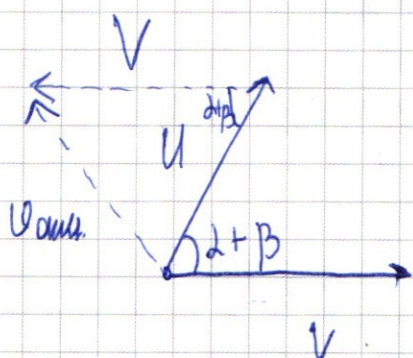


1.) В силу равенства длин:

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

$$U = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \text{ м/с} \cdot \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 82} = 2 \text{ м/с} \cdot 1,4 = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2.) Рассмотрим треугольник скоростей:
 $\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U} - \vec{V}$



$$U_{\text{отн}}^2 = V^2 + U^2 - 2VU \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{14}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{14} \Rightarrow \sin \beta = \frac{15}{14}$$

$$\Rightarrow \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{45}{14 \cdot 5}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{32}{5 \cdot 14} - \frac{45}{14 \cdot 5} = - \frac{13}{5 \cdot 14}$$

$$v_{\text{итт}}^2 = V^2 \left(1 + \frac{289}{100} + 2 \cdot \frac{14}{10} \cdot \frac{13}{5 \cdot 14} \right) = V^2 \left(\frac{389}{100} + \frac{52}{100} \right) =$$

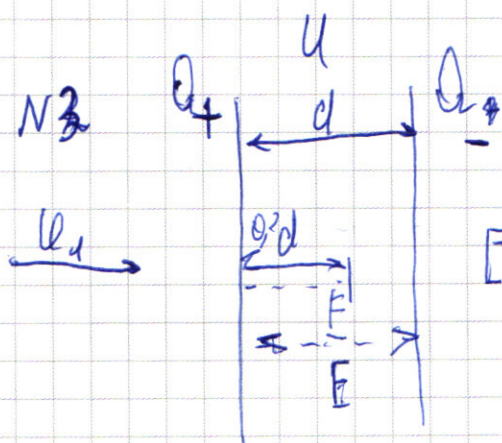
$$= V^2 \cdot \left(\frac{21}{10} \right)^2 \Rightarrow v_{\text{итт}} = 2 \text{ м/с} \cdot 2,1 = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3.) Перейдем в СД, в котором каузы неподвижны:

В ней скорость итаива = $v_{\text{итт}}$ и направление перпендикулярно к плоскости ее распространения.

$$F = ma = m \cdot \frac{v_{\text{итт}}^2}{r} = 0,4 \cdot \frac{(4,2)^2 \cdot 15}{14 \cdot 1,9} = \frac{4 \cdot 21^2 \cdot 15 \cdot 10^3}{10 \cdot 5^3 \cdot 14 \cdot 19} =$$

$$= \frac{12 \cdot 21^2}{5 \cdot 14 \cdot 19} = \boxed{\frac{5292}{1615} \text{ Н}}$$



1) Будем так, как на рисунке, шире проложим каузы

$$E = \frac{U}{d}; \text{ все конденсаторы параллельны.}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = F_c \cdot 0,2d = E \cdot q \cdot 0,2d = U \cdot q \cdot 0,2$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{2 \cdot U \cdot 0,2} = \frac{v_1^2}{0,4U} = \mu.$$

$$2.) a = \frac{F \cdot q}{m} = \frac{U}{d} \cdot \mu \Rightarrow v_1 = at \Rightarrow t = \frac{v_1 \cdot d}{U \cdot \mu}$$

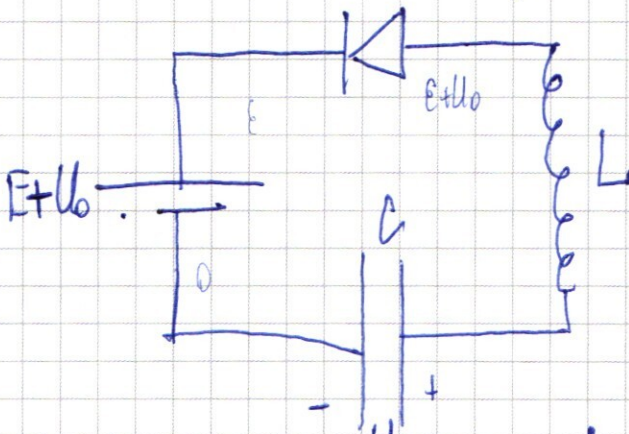
$$T = 2t = \frac{2v_1 \cdot d}{U \cdot \mu}$$

3.) П.к. все каузы параллельны, то $v_0 = v_1$ из 3с.7.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Эквивалентная схема с идеальным диодом:



$$1.) U_L = U_1 - E - U_0 = L \cdot \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{2 \text{ В}}{0,4 \text{ Гн}} = 5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

$$2.) \text{ Максимальный ток тогда, когда } U_1 = E - U_0 = \epsilon (4 \text{ В})$$

$$\Delta W_c = \frac{C \cdot U_1^2}{2} - \frac{C \cdot \epsilon^2}{2}$$

$$\Delta E_c = \frac{C \cdot \epsilon^2}{2} - \frac{C \cdot U_1^2}{2}$$

$$\Delta q = C \cdot U_1 - C \cdot \epsilon = C \cdot (U_1 - \epsilon)$$

$$A_E = - C \cdot (U_1 - \epsilon) \cdot \epsilon$$

$$E_L = \frac{C}{2} \cdot (U_1^2 - \epsilon^2) - C \cdot (U_1 - \epsilon) \cdot \epsilon =$$

$$= \frac{C}{2} \cdot (56 - 20) \text{ В} = C \cdot 18 \text{ В} = \frac{C}{2} \cdot 4 \text{ В}$$

$$= \frac{C}{2} \cdot (81 - 49 - 2 \cdot 14) = \frac{C}{2} \cdot (18 - 28) = -10 \cdot \frac{C}{2} = \frac{C}{2} \cdot 4 \text{ В}$$

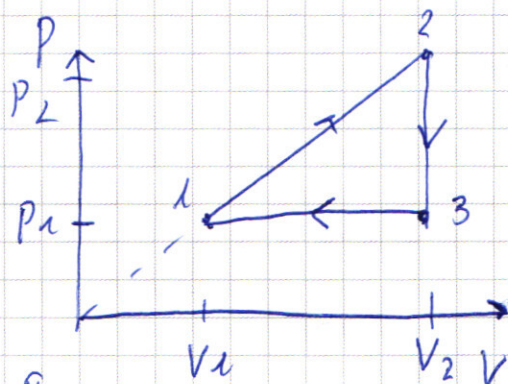
$$\frac{C \cdot 4 \text{ В}^2}{2} = \frac{L \cdot I_{\text{м}}^2}{2}$$

$$I_{\text{м}} = \sqrt{\frac{C \cdot 4 \text{ В}^2}{L}} = \sqrt{\frac{10^{-8} \cdot 4}{0,4}} = \sqrt{10^{-5}} \text{ А}$$

$$I = \frac{C \cdot 16B}{L} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-6}}{0,4}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-5}} \text{ A} = 2 \cdot 10^{-\frac{5}{2}} \text{ A}$$

$$3.) U_2 = U_1 - 2 \cdot (U_1 + \epsilon) = 9B - 4B = 5B - \text{из условия.}$$

N2



$$P \cdot V = \nu R T$$

1.) Процесс на 23; 31

C_{p2}

$$V_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_p = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_p}{C_D} = \frac{3}{5}$$

$$2.) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1 V_2 = P_2 \cdot V_1$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $\eta = \frac{A_{\text{г}}}{Q_+}$

$$Q_+ = Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T$$

$$A_{\text{г}} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (-P_1 V_2) =$$

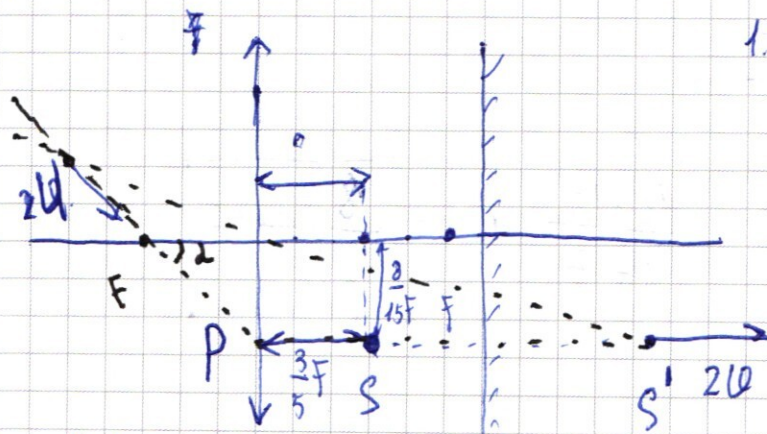
$$= \frac{1}{2} \nu R \Delta T - P_1 V_2$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \nu R \Delta T - P_1 V_2}{2 \nu R \Delta T}$$

максимум, когда $P_1 = 0 \Rightarrow \eta = \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4}$

$\eta_{\text{max}} = 25\%$

№ 5

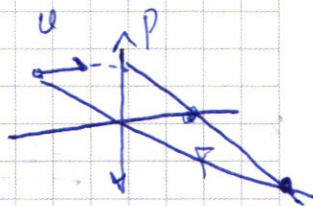


1.) Новым источником
для линзы будет
изображение S в зеркале.
д. между S' и линзой:

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

$$\eta = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{\frac{9}{5} \cdot F^2}{\frac{4}{5} \cdot F} = \frac{9F \cdot 5}{5 \cdot 4} = \frac{9}{4} F$$

2.) Из рисунка видно, что α изображается следующим образом ρF . $\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$



3.) Если шара сойдется на Δx , то между S и S' станет на $2 \Delta x$ больше $\Rightarrow U(S') = 2V$

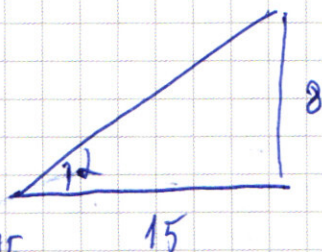
$$\text{Мы знаем, что } U \cdot \cos \alpha = 2U \cdot \Gamma^2$$

$$\Gamma = \frac{F}{d - F} = \frac{F}{\frac{4}{5} F} = \frac{5}{4} \Rightarrow \Gamma^2 = \frac{25}{16}$$

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

$$\Rightarrow \cos \alpha =$$

$$= \frac{15}{\sqrt{64 + 225}} = \frac{15}{17}$$



$$U \cdot \frac{15}{17} = 2U \cdot \frac{25}{16}$$

$$U = \frac{2U \cdot 25 \cdot 17}{16 \cdot 15} = \frac{10 \cdot 17}{16 \cdot 3} U = \boxed{\frac{85}{24} U}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_{\text{внн}} = V \cdot \sqrt{1 + \frac{289}{100} + \frac{13}{25}} = V \cdot \sqrt{\frac{100}{100} + \frac{289}{100} + \frac{52}{100}} =$$

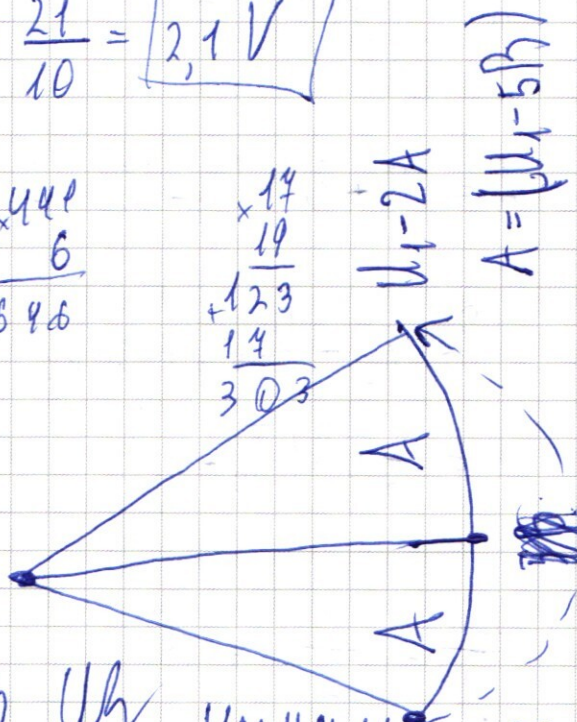
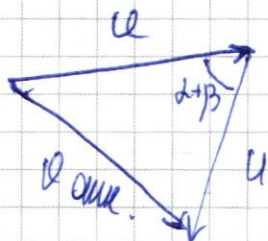
$$\begin{array}{r} + 389 \\ 52 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 21 \\ \hline 42 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$= V \cdot \frac{21}{10} = \boxed{2,1 V}$$

$$\begin{array}{r} \times 441 \\ 6 \\ \hline 2646 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 19 \\ \hline 123 \\ 14 \\ \hline 303 \end{array}$$



В силу перпендикулярности:

$$a = \frac{V_{\text{внн}}^2}{l}$$

$$F = ma \Rightarrow F = \frac{m \cdot V_{\text{внн}}^2}{l} = \frac{4 \cdot 45 \cdot V \cdot 21^2}{10 \cdot 14 \cdot R \cdot 10^2} = \frac{3 \cdot 21^2 \cdot 3 \cdot 10}{14 \cdot R \cdot 50 \cdot 19} =$$

$$= \frac{3 \cdot 441 \cdot 2}{14 \cdot 5 \cdot 19} = \frac{2646}{1515} \text{ Н}$$

2. ~~Вывести~~

$$\begin{array}{r} \times 441 \\ 12 \\ \hline 882 \\ 441 \\ \hline 5292 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 19 \\ \hline 153 \\ 14 \\ \hline 323 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 323 \\ 5 \\ \hline 1615 \end{array}$$

$$5R = F - U_0$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

N2

$$1) \frac{C_V}{C_P} \text{ для одноат. г.} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

$$2) P \cdot V = \nu R T$$

$$P = 2V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

$$P_2 \cdot V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_2 - P_1 V_1 = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_+ = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{3 \cdot 2}{2} = \boxed{3}$$

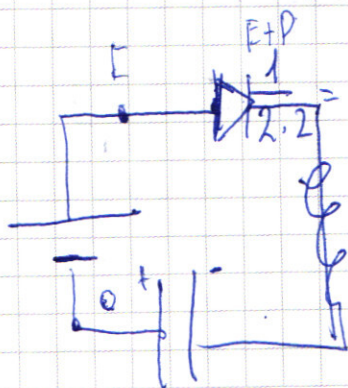
$$3) \eta = \frac{A_+}{Q_+}$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) - P_1 V_2}{2 \nu R (T_2 - T_1)}$$

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

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

$$= \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) - P_1 V_2$$



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

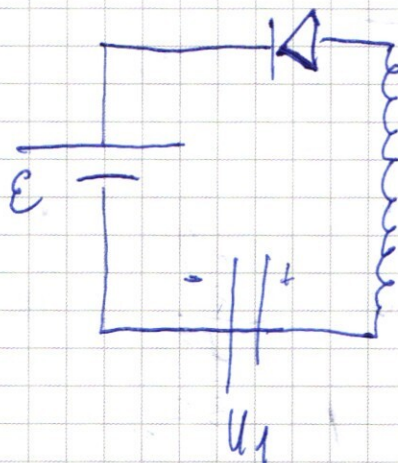
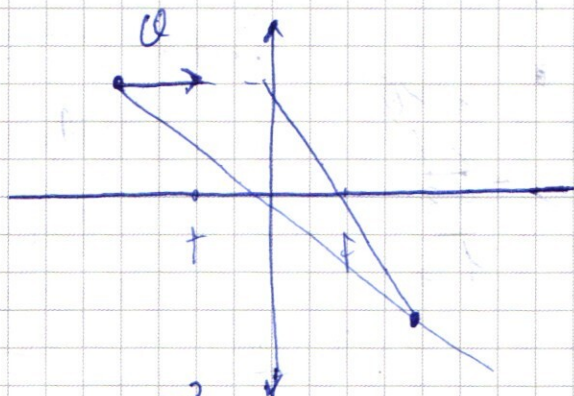
$$A = U_1 - \text{то, что}$$

$$A = U_1 - (E \pm U_0)$$

у меня

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 81 - 25 \\ \cdot 10 \\ \hline 81 \\ - 25 \\ \hline 56 \end{array}$$



$$U \cdot \cos \alpha = 2U \cdot \Gamma^2$$

$$\Gamma = \frac{F}{d-F} = \frac{F}{\frac{4}{5}F} = \frac{5}{4}$$

$$U \cdot \frac{8}{15} = 2 \cdot U \cdot \frac{25}{168}$$

$$U = \frac{15 \cdot 25}{64} = \frac{375}{64} \text{ V}$$

$$\Delta q = C \cdot (E)$$

$$q_0 = C \cdot U_1 \Rightarrow C_n = C \cdot (U_1 - E)$$

$$E_n = \frac{C \cdot U_1^2}{2}, E_k = \frac{C \cdot (U_1 - E)^2}{2}$$

$$\Delta J = -C \cdot E^2$$

$$\Delta J = E_k - E_n + U_L$$

$$U_k = U_1 - 2E$$

$$U_n = U_1 - E$$

$$U_L = \frac{C \cdot (U_1^2 - (U_1 - E)^2)}{2} - C \cdot E^2$$

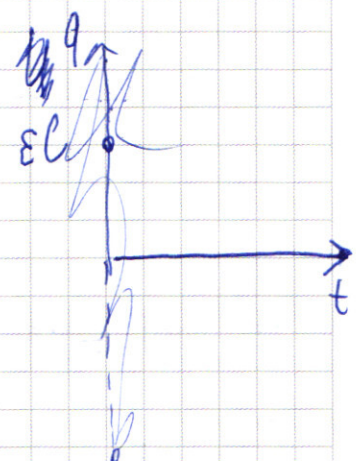
$$E = 5 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} & \frac{C}{2} \cdot (U_1^2 - U_1^2 + 2U_1E + E^2) = \\ & = CU_1E - \frac{CE^2}{2} - \frac{CE^2}{2} = \end{aligned}$$

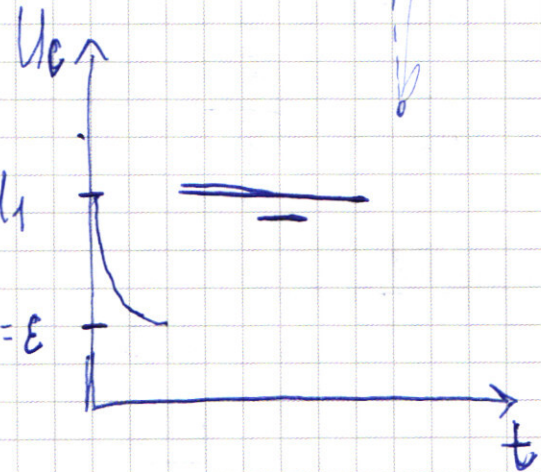
$$U_k - \bar{E} = U_D$$

$$U_D = 4B$$

$$q = U \cdot C = \epsilon_0 C$$



$$I = \frac{dq}{dt}$$



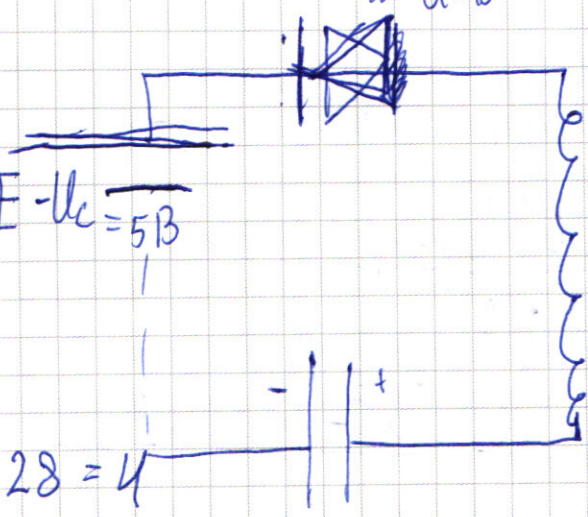
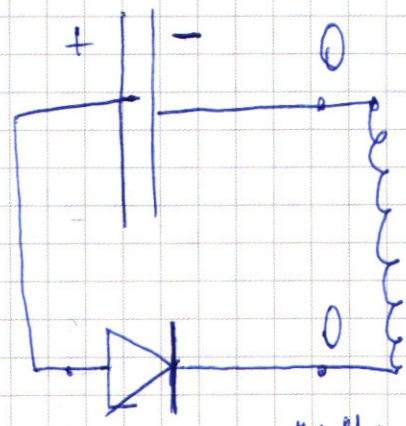
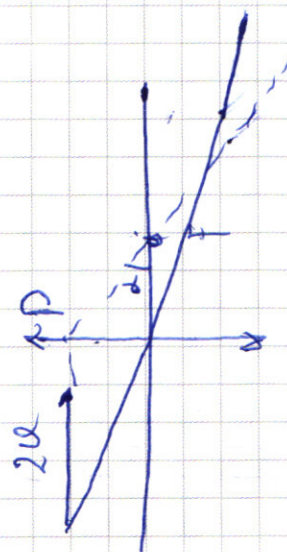
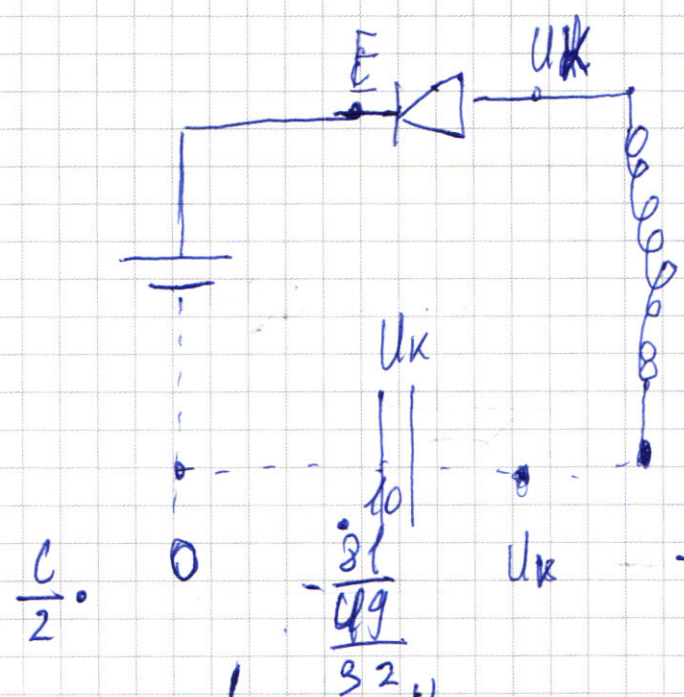
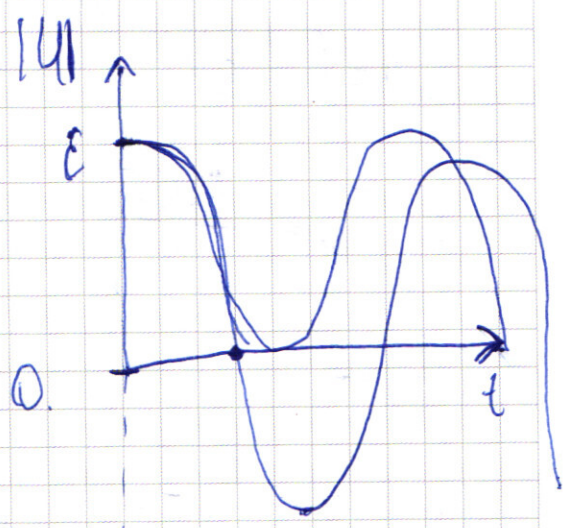
$$U_1 = E$$

$$U_k - U = 0$$

$$\epsilon = E - U_c = 5B$$

$$32 - 28 = 4$$

$$U_1$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{14} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{14}$$

$$\frac{32 - 45}{5 \cdot 14} = -\frac{13}{5 \cdot 14}$$

$$\sqrt{1 - \frac{64}{289}}$$

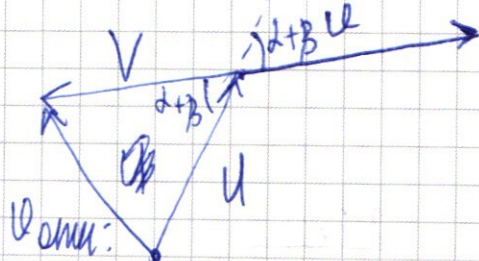
$$\begin{array}{r} 389 \\ + 52 \\ \hline 441 \end{array}$$

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

$$U = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = V \cdot \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 82} = 1,4 = 2 \cdot 1,4 = 3,4 \text{ м/с}$$

2.)

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



$$\cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{14} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{14}$$

$$V_{\text{отн}}^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{V^2 + \left(\frac{14}{10}\right)^2 \cdot V^2 + 2V^2 \cdot \frac{14}{10} \cdot \frac{13}{5 \cdot 14}} =$$



черновик



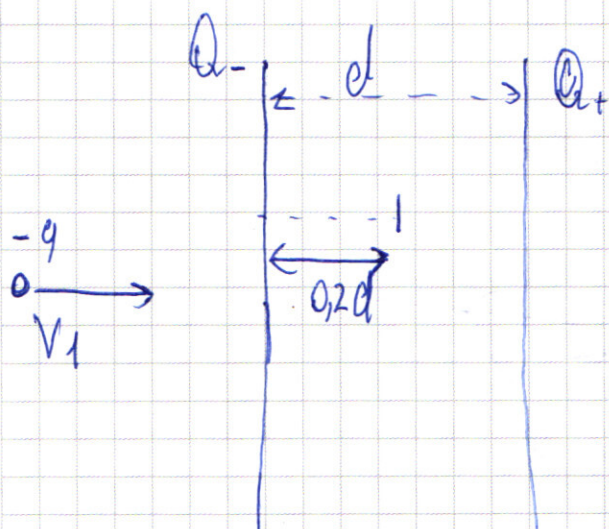
чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

N3



Дано: $U; d; V_1;$

Найти $\frac{|q|}{m}$

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

$$F = E \cdot q$$

1.)

$$\frac{mU_1^2}{2} = \frac{E \cdot q}{2} \cdot 0,2d = q \cdot 0,2d \cdot \frac{U}{d} = 0,2 \cdot q \cdot U.$$

$$\frac{q}{m} = \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,2 \cdot U} = \frac{U_1^2}{0,4U} = \mu. \quad E$$

2.) $F_{\text{электр}} = -E \cdot q = m \cdot a$

$$a = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot \mu = \frac{U}{d} \cdot \mu$$

$$0 = U_1 - a \cdot t$$

$$U_1 = a \cdot t$$

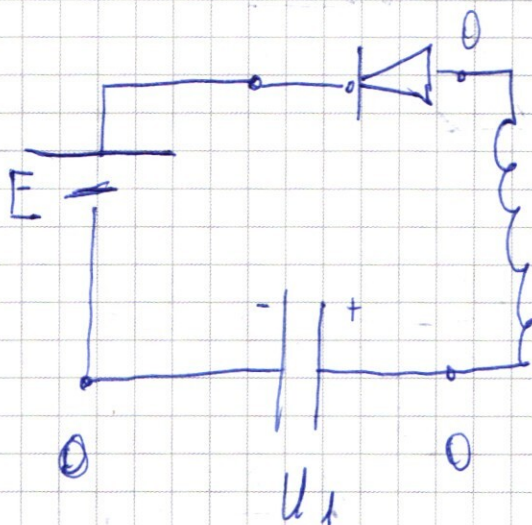
$$t = \frac{U_1}{a} = \frac{U_1 \cdot d}{U \cdot \mu} \Rightarrow T = 2t = \frac{2U_1 d}{U \mu}.$$

3.) U_0

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

1.)



$$U_L = U_1 - U = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

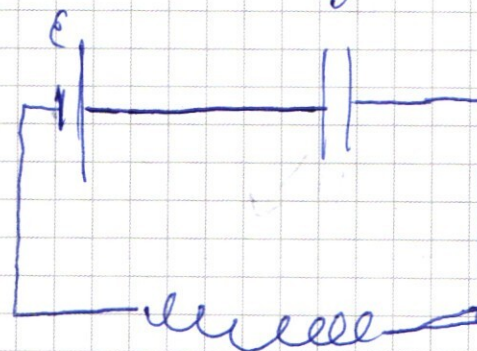
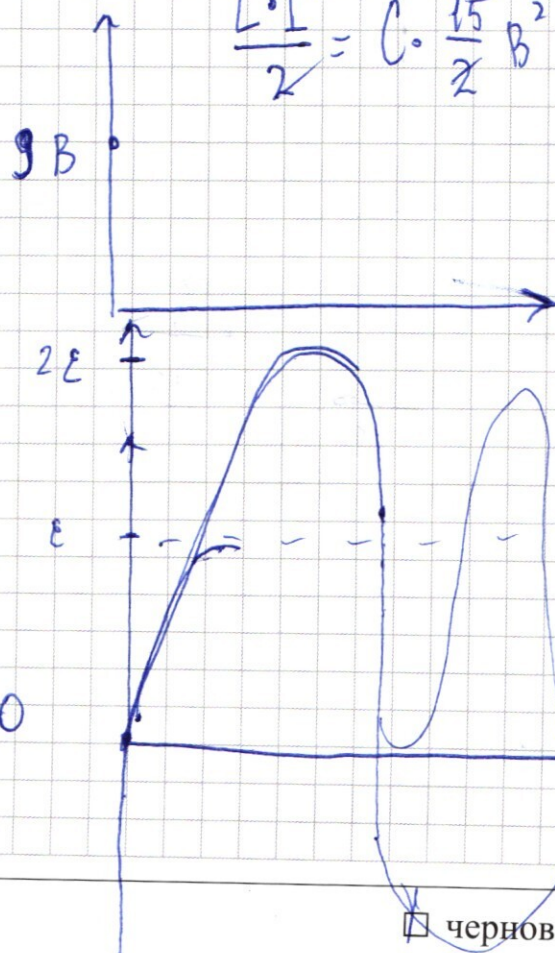
$$\frac{2}{0,4} = \frac{20}{4} = \boxed{5 \frac{B}{\Gamma K}}$$



$$I = \frac{3B}{0,4 \Gamma K} = \frac{30}{4} \frac{B}{\Gamma K} = 7,5 \frac{B}{\Gamma K}$$

2.)

$$\frac{L \cdot I^2}{2} = C \cdot \frac{15}{2} B^2$$



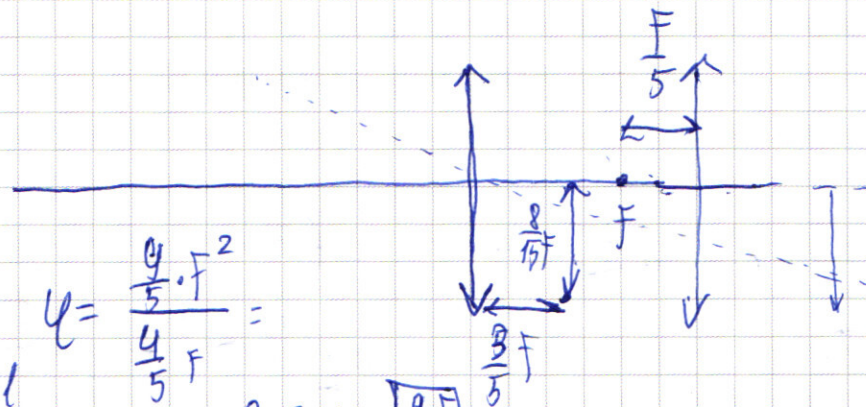
$$90 - 45 = 45$$

$$C \cdot (U_C E - \frac{3}{2} E^2)$$

$$C \cdot (0,45 = \frac{3}{2} \cdot 25) =$$

$$= C \cdot (\frac{15}{2})$$

№5



$$\varphi = \frac{\frac{9}{5} \cdot F^2}{\frac{4}{5} F} =$$

$$\left(\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} \right) \cdot 2$$

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

$$= \frac{9 \cdot 5}{5 \cdot 4} \cdot F = \frac{9F}{4}$$

$$d = \left(\frac{12}{15} - \frac{8}{15} \right) F \cdot 2 = \frac{8}{15} F + \frac{8}{15} F =$$

$$\varphi = \frac{dF}{d-F}$$

$$= \frac{16}{15} F$$

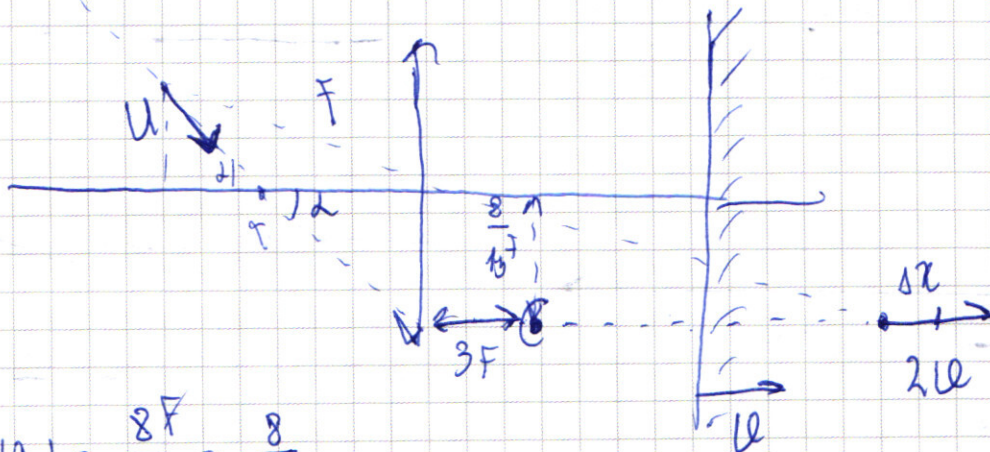
$$d = \frac{3}{5} F + \left(\frac{6}{5} F - \frac{3}{5} F \right) \cdot 2 =$$

$$= \frac{3}{5} + \frac{6}{5} = \frac{9}{5} F$$

1.)

$$\varphi = \frac{\frac{16}{15} F^2}{\frac{1}{15} F} = \frac{16 \cdot F \cdot 15}{15} = 16F$$

2.)



$$d \cdot \cos \alpha = \frac{8F}{15} = \frac{8}{15}$$

$$U \cdot \cos \alpha = V \cdot \Gamma^2$$

$$\Gamma = \frac{F}{d-F}$$