

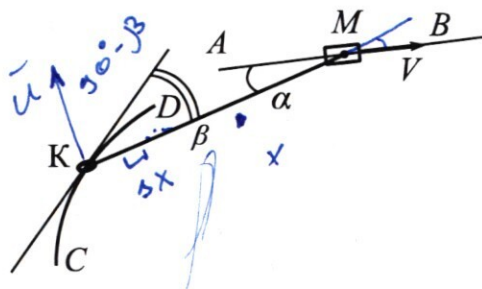
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

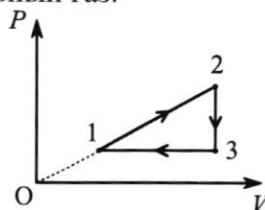
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

- ✓ 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 $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

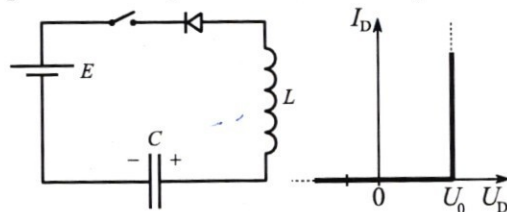


- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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

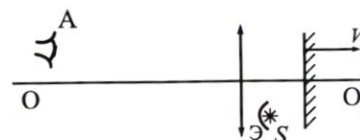
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

Задача 1:

Дано:

$$V = 2 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,5 \text{ м}$$

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

$$\cos \alpha = 4/5$$

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

Найти:

1) v_k - ?

2) v_{km} - ?

3) T - ?

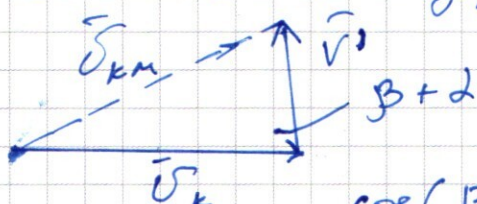
Решение:

- 1) П.к. арос не растягивается, поэтому скорости на него должны быть равны:

$$v_k \cdot \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow$$

$$v_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{5} \text{ м/с} = 3,4 \text{ м/с}$$

- 2) Система отсчета - муфта:



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$$

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

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{5 \cdot 17} = \frac{-13}{5 \cdot 17}$$

по теореме косинусов: $v_{km}^2 = V^2 + v_k^2 - 2V \cdot v_k \cdot \cos(\alpha + \beta) =$

$$= 4 + \frac{289}{25} + 4 \cdot \frac{17}{5} \cdot \frac{13}{5 \cdot 17} = 4 + \frac{289}{25} + \frac{52}{25} = 4 + \frac{341}{25} = \frac{491}{25}$$

$$\Rightarrow v_{km} = \frac{21}{5} = 4,2 \text{ м/с}$$

распалатр.

- 3) кольцо, в момент времени движется по окружности с

радиусом $r = l = \frac{17R}{15}$, Γ_1 и центром на l . Аналогично по окружности движется муфта, но с радиусом Γ_2 и центром на l . Имеем, что $\omega_1 = \omega_2$ ($u = v_k \cdot \cos 50^\circ - \beta = v_k \cdot \sin \beta =$

$$= \frac{17}{5} \cdot \frac{15}{17} = 3 \text{ м/с}, k = V \cdot \sin \alpha = \frac{6}{5}$$

$$\begin{cases} \frac{u}{r_1} = \frac{k}{r_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_1 + r_2 = l = \frac{17R}{15} \end{cases}$$

$$r_2 = \frac{17R}{15} - r_1 \rightarrow (1): u \left(\frac{17R}{15} - r_1 \right) = k r_1$$

$$\Rightarrow r_1 = \frac{u \frac{17R}{15}}{u + k} = \frac{\frac{17R}{5}}{4,2} = \frac{17R}{21}$$

$$a_y = \frac{u^2}{r_1} = \frac{9 \cdot 21}{17R}$$

$$= \frac{756}{323} \sim 2,3 H$$

$$T = ma_y = 0,4 \cdot \frac{9 \cdot 21}{17 \cdot 19} = \frac{4 \cdot 9 \cdot 21}{17 \cdot 19}$$

Ответ: 1) $3,4 \frac{m}{c}$ 2) $4,2 \frac{m}{c}$ 3) $\sim 2,3 H$

Задача 2: Дано: $i=3$ 1-2: $p \sim V$ 2-3: $V = const$ 3-1: $p = const$

1) $\frac{C_{V_{23}}}{C_{V_{31}}}$? Изменение T происходит на графиках 2-3 и 3-1 (это легко проверить через $pV = \nu RT$)

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{V_{23}} = \frac{Q_{23}}{\nu \Delta T_{23}} = \frac{i}{2} R$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{i}{2} p_1 \Delta V_{31} + p_1 \Delta V_{31} = \frac{i+2}{2} p_1 \Delta V_{31}$$

$$C_{V_{31}} = \frac{Q_{31}}{\nu \Delta T_{31}} = \frac{Q_{31}}{V \cdot p_1 \Delta V_{31} / \nu R} = \frac{i+2}{2} R$$

$$\frac{C_{V_{23}}}{C_{V_{31}}} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$? $p = \alpha V$ (т.к. $p \sim V$)

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \left(\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R} \right) =$$

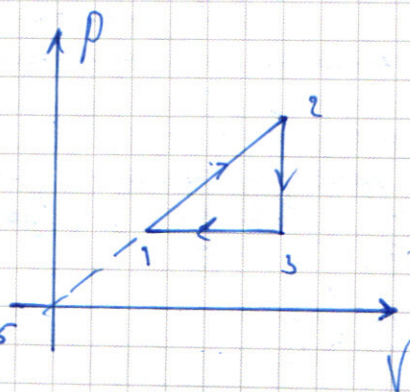
$$= \frac{i}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

A_{12} можно найти на площади под прямой 1-2:

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = i = 3$$

3) μ_{max} ? Т.к. полезная работа совершается только в процессе 1-2 и отношение $\frac{A}{Q} = \frac{1}{4}$ (яко из (2)), то максимальное КПД данного процесса так же равно $\frac{1}{4}$ т.е. 0,25



Ответ: 1) $\frac{3}{5} = 0,6$ 2) 3 3) 0,25

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5:

Date:

$$h = 8 F / 15$$

$$l = 3F/5$$

$$L = 6f/5$$

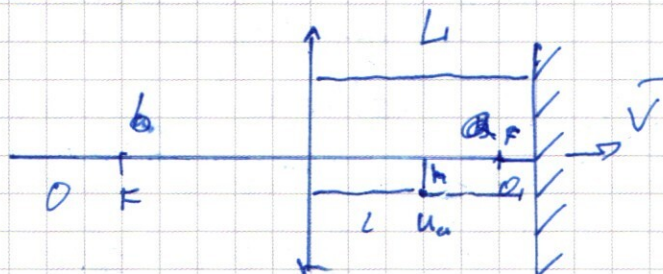
Наименование:

1) b-?

2) 2 - ?

3) $V' = ?$

Решение:



а - расстояние между выражением истока и линзой (ее плоскостью)

b - расстояние между плоскостями линзы и изображением источника

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \text{ npuchem } a = L + (L - l) =$$

$$\frac{5}{9F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{4}{9F} \Rightarrow b = \frac{9F}{4}$$

2) $\frac{H}{b} = \frac{b}{a}$ (где H - высота изображения) $\Rightarrow$

$$\frac{H}{b} = \tan \alpha = \frac{b}{a} = \frac{8F/15}{9F/5} = \frac{8 \cdot 5}{15 \cdot 9} = \frac{8}{27}$$

3) из подобия треугольников следует, что:

$$\frac{V_{at}}{a} = \frac{V'_{at}}{a}, \text{ m.e. } V' = \frac{b}{a} V = \frac{gF/4}{gF/5} V = \frac{5}{4} V$$

Ombem: 1) $\frac{9F}{4}$ 2) $\frac{8}{27} = \frac{1}{27}$ 3) $\frac{5V}{4}$

Задача 3:

Дано:

$$d; 0,2d;$$

$$U; V_1$$

Найти:

$$1) \gamma = \frac{|q|}{m}$$

2) Т влета

3) V_0 при $r \rightarrow \infty$

Решение:

$$1) |q|U \cdot 0,8d = \frac{mV_1^2}{2} \quad - \text{м.к. заряд прошел } 0,8d \text{ в направлении отв. заряженной пластины}$$

$$\Rightarrow \frac{|q|}{m} = \gamma = \frac{V_1^2}{1,6U}$$

2) П.к. поле однородно вблизи оси симметрии на первом пластине пути (до остановки):

$$|A| = |-q|U \cdot 0,8d = |F \cdot 0,8d| \text{ и } F = |q|U$$

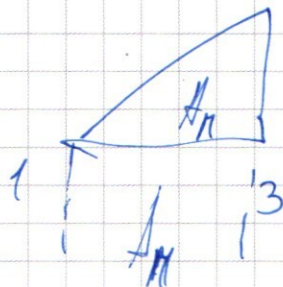
$$F_{ст} = -2mV_1 \quad - \text{гравит. влечение заряда.}$$

$$st = \frac{2mV_1}{|q|U} = \frac{2V_1}{\gamma U} = \frac{2V_1}{\frac{V_1^2 U}{1,6U}} = \frac{3,2}{V_1}$$

3) при расстоянии $r \rightarrow \infty$ вся потенциальная энергия перейдет в кинетическую: $|q|U = \frac{mV_0^2}{2}$

$$V_0 = \sqrt{2\gamma U}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



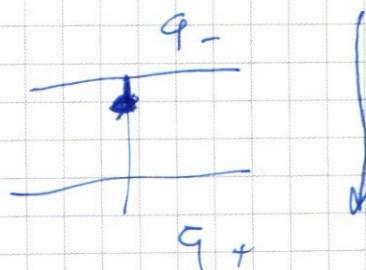
$$\mu = \frac{A_n}{A_n + A_m} = \frac{A_n}{A_n + A_m} = \frac{A_n}{A_n + A_m}$$

$$= \frac{\sqrt{4} - 1}{4} = \frac{2 - 1}{4} = \frac{1}{4}$$

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

$$\frac{T_h - T_x}{T_m} = 1 - \frac{T_x}{T_h}$$

$$T_1 =$$



$$eU = i$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_k \sin \beta}{r_1} = \frac{V \sin \alpha}{r_2}$$

$$r_1 + r_2 = l$$

$$r_2 = l - r_1$$

$$r_1 + r_2 = \frac{12}{15} R$$

$$\frac{r_1}{r_2}$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{V_k \sin \beta}{V \sin \alpha} = \frac{\frac{17}{5} \cdot \frac{3}{5}}{2 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{17 \cdot 17}{2 \cdot 5 \cdot 25} =$$

$$= \frac{289}{250} =$$

$$7$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 8 \\ \hline 152 \end{array}$$

$$539x = 19$$

$$539x = \frac{17}{15} R$$

$$\begin{array}{r} 5390 \quad | \quad 19 \\ 98 \\ \hline 152 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -159 \\ 152 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 539 \quad | \quad 17 \\ 51 \\ \hline 29 \end{array}$$

$$\frac{V_k \sin \beta}{r_1} = \frac{V \sin \alpha}{l - r_1}$$

$$V_k \sin \beta l - V_k \sin \beta r_1 = V \sin \alpha r_1$$

$$\frac{V_k \sin \beta l}{V \sin \alpha + V_k \sin \beta} = r_1$$

$$U = V_k \sin \beta$$

$$a = \frac{U^2}{r_1} = \frac{V_k \sin \beta (V \sin \alpha + V_k \sin \beta)}{l} =$$

$$= 3 \left(2 \cdot \frac{3}{5} + 3 \right) = 3 \left(2 \cdot \frac{3}{5} + 3 \right)$$

$$u = V_k \sin \beta = 3$$

$$k = V \sin \alpha = 2 \cdot \frac{3}{5} = \frac{6}{5} = 1.2$$

$$\frac{u}{r_1} = \frac{k}{r_2}$$

$$r_1 + r_2 = \frac{12}{15} R$$

$$r_2 = \frac{12}{15} R - r_1$$

$$r_1 = \frac{u \cdot \frac{12}{15} R}{k + u} = \frac{u r_2}{k + u} = \frac{k r_1}{k + u} = \frac{u \cdot \frac{12}{15} R - u r_1}{k + u} = \frac{u \cdot \frac{12}{15} R}{k + u} = \frac{3 \cdot \frac{12}{15} R}{1.2 + 3} = \frac{3.6 R}{4.2} = \frac{3.6 R}{4.2} = \frac{17}{21} R$$

$$m \frac{U^2}{r_1} = a m$$

$$= 0.4 \cdot \frac{3 \cdot 21}{17 R} =$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 84 \\ \hline 756 \end{array} \quad \begin{array}{r} 19 \\ \times 17 \\ \hline 133 \\ 19 \\ \hline 323 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 756 \\ - 323 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 756 \overline{) 323} \\ \underline{646} \\ 1100 \\ \underline{969} \\ 131 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 89 \\ \times 4 \\ \hline 756 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ 19 \\ \times 17 \\ \hline 133 \\ 13 \\ \hline 323 \end{array}$$

$$\Pi = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad \Delta''$$

$$\Pi = q\varphi \quad \Delta \Pi = \Delta = qU$$

$$1) e \cdot 0,82 U = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$A = -eU \cdot 0,82 = -6,08 \text{ eV}$$

$$f \cdot 1,602 = F = eU$$

$$\gamma \quad \frac{|q|}{m} = \frac{V_1^2}{1,602 U}$$

$$\Delta p = 2m V_1 = -F \Delta t$$

$$2) \quad T = \frac{2m V_1}{eU} = \frac{2 V_1}{\gamma U} = \frac{2 V_1 \cdot eU}{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot U} = \frac{2,22}{V_1}$$

$$3) q(\varphi_1 - \varphi_2) = m \cdot$$

$$\gamma |q| U = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$2 \gamma U = V_0^2 = \frac{2 \cdot V_1^2}{1,602} = V_0^2$$

$$V_0 = \frac{V_1}{\sqrt{0,82}}$$

$$F = eU$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \Delta U = \frac{\bar{i}}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{\bar{i}}{2} \nu R \Delta T - \frac{\Delta(V_2^2 - V_1^2)}{\gamma R} =$$

$$= \frac{\bar{i}}{2} \Delta(V_2^2 - V_1^2) \quad A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \Delta(V_2 - V_1)^2$$

$$\Delta p = \Delta \Delta V \quad \frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{\bar{i}}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{1}{2} (V_2 - V_1)^2} = \frac{\bar{i} (V_2 + V_1)}{V_2 - V_1}$$

$$A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\Delta}{2} (V_2 + V_1) (V_2 - V_1) =$$

$$\frac{\Delta}{2} (V_2^2 + V_1^2)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{\bar{i}}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\Delta}{2} (V_2^2 + V_1^2)} = \bar{i} = 3$$

$$\frac{\Delta}{2} (V_2^2 + V_1^2)$$

$$\mu = \frac{T_n - T_k}{T_n} = 1 - \frac{T_k}{T_n}$$

$$pV_1 = \nu RT_1$$

$$pV_3 = \nu RT_3$$

$$\Delta V_2^2 = \nu R T_2$$

$$\Delta V_1^2 = \nu R T_1$$

$$\mu = 1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} = 1 - \frac{V_1^2}{V_3^2}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$\mu = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{V_2^2 - V_1^2} = 1 - \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = 1 - \left(1 - \frac{2V_1}{V_2 + V_1}\right) = \frac{2V_1}{V_2 + V_1}$$



$$\frac{1}{2} m V_1^2$$

$$\gamma = \frac{Q}{m} = \frac{V_1^2}{2}$$

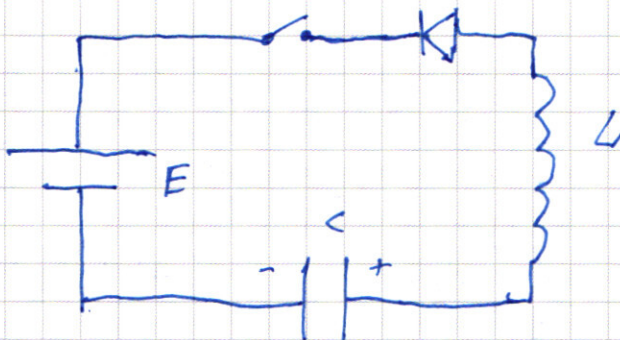
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{T_3}$$

$$Q_{23} = \frac{\dot{V}}{2} \Delta p V_{23}$$

$$Q_{31} = \frac{\dot{L}+2}{2} p_{31} V_{31}$$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{12}+Q_{23}+Q_{31}} = \frac{\frac{\dot{V}}{2} L (V_2^2 - V_1^2)}{2L}$$



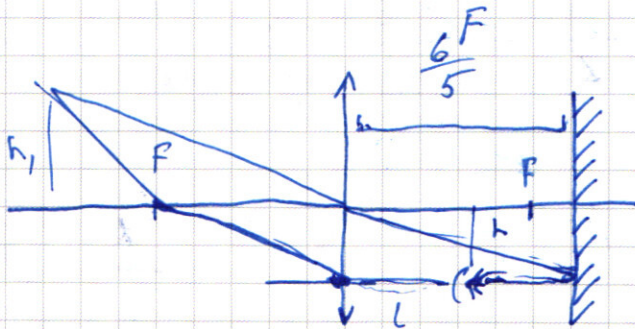
$$E = 6B$$

$$C = 10 \mu\text{F}$$

$$U_1 = 3B$$

$$L = 0.4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1B$$



$$h = \frac{9F}{15} \quad l = \frac{3F}{5}$$

$$b = \frac{8F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{5F}{5}$$

$$b = \frac{9F}{5}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{5}{9F} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{a} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{4}{9F}$$

$$a = \frac{9F}{4}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{h_1 \cdot 15}{8F} = \frac{\frac{9}{4}}{\frac{9}{5}} = \frac{5}{4}$$

$$h_1 = \frac{1}{15} \cdot \frac{5}{4} F = \frac{2}{3} F$$

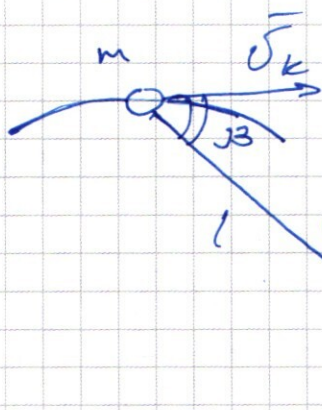
$$\tan \alpha = \frac{b}{a} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 9} = \frac{8}{27}$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{a}{b} = \frac{5}{4}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



Дано: $V = 2 \text{ м/с}$, $m = 0,4 \text{ кг}$

$R = 1,7 \text{ м}$

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

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

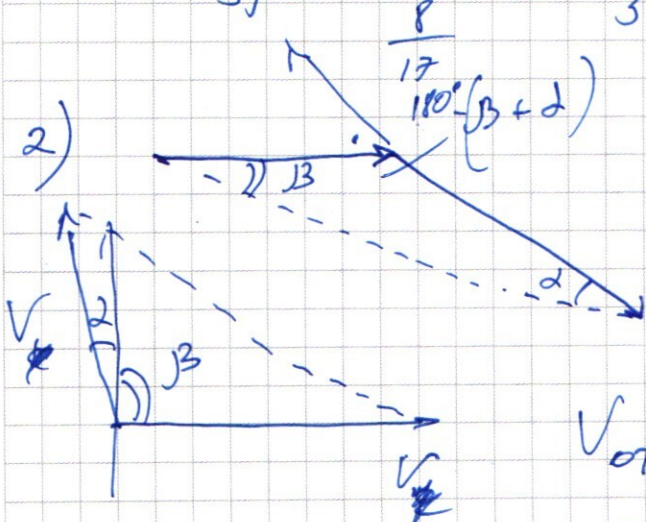
$\cos \beta = \frac{8}{17}$

1) $v_k = ?$

Решение: $v_k \cdot \cos \beta = V \cdot \cos \alpha$

$$v_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{5} = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



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

$$= \frac{289}{25} + 4 - \frac{68}{5} \cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$\frac{289}{25} + 4 - \frac{68}{5} \cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

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

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

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{9}{17}$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{32}{85}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{32}{85} - \frac{9}{17} = \frac{32 - 45}{85} = \frac{-13}{85}$$

$$\frac{289}{25} + 4 + \frac{4 \cdot 17}{5} \cdot \frac{13}{5 \cdot 17} = \frac{289}{25} + 4 + \frac{52}{25} = \frac{341}{25} + 4 = \frac{441}{25} \quad v_{\text{отн}} = \frac{21}{5} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

