

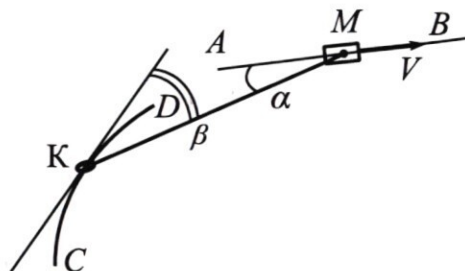
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо 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.



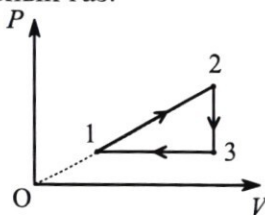
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

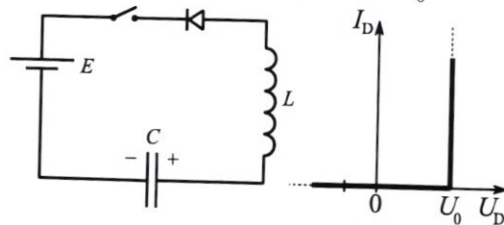
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

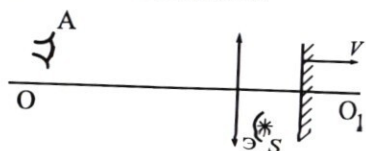


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

зад №2.

Дано:

$$i=3$$

$$1-2 \quad P = \alpha U$$

$$2-3 \quad V = \text{const}$$

$$3-1 \quad P = \text{const.}$$

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

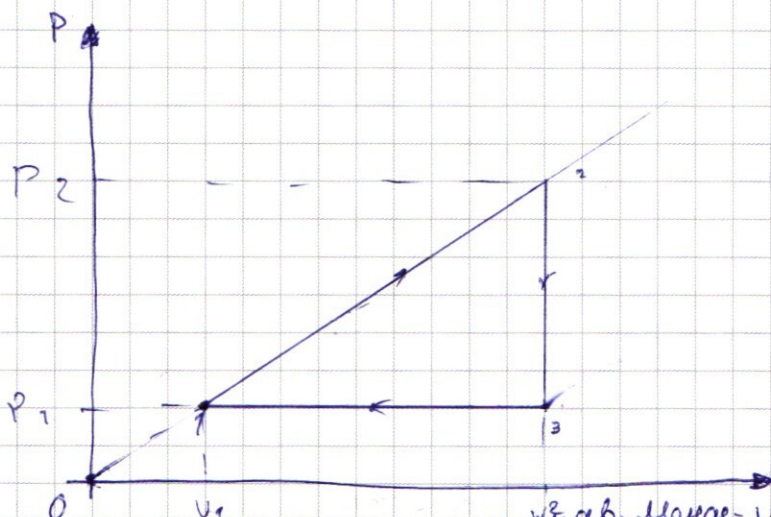
$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$$

$$\eta = ?$$

Решение

$$C_{23}$$

$$C_{31}$$



из урав. Менделеева-Клапейрона

$$1) \quad 2-3 \quad V = \text{const} \Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const.} \quad P \downarrow \Rightarrow T \downarrow$$

$$3-1 \quad P = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const} \quad V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$$

$$1-2 \quad P \uparrow \quad V \uparrow \quad PV = \nu RT \quad V = \text{const} \Rightarrow T \uparrow$$

$$C_{23} = C_V = \frac{i}{2} R \quad \text{Из зак. термодинамики, т.к. } V = \text{const} \quad A = 0.$$

$$Q = C_V \nu \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \Delta U_{12} = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = C_P = C_V + R \quad \text{Из зак. термодинамики } A = P \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$Q = C_P \nu \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \nu R \Delta T = \Delta U + A =$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$2) \quad A_{12} = S_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1) =$$

$$P = \alpha U \Rightarrow \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T} = 3$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

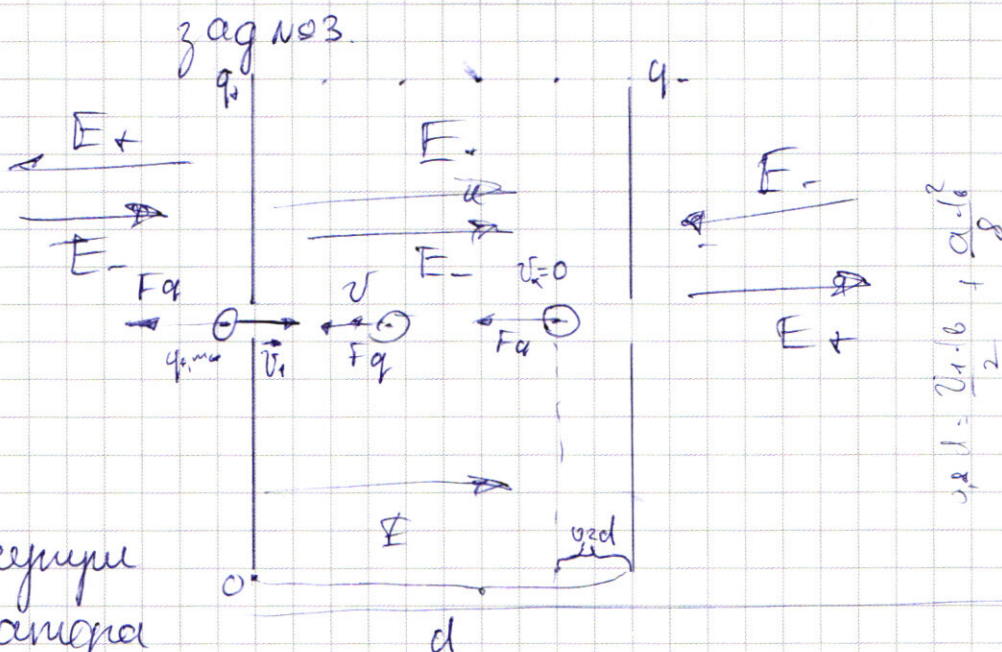
Дано:

U, d, v_1

$\gamma = \frac{10}{m} - ?$

$t_0 - ?$

$v_0 - ?$



1) Поле внутри конденсатора однородное. $E = U/d$

$A_f = U = Ed$
 E - напря-ть внутри конденсатора
 $E = \frac{U}{d}$

2) ЯЗУКЭ

$$\frac{\Delta mv^2}{2} = A$$

$$A_f = \Delta \varphi q = -E(d - 0,2d)q = -Eq(0,8d)q = -0,8qU$$

$$\frac{\Delta mv^2}{2} = 0 - \frac{mv_1^2}{2} = -\frac{mv_1^2}{2}$$

$$+ \frac{mv_1^2}{2} = +0,8qU \quad \frac{5}{2} \frac{mv_1^2}{2 \cdot 40} = \frac{q}{m} = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{U} = \gamma$$

32) t_0 - время за к-се частица остановится.

$$F_q = -Eq = ma \quad a = -E - 8E \quad t_0 \text{ - время з-к-е частица остано-}$$

$$S = 0,8d \quad S = 0 = v_1 t_0 + \frac{a t_0^2}{2}$$

$$- \frac{a t_0^2}{2} = v_1 t_0 \Rightarrow t_0 = -\frac{2v_1}{a} = \frac{2v_1}{8E} = \frac{2 \cdot 10 \cdot d \cdot 8}{5 \cdot 10^8 \cdot 8} = \frac{16cd}{5v_1}$$

4) т.к. Стороны соизмеримы одинаковые квадратные металлические свинки, то конденсатор зарядится симметрично. Из-за металла при начальном нескомпенсированном заряде, заряд перераспределится из-за электростатической индукции.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Приспособление зад №2.

з.в. вакууме.

$$\eta = \frac{A_{\text{прот}}}{Q_H} = \frac{A_{1231}}{Q_{12}} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

~~$$Q_X = Q_{23} + Q_{32} = A_{23} + A_{32} = A_{32} = P_1(U_2 - U_1) \cdot \Delta V_2$$~~

~~$$Q_H = A_{12} + Q_{\Delta V_2} = 2 V R A T = \frac{4 V R A T}{2} = 4 A_{12} =$$~~

$$A_{1231} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1)(U_2 - U_1) = \frac{1}{2} (P_2 U_2 + P_1 U_1 - P_1 U_2 - P_2 U_1)$$

$$Q_{12} = 2 (P_2 U_2 - P_1 U_1) \quad P_1 U_2 = P_2 U_1$$

$$\eta = 1 - \frac{P_2 U_2 + P_1 U_1 - P_1 U_2 - P_2 U_1}{4 (P_2 U_2 - P_1 U_1)} = \frac{4 P_2 U_2 - P_1 U_1 + 2 P_1 U_1}{4 (P_2 U_2 - P_1 U_1)}$$

$$= \frac{-2 P_1 U_2}{4} = \frac{1}{4} + \frac{2 P_1 U_1 - 2 P_1 U_2}{4 (P_2 U_2 - P_1 U_1)} = \frac{1}{4} + \frac{P_1 (U_1 - P_1 U_2)}{2 (P_2 U_2 - P_1 U_1)}$$

$$\text{т.к. } (P_2 U_2 - P_1 U_1) > 0 \quad U_1 < U_2 \Rightarrow \frac{P_1 (U_1 - U_2)}{2 (P_2 U_2 - P_1 U_1)} < 0$$

так, когда эта дробь равна 0

$$\eta_{\text{м}} = \frac{1}{4}$$

Ответ. 1) 0,6 2) 3 3) $\frac{1}{4}$

Продолжение зад №3.

Если заряды одинаковы, то и $|E_1| = |E_2|$, а векторы складываются противоположно по-з-за-сею. Внешнее поле будет равно 0.

$E_{вн} = 0$. Из этого следует, что $U_0 = U_1$.

Ответ 1) $\sum \frac{v_i^2}{8U}$ 2) $\frac{16cl}{5U_1}$ 3) δ_1

зад №4.

из Метода потенциалов

Дано:

$E = 6B = E$

$U_1 = 9B$

$C = 10^{-5} \text{ Ф}$

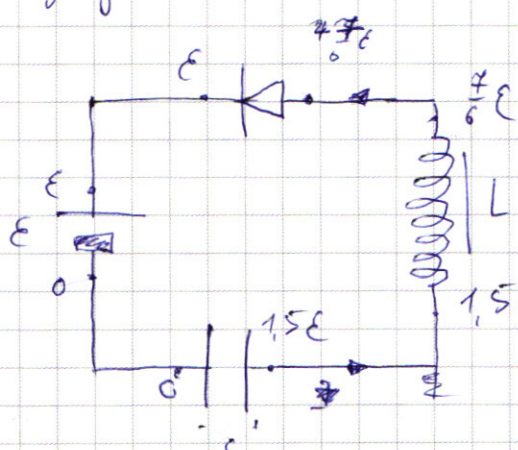
$U_0 = 1B$

$L = 0.4 \text{ Гн}$

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

$I_m = ?$

$U_2 = ?$



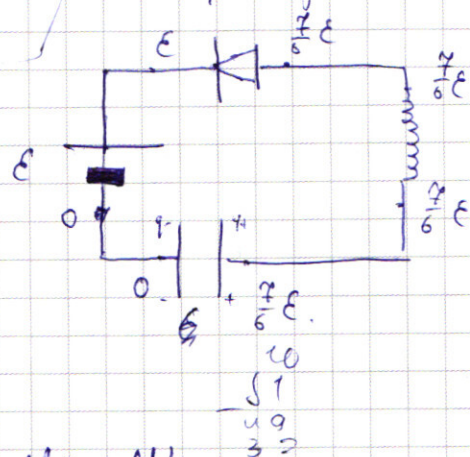
$U_1 = \frac{3}{2}E - \frac{7}{6}E = E \left(\frac{9-7}{6} \right) = \frac{E}{3} = \epsilon_i$

$\epsilon_i = L \frac{dI}{dt} = \frac{E}{3}$
 $\left(\frac{dI}{dt} = \frac{E}{3L} \right) = \frac{8 \cdot 10}{3 \cdot 42} = 5 \frac{A}{C}$

$\frac{U_1}{E} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \quad U_1 = \frac{3}{2}E = 1.5E$

$\frac{U_0}{E} = \frac{1}{6} \Rightarrow U_0 = \frac{E}{6}$

2) $I = I_m \Rightarrow \epsilon_i = 0$.
 В том, когда $I = I_m$.



q-заряд конденсатора
 $q_0 = 1.5EC$
 $q_k = \frac{7EE}{6}$

3) Θ

$A_k = E \Delta q = \frac{EC^2}{3} = \frac{CE^2}{3}$

$A = Q + \Delta W_c + \Delta W_L$

$\Delta W_c = \frac{C(1.5E)^2}{2} - \frac{CE^2}{2} = \frac{CE^2}{2} \left(\frac{9}{2} - 1 \right) = \frac{CE^2}{2} \cdot \frac{7}{2} = \frac{7CE^2}{4}$

$\Delta W_L = \frac{LI_m^2}{2} = 0 \quad Q = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение зад №4.

$$\Delta W_L = A_u - \Delta W_c = 4 C \varepsilon^2 \left(\frac{4}{9} - \frac{1}{3} \right) = \frac{C \varepsilon^2}{9} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$I_m = \frac{\varepsilon}{3} \sqrt{\frac{2C}{L}} = \frac{6}{3} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 10}{4}} = 2 \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \quad \sqrt{2} \approx 1,41$$

$$2,82 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

$$3) \text{ ЗЗЭ. } A_u = \Delta W_c = \varepsilon C (U_2 - U_1) = \frac{C}{2} (U_2^2 - U_1^2)$$

$$\varepsilon \quad \text{и} \quad \varepsilon \quad 2 \varepsilon C (U_2 - U_1) = C (U_2 - U_1) (U_2 + U_1)$$

$$2 \varepsilon = U_2 + U_1$$

$$U_2 = 2 \varepsilon - U_1 = 2 \varepsilon - 1,5 \varepsilon = \frac{\varepsilon}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ В.}$$

Ответ. 1) 5 с 2) $2,82 \cdot 10^{-3} \text{ A}$. 3) 3 В.

зад №5.

Дано:

F, v

$$d = 0,6 F$$

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

$$l = 1,2 F$$

$f_k = ?$

$\alpha = ?$

$u_k = ?$

d' - расстояние от l до

зеркала

f' - расстояние от l до

возврата

$$f' = d' \quad d' = d \quad \text{т.к. } L = 2d$$

$$d' = L - d = d$$

$d_k = f' + L = 3d$. d_k расстояние от S' до линзы.

Формула тонкой линзы. f_k расстояние от изображения до линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_k} \Rightarrow f_k = \frac{F d_k}{d_k - F} = \frac{F \cdot 1,8 F}{1,8 F - F} = F \cdot \frac{9}{54} = 2,25 F$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{f_k}{d_k} = \frac{2,25 F}{1,8 F} = \frac{95}{49} = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$2) \cos \alpha = \frac{X}{F} = \frac{8 F}{15 F} = \frac{8}{15} \quad \cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + q^2} = \frac{1}{1 + \frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

3) Сделаем переход в СО Зеркала в СО Зеркала

$$u_{\text{лин}} = -u_{\text{лин}} \quad u_{\text{ско-то-относ-ая } S'} \quad u_{\text{лин}} = u_{\text{адс}} - u_{\text{пер}} = 0 - v = -v$$

$$v \text{ - ско-то-относ-ая } S \quad u_{\text{лин}} = v = u_{\text{лин}}$$

$$\text{Вернемся в СО линзы} \quad u_{\text{лин}} + u_{\text{адс}} = u_{\text{пер}} + u_{\text{лин}} = v + v = 2v$$

$$2v = u_{\text{адс}} = u_k$$

$$\text{Формула тонкой линзы} \quad f = \frac{F d}{d - F} \quad \text{в этой формуле}$$

$$u_k = \frac{F d (d - F)}{(d - F)^2} = u_{\text{лин}} = -\frac{F^2 v}{(d - F)^2} = -\Gamma^2 v$$

задача

Решение

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

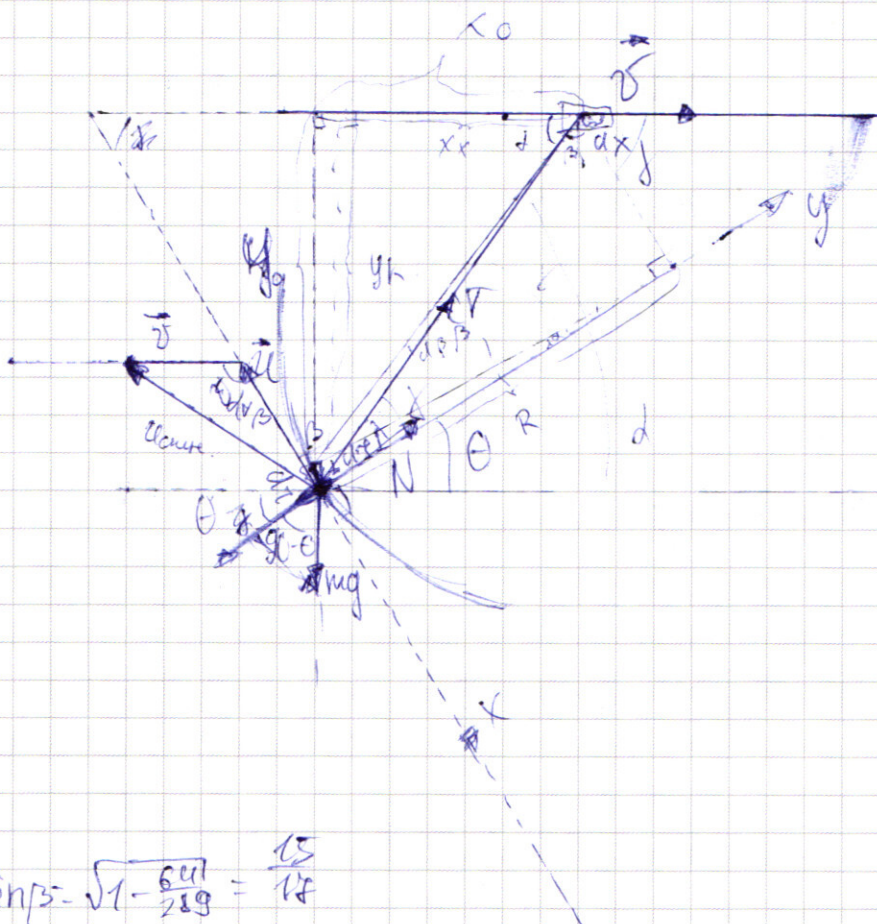
$$v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

$$\cos \beta = \frac{17}{18}$$



$$\cos \beta = \frac{1}{18} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{324}} = \frac{15}{18}$$

$$l = \frac{17R}{15} = \frac{R}{\sin \alpha} \quad \sin \alpha = R \quad \cos \alpha = \frac{4}{5} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5} \quad \tan \alpha = \frac{3}{4}$$

dr - малое изменение радиуса.

$d\alpha$ - малое изменение угла.

т.к. малый $dr = R d\alpha$

$$y_{th} = l \sin \alpha$$

$$\frac{dy}{dt} = u = \frac{d}{dt} (l \sin \alpha) = l \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

$$\Delta h = dr = h_0 - h_k = \int_0^t \tan \alpha (v_0 - v_k) dt = \int_0^t \tan \alpha v dt = u dt \quad u = \tan \alpha v$$

$$u = \frac{3}{4} \cdot 2 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение зад №5.

$$\left| \frac{U_H}{U_H} \right| = F_0^2$$

$$U_H = 2U_{\text{ср}} = U_K$$

$$U_H = U_K \cdot \cos \alpha = U_K \frac{15}{17}$$

$$\begin{matrix} 3 \\ 1 \\ 2 \\ 5 \end{matrix}$$

$$U_K \cos \alpha = \frac{2U_{\text{ср}}}{268} = U_K \frac{15^3}{17} \Rightarrow U_K = \frac{85U}{24}$$

Ответ. 1) $2,25 F$ 2) $\arctg \frac{8}{15}$ 3) $\frac{85U}{24}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Выполнение зад №1

$$\vec{u}_{\text{рез}} = \vec{u} - \vec{v}$$

$$6 \cdot 10^3 \cdot 60 + 10 = 36$$

$$\frac{9}{11}$$

$$u_{\text{рез}}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{12 - 12}{25} = 0$$

$$u_{\text{рез}}^2 = 2,25 + 4 + 2 \cdot 3 \cdot \frac{13}{85} = 2,25 + 4 + \frac{78}{85} =$$

$$= \frac{9 \cdot 85 + 4 \cdot 16 \cdot 85 + 78 \cdot 4}{85 \cdot 4} = \frac{765 + 1360 + 312}{340} =$$

$$= \frac{2437}{340} \approx 7,16$$

$$90 - \theta = 180 \cdot (\alpha + \beta)$$

$$u_{\text{рез}} = \sqrt{7,16} \approx 2,7$$

$$\theta = \alpha - \beta = \alpha - 90 + \beta$$

31 $u \perp R \Rightarrow$ вектор скорости материальной точки движется по окружности R без тангенциального ускорения.

$$\frac{mv^2}{R} = ma = T \sin \beta + mg \sin(180 - (\alpha + \beta)) =$$

$$T \sin \beta + mg \sin(\alpha + \beta)$$

23H. $\cos \alpha$ $\sin \alpha$ $\cos \alpha$ $\sin \alpha$

$$T \sin \beta - mg \sin(\alpha + \beta) = 0$$

$\cos \alpha$ $\sin \alpha$ $\cos \alpha$ $\sin \alpha$

0

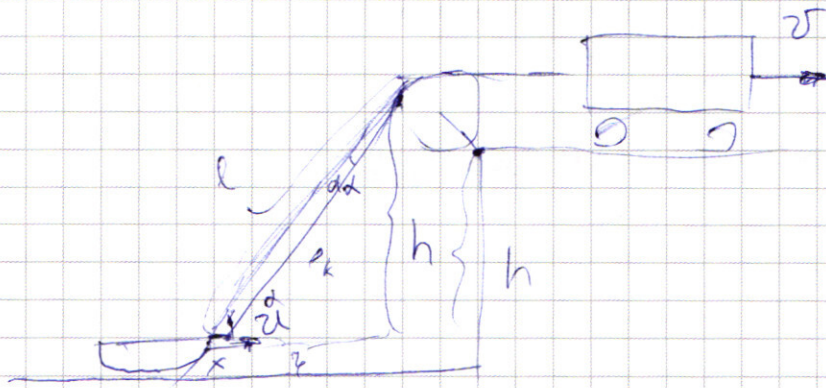
$$T \sin \beta + N + mg \cos(\alpha + \beta) = T \sin \beta + N - mg \cos(180 - (\alpha + \beta)) =$$

$$= ma = \frac{mv^2}{R}$$

$$T \sin \beta = \frac{mv^2}{R}$$

$$T = \frac{mv^2}{R \sin \beta} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 14}{19.155} = \frac{51}{95} \text{ Н.}$$

Ответ. $1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $2,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\frac{51}{95} \text{ Н.}$



$$\frac{u}{\Delta t} = \frac{x}{\Delta t} = l\omega$$

$$x = l\alpha = R_0 - R_k = \sqrt{R_0^2 - R_k^2} = \sqrt{(l - v\Delta t)^2 + H^2}$$

$$l \sin \alpha = R_0 \quad u = l\omega = v \sin \alpha$$

$$(l - v\Delta t) \sin \alpha = R_k$$

$$R_k = \sin \alpha v \Delta t$$

$$\omega = \frac{v \sin \alpha}{l}$$

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

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача:

$m = 0,4 \text{ кг}$
 $v = 2 \text{ м/с}$
 $R = 7,9 \text{ м}$
 $l = \frac{17}{15} R$
 $\cos \beta = \frac{4}{17}$
 $\cos \alpha = \frac{4}{5}$
 $\omega = ?$
 Угловая?
 $\gamma = ?$

Решение:

$\cos \beta = \frac{4}{17}$
 $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$
 $l = \frac{17}{15} R = \frac{R}{\sin \beta}$
 $l \sin \beta = R$

$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2}{7,9} \approx 0,253 \text{ рад/с}$
 $\gamma = \frac{v}{l} = \frac{2}{\frac{17}{15} R} = \frac{30}{17 R} \approx 0,0021 \text{ рад/с}$

$210 + 28 = 238$

10
 40
 50
 85
 765

2
 85
 4
 340

1
 340
 4
 1360

3
 78
 4
 312

2437
 238
 54
 34
 230

11
 1360
 765
 2125
 2125
 312
 2437