

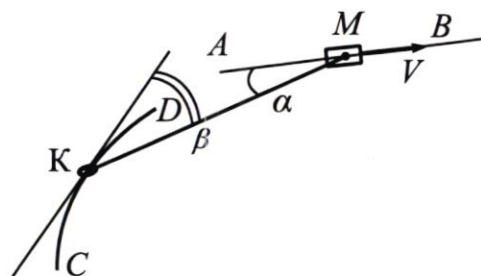
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



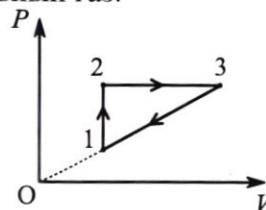
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

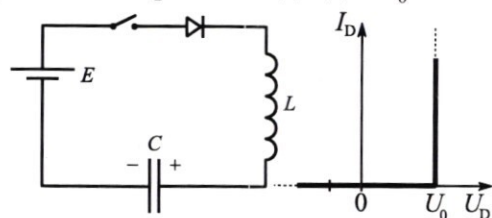
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ 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.

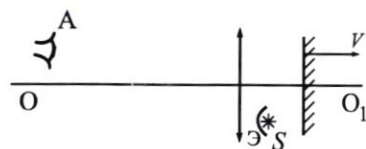


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

$$\begin{aligned} \frac{v}{v} &= 68 \text{ см/с} \\ m &= 0,1 \text{ кг} \\ R &= 1,4 \text{ м} \\ l &= \frac{5}{3} R \\ \cos \alpha &= \frac{15}{17} \\ \cos \beta &= \frac{4}{5} \end{aligned}$$

$v_k - ?$

$v_{\text{кот}} - ?$

$\gamma - ?$

1) Т.к. нить
нерастянима,
то проекции
скоростей на
нить
х равны.

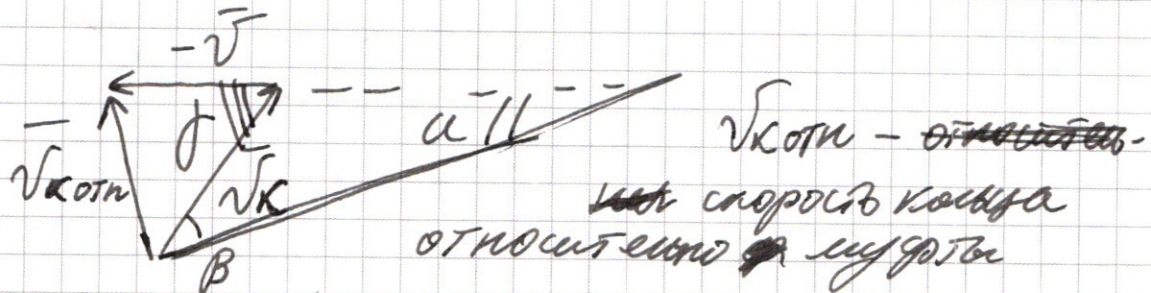
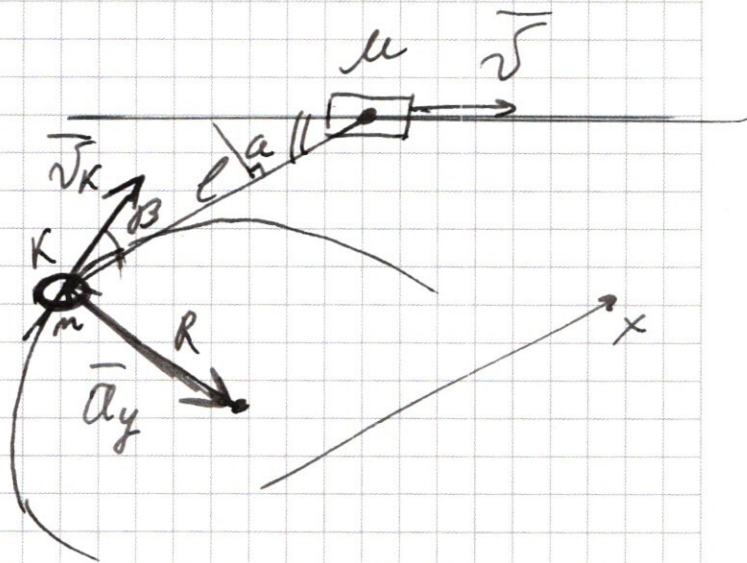
(v_k - скорость
катушки)

$$v_l = v_k x$$

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

$$2) v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \text{ см/с} \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ см/с}$$

Берем в систему отсчета связанную с катушкой



$$\gamma = 180^\circ - \alpha$$

$$\cos \gamma = \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$\gamma = \beta + \alpha$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2\cos\gamma v_k v}$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v (\cos\beta - \sin\alpha)} =$$

$$= \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v \left(\frac{225}{288} - \frac{9}{25} \right)} =$$

$$= \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v \left(\frac{5625 - 2601}{174.5^2} \right)} \approx$$

$$= \sqrt{v_k^2 + v^2 - v_k v} = \sqrt{48 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 5100 \text{ м}^2/\text{с}^2} =$$

$$\approx 71 \text{ м/с}$$

3) каково движение с центростремительным ускорением $\frac{v_k^2}{R} = a_y$

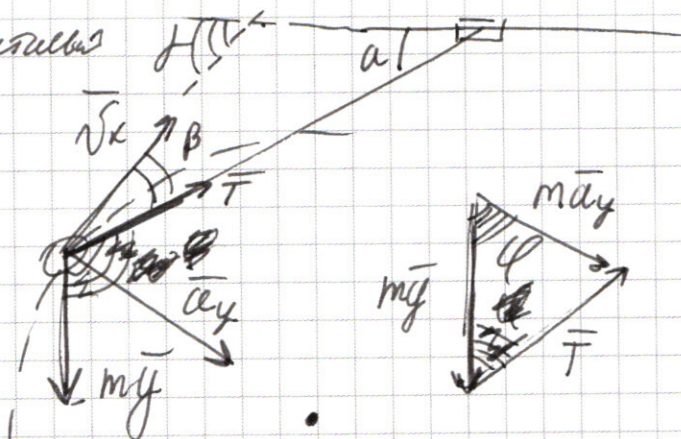
это ускорение обеспечивается силой $\vec{T} + m\vec{g}$ (т.к. другие силы не действуют)

угол между $\vec{a}_y$ и горизонталью

равен $90^\circ - \gamma$

угол между $m\vec{g}$ и $\vec{a}_y$

равен $90^\circ - 90^\circ + \gamma = \gamma$



$$T = \sqrt{(ma_y)^2 + (mg)^2} - 2m^2 g a_y \cos\gamma =$$

$$= \sqrt{m^2(a_y^2 + g^2) - m^2 g a_y} =$$

$$= m \sqrt{(a_y - g)^2 + a_y g} = \frac{0.1 \text{ кг}}{1.90 \text{ м}} \sqrt{(13.75 \text{ м/с}^2)^2 + 5250 \text{ м}^2/\text{с}^2}$$

$$\vec{a}_y \perp \vec{v}_k$$

Ответ: $v_k = 75 \text{ м/с}$; $v_{\text{отн}} = 71 \text{ м/с}$; $T = \frac{0.1 \text{ кг}}{1.9 \text{ м}} \sqrt{(13.75 \text{ м/с}^2)^2 + 5250 \text{ м}^2/\text{с}^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

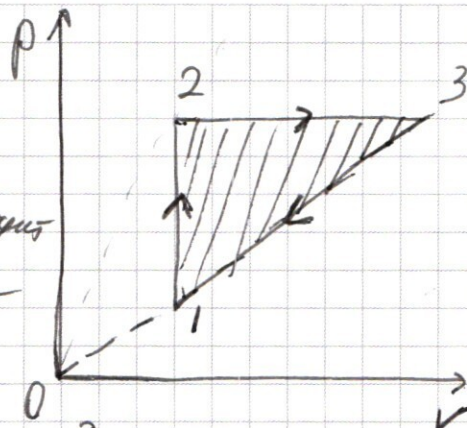
№2 1)

~~$T_1 < T_2$~~

$$T_1 < T_2$$

$$T_2 < T_3$$

$\Rightarrow$ на этих участках происходит повышение температуры.



$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{C_V}{C_V + R} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} = \underline{\underline{0,6}}$$

$$C_P = C_V + R$$

2) C_P - теплоемкость при $P = \text{const}$; C_V - при $V = \text{const}$
Для изобарного процесса:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \nu R \Delta T + \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{7}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Delta T = T_3 - T_2$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{7}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = \underline{\underline{3,5}}$$

3) КПД = $\frac{Q_{12}}{Q_{12} + Q_{23}} \cdot 100\%$

Из графика видно, что $A_{23} + A_{31} = (A_{31} < 0) =$
 $= (P_2 - P_1) \frac{V_3 - V_1}{2} = (P_2 V_3 - P_2 V_1) - (P_1 V_1 - P_1 V_3) \frac{1}{2}$
 $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$
 $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

$$\cancel{A_{23} + A_{21}} = 0R(T_3 + T_1)$$

Максимальное КМД будет достигаться при максимальном, при

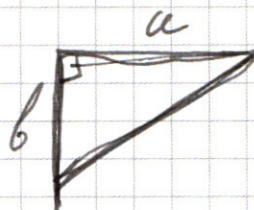
$$\frac{(T_3 - T_2)(T_2 - T_1)}{3(T_2 - T_1) + 5(T_3 - T_2)} = \max$$

$$(T_3 - T_2)(T_2 - T_1)$$

$$\frac{(T_3 - T_2)(T_2 - T_1)}{3(T_2 - T_1) + 5(T_3 - T_2)} = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

Будем считать

→



$$\frac{ab}{3a + 5b} = \max$$

Максимум будет достигаться при

$$b = \frac{3}{5}a$$

$$b = \frac{5}{3}a$$

$$\frac{\frac{a^2 \cdot 5}{3}}{3a + \frac{25a}{3}} = \frac{5a}{9 + 25} = \frac{5}{34}a$$

Таким образом, максимально возможное

$$KMD = \frac{5}{34} \cdot 100\% = \frac{15}{100} \cdot 100\% = 15\%$$

Отсюда: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$; $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 3,5$; $KMD \leq 15\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

S
 d
 T
 $\frac{q}{m} = \gamma$

$v_1 - ?$

$Q - ?$

$v_2 - ?$

Внутри конденсатора
напряженность однородное
поле E ($S \gg d$)

на заряд q в этом поле
действует сила $F = qE$

соответственно ~~$F = qE$~~

заряд движется с ускорением

$$a = \frac{F}{m} = \gamma E \Rightarrow v_1 = aT = T\gamma E$$

$$0,75d = \frac{aT^2}{2} = \frac{T^2\gamma E}{2} = \frac{T^2\gamma Q}{2S\epsilon_0}$$

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

$$Q = \frac{0,75dS\epsilon_0}{T^2\gamma}$$

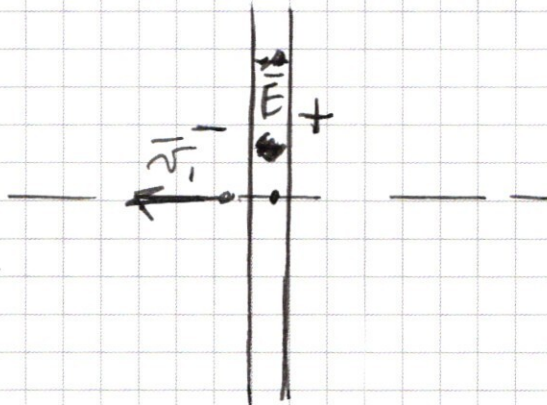
$$v_1 = T\gamma E = \frac{T\gamma Q}{S\epsilon_0} = \frac{0,75d}{T^2}$$

$$Q = \frac{1,5dS\epsilon_0}{T^2\gamma}$$

$$v_1 = T\gamma E = \frac{T\gamma Q}{S\epsilon_0} = \frac{1,5d}{T}$$

Т.к. поле ~~за концы~~ вне конденсатора не
распространяется, то после вылета q будет двигаться
без ускорения $\Rightarrow v_1 = v_2$

$$\text{Ответ: } v_1 = 1,5 \frac{d}{T}, Q = \frac{1,5dS\epsilon_0}{T^2\gamma}; v_2 = 1,5 \frac{d}{T}$$





$$\frac{dI_L}{dt} = \dots$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4

$$E = 9 \text{ В}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$$

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

$$U_2 - ?$$

В начальный
момент ток
через катушку
не течет.

$$E = U_0 + U_1 + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E - U_0 - U_1}{L} =$$

$$= \frac{9 \text{ В} - 1 \text{ В} - 5 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \text{ А/с}$$

Максимальный ток будет достигаться при
разрядке конденсатора

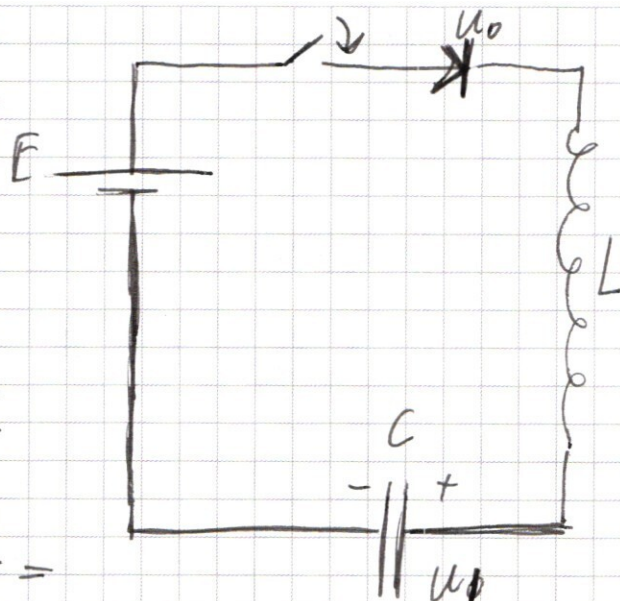
$$U_1 C E + \frac{U_1^2 C}{2} = \frac{I_{\text{max}}^2 L}{2}$$

$U_1 C$ — заряд, протекающий
через катушку во время
разрядки конденсатора.

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

$$= \sqrt{\frac{10 \text{ В} \cdot 9 \text{ В} \cdot 40 \text{ мкФ} + 25 \text{ В} \cdot 40 \text{ мкФ}}{0,1 \text{ Гн}}} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ А} =$$

$$= 0,2 \text{ А}$$



~~Если установка~~ Дiod не позволяет конденсатору
разрядиться $\Rightarrow$ конечное напряжение конденсатора
равно $E = U_0 + U_2$ $U_2 = E - U_0 = 8В$

~~Ток через катушку, а поле убывает~~

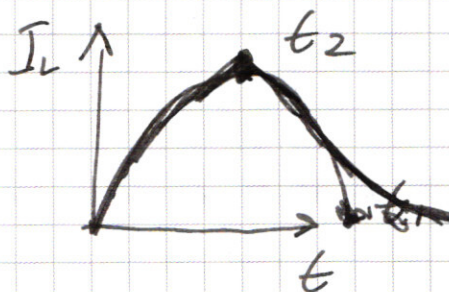
~~Т.к. $E = U_0 + U_1 + \frac{q}{C} + \frac{\Delta I}{\Delta t} L$~~

~~$\Delta q = \Delta t \Delta I$~~

~~$\frac{q}{C} + \frac{\Delta q}{\Delta t} + \frac{\Delta I}{\Delta t} L = E - U_0 - U_1$~~

~~$\Downarrow$~~

~~Если ~~то~~ напряжения на конденсаторе $U_1 + \frac{U_2 - U_1}{3}$
 $= 6В$ ток будет максимальным~~



t_1 — момент, когда конденса-
тор заряжен

t_2 — ток в катушке
максимален

в момент t_2 конденсатор заряжен до
напряжения $U_{1,5} = E - U_0$.

после момента t_2 напряжение на конденсаторе
равно $U' = E - U_0 + U_L$, где $U_L = \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ $\Delta q = \Delta I \cdot \Delta t$

умножив все Δq получим $q = C(U_{1,5} - U_1)$

соответственно $U_2 = U_1 + 2(U_{1,5} - U_1) = 11В$

ответ: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 30 А/с$; $U_2 = 11В$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$NS$$

$$a = \frac{3}{4}F$$

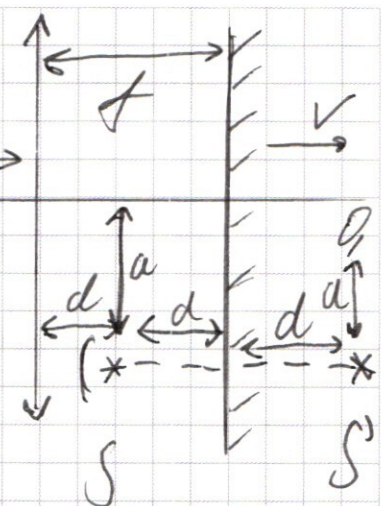
$$d = \frac{F}{2}$$

$$V$$

$$f = F$$

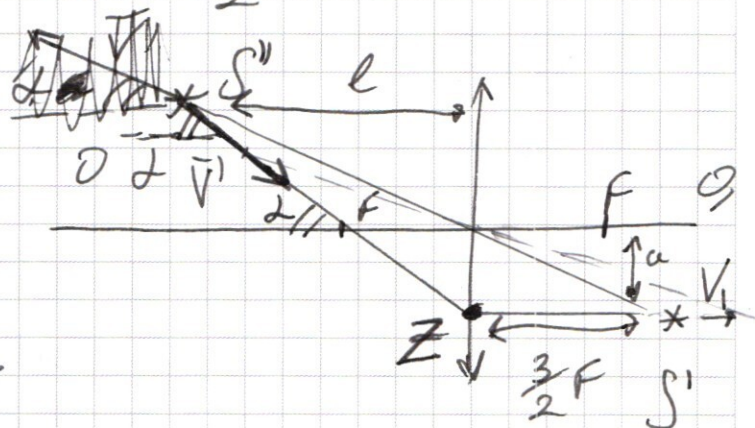
Δx - ?
 l - ?
 a - ?
 v - ?

Относительно
мизра мы можем
заменить
источник S на
его изображение в зеркале S' ,
причем расстояние до OO ,
будет так не a , а $2a$
Зер. мизра $F + a = \frac{3}{2}F$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{l}$$

$$l = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{1}{2}F} = 3F$$



Возьмем небольшой отрезок Δx , который прошел S' со
скоростью V , ~~тогда~~ (относительно зеркала она равна V ,
а переход в ЛСО полагая $\vec{V}_1 = 2V$

Изображение Δx будет находиться на прямой $S''Z \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ~~тогда~~ $\Delta x = \frac{l - F}{a \frac{3}{2}F}$, где $a \frac{3}{2}F$ - расстояние
между S'' и OO ,

$$= \frac{2F}{\frac{3}{4}F \frac{6F}{5F}} = \frac{2F}{\frac{3}{2}F} = \frac{4}{3}$$

Рассмотрим перемещение S' на ~~тогда~~ ~~тогда~~ Δx
 проекция перемещения S'' на ось OO_1

Тогда проекция перемещения S'' на ось OO_1
 равна $\Delta x' = \Delta x \left(\frac{l}{3F} \right)^2 = \Delta x \left(\frac{2 \cdot 3 F}{3F} \right)^2 = \underline{4\Delta x}$

Т.к. Δx очень мала.

⇓

$v_{00'}$ - проекция скорости (v') S'' на ось

$$v_{00'} = \frac{v_{001}}{\cos \alpha}; \quad v_{00'} = 4v_1 = 8v$$

$$\tan \alpha = \frac{8v_1}{v_1} = \frac{4}{3} \quad \text{угловой, так как - острый.}$$

$$3 \sin \alpha = 4 \cos \alpha; \quad 3 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 4 \cos \alpha$$

$$9 - 9 \cos^2 \alpha = 16 \cos^2 \alpha$$

$$9 = 25 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

⇓

$$v' = 8v \cdot \frac{5}{3} \approx \frac{39}{3} v \approx \underline{13v}$$

$$\text{Ответ: } l = 3F; \quad \tan \alpha = \frac{4}{3}; \quad v' = 13v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3024

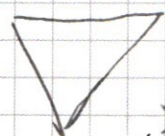
$$180 - \alpha - \beta = W$$

$$180 - W = \gamma$$

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 15^2 + 25^2 - 3^2 - 17^2}{17^2 - 5^2}$$

$$180 - 180 + \alpha + \beta$$

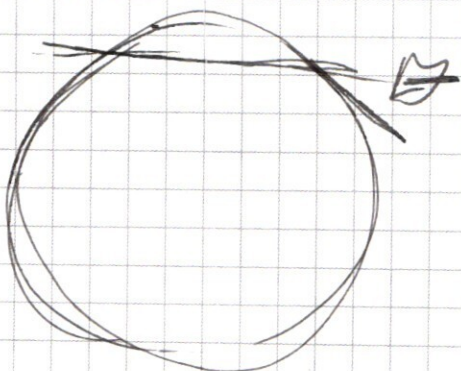
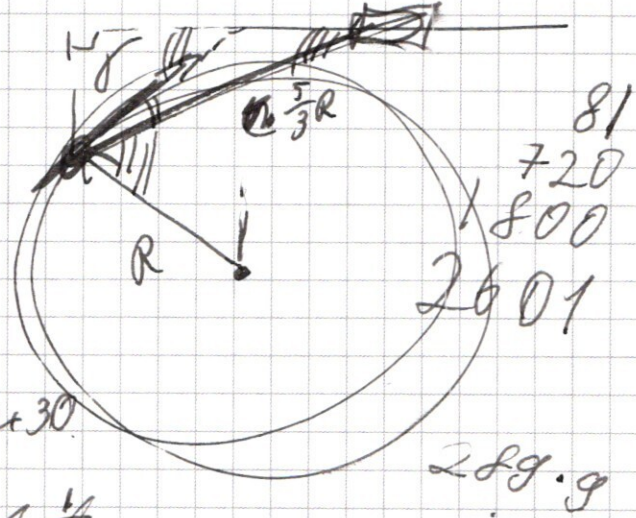
$$\cos 90 = 0$$



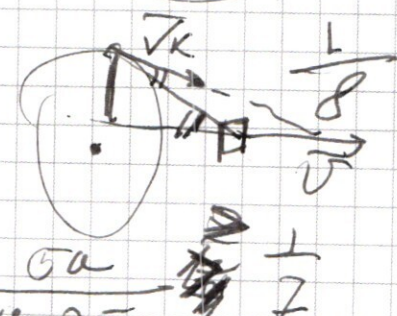
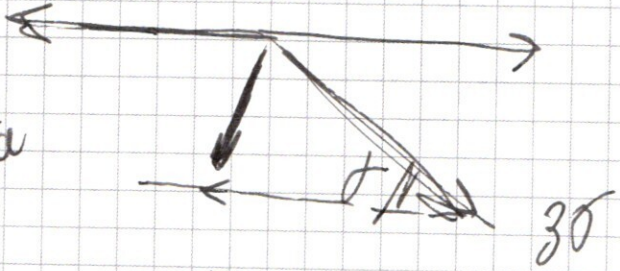
$$\cos 60 = \frac{1}{2}$$

$$\frac{3}{4} + \frac{1}{4}$$

$$225 \cdot 25 = 5625$$



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



$$\gamma = 180 - \beta - W = 180 - \beta + \alpha - 180$$

$$170 + 85 + 34 = b = \frac{3}{5}a$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{5}{3} a = a$$

$$\frac{255}{289}$$

$$\frac{3}{5} a = \frac{1}{15}$$

$\mu/c^2 \cdot Ka$

$$75^2 + 68^2 - 2(75 \cdot 68)$$

$$(75 - 68)^2 + 75 \cdot 68$$

5 4
6 8
7.5
3 4 0

4 7 6

5 1 0 0

$$E = \frac{\mu/c^2 \cdot Ka}{\pi} = 3 \begin{matrix} 75 \\ 75 \\ 75 \\ 50 \end{matrix}$$

$$g = \frac{\mu \cdot Ka}{\pi \cdot c^2}$$

$$E = \frac{\sigma d}{f = E \cdot g}$$

$$a_y^2 - 2ya_y + y^2 = (a_y - y)^2$$

$$\frac{(75 \text{ cm/c})^2}{1800 \text{ cm}} - 10 \text{ cm/c} = \frac{5250 - 18000}{1900} =$$

$$= \frac{1375}{1900} = \frac{q}{u} = \frac{S}{de.}$$

$$\left(\frac{1375}{180}\right)^2 + \frac{5250 - 18000}{1800 \text{ cm}} \cdot 10$$

$$E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0} \quad (90 + 25) \cdot 10^{-6}$$

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad 10,5 \cdot 10^{-3}$$

0, 2.10. A

$$Q = k \frac{q}{r} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r}$$

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