

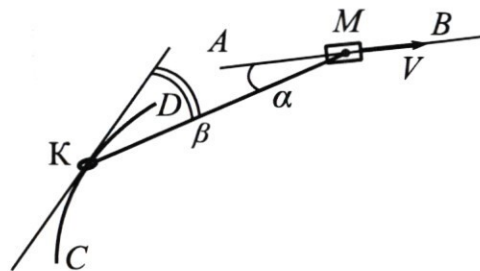
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



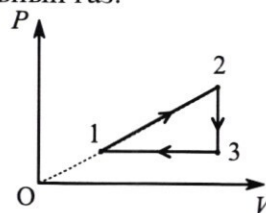
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

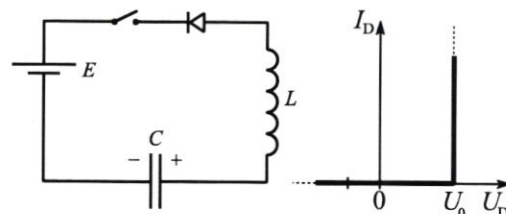
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

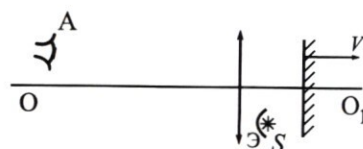


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

положение II

положение I

v_0

φ_+

φ_-

d

x

z

Дано:

d

Остановка на $0,2d$ от + пласт.

v_1

$\frac{q}{m} = 8$

1) Внутри конденсатора

частица останавливается, значит там вектор ускорения, сообщаемый частице конденсатором противоположно направлен той скорости, с которой она в него влетела.

Зная знак заряда частицы можем узнать знак пластин и место остановки частицы.

2) $z \vec{a} = (d - 0,2d) = \frac{0^2 - v_1^2}{2a}$

Откуда: $2a \cdot 0,8d = v_1^2$

$a = \frac{v_1^2}{1,6d}$

3) $\vec{a} = \vec{v}_1 + \vec{a}T$

Откуда: $v_1 = aT$

$T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{\frac{v_1^2}{1,6d}} = \frac{1,6d}{v_1}$

4) 2ЗН: $m \vec{a} = \vec{F}_Э$

Откуда: $ma = F_Э = Eq$

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

$ma = \frac{Uq}{d}$

$a = \frac{Uq}{d}$

$0,2d$

$\vec{a}$

остановка

$\vec{v}_1$

$$u = \frac{ad}{\gamma} = \frac{v_1^2 \cdot d}{1,6d \cdot \gamma} = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$

5) φ_+ — потенциал положительн. пласт.

φ_- — потенциал отриц. пласт.

$$\left. \begin{aligned} u &= \varphi_+ - \varphi_- \\ |\varphi_+| &= |\varphi_-| \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \varphi_+ &= +\frac{u}{2} \\ \varphi_- &= -\frac{u}{2} \end{aligned}$$

6) ЗСЭ (для положений I и II):

$$\left. \begin{aligned} \frac{mv_0^2}{2} &= \frac{mv_1^2}{2} + W \\ \varphi_- &= \frac{W}{q} \Rightarrow W = -\frac{Uq}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{Uq}{2} \cdot 2$$

$$mv_0^2 = mv_1^2 - Uq$$

$$\frac{Uq}{m} = v_1^2 - v_0^2$$

$$v_0^2 = v_1^2 - \frac{Uq}{m}$$

$$v_0^2 = v_1^2 - \frac{v_1^2}{1,6}$$

$$v_0^2 = v_1^2 \left(1 - \frac{1}{1,6} \right)$$

$$v_0^2 = v_1^2 \left(\frac{1,6 - 1}{1,6} \right)$$

$$v_0^2 = v_1^2 \frac{0,6}{1,6} = \frac{3}{8} v_1^2$$

$$v_0 = v_1 \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}$$

Ответ: 1) $\frac{1,6d}{v_1}$; 2) $\frac{v_1^2}{1,6\gamma}$; 3) $v_1 \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}$

1.

Дано:

$$V = 40 \text{ км/ч}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

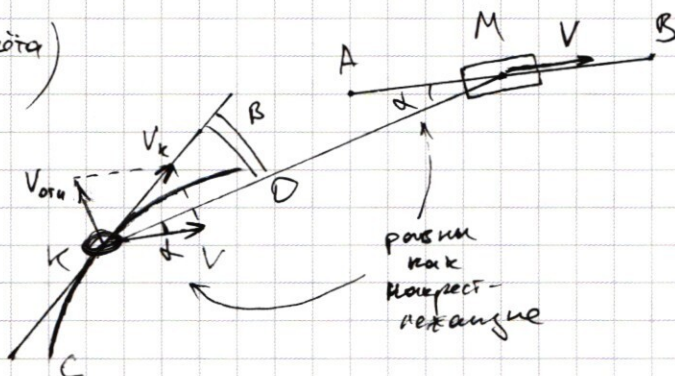
$$l = 17R/15$$

$$\alpha (\cos \alpha = 3/5)$$

$$\beta (\cos \beta = 8/17)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(Система отсчёта
земля)



1) V_k - ?

2) $V_{отн}$ - ?

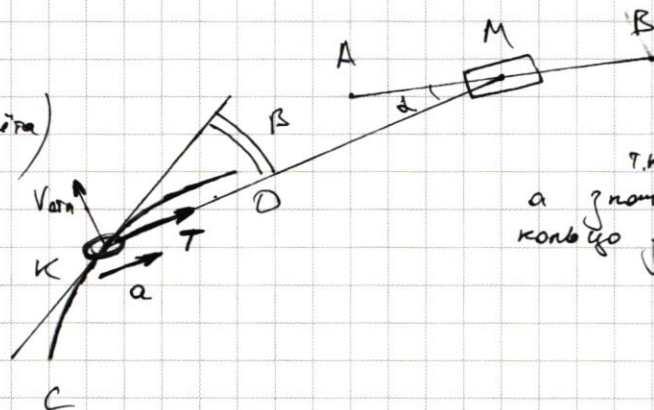
3) T - ?

1) Скорость кольца (V_k) направлена по касательной к окружности CD.

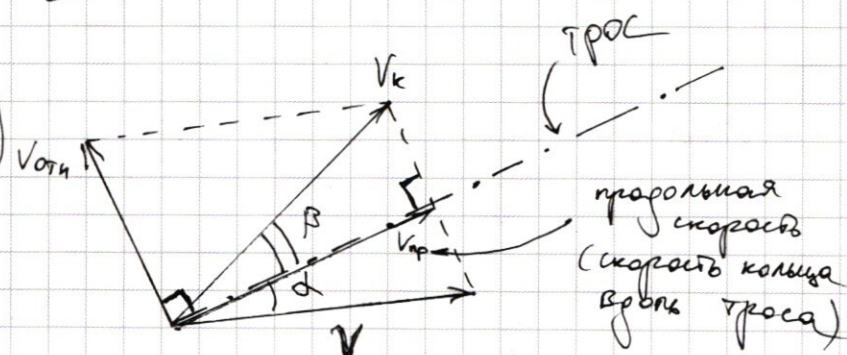
($V_{отн}$) скорость кольца относительно муфты перпендикулярна тросу, т.к. длина троса не меняется, а значит в CD: муфта кольцо движется по окружности.

(Система отсчёта
муфта)

($V = \text{const}$
значит
муфта - ИСО)



(Треугольник
скоростей)



2) (Из Δ скоростей!)

$$V_{пр} = V_k \cos \beta$$

$$V_{пр} = V \cos \alpha$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{пр} = V_k \cos \beta \\ V_{пр} = V \cos \alpha \end{array} \right\} V_k \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

3) по теореме косинусов:

$$V_{отн}^2 = V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{отн} = \sqrt{V^2 \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + V^2 - V^2 \cdot 2 \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}}$$

$$V_{\text{отн}} = V \sqrt{\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + \frac{\cos^2 \beta}{\cos^2 \beta} - \frac{2 \cos \alpha \cos \beta (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}{\cos^2 \beta}}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{V}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta - 2 \cos \alpha \cos \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{V}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{V}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \alpha (1 - \cos^2 \beta) + \cos^2 \beta (1 - \cos^2 \alpha) + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{V}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \alpha \sin^2 \beta + 2 \cos \alpha \sin \beta \cdot \cos \beta \sin \alpha + \cos^2 \beta \sin^2 \alpha}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{V}{\cos \beta} \sqrt{(\cos \alpha \sin \beta + \cos \beta \sin \alpha)^2} = V \frac{\cos \alpha \sin \beta + \cos \beta \sin \alpha}{\cos \beta}$$

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

$$\cos \beta = \frac{8}{17} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{17}\right)^2} = \frac{15}{17}$$

$$V_{\text{отн}} = V \frac{\cos \alpha \sin \beta + \cos \beta \sin \alpha}{\cos \beta} = \frac{\frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} + \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} \cdot 40 \text{ км/ч} =$$

$$= \frac{9 + \frac{32}{5}}{8} \cdot 40 \text{ км/ч} = \frac{45 + 32}{20} \cdot 40 \text{ км/ч} = 77 \text{ км/ч} = 0,774 \text{ ч}$$

$$4) \text{ 23н: } \left. \begin{array}{l} ma = T \\ a = \frac{V_{\text{отн}}^2}{R} \end{array} \right\} T = \frac{m V_{\text{отн}}^2}{R} = \frac{15m V_{\text{отн}}^2}{17R} =$$

$$= \frac{1 \cdot 77^2 \cdot 15}{10^4 \cdot 17 \cdot 1,7} = \frac{5929 \cdot 15}{28,9 \cdot 10^4} = \frac{88935}{289000} \text{ Н}$$

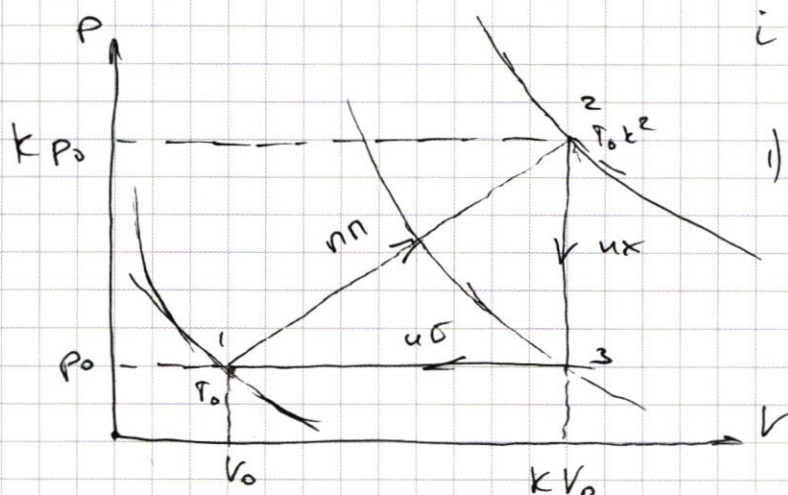
Ответ:

$$1) \frac{V \cos \alpha}{V \cos \beta} = 0,51 \text{ м/с}$$

$$2) V \frac{\cos \alpha \sin \beta + \cos \beta \sin \alpha}{\cos \beta} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$3) \frac{15m V_{\text{отн}}^2}{17R} = \frac{88935}{289000} \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$i = 3$$

1) повышение температуры
происходит на $2 \rightarrow 3$
 $3 \rightarrow 1$

$$C_{23} = C_v = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

$$1) \frac{C_{12}}{C_{21}} = \frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$$

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

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

$$\frac{C_{12}}{C_{21}} = \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$2) Q_{12} = 2 \cdot T_0 \cdot \left(\frac{i}{2} R + \frac{R}{2} \right) = 2 \cdot 2 R T_0$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 2 \cdot 2 R T_0 - \frac{3}{2} \cdot 2 R T_0 = \frac{1}{2} \cdot 2 R T_0$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \cdot 2 R T_0}{\frac{1}{2} \cdot 2 R T_0} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} (k-1) 2 R T_0}{2 \cdot 2 R T_0} = \frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right)$$

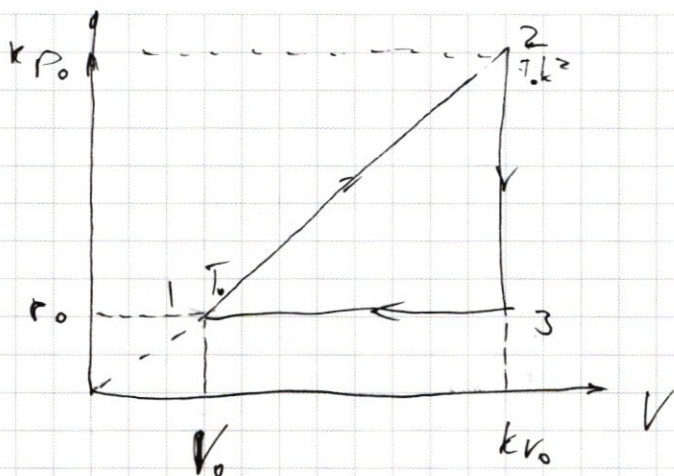
(k то
судить
график)

$$k \rightarrow \infty, \frac{2}{k+1} \rightarrow 0, \eta \rightarrow \frac{1}{4} \text{ макс. значение}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{I\pi}}{C_{II\pi}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$;

3) $\eta_{max} = 25\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\bar{\epsilon} = 3$$



$$1) \frac{c_{23}}{c_{31}} - ?$$

$$2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$$

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

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

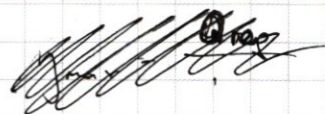
$$A_{12} = \frac{p_0 + kp_0}{2} (kV_0 - V_0) \quad A_{12} = +S_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \mathcal{R} (T_0 k^2 - T_0) = \frac{3}{2} \mathcal{R} T_0 (k^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{(k^2 - 1)}{2} p_0 V_0 = \frac{1}{2} (k^2 - 1) \mathcal{R} T_0$$

$$Q_{12} = 2 \mathcal{R} T_0 (k^2 - 1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{4}{1}$$



$$c_v = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$c_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

$$c_{23} = c_v$$

$$c_{31} = c_p$$

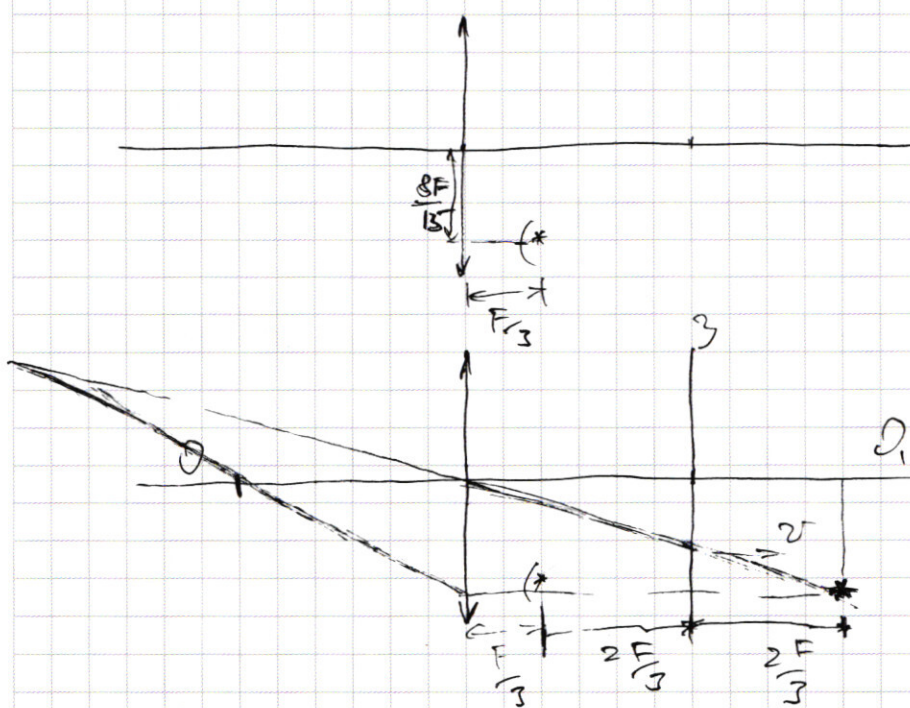
$$\frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{c_v}{c_p} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$A_{12} = +S_{12} = (k-1) p_0 \cdot (k-1) V_0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{(k-1)^2}{2} p_0 V_0 =$$

$$= \frac{1}{2} (k-1)^2 \mathcal{R} T_0$$

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

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} (k-1)^2 \mathcal{R} T_0}{2 \mathcal{R} T_0 (k^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{k-1}{k+1}$$



14250
 4500
 25000
 25645
 25290
 25645
 88975

$$d = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

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

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

$$f = \frac{5}{2}F$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{\cos^2 d}{\cos^2 \beta} + 1 - 2 \cos(d + \beta) \frac{\cos d}{\cos \beta}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\cos^2 d + \cos^2 \beta - 2 \cos(d + \beta) \cos d \cos \beta}{\cos^2 \beta}} =$$

$$= \frac{1}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 d + \cos^2 \beta - 2(\cos d \cos \beta - \sin d \sin \beta) \cos d \cos \beta}$$

$d \uparrow \rightarrow f \downarrow$

$$\cos^2 d - \cos^2 d \cos^2 \beta + \cos^2 \beta - \cos^2 d \cos^2 \beta$$

$$\cos^2 d (1 - \cos^2 \beta) + \cos^2 \beta (1 - \cos^2 d) - 2 \sin d \sin \beta \cos d \cos \beta$$

$$\cos^2 d - \cos^2 \beta - 2 \cos^2 d \cos^2 \beta - 2 \sin d \cos d \sin \beta \cos \beta$$

$$1 - \sin^2 d - 1 + \sin^2 \beta$$

$$\cos^2 d \sin^2 \beta + \cos^2 \beta \sin^2 d$$

$$\sqrt{\frac{\cos d \sin \beta + \cos \beta \sin d}{\cos \beta} - \frac{3^2}{5^2}} =$$

$$-1 - 2(\cos d \cos \beta - \sin d \sin \beta) \frac{\cos d}{\cos \beta}$$

$$-2 \left(\frac{24}{85} - \frac{4}{5} \frac{15}{17} \right) \frac{3/5}{8/17}$$

535
 539
 5928

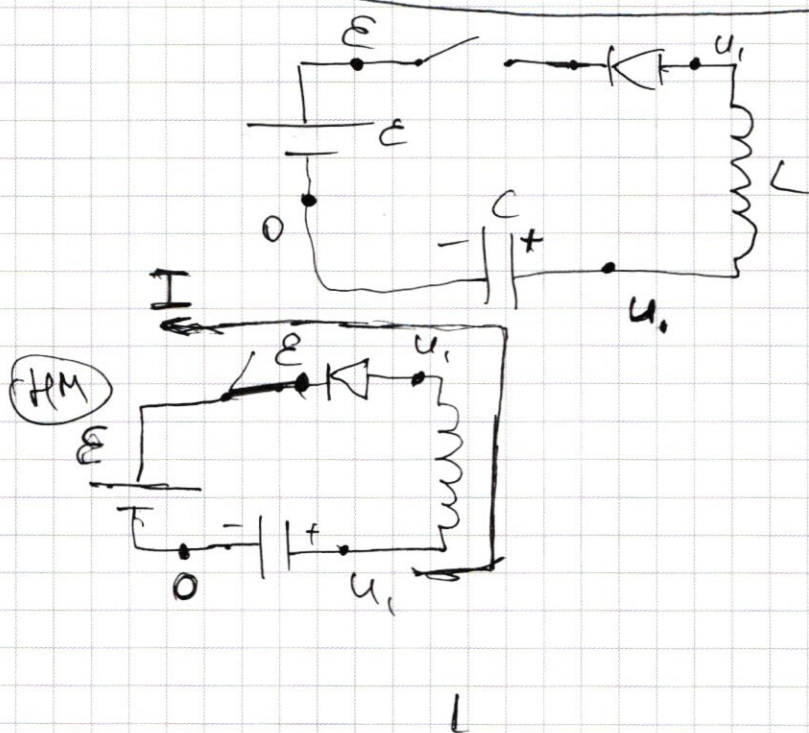
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right)$$

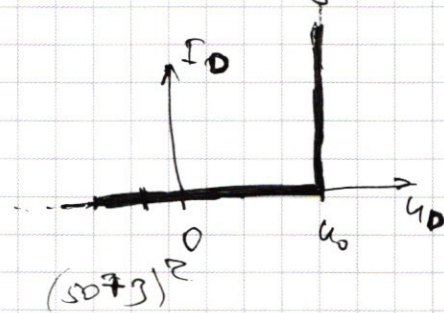
из рисунка видно, что: $k > 0$

$$k \rightarrow \infty, \frac{2}{k+1} \rightarrow 0, 1 - \frac{2}{k+1} \rightarrow 1, \eta \rightarrow \frac{1}{4}$$

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



$$\begin{aligned} E &= 3 \text{ В} \\ C &= 20 \text{ мкФ} \\ U_d &= 6 \text{ В} \\ L &= 0,2 \text{ Гн} \\ U_0 &= 1 \text{ В} \end{aligned}$$



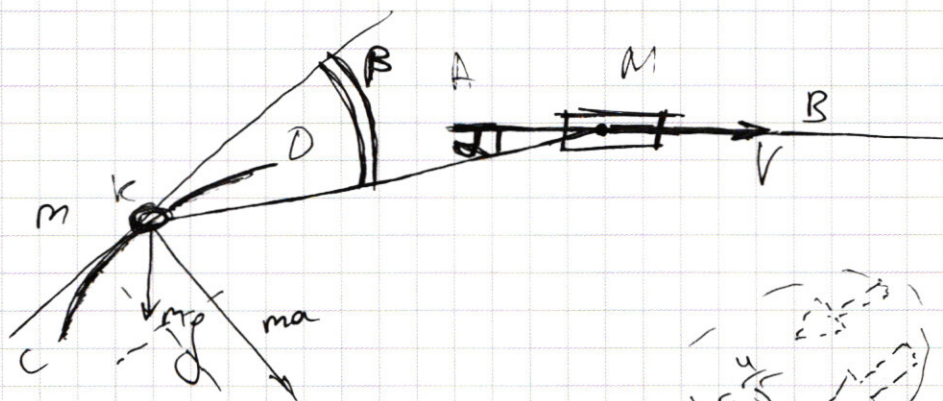
$$53^2 = 2500 + 300 + 9$$

$$7728$$

$$\frac{3^2 \cdot 17^2}{5^2 \cdot 8^2} - 1 + 2 \frac{3 \cdot 17}{8 \cdot 5} \left(\frac{60 - 29}{25} \right)$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{3^2 \cdot 17^2}{5^2 \cdot 8^2} - \frac{5^2 \cdot 8^2}{5^2 \cdot 8^2} + \frac{3 \cdot 17 \cdot 6^2 \cdot 2}{8 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 17}} = \sqrt{\frac{5^2 - 40^2 + 8 \cdot 3 \cdot 6^2 \cdot 2}{40^2}} = \\ & = \sqrt{\frac{91 \cdot 11 + 8 \cdot 6^3}{40^2}} = \sqrt{\frac{216 \cdot 8 + 910 + 91}{40^2}} = \sqrt{\frac{1680 + 48 + 910 + 91}{40^2}} = \\ & 1728 + 1001 = 2729 \end{aligned}$$

Оси: AB



$$V = 40 \text{ cm/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$R = 1,2 \text{ m}$$

$$C = 17R/15$$

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

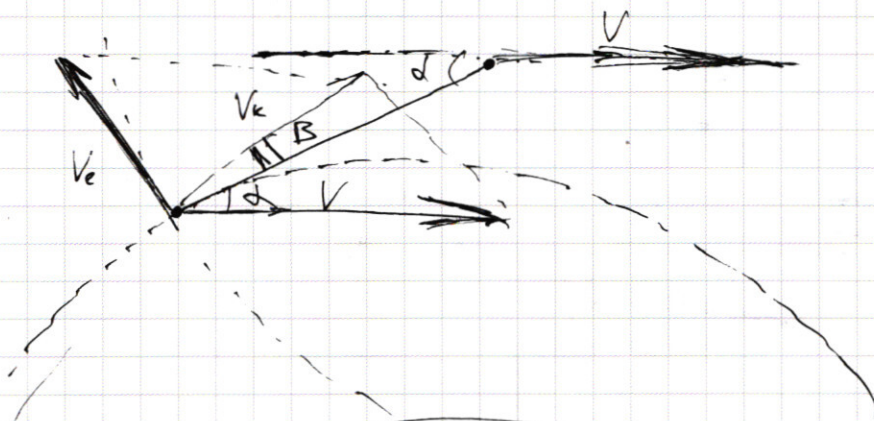
$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$\left(\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{4}{5} \\ \sin \beta &= \frac{15}{17} \end{aligned} \right)$$

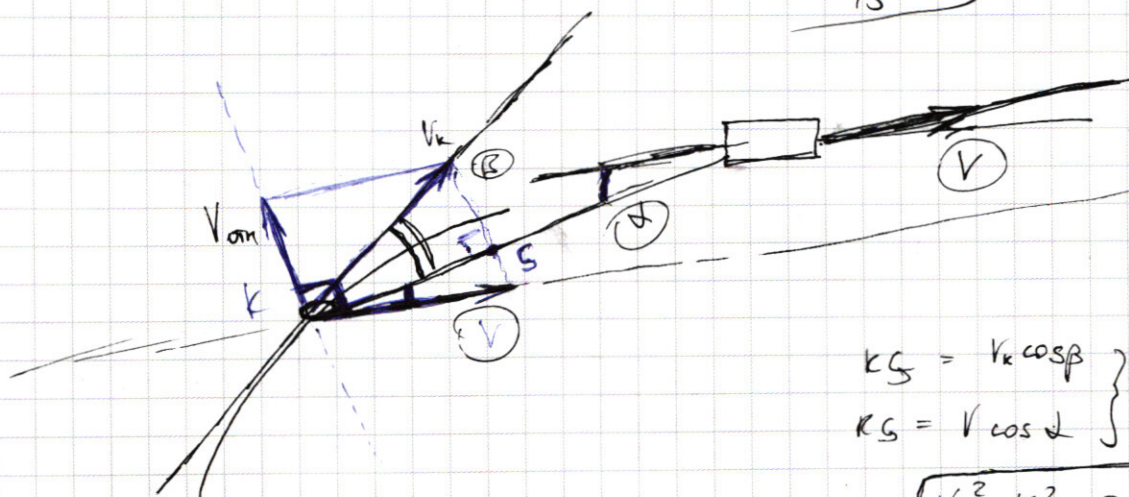
$$V_k - ?$$

$$V_{\text{отн}} - ?$$

$$C - ?$$



$$F_{\text{нат}} = ma = \frac{m v_{\text{отн}}^2}{C} = \frac{m v_{\text{отн}}^2}{17R/15}$$



$$\left. \begin{aligned} V_G &= V_k \cos \beta \\ V_G &= V \cos \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2 V_k V \cos(\alpha + \beta)} =$$

$$= \sqrt{V^2 \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 1 \right) - V^2 \left(2 \cos(\alpha + \beta) \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right)} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram 1: A particle of mass m and charge q moves between two parallel plates separated by distance d . The electric field E is directed downwards. The particle starts at the top plate with initial velocity v_0 and ends at the bottom plate with velocity v_1 . The potential difference is U .

Diagram 2: A force diagram showing the electric force $F = qE$ acting on the particle.

Diagram 3: A diagram showing the particle's trajectory between the plates.

Equations and derivations:

- $F = qE$
- $U = Ed$
- $mv_1^2/2 = A = Uq$
- $U = Ed$
- $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$
- $0 = v_1^2 - v_0^2 = 2ad$
- $a = \frac{v_1^2}{2d}$
- $0 = v_1^2 - \frac{v_1^2}{1.6d} \Rightarrow T = \frac{1.6d}{v_1}$
- $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + A$
- $A = Uq = \frac{q}{\epsilon_0} \frac{v_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q \frac{v_1^2}{2\epsilon_0}$
- $v_1^2 - v_0^2 = 2U \Rightarrow U = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2}$

$$m(v_1^2 - v_0^2) = q \frac{v_1^2}{d^2 0,8}$$

$$v_1^2 - v_0^2 = \frac{v_1^2}{d^2 0,8}$$

$$v_0^2 = v_1^2 \left(1 - \frac{1}{d^2 0,8} \right)$$