

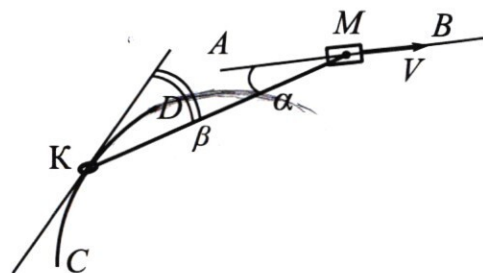
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

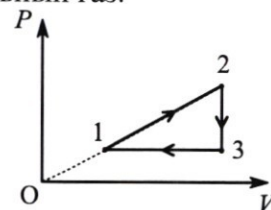
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.



- ☒ Найти скорость кольца в этот момент.
- ☒ Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- ☒ 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.



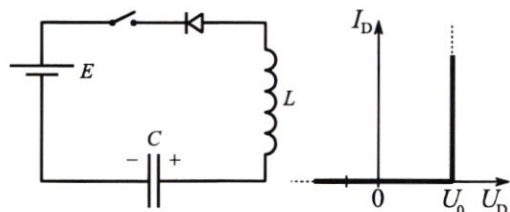
- ☒ Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
- ☒ Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- ☒ Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

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

- ☒ Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- ☒ Найдите напряжение U на конденсаторе.
- ☒ Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

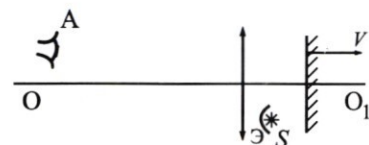
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.



- ☒ Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- ☒ Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- ☒ 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.



- ☒ На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- ☒ Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- ☒ Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② Дано:

$$p = \alpha V$$

$$i = 3$$

1) $\frac{C_1}{C_2} = ?$

2) $\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = ?$

3) $\eta_{\max} = ?$

1) $pV = \nu RT$

1-2: $p \uparrow V \uparrow \Rightarrow \nu RT \uparrow$

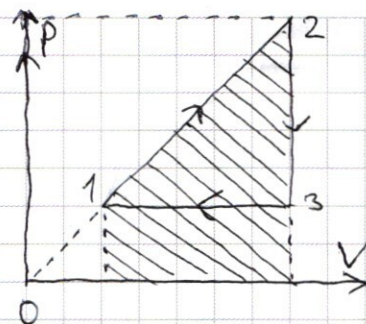
2-3: $p \downarrow V = \nu RT \downarrow$

3-1: $p \downarrow V \downarrow = \nu RT \downarrow$

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

$C_{3-1} = C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_{3-1}}{C_{2-3}} = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\frac{i+2}{2} R}{\frac{i}{2} R} = \frac{i+2}{i} = \frac{3+2}{3} = \frac{5}{3}$$



1) Ответ: $\frac{5}{3}$

2) A_{1-2} - численно равна площади ^{под} 1-2 $p = \alpha V$

$$A_{1-2} = \frac{\alpha V_1 + \alpha V_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

из Т.

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$$

$$\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{3+1}{1} = 4$$

2) Ответ: 4

3) $A = \frac{(\alpha V_2 - \alpha V_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2$

$$Q_{1-2} = 2 \alpha (V_2^2 - V_1^2) \text{ (из пункта 2)}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{1-2}} = \frac{\frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2}{2 \alpha (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{4 (V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)} = \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) : \left(4 \left(\frac{V_2}{V_1} + 1 \right) \right)$$

$$\beta = \frac{V_2}{V_1}; \beta > 0$$

$$\eta = \frac{\beta - 1}{4(\beta + 1)} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{\beta + 1} \right)$$

$$\lim_{\beta \rightarrow \infty} \eta(\beta) = \frac{1}{4}$$

$\eta_{\max} = \frac{1}{4}$, $\eta(\beta)$ - возр. функция на $\beta > 0$

3) Ответ: 25%

③ Дано:

d

V_1

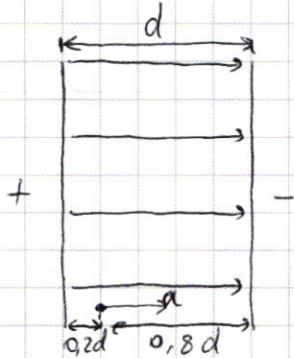
$l = 0,2d$

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

$T = ?$

$U = ?$

$V_0 = ?$



$$1) 0,8d = V_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$V_1 = at \quad a = \frac{V_1}{t}$$

$$0,8d = V_1 t - \frac{V_1 t^2}{2t} = V_1 \frac{t}{2}$$

$$t = \frac{0,8d \cdot 2}{V_1} = \frac{1,6d}{V_1} = T$$

$$1) \text{ Ответ: } \frac{1,6d}{V_1}$$

$$2) a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \gamma E$$

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

$$a = \frac{\gamma U}{d} \Rightarrow a = \frac{V_1}{T} = \frac{V_1^2}{1,6d} = \frac{10V_1^2}{16d} = \frac{5V_1^2}{8d}$$

$$U = \frac{dV_1}{\gamma T} = \frac{5dV_1^2}{8d\gamma} = \frac{5V_1^2}{8\gamma}$$

$$2) \text{ Ответ: } \frac{5V_1^2}{8\gamma}$$

3) ~~$V_0 = V_1$, т.к. E вне конденсатора равно 0 $\Rightarrow F = 0 \Rightarrow A = 0 \Rightarrow$~~
 ~~$\Rightarrow V = \text{const}$~~ ~~решение стр. 67~~

④ Дано:

$V = 40 \text{ см/с}$

$m = 1 \text{ кг}$

$R = 1,7 \text{ м}$

$l = \frac{17R}{15}$

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

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

Найти

1) $V_k = ?$

2) $V_{\text{км}} = ?$

3) $T = ?$

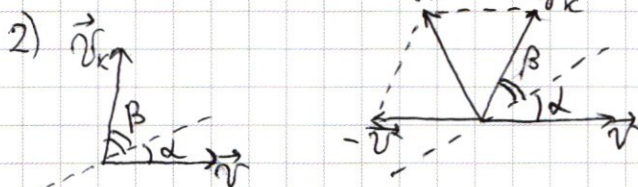
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{14}} = 40 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{14}{8} = 51 \text{ см/с} = 0,51 \text{ м/с}$$

→ Ответ: 0,51 м/с



$\vec{v}_k - \vec{v} = \vec{v}_{km}$ $\vec{v}_{km} = ?$

$$\vec{v}_{km}^2 = |\vec{v}_k - \vec{v}|^2 = \vec{v}_k^2 - 2\vec{v}_k\vec{v} + \vec{v}^2 = v_k^2 + v^2 - 2v_kv \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{14}\right)^2} = \frac{15}{14}$$

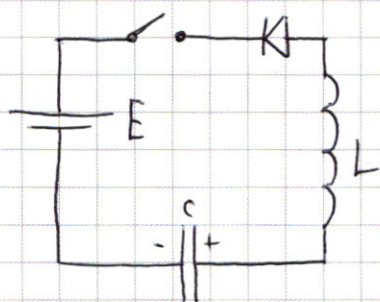
$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{14} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{14} = \frac{24}{85} - \frac{60}{85} = -\frac{36}{85}$$

$$v_{km} = \sqrt{51^2 + 40^2 - 2 \cdot 51 \cdot 40 \cdot \left(-\frac{36}{85}\right)} = 77 \text{ см/с} = 0,77 \text{ м/с}$$

2) Ответ: 0,77 м/с

3) На стр. 7

④



Решение:

$$1) E - U_1 + L \frac{dI}{dt} + U_0 = 0$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_1 - E - U_0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = 10 \text{ A/c}$$

1) Ответ: 10 A/c

$$2) L \frac{dI}{dt} = U_c - E - U_0$$

$$\frac{dI}{dt} = 0 \text{ при } I = I_{\max}$$

$$U_c - E - U_0 = 0$$

$$U_c = E + U_0 = 3 + 1 = 4 \text{ В}$$

$$W_k = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$W_k = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2}$$

$$W_k - W_k = -E \cdot q - U_0 \cdot q$$

$$q = C(U_1 - U_c)$$

$$\frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = -C(E + U_0)(U_1 - U_c)$$

$$\frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{C}{2}(U_1^2 - U_c^2) - C(E + U_0)(U_1 - U_c)$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}(U_1^2 - U_c^2) - \frac{2C}{L}(E + U_0)(U_1 - U_c)} =$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}(6^2 - 4^2) - \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,2}(3+1)(6-4)} = 0,02 \text{ А}$$

Дано:

$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \frac{dI}{dt} - ?$$

$$2) I_{\max} - ?$$

$$3) U_2 - ?$$

CU

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ продолжение

$$3) W_H = \frac{CU_1^2}{2} \quad W_K = \frac{CU_2^2}{2}$$

$$I = 0$$

$$W_k - W_R = \frac{cu^2}{2} - \frac{cu_1^2}{2} = -Eg - U_0g$$

$$q = C(u_1 - u_2)$$

$$\frac{C}{2}(u_2 - u_1)(u_1 + u_2) = -C(E + u_0)(u_1 - u_2)$$

$$u_1 + u_2 = 2(E + u_0)$$

$$U_2 = (2(E + U_0)) - U_1$$

$$U_2 = 2(3+1) - 6 = 2 \text{ V}$$

3) Ambem: 2B

(5) Dano:

F

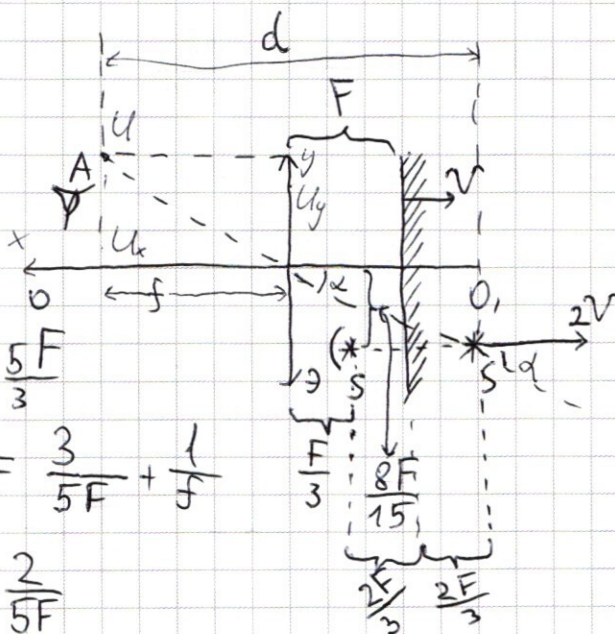
$$\frac{8F}{15}$$
$$\frac{F}{3}$$

A handwritten lowercase letter 'v' is shown on a four-line grid. The letter starts at the middle dashed line, goes down to the bottom solid line, and then goes up to the top solid line. It has a slight curve at the top of each stroke.

1) f-?

2)

3)



$$1) d = F + \frac{2F}{2} = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{3}{5f} + \frac{1}{f}$$

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

$$f = 2,5 F$$

1) Ombem: 2,5 F

$$2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F}$$

$$U_x = -\frac{F}{(1 - \frac{F^2}{d^2})} = -\frac{F^2}{(d - F)^2} d$$

$$U_y = \frac{h \cdot F d}{(d - F)^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F}$$

$$h = \frac{8}{15} F$$

$$2) \text{ Ответ: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$$

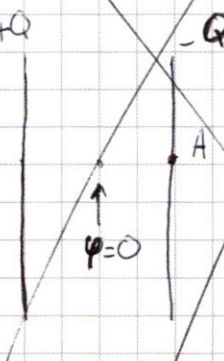
$$3) \Gamma^2 = \frac{U \cos \alpha}{v} \quad \Gamma = \frac{f}{d} = 1,5$$

$$\begin{array}{r} 1,5 \\ 1,5 \\ \hline 2,5 \\ 1,5 \\ \hline 2,25 \end{array}$$

$$U = \frac{\Gamma^2 v}{\cos \alpha} = 2,25 \cdot v \cdot \cos^{-1}(\operatorname{arctg}(\frac{8}{15}))$$

$$3) \text{ Ответ: } 2,25 \cdot \cos^{-1}(\operatorname{arctg}(\frac{8}{15}))$$

$$3) \begin{array}{c} +Q \\ 3) \end{array}$$



$$S = a^2$$

$$\sigma = \frac{Q}{a^2}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 a^2}$$

$$U = Ed; U = \frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 a^2}$$

$$\varphi_1 = -Ed_1 = -\frac{U}{2}$$

$$q \cdot \varphi_1 + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2 \cdot (-\frac{U}{2}) + v_1^2 = v_1^2 - U$$

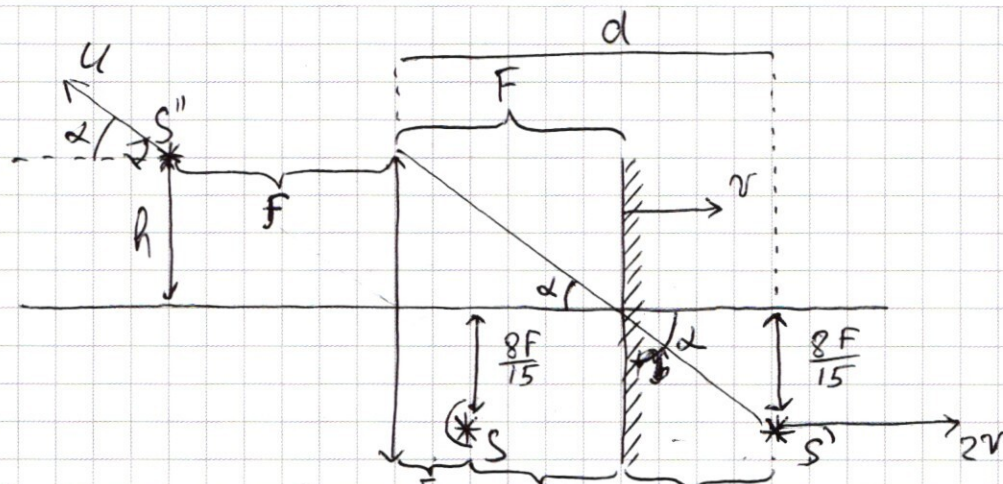
$$= v_1^2 - \frac{5}{8} v_1^2 = \frac{3}{8} v_1^2$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} v_1$$

$$3) \text{ Ответ: } \frac{\sqrt{6}}{4} v_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ 2)



$$h = \frac{8F}{15} \text{ (по построению и поскольку зеркала в фокусе)}$$

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

2) Ответ: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$

3) $\Gamma^2 = \frac{U \cos \alpha}{v}$

$$\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{5F}{2} \cdot \frac{3}{5F} = 1,5$$

$$U = \frac{\Gamma^2 \cdot v}{\cos \alpha}$$

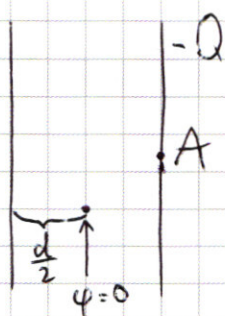
$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{289}{225}}} = \frac{15}{17}$$

$$U = \frac{1,5^2 \cdot 2 \cdot 17}{15 \cdot 10} = 2,55 \text{ В}$$

3) Ответ: 2,55 В

3) 3)

Q+



$U = \frac{5v_1^2}{8\gamma}$ $\gamma = \frac{q}{m}$ $U = Ed$

$U = Ed$

$\varphi_A = -E \frac{d}{2} = -\frac{U}{2}$

$q \cdot \varphi_A + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$

$2\varphi_A + \frac{m}{q} v_1^2 = \frac{m}{q} v_0^2$

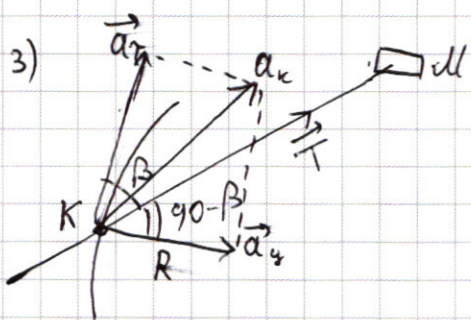
$2\varphi_A + \frac{v_1^2}{\gamma} = \frac{v_0^2}{\gamma}$

$v_0 = \sqrt{2\varphi_A \gamma + v_1^2}$

$v_0 = \sqrt{-2\gamma \cdot \frac{5v_1^2}{8\gamma \cdot 2} + v_1^2} = v_1 \sqrt{\frac{3}{8}} = \frac{\sqrt{6}}{4} v_1$

3) Ответ: $\frac{\sqrt{6}}{4} v_1$

1) 3)



Для камня (точка К):

$\vec{a}_k = \vec{a}_\tau + \vec{a}_y; a_\tau = \frac{T \cos \beta}{m}$

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

на КМ

$a_{k_{\text{кл}}} = a_{\tau_{\text{кл}}} + a_{y_{\text{кл}}}$

$\Rightarrow \frac{1,7 \cdot 15 \cdot 17 (0,77 - 0,51)(0,77 + 0,51)}{64}$

вычисл. вперн.

$a_{k_{\text{кл}}} = a_\tau \cdot \cos \beta + a_y \cdot \cos(90 - \beta)$

$a_{k_{\text{кл}}} = \frac{T \cos^2 \beta}{m} + \frac{v_k^2}{R} \sin \beta$

перейдем в С.О. „Мурта“

ускорение в С.О. „Земля“ равно ускорению в С.О. „Мурта“ ($a_{\text{центр}} = 0$)

кольцо в С.О. „Мурта“ движ. по окр. $R' = l$

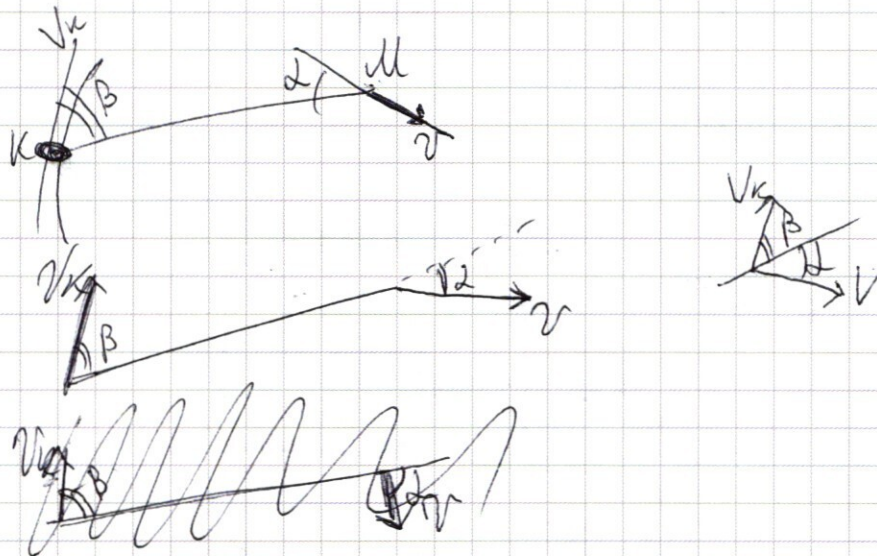
$\frac{v_{k_{\text{кл}}}^2}{l} = \frac{T \cos^2 \beta}{m} + \frac{v_k^2}{R} \sin \beta; T = \frac{(v_{k_{\text{кл}}} \cdot R - v_k^2 \sin \beta \cdot l) m}{2 R \cos^2 \beta}$

$T = \frac{1(0,77^2 \cdot 1,7 - 0,51^2 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{17 \cdot 1,7}{15})}{\frac{17}{15} (\frac{8}{17})^2} \Rightarrow$

$= 2,25 \text{ Н}$

3) Ответ 2,25 Н

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$51^2$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 51 \\ + 51 \\ \hline 255 \\ 2601 \end{array}$$

$$40^2 = 1600$$

$$\begin{array}{r} \times 102 \\ 40 \\ \hline \times 4080 \\ 36 \\ \hline 24480 \\ 1224 \\ \hline 146880 \end{array} \quad \begin{array}{r} 85 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$1728 + 2601 + 1600 = 4201$$

$$\sqrt{5929} = 77 \quad \begin{array}{r} 5929 \\ \uparrow \\ 7^2 = 49 \end{array}$$

$$50^2 = 2500$$

$$60^2 = 3600$$

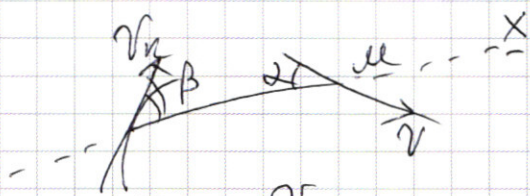
$$70^2 = 4900$$

$$80^2 = 6400$$

$$75^2 = 5625$$

$$77^2 = 5929$$

$$\begin{array}{r} \times 77 \\ 77 \\ \hline 539 \\ + 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

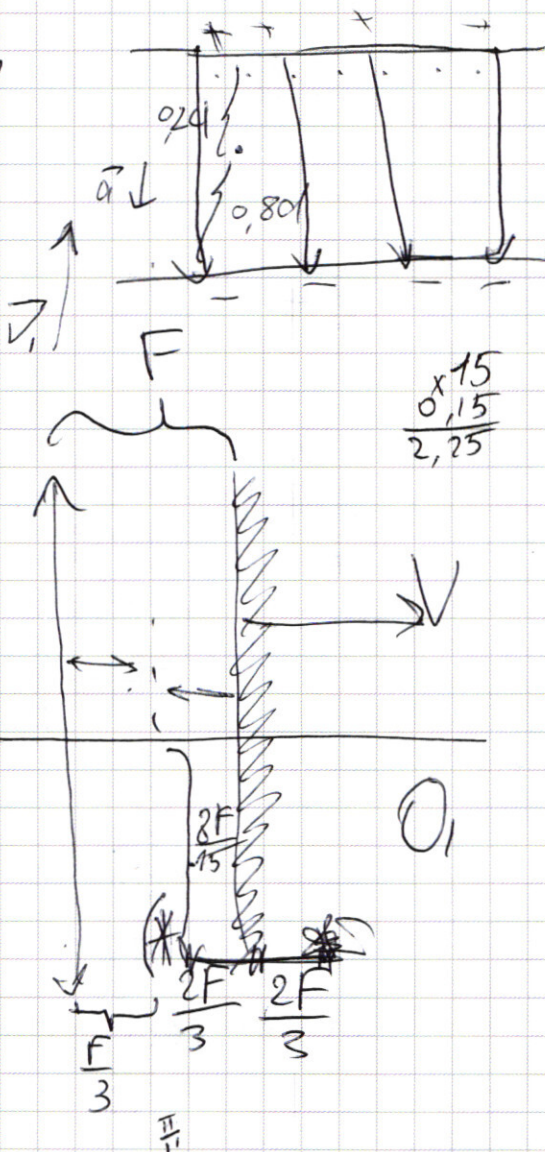
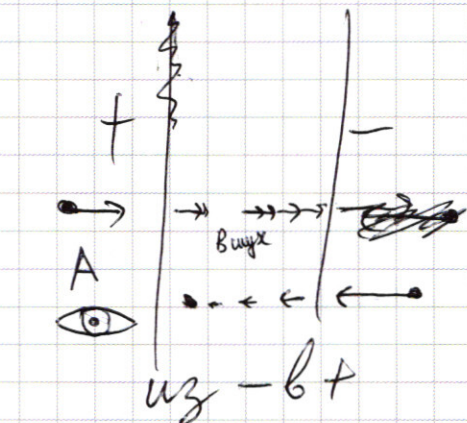


$$v_{1x} = v_1 \cos \alpha$$

$$v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$



$$\frac{0,15 \times 15}{2,25}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 17 \\ \hline 105 \\ + 15 \\ \hline 255 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,26 \\ \times 1,28 \\ \hline 1,28 \\ + 468 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 255 \\ \hline 85 \\ + 85 \\ \hline 344 \\ + 4335 \\ \hline 4335 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,3328 \\ \times 4335 \\ \hline 34680 \\ + 8640 \\ \hline 12005 \\ + 13005 \\ \hline 14426880 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14426880 \\ - 128 \\ \hline 162 \\ - 162 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 164 \\ \times 2,254 \\ \hline 2,254 \end{array}$$