

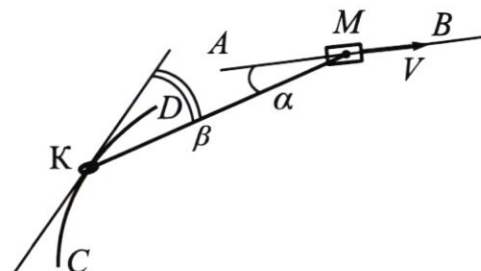
Олимпиада «Физтех» по физике, 6

Класс 11

Вариант 11-04

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.



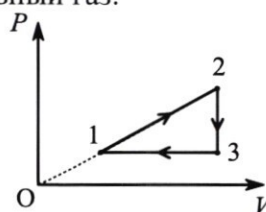
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

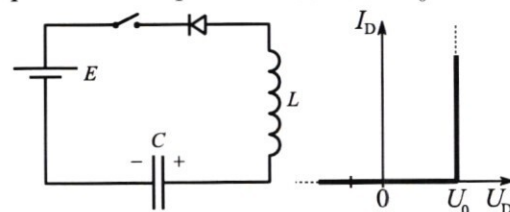
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

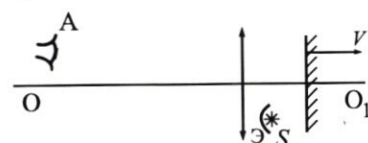


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Дано:

$$v = 2 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

$$v_k = ?$$

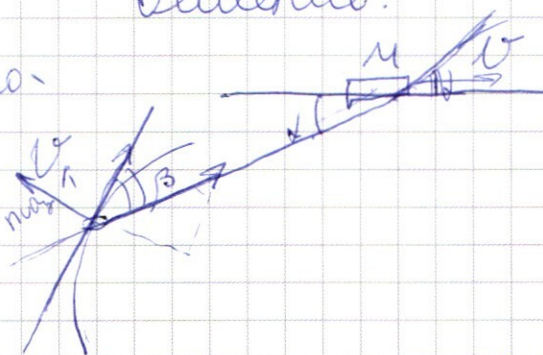
$$v_{om} = ?$$

$$T = ?$$

№1.

Решение:

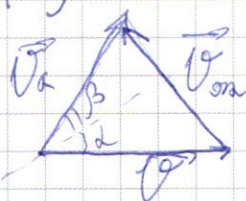
Проекция скорости на касательную к траектории движения - это условие неразрывности траектории:



$$v \cos \alpha = v_k \cos \beta \Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$1) v_k = \frac{2 \cdot 4 \cdot 17}{8 \cdot 5} = \frac{17}{5} = 3,4 \text{ (м/с)}$$

2) В с.о. муфты построим 2 скорости:



$$v_{om} = v_k \sin \beta + v \sin \alpha$$

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

$$v_{om} = \frac{17}{5} \cdot \frac{15}{17} + 2 \cdot \frac{3}{5} = 3 + \frac{6}{5} =$$

$$\frac{21}{5} = 4,2 \text{ (м/с)}$$

3) Запишем (равенства) уравнения сил, действующих на кольцо.

$ma_z = T \sin \beta$, где a_z - центростремительное ускорение кольца.

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

$$a_z = \frac{v_k^2}{R}$$

$$T = \frac{0,4 \cdot 17^2 \cdot 17}{1,9 \cdot 5^2 \cdot 15}$$

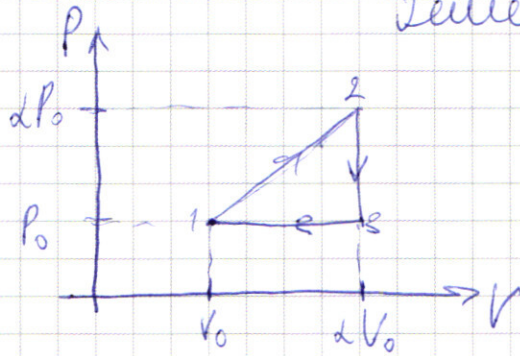
$\sqrt{2}$

Найти:

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$$

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

$$\eta - ?$$



Решение:

Процесс 23 - изохорический; температура на нём убывает $\Rightarrow C_{23} = -\frac{3}{2}R$.

Процесс 31 - изобара; T макс. уменьшается $\Rightarrow C_{31} = -\frac{5}{2}R \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{-\frac{3}{2}R}{-\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} =$

1) $\underline{= 0,6}$

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(2^2 P_0 V_0 - P_0 V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (2^2 - 1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} P_0 V_0 (2^2 - 1)}{\frac{P_0 V_0 (2^2 - 1)}{2}} = \frac{3 \cdot 2}{2} = 3.$$

3). $\eta = \frac{Q_{\text{пог.}} - Q_{\text{отд.}}}{Q_{\text{пог.}}} = \frac{A_{12}}{Q_{\text{пог.}}}$

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

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

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

Пусть $2 \rightarrow \infty$ $(2 - 1) \approx (2 + 1) \Rightarrow \eta \rightarrow \frac{1}{4} = 25\%$

Ответ: $\frac{P_{23}}{P_{31}} \frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6 = \frac{3}{5}$; $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$; $\eta \approx 25\% \approx \frac{1}{4}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Daylo!

$$F, d = \frac{8}{15} F; U$$

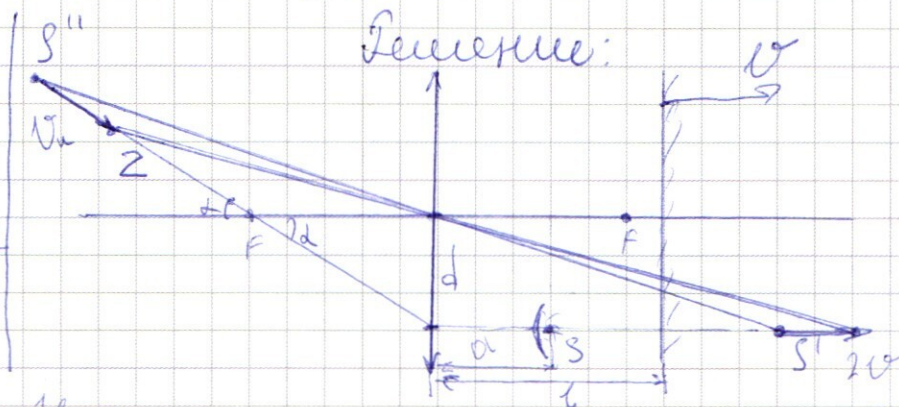
$$a = \frac{3}{5}F; \quad l = \frac{6}{5}F$$

b-? ; d-?

$$V_u - ?$$

N5

Заключение:



Найдем расстояние от отраженного источника в зеркале до медузы:

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

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} + \frac{1}{b} \Rightarrow b = \frac{x F}{x - F} \quad b = \frac{\frac{9}{3} F \cdot F}{\frac{9}{3} F - F} = \frac{\frac{9}{3} F^2}{\frac{4}{3} F} = \frac{9}{4} F =$$

$$1) = 2,25 \text{ F}$$

2) Изображение S'' будет двигаться вверх

прямой $Z \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$

3) Скорость изображения источника S' относи-
тельно зеркала будет равна v ; а относит.
линии $v' = 2v$

Вспомогательная скорость v_2 , параллельная оси OO' будет равна $v_2 \cdot \Gamma^2 = 2v_1 \cdot \Gamma^2$, где Γ — лоренцское увеличение длины, равное $\Gamma = \frac{E}{mc^2} = \frac{5}{4} = 1,25$

$$q_{u, \text{coll}} = 210 \cdot \sqrt{2} \quad v_u = \frac{210 \cdot 25}{\cos 46} = \frac{2500}{0.69} =$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow v_u = \frac{25 \cancel{v} \cdot 17}{8 \cdot 15} = \frac{5 \cdot 17 \cancel{v}}{8 \cdot 3} = \frac{85 \cancel{v}}{24}$$

Дано: $\epsilon = \frac{9}{4} F = 2,25 F$; $\lg 2 = \frac{8}{15}$; $U_0 = \frac{35}{24} B$

№4.

Дано:

$\mathcal{E} = 6 B$

$C = 10^{-5} F$

$U_c = 9 B$

$L = 0,4 Гн$

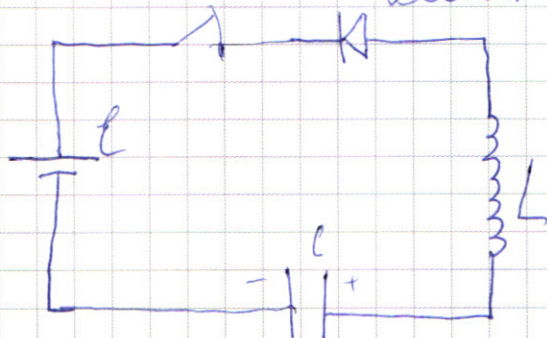
$U_0 = 1 B$

$\frac{dI}{dt} = ?$

$I_{max} = ?$

$U_2 = ?$

Решение:



$$\mathcal{E} = U_0 + L \frac{dI}{dt} - U_c$$

$$L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - U_0 + U_c \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} + U_c - U_0}{L} \Rightarrow$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{6 + 9 - 1}{0,4} = 35 \left(\frac{A}{c} \right)$$

$$U_c - \mathcal{E} = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_c - \mathcal{E}}{L} = 7,5 \left(\frac{A}{c} \right)$$

На конденсаторе установится напр. U_2 ,
когда диод перестанет пропускать ток
 $\Rightarrow \mathcal{E} - U_2 = U_0 \Rightarrow U_2 = \mathcal{E} - U_0$
 $U_2 = 5(B)$.

№3.

Дано:

S, d, U, U_1, q, d_1

$\frac{q_1}{m} = ?$

$T = ?$

$v_0 = ?$

Решение:

3. c. 2:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{k q q_1}{0,2d} + \frac{k q q_2}{0,8d} = \frac{k q q_k}{0,16d}$$

$$q_k = CU = \frac{\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = \frac{k q \epsilon_0 S U}{0,16 d^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{k q \epsilon_0 S U}{0,16 d^2} \Rightarrow \frac{1 q}{m} = \frac{0,06 d^2 k q^2}{2 \cdot k \epsilon_0 S U} = \frac{0,8 d^2 U}{k \epsilon_0 S U} =$$

$$= \frac{0,8 d^2 U^2 \cdot 4 \pi \epsilon_0}{\epsilon_0 S U} = \frac{3,2 d^2 U^2 \pi}{S U}.$$

2) В конденсаторе на частицу действует постоянная сила $F_q \Rightarrow$

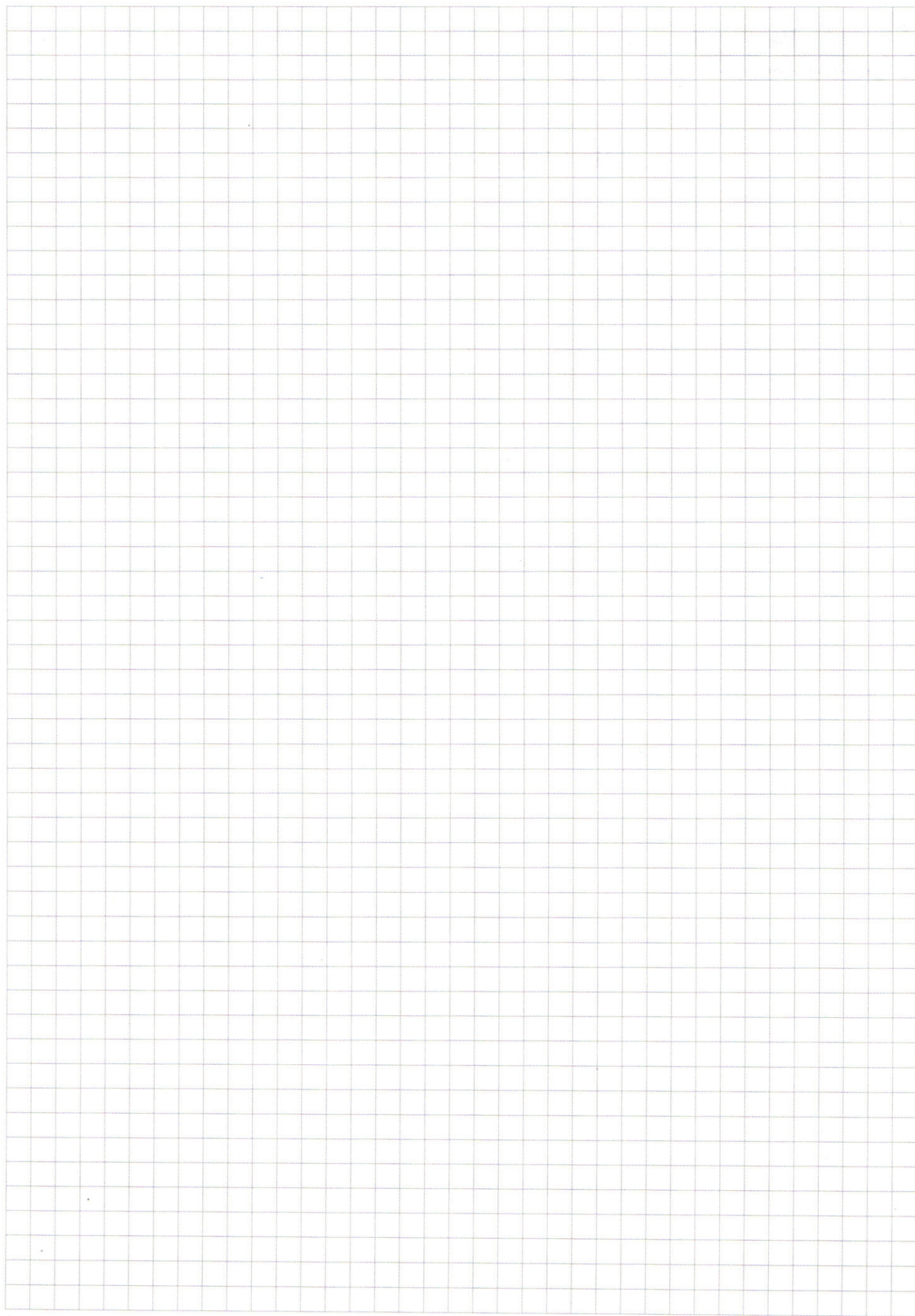
$$S = \frac{a T^2}{2} \quad a = \frac{F_q}{m} \quad S = 0,8 d.$$

$$T = \sqrt{\frac{2 S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 d}{F_q}} = \sqrt{\frac{1,6 d m}{U q}}$$

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

$$T = \sqrt{\frac{1,6 d^2 S U}{3,2 d U^2 \pi \alpha q}} =$$

$$= \frac{1}{U_1} \sqrt{\frac{S}{2 \pi}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$v = 2 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

$$\cos \beta = \frac{2}{14}$$

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

$$v_k = ?$$

$$v_{cm} = ?$$

$$T = ?$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{3}{5}$$

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

$$v_{cm} = v \sin \alpha + v_k \sin \beta$$

$$v_{cm} = \frac{3}{5} \cdot 2 + \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{6}{5} + 3 = \frac{21}{5} = 4,2 \text{ м/с}$$

В л.о.м:

$$v_{cm} = \vec{v}_k + \vec{v}_m$$

$$v_k \cos \alpha = v \cos \beta$$

$$v_k = \frac{v \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot \frac{2}{14}}{\frac{4}{5}} = \frac{5}{7} = 0,71 \text{ м/с}$$

$$T \cos \beta = N$$

$$T \cos \beta =$$

3) $m a_y = \frac{m v_k^2}{R} \Rightarrow a_y = \frac{v_k^2}{R}$

$m a_y = T \sin \beta$

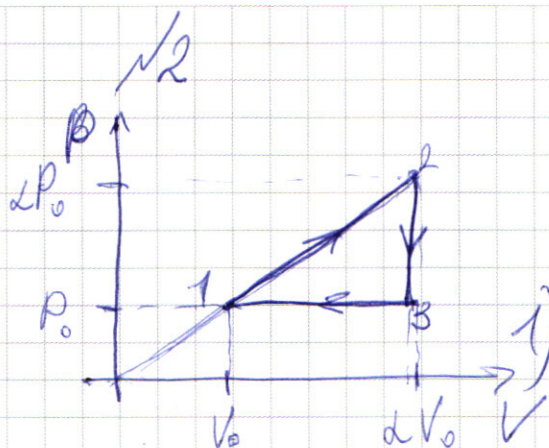
Дано:

~~P_0~~

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$$

$$\frac{\Delta M_{12}}{A_{12}} \rightarrow$$

$$\eta = ?$$



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

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

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

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

$$\Delta M_{12} = \frac{3}{2} (\sqrt{2}^2 P_0 V_0 - P_0 V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (\sqrt{2}^2 - 1)$$

$$2) \frac{\Delta M_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{3 \cdot 2}{2} = 3$$

$$3) \eta = \frac{Q_{\text{neg}} - Q_{\text{ome}}}{Q_{\text{nog}}} = \frac{A_n}{Q_{\text{nog}}}$$

$$A_n = \frac{(\sqrt{2}P_0 - P_0)}{2} (\sqrt{2}V_0 - V_0) = \frac{P_0 V_0 (\sqrt{2} - 1)^2}{2}$$

$$Q_{\text{nog}} = A_{12} + \Delta M_{12} = \frac{4}{2} P_0 V_0 (\sqrt{2}^2 - 1) = 2 P_0 V_0 (\sqrt{2}^2 - 1)$$

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

$$\eta' = \frac{1}{4} \left(\frac{(\sqrt{2} - 1)' \cdot (\sqrt{2} + 1) - (\sqrt{2} + 1)' (\sqrt{2} - 1)}{(\sqrt{2} + 1)^2} \right) =$$

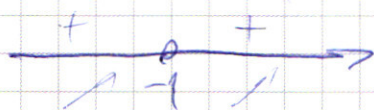
$$= \frac{1}{4} \left(\frac{\sqrt{2} + 1 - \sqrt{2} + 1}{(\sqrt{2} + 1)^2} \right) = \frac{1}{2 (\sqrt{2} + 1)^2}$$

$$\eta' = \left(\frac{\sqrt{2} - 1}{4 (\sqrt{2} + 1)} \right)' = \frac{(\sqrt{2} - 1)' \cdot (4 (\sqrt{2} + 1)) - (4 (\sqrt{2} + 1))' (\sqrt{2} - 1)}{(4 (\sqrt{2} + 1))^2} =$$

$$= \frac{4\sqrt{2} - 4 - (4(\sqrt{2} - 1)) - 4\sqrt{2} + 4}{(4\sqrt{2} + 4)^2}$$

$$\sqrt{2} \neq -1$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{1}{4}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$d; U; q_k;$
 $0,2d;$
 $\frac{q_k}{m} - ?$
 $T - ?$
 $U_0 - ?$

Решение:

ЗСЭ:

$$\frac{m v_1^2}{2} = k \frac{q q_k}{0,2d} + k \frac{q q_k}{0,8d}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = k q q_k \left(\frac{1}{0,2d} + \frac{1}{0,8d} \right) = k q q_k \left(\frac{0,8d + 0,2d}{0,16d^2} \right) =$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0 S} = k q q_k \left(\frac{1}{0,16d} \right) = \frac{k q q_k}{0,16d} = \frac{k q U}{0,16d} = \frac{k q C U}{0,16d}$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 S} = \frac{CU}{2\epsilon_0 S} = \frac{\epsilon_0 S U}{2\epsilon_0 S d} = \frac{U}{2d}; \text{ для } C \text{ } E = \frac{U}{d}$$

$$q_k = \frac{E}{k} = \frac{U}{k d} = \frac{k q q_k}{2,56d} \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} = U q$$

$$W_0 = E \cdot 0,8d \cdot q + E \cdot 0,2d \cdot q$$

$$q_k = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} U = \frac{\epsilon_0 S}{d} E d = \epsilon_0 S E$$

$$E = \frac{q_k}{\epsilon_0 S}$$

$$W = \frac{k q q_k}{0,16d}$$

$$\frac{1}{4500}$$

№4.

$$\begin{array}{r} 8,0 \overline{) 15} \\ \underline{16} \\ 50 \\ \underline{40} \\ 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \overline{) 3} \\ \underline{18} \\ 70 \\ \underline{60} \\ 10 \end{array}$$

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В.}$$

$$C = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 9 \text{ В.}$$

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

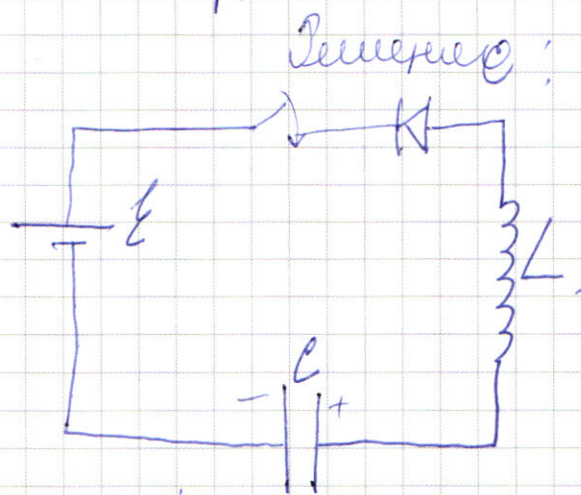
$$U_0 = 1 \text{ В.}$$

$$\frac{dI}{dt} - ?$$

$$I_{\text{max}} - ?$$

$$U_2 - ?$$

$$\begin{array}{r} 140 \overline{) 4} \\ \underline{12} \\ 20 \end{array}$$



$$\mathcal{E} = U_0 + L \frac{dI}{dt} + U_c.$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} + U_c - U_0}{L} = \frac{14}{0,4} = 35 \text{ (A/c)}$$

$$\mathcal{E}I - \frac{CU_c^2}{2} + U_0I = \frac{LI^2}{2t} ?$$

Напряжение установится тогда L станет равно нулю $\Rightarrow$

$$\mathcal{E} - U_c = U_0 \Rightarrow U = 5.$$

$$\frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU^2}{2} + \mathcal{E}q = \frac{LI^2}{2} + U_0q.$$

$$\frac{CU_c^2}{2} + \mathcal{E}q = UI_{\text{max}} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$U_c - \mathcal{E} = L \frac{dI}{dt}.$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_c - \mathcal{E}}{L} = \frac{3}{0,4}$$

$$\begin{array}{r} 30 \overline{) 4} \\ \underline{18} \\ 20 \end{array}$$

$$\mathcal{E}q(U_c - U) = \frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$F, d = \frac{4}{15} F; U$$

$$a = \frac{3}{5} F; l = \frac{6}{3} F$$

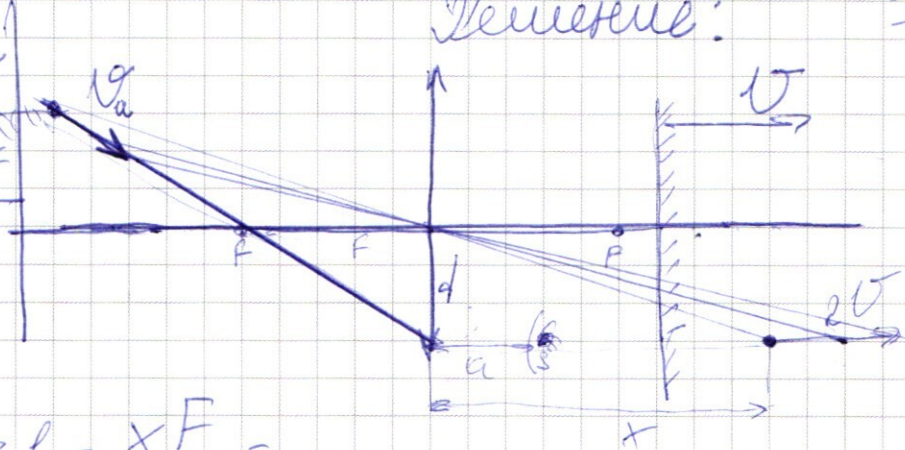
$$b = ?; x = ?$$

$$U_a = ?$$

√5

Решение:

$$\begin{array}{r} 9 \overline{) 4} \\ 2,25 \\ \underline{-3} \\ 10 \\ \underline{-9} \\ 20 \end{array}$$

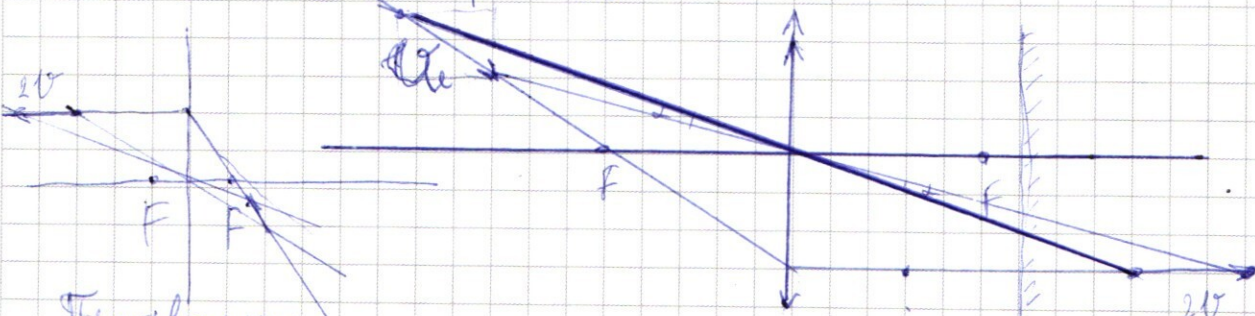


$$x = \frac{9}{5} F \Rightarrow b = \frac{x F}{x - F} = \frac{\frac{9}{5} F \cdot F}{\frac{9}{5} F - F} = \frac{9 F^2}{5(\frac{4}{5} F)} = \frac{9}{4} F = 2,25 F$$

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

$$\Gamma_{\text{нор}} = \frac{5}{4} \quad \Gamma_{\text{н}} = \frac{25}{16} = (F_{\text{нор}})^2 = \frac{5}{4}$$

$$\lg 2 > \frac{8 F}{15 F} = \frac{8}{15} \quad \lg 2 = 1,845$$



Требуем:

$$U_{ay} = \frac{5}{4} U$$

$$U_{ax} = \frac{25}{16} U$$

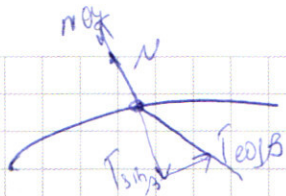
$$U_a = \sqrt{\frac{25}{16}} U$$

$$\Delta x = \Gamma = \frac{5}{4}$$

$$\text{Если } U = 2, \text{ то } U_a = \frac{10}{4}$$

4-й вариант 12-13 мин.

$$\frac{12}{10} = \frac{6}{5}$$



$$T \cos \beta = m a_x$$

$$\sqrt{5}$$

Перпендикуляр. косинус угла $\frac{25}{16}$ равен

$$\frac{20 \cdot 25}{16} = \frac{250}{8} = v_a \cos \alpha$$

$$\frac{20 \cdot 25}{8 \cdot 5}$$

$$\frac{20 \cdot 5}{4} = \frac{5}{2} v = v_a \sin \alpha$$

$$= \frac{4}{5}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot 25} =$$

$$\sqrt{\frac{64 F^2 + F^2}{225}} = \sqrt{\frac{65 F^2}{225}} =$$

$$= \frac{17}{15} F \Rightarrow \cos \alpha = \frac{F \cdot 15}{17 F} = \frac{15}{17}$$

$$W = E q d = U q$$