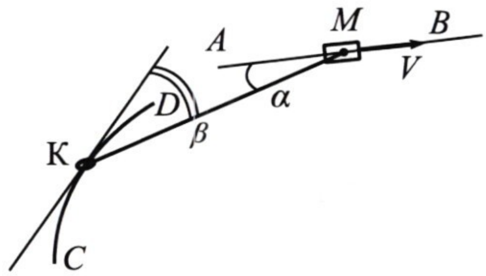
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 11

Вариант 11-01

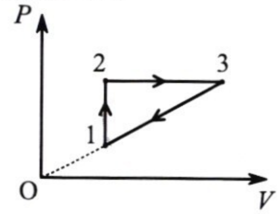
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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 $\alpha (\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 4/5)$ 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 $\left(d << \sqrt{S}\right)$. 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?

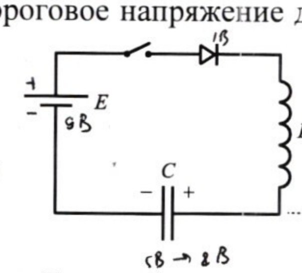
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

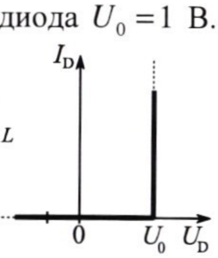
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

$\Delta q E =$

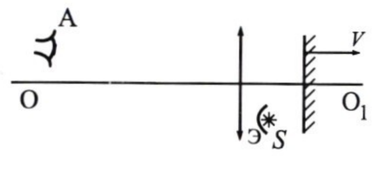
$\Delta q = C(8-5)$





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.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

$v = 68$ см/с

$m = 0.1$ кг

$R = 1.9$ м

$l = \frac{5}{3}R$

$\cos\alpha = \frac{15}{17}$

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

u – ?

u^* – ?

T – ?

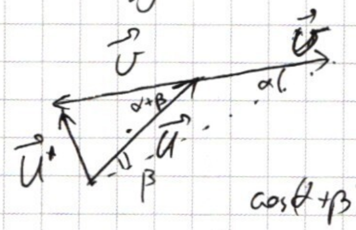
Решение:

Поскольку нить натянута и не порвалась, проекции скоростей кольца и муфты на неё должны быть равны.

тогда: $u\cos\beta = v\cos\alpha \Rightarrow u = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 68\text{ см/с}\cdot\frac{15\cdot5}{17\cdot4}$

$$\boxed{u = 75\text{ см/с}}$$

Для нахождения скорости кольца относительно муфты воспользуемся векторным треугольником скоростей.



По теореме косинусов:

$$u^* = \sqrt{v^2 + u^2 - 2v\cdot u\cos(\alpha+\beta)}$$

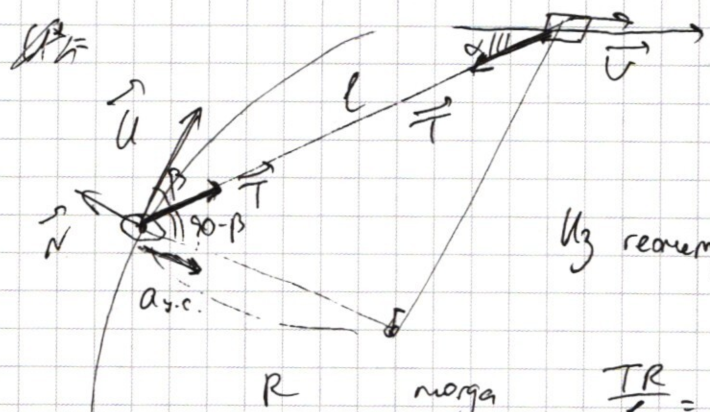
$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{8}{17}$

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

$$\cos(\alpha+\beta) = \frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{8}{17}\cdot\frac{3}{5} = \frac{60-24}{85} = \frac{36}{85}$$

$$u^* = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2\cdot68\cdot75\cdot\frac{36}{85}} = \boxed{77\text{ см/с}}$$



II ЗН для кольца по нормали:

$$T\sin\beta - N = \frac{mu^2}{R}$$

Из геометрии:

$$\cancel{\frac{mu^2}{R}}\cdot\ \frac{T\sin\beta - N}{T} = \frac{R}{l}$$

тогда $\frac{TR}{l} = \frac{mu^2}{R}$ $T = \frac{mu^2 l}{R^2} = \frac{0.1\text{ кг}\cdot(0.75\text{ м/с})^2\cdot\frac{5}{3}}{1.9} \approx \boxed{0.05\text{ Н}}$

Заметим, что $\cos(90-\beta) = \sin\beta = \frac{3}{5}$ и $\frac{R}{l} = \frac{3}{5}$, т.е. треугольник кольцо – муфта – центр окр-ти дуги проволоки прямоугольный.

Ответ: 1) $u = 75$ см/с 3) $T \approx 0.05$ Н.

2) $u^* = 77$ см/с

№2

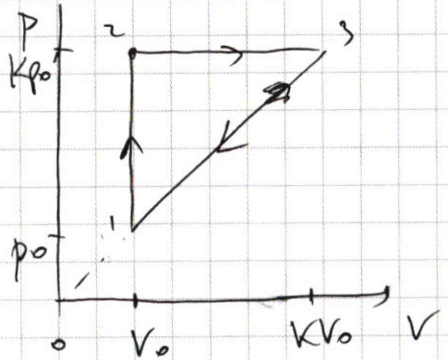
Дано
$i=3$

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$ — ?

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$ — ?

3) η_{max} — ?

Повышение температуры в 1-2 и 2-3



$k^2 p_0V_0 = \nu RT_3$

$kp_0V_0 = \nu RT_2$

$p_0V_0 = \nu RT_1$

Процесс 1-2:

$A_{12} = 0$

$U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\,(k-1)\cancel{p_0}\Delta T$

$\nu R(T_2 - T_1) = (k-1)p_0V_0$

$\nu R\Delta T = (k-1)p_0V_0$

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(k-1)\Delta T \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2}\cancel{(k-1)}R$

Процесс 2-3:

$A_{23} = \cancel{kp_0 \cdot kV_0} = kp_0\cdot(k-1)V_0 = k(k-1)p_0V_0 = k(k-1)\Delta T\,\nu R$

$U_{23} = \frac{3}{2}\nu R\,(k^2-k)\,\Delta T$

$Q_{23} = (k^2-k)\,\nu R\Delta T + \frac{3}{2}\nu R(k^2-k)\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T(k^2-k)$

и $C_{23} = \frac{5}{2}R\cancel{(k^2-k)}$

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3R\cdot 2}{2\cdot 5R} = \frac{3}{5}$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5\nu R\Delta T(k^2-k)}{2(k^2-k)\nu R\Delta T} = \frac{5}{2}$

3) $\eta = \frac{A_{123}}{Q_{123}}$

$A = \frac{1}{2}(k-1)p_0\cdot(k-1)V_0 = \frac{(k-1)^2}{2}p_0V_0 = \frac{(k-1)^2}{2}\nu R\Delta T$

$Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(k-1)\Delta T + \frac{5}{2}\nu R\Delta T(k^2-1) = \nu R\Delta T\left(\frac{3}{2}k - \frac{3}{2} + \frac{5}{2}k^2 - \frac{5}{2}\right)$

$\eta = \frac{(k-1)^2}{(3k-3+5k^2-5)} = \frac{(k-1)^2}{5k^2+3k-8} = \frac{k^2-2k+1}{5k^2+3k-8}$

$\begin{array}{r}169\\ \times\ 5\\ \hline 845\end{array}$ $\begin{array}{r}39\\ \times\ 7\\ \hline 273\end{array}$ $\begin{array}{r}845\\ +\ 273\\ \hline 1118\\ -\ 392\\ \hline 726\end{array}$ $\begin{array}{r}49\\ \times\ 8\\ \hline 392\end{array}$

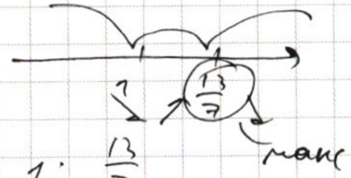
$(\eta(k))' = \frac{(2k-2)(5k^2+3k-8) - (k^2-2k+1)(10k+3)}{\dots} = 0$

$10k^3 + 6k - 16k - 10k^2 - 6k + 16 - 10k^3 - 3k^2 + 20k^2 + 6k - 10k - 3 = 0$

$7k^2 - 20k + 13 = 0$

$D/4 = 100 - 91 = 9$

$k = \frac{10 \pm 3}{7} = 1;\ \frac{13}{7}$

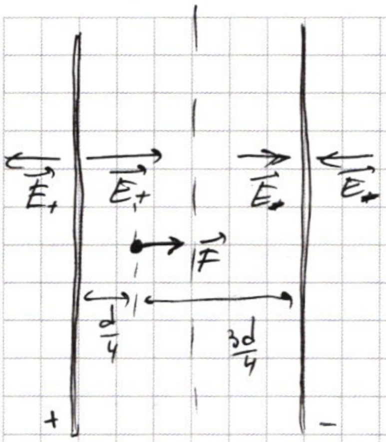


$\eta\left(\frac{13}{7}\right) = \frac{\left(\frac{6}{7}\right)^2}{5\cdot\left(\frac{13}{7}\right)^2 + \frac{3\cdot 13}{7} - 8} = \frac{36}{5\cdot 169 + 39\cdot 7 - 8\cdot 49} = \frac{36}{726} = \frac{18}{243}$?

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№3.

Поскольку $d \ll \sqrt{S}$ для частицы ~~пластины~~ сетки можно считать бесконечными заряженными плоскостями. Пусть заряд одной из обкладок Q, тогда по известной формуле: $E_+ = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$; $E_- = \frac{-Q}{2\varepsilon_0 S}$.

Сила, с которой электрическое поле действует на нашу частицу заряда q: $F = E_+q - E_-q = \frac{Qq}{\varepsilon_0 S}$ (Пока частица внутри конденсатора). При этом видно, что $F = const$, ~~т.е.~~ поскольку не зависит от расстояния. На частицу кроме силы F, действующей перпен-но сеткам не действуют другие силы (силой тяжести пренебрегаем, мы не знаем ориентацию кон-ра). Тогда второй закон Ньютона:

$F = ma \Rightarrow a = \frac{Qq}{m\varepsilon_0 S} = \frac{Q\gamma}{\varepsilon_0 S}$ (2) Движение равноускоренное, т.к. сила постоянна. Частица пролетела расстояние $\frac{3d}{4}$, тогда

(1) $\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2}$, поскольку $V_0 = 0$, тогда $V_1 = aT$ имеем

$\frac{3d}{2} = v_1 T \Rightarrow \boxed{v_1 = \frac{3d}{2T}}$. Также из (1) получаем

$a = \frac{3d}{2T^2}$. Совмещая с (2) получим: $a = \frac{3d}{2T^2} = \frac{Q\gamma}{\varepsilon_0 S} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{3d\varepsilon_0 S}{2T^2\gamma}}$

В силу того, что сила F консервативна, кин. энергия частицы на бесконечности будет равна разности потенциальных энергий. Т.е.

$\frac{mv_2^2}{2} = q\varphi_0 - q\varphi_\infty^0$, где φ_0 — потенциал начальной точки. (см. продолжение)

$\varphi_0 = E_+ \cdot \frac{d}{4} - E_- \cdot \frac{3d}{4} = \frac{Q \cdot d}{8\varepsilon_0 S} + \frac{3Qd}{8\varepsilon_0 S} = \frac{Qd}{2\varepsilon_0 S} = \frac{3d\varepsilon_0 S d}{2T^2\gamma \cdot 2\varepsilon_0 S} = \frac{3d^2}{4T^2\gamma}$

$\sqrt{2\cdot 4\cdot 10^{-4}\cdot 15} = \sqrt{120\cdot 10^{-4}} = \cancel{0{,}1A} = 11\cdot 0{,}01$

№4. Дано:

$\mathcal{E} = 9B$

$C = 40\cdot 10^{-6}$ Ф

$U_1 = 5B$

$L = 0{,}1$ Гн

$U_0 = 1B$

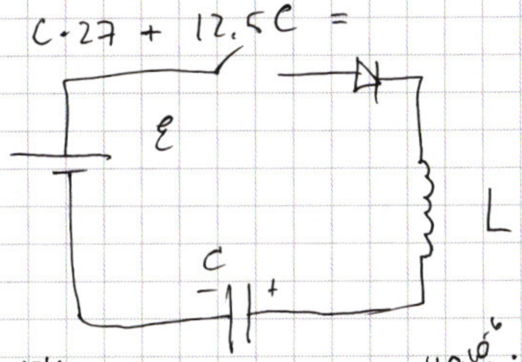
1) $\cancel{\dot{I}_0 - ?}$ $\cancel{(I)}$ $\dot{I}(0) - ?$

2) $I_{max} - ?$

3) $U_2 - ?$

Решение:

$C\cdot 27 + 12{,}5C =$



$\frac{54}{-64}$ 10

$2\cdot\frac{40\cdot 10^{-6}}{0.1}\cdot 12 =$

1) Напряжение на C скачком не меняется, т.е.

$U_C(0) = U_1$

Так скачком не меняется, т.е. $I_L(0) = 0$,

то I_L = так всё прим., т.е.

в $t=0$ тока нет, тогда:

$\mathcal{E} = -\mathcal{E}_L + U_1$

$\mathcal{E}_L = -L\dot{I}(0)$ $\quad \dot{I}(0) = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L} = \frac{9B - 5B}{0{,}1Гн}$

$\dot{I}(0) = 40$ В/Гн

2) При I_{max} $\dot{I} = 0$,

т.е. $\mathcal{E}_L = 0$, тогда

$\mathcal{E} = \cancel{U_0}\, U_0 + U_C$

$U_C = \mathcal{E} - U_0 = 8B$, тогда

$\frac{\times 13}{9}$ $\quad 117 - 64 = 53$

$\frac{\frac{3}{2} - 1}{3 + \frac{5\cdot 3}{2}} = \frac{3-2}{6+15} = \frac{1}{21}$

$q_0 = CU_1$, $\quad q^* = -CU_C$

$K = 2$ $\quad \frac{1}{3+8} = \frac{1}{12} = \frac{5}{60}$ $\quad \frac{9}{53}$ –

$\left(\frac{k-1}{2}\right)(3+5k)\rho_0 V_0 + \frac{4(k^2-1)}{2}\rho_0 V_0 =$

$= \left(\frac{k-1}{2}\right)(3+5k+4k+4) \Rightarrow$

из ЗСЭ:

и ЗСЗ: $\cancel{q_0 - q}$ $(q^* - q_0)\mathcal{E} = -A$ $\quad k=10$

$C(U_1 + U_C)\mathcal{E} = \frac{LI_{max}^2}{2} + \frac{CU_C^2}{2}$

$\frac{LI_{max}^2}{\cancel{2}} = 2C\mathcal{E}(U_1 + U_C) - CU_C^2$

$\frac{k-1}{9k+7}$

$I_{max} = \sqrt{\frac{2C\mathcal{E}(U_1+U_C) - CU_C^2}{L}} = \sqrt{\frac{2C}{L}\left(\mathcal{E}(U_1+U_C) - U_C^2\right)} = \sqrt{\frac{2C}{L}(9\cdot 13 - 64)}$

$I_{max} = \sqrt{\frac{2\cdot 40\cdot 10^{-6}}{0.1}\cdot 53}$?

$64 - 52 = 12$ $\quad 3\cdot 5 = 27 + 25 = 52$

$\cancel{8\cdot 10^{-5}}$ $\quad 8\cdot 10^{-4}(9\cdot 13 + 25 - 64) =$

$= 4\cdot 10^{-2}\cdot 6 =$

$8\cdot 10^{-4}\cdot 68$ $=$

Устан. 3) $\dot{I} = 0$ (ведь есть источник) $\Rightarrow \mathcal{E}_L = 0$

$\left(\frac{k-1}{9k+7}\right)' = \frac{9k+7-9(k-1)}{\ldots} =$

$\mathcal{E} = U_0 + U_2 \Rightarrow U_2 = U_C = 8B$?

$k = \frac{3}{2}$ $\quad \frac{0{,}5}{3 + \frac{15}{2}} =$

$\frac{\times 13}{9}$ $\quad 117 + 25 = 142$

68 | 2
34 | 2
17 |

$142 - 64 = 68$

$Q_{13} = \frac{(k+1)}{2}\rho_0 (k-1)V_0 + \frac{3}{2}(k^2-1)\rho_0 V_0 = 2(k^2-1)\rho_0 V_0$

$\cancel{68} = 24\cdot 10^{-2}$ $\quad = \sqrt{16\cdot 34\cdot 10^{-4}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

$$\frac{mV_2^2}{2} = \frac{q\cdot 3d^2}{4T^2 \gamma} \Rightarrow \frac{V_2^2}{2} = \frac{3d^2}{4T^2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{3d^2}{2T^2}} = \boxed{\frac{d}{T}\sqrt{\frac{3}{2}}.}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{3d}{2T}$

2) $Q = \frac{3d\varepsilon_0 S}{2T^2\gamma}$

3) $V_2 = \frac{d}{T}\sqrt{\frac{3}{2}}$.

№4. (на стр. 6)

~~Дано: $\mathcal{E} = 9В$, $C = 40\cdot10^{-6}Ф$, $U_1 = 5В$, $L = 0.1 Гн$, $U_0 = 1В$~~

~~1) $\dot I(0)$ - ? 2) I_{max} - ? 3) U_2 - ?~~

~~Решение:~~

~~Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа, учтём, что до замыкания тока в цепи, очевидно, не было (цепь не замкнута). Напряжение на кон-ре скачком поменяться не может, значит напряжение на нём U_1. Сила тока в катушке скачком не изменится, а поскольку она была нулевой, то нулевой и останется, т.е. тока в цепи не будет в начальный момент времени, а если тока нет, то напряжение на диоде нулевое, тогда, с учетом полярности кон-ра можно записать: $0 = \mathcal{E} + \mathcal{E}_и - U_1$, где $\mathcal{E}_и = -L\dot I$,~~

~~тогда $\dot I(0) = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L} = \frac{9В - 5В}{0.1 Гн} = 40$ В/Гн.~~

~~При I_{max} $\dot I = 0$, тогда $\mathcal{E}_и = 0$, но поскольку ток в цепи есть, напряжение на диоде U_0, тогда напряжение U_C на конденсаторе найдется из: $\mathcal{E} = U_0 \pm U_C$, где „±" означает, что мы не знаем, как заряжен кон-р. $\pm U_C = \mathcal{E} - U_0 = 9В - 1В = 8В$.~~

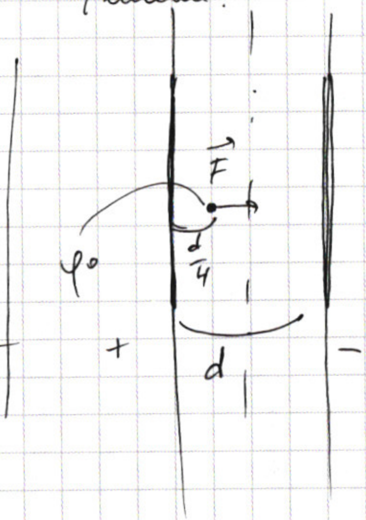
~~Начальный заряд правой обкладки конденсатора $q_0 = CU_1$.~~ (см. продолжение).

№3.

Дано:
S;
d
$\frac{q}{m} = \gamma$
T
$0{,}25d$

$v_1 - ?$
$Q - ?$
$v_2 - ?$

Решение:



Поскольку $d \ll \sqrt{S}$, то для частицы это бесконечные заряж. пластины, тогда $E_+ = \frac{Q}{S \cdot 2\varepsilon_0}$ $\quad E_- = \frac{-Q}{S \cdot 2\varepsilon_0}$

$F = qE_+ - qE_- = q \cdot \frac{Q}{S\varepsilon_0} = const$ (не зависит от d), тогда

$F = ma \quad a = \frac{qQ}{S\varepsilon_0 m}$

и движение равноускоренное, тогда

$v_1 = aT$

$(d - 0{,}25d) = \frac{aT^2}{2} = \frac{v_1 T}{2}$

$v_1 = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} d}{T} = \frac{3d}{2T}$

$a = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} d}{T^2} = \frac{3d}{2T^2}$

$a = \frac{qQ}{S\varepsilon_0 m} = \frac{Q\gamma}{S\varepsilon_0} \quad \frac{3d}{2T^2} = \frac{Q\gamma}{S\varepsilon_0} \quad Q = \frac{3dS\varepsilon_0}{2T^2\gamma}$

~~$v_2 =$~~ F консервативна, поэтому ~~$\frac{mv_2^2}{2} =$~~ $E_к = E_{п_0} - E_{п\infty} \quad E_{п\infty} = 0$

$\varphi_0 = E_+ \cdot \frac{d}{4} + E_- \frac{3d}{4} = \frac{Qd}{8S\varepsilon_0} + \frac{3Qd}{8S\varepsilon_0} = \frac{Qd}{2S\varepsilon_0}$ $\quad \frac{mv_2^2}{2} = q\varphi_0$

$v_2^2 = \frac{2q\varphi_0}{m} = 2\gamma\varphi_0$

$v_2 = \sqrt{\frac{2\gamma Qd}{2S\varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{\gamma Qd}{S\varepsilon_0}}$

$v_2 = \sqrt{\frac{3dS\varepsilon_0 \cancel{\gamma} d}{2T^2 \cancel{\gamma} S\varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{3d^2}{2T^2}} = \frac{d}{T}\sqrt{\frac{3}{2}}.$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

Заряд правой обкладки в момент максимального тока будет $q = \pm CU_c$

Поскольку все эл-ты подключены последовательно, заряд, прошедший через источник будет равен $\Delta q = \cancel{q_0} -q+q_0$. По ВАХ диода видно, что тепла на нём не выделяется, тогда можно записать ЗСЭ:

$$(-q+q_0)\mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2}$$

Отсюда видно, что I_{max} при максимальной работе источника, т.е. при смене полярности конденсатора, тогда

$$(CU_1 + CU_c)\mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2C}{L}\left(\mathcal{E}(U_1+U_c) + U_1^2 - U_c^2\right)} = \sqrt{\frac{2\cdot 40\cdot 10^{-6}\,Ф}{0.1\,Гн}\left(9В(5В+8В) + 25В^2 - 64В^2\right)}$$

$I_{max} \approx 0.24 A$.

В установившемся состоянии $\dot{I} = 0$, тогда $\mathcal{E}_L = 0$, тогда

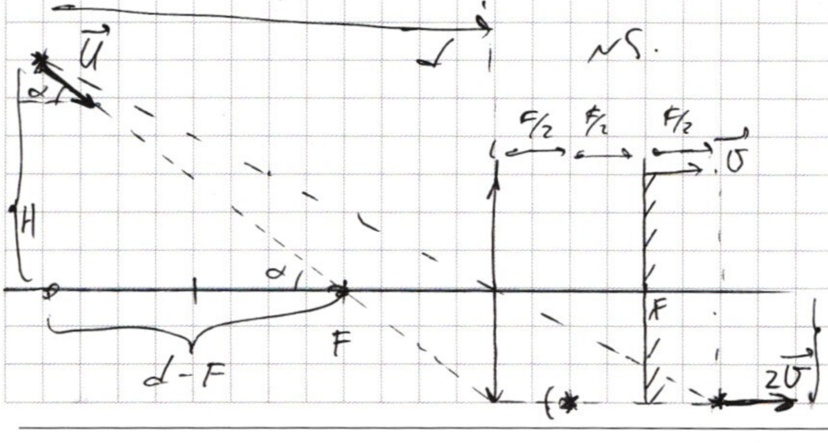
$\mathcal{E} = U_0 + U_2$ $\qquad U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 9В - 1В = 8В$.

Ответ: 1) $\dot{I}(0) = 40$ В/Гн $= 40$ А/с

2) $I_{max} \approx 0.24 A$

3) $U_2 = 8 В$. [№4 на стр. 6].

№5.



В момент, когда зеркало находится на F от линзы, предмет находится на расстоянии $F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$ от зеркала. Изображение же ~~проб~~ (см. продолжение)

☐ черновик ☒ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№5 (продолжение)

... находится на расстоянии $\frac{F}{2}$ за зеркалом, считая от него, т.е. на расстоянии $F + \frac{F}{2} = \frac{3F}{2}$ от линзы. Зеркало движется со скоростью v, а его изображение, соответственно со скоростью $2v$.

Из формулы тонкой линзы расстояние d от изображения до линзы будет:

$$\frac{1}{d} + \frac{2}{3F} = \frac{1}{F} \Rightarrow \boxed{d = 3F}$$, тогда увеличение полученное будет $\Gamma = \frac{3F}{3F/2} = 2$

Известно, что проходя через линзу продольные скорости сохраняют свое направление, а также лучи векторов скоростей проходят через одну точку на линзе. Тогда из геометрии:

$$H = \Gamma \cdot \frac{3}{4}F = \frac{3}{2}F; \quad \cancel{\cos} \quad tg\alpha = \frac{H}{d-F} = \frac{3/2\,F}{3F-F} = \frac{3}{4}. \Rightarrow \boxed{\cos\alpha = \frac{4}{5}}$$

Известно, что продольные скорости изображения и источника отличаются в Γ^2 раз, тогда $u \cdot \cos\alpha = \Gamma^2 \cdot 2v$, откуда

$$u = v \cdot \frac{2\Gamma^2}{\cos\alpha} = v \cdot \frac{2 \cdot 2^2 \cdot 5}{4} = \boxed{10v}$$

Ответ: 1) $3F$

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

3) $10v$.

(не последний лист)

☐ черновик ☒ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

Дано:
$\mathcal{E} = 9В$
$C = 40 \cdot 10^{-6} Ф$
$U_1 = 5В$
$L = 0.1 Гн$
$U_0 = 1В$

$\dot{I}(0) - ?$
$I_{max} - ?$
$U_2 - ?$

До замыкания тока в цепи не было, а поскольку сила тока через катушку скачком не меняется, в начальный момент тока в цепи нет. Напряжение на к-ре скачком не меняется, поэтому в нач. момент оно составляет U_1.

Тогда:
$$\mathcal{E} - U_1 = U_0 - \mathcal{E}_и, \text{ где } \mathcal{E}_и = -L\dot{I}$$

Откуда:
$$\dot{I}(0) = \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_0}{L} = \frac{9В - 5В - 1В}{0.1 Гн} = \boxed{30 \text{ А/с}}$$

Вследствие того, что диод пропускает ток только в одну сторону, заряд конденсатора может только увеличиться.

В нач. момент заряд кон-ра $q_0 = CU_1$. Пусть в момент max I на нём U_c, тогда заряд на нём $q = CU_c$. Тогда через батарею, в силу ЗСЗ, протек заряд $\Delta q = q - q_0 = C(U_c - U_1)$.

В момент I_{max} $\dot{I} = 0$, т.е. $\mathcal{E}_и = 0$, тогда:
$$\mathcal{E} - U_c = +U_0 \qquad U_c = \mathcal{E} + U_0 = 5В + 1В = 8В.$$

~~Из~~ ЗСЭ:
$$\Delta q \mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

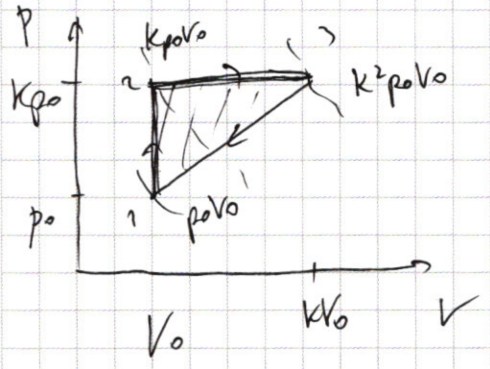
$$I_{max} = \sqrt{\frac{2C}{L}\left(2(U_c - U_1)\mathcal{E} + U_1^2 - U_c^2\right)}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} Ф}{0.1 Гн}\left(2 \cdot 9В(8В - 5В) + 25В^2 - 64В^2\right)} = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 15} \text{ А} \approx \boxed{0.11 \text{ А}}$$

В установившемся режиме напряжение на кон-ре постоянно, т.е. заряд не изменяется, т.е. тока в цепи нет, т.е. $\mathcal{E}_и = 0$, тогда

$$U_2 = \mathcal{E} - U_0 = U_c = \boxed{8В}.$$

Ответ:
1) $\dot{I}(0) = 30$ А/с
2) $I_{max} = 0.11$ А
3) $U_2 = 8$ В.



$$A_{123} = \frac{(kp_0 - p_0)(kV_0 - V_0)}{2} = \frac{(k-1)^2}{2} p_0V_0$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(k-1)p_0V_0$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2}(k^2 - k)p_0V_0$$

$$Q_{123} = \frac{1}{2}(k-1)(3+5k)p_0V_0$$

$A_{23} =$

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{\frac{(k-1)^2}{2}}{\frac{(k-1)}{2}(3+5k)} = \frac{k-1}{3+5k} =$$

$$(\eta)' = \frac{(k-1)'(3+5k) - (k-1)(3+5k)'}{\dots} = \frac{(3+5k) - 5(k-1)}{\dots} = \cancel{<} 0.$$

$$Q_{12} = 0 + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} kp_0V_0 - p_0V_0 = \frac{3}{2}(k-1)p_0V_0$$

$$Q_{23} = kp_0 \cdot (k-1)V_0 + \frac{3}{2}\nu R(k^2p_0V_0 - kp_0V_0) =$$

$$= k(k-1)p_0V_0 + \frac{3}{2}k(k-1) = \frac{5}{2}k(k-1)p_0V_0$$

$$Q_{123} = \frac{3}{2}(k-1)p_0V_0 + \frac{5}{2}k(k-1)p_0V_0 = \left(\frac{k-1}{2}\right)p_0V_0\,(3+5k).$$

$$Q_{13} = \frac{k+1}{2}p_0V_0(k-1) + \frac{3}{2}(k^2-1)p_0V_0 = 2(k^2-1)p_0V_0 =$$

$$Q_{123} = \frac{k-1}{2}(3+5k+4k+4) = \frac{k-1}{2}(9k+7) \qquad = \frac{k-1}{2}(4k+4)$$

$$Q_{123} = \frac{1}{2}(3k - 3 + 5k^2 - 5k) = \frac{1}{2}(5k^2 - 2k - 3)$$

$$\eta = \frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3} \qquad \eta'(k) = \frac{(2k-2)(5k^2-2k-3) - (k^2-2k+1)(10k-2)}{\dots}$$

$$\cancel{10k^3} - 4k^2 - 6k - 10k^2 + 4k + 6 - \cancel{10k^3} + 2k^2 + 20k^2 - 4k - 10k + 2 = 0$$

$$8k^2 - 16k + 8 = 0$$

$$(k-1)^2 = 0 \qquad k = 1$$

$$\frac{2}{18} = \frac{1}{9} \qquad \frac{3}{23} = 0.12 \qquad k = 5$$

$$\frac{4}{28} = \frac{1}{7}$$

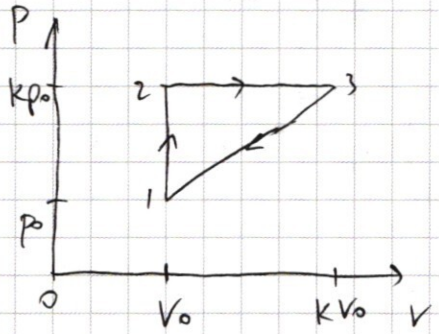
☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Пусть в процессе 1-2 произошло увеличение объема в k раз, тогда, поскольку в процессе 1-3 $\frac{p}{V}=const$ объем в точке 3 больше начального также в k раз. Пусть начальные объём и давление ~~р~~ V_0 и p_0, из ур-ия Менделеева-Клапейрона найдем температуру газа в каждой точке:



$$p_0V_0 = \nu RT_1$$
$$kp_0V_0 = \nu RT_2$$
$$k^2p_0V_0 = \nu RT_3$$
$$\Rightarrow \quad \nu R(T_2-T_1) = (k-1)p_0V_0 \quad (4)$$
$$\nu R(T_3-T_2) = (k^2-k)p_0V_0 \quad (1)$$

Для процесса 1-2 первое начало термодинамики:

$$Q_{12} = A_{12} + U_{12}, \text{ где } A_{12} = 0 \text{ (изохора)}, \quad U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1), \text{ т.е. } Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) \quad (3)$$

тогда $C_{12} = \frac{3}{2}R$.

Для процесса 2-3 первое начало термодинамики:

$$Q_{23} = A_{23} + U_{23}, \text{ где } A_{23} = kp_0\cdot(kV_0-V_0) = (k^2-k)p_0V_0, \quad U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2)$$

из (1) получаем $A_{23} = \nu R(T_3-T_2)$, тогда $Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)$, (2)

тогда $C_{23} = \frac{5}{2}R$.

Искомое в пункте 1 соотношение: $\boxed{\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}}$, поскольку очевидно, что при изохорном увеличении давления и изобарном расширении у газа повышается температура, а в оставшемся процессе 1-3, как и у

(см. продолжение)

№5.

Дано:

F

$\frac{3}{4}F$

$\frac{1}{2}F$

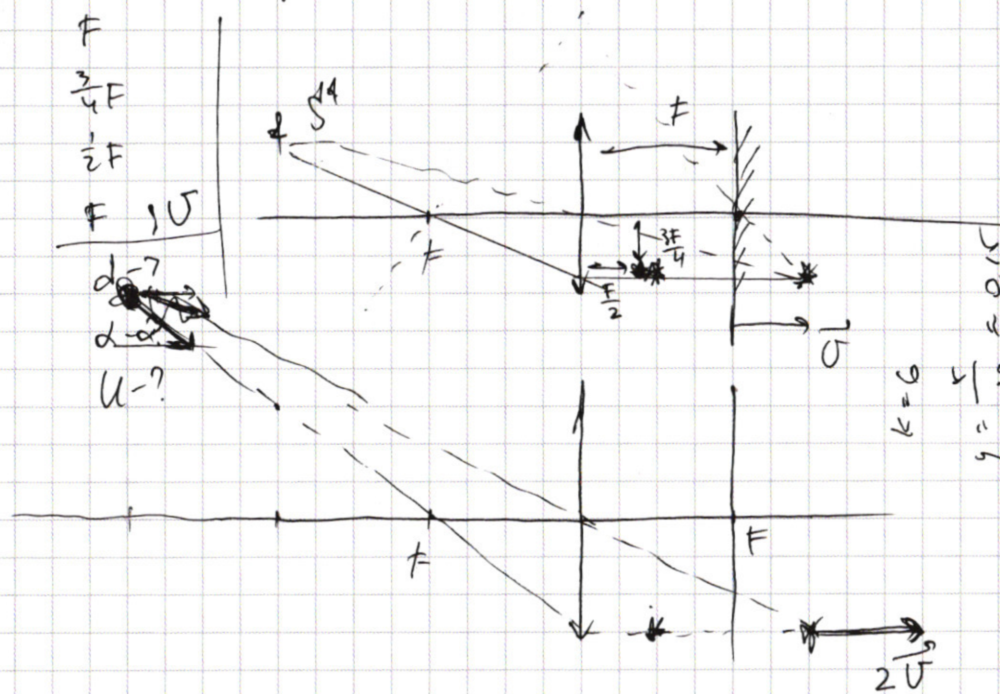
F $\uparrow\vec{v}$

α - ?

$\angle\alpha$

u - ?

Решение:



$f = \frac{3F}{2}$

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

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

$d = \frac{Ff}{f+F} = \frac{F\cdot\frac{3}{2}F}{\frac{3F}{2}+F} = \frac{3^2}{2\cdot 5}F = \frac{3}{5}F$?

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

$d = \frac{Ff}{f-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$

$\Gamma = \frac{d}{f} = \frac{3\cdot 2}{3} = 2$

$k = 6$

$y = \frac{5}{33} \approx 0.15$

~~$\frac{100}{}$~~

$\frac{15}{103} \approx 0.2$

$k = 20$

$3 + 5k = 100$

$k = \frac{97}{5}$

~~$u\cos\alpha = 2v$~~

~~$u\cos\alpha = 2v\cdot\Gamma^2$~~

~~$u\sin\alpha = 2v\Gamma$~~

~~$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\Gamma}$~~

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{3}{4}F\cdot\Gamma}{3F-F} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$

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

$u\cos\alpha = 2v\Gamma^2$

$u = \frac{2v\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{2\cdot 2^2\cdot 5}{4} \cdot u = 10v$.

$45 + 25 - 100 = 70 - 100$

$27 + 25 - 64 = 52 - 64$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

.. любого цикла должно быть уменьшение температуры.

Из строчки (2) получаем $A_{23} = \nu R(T_3 - T_2)$, $Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$,

тогда, поскольку процесс 2-3 именно изобарный, искомое отношение будет

$$\boxed{\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5\cdot\cancel{\nu}}{2\cdot\cancel{\nu}} = \frac{5}{2} = 2.5}$$

Для КПД цикла η запишем: $\eta = \frac{A_{123}}{Q_{123}}$.

A_{123} найдем как площадь треугольника в p-V координатах

$$A_{123} = \frac{1}{2}(k-1)p_0 \cdot (k-1)V_0 = \frac{(k-1)^2}{2}p_0V_0.$$

Тепло к газу подводится в процессах 1-2 и 2-3, тогда

$$Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2) \quad [\text{из } (3) \text{ и } (2)]$$

$$Q_{123} = \frac{3}{2}(k-1)p_0V_0 + \frac{5}{2}(k^2-k)p_0V_0 \quad [\text{из } (4) \text{ и } (1)]$$

$$Q_{123} = \left(\frac{3}{2}(k-1) + \frac{5}{2}k(k-1)\right)p_0V_0 = \frac{(k-1)}{2}p_0V_0(3+5k)$$

Тогда для η имеем:

$$\eta = \frac{\frac{(k-1)^2}{2}p_0V_0}{\frac{(k-1)}{2}p_0V_0(3+5k)} = \frac{k-1}{3+5k}$$

Для поиска максимума приравняем производную $\eta'(k)$ к нулю:

$$\eta'(k) = \frac{3+5k-5(k-1)}{(3+5k)^2} = 0 \Rightarrow k = 5 \Rightarrow \eta = \frac{1}{7}$$

(Я вижу, что производная <0 и η_{max} при $k \to \infty$ $\eta = 1$, я не могу найти ошибки, просто отмечаю формулу для КПД)

$$\eta = \frac{k-1}{3+5k}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$

3) $\eta_{max} = 1/7$

м!

Дано:

$v = 0.68$ м/с

$m = 0.1$ кг

$R = 1.9$ м

$l = \frac{5}{3}R$

$\cos\alpha = \frac{15}{17}$

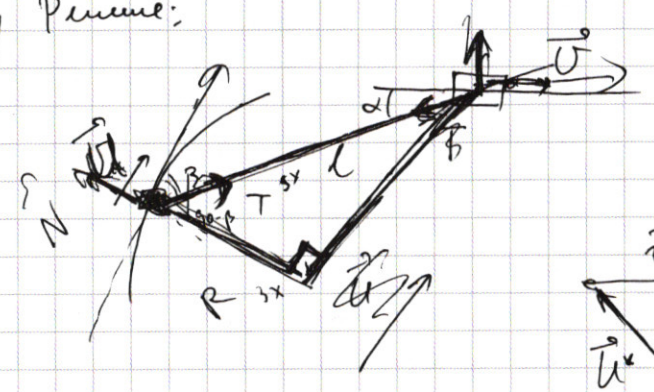
$\cos\beta = \frac{4}{5}$

$u - ?$

$u^* - ?$

$T - ?$

Решение:

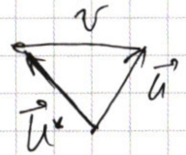


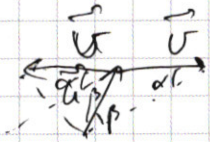
Поскольку нить нерастяжима и невесома, то и проекции скоростей гуляки и кольца на неё равны, тогда

$v \cdot \cos\alpha = u \cos\beta$ $\qquad u = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$

$u = 0.68 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} =$

$u = \frac{68 \cdot 75}{100 \cdot 68} = 0.75$ м/с





$u^* = \sqrt{v^2 + u^2 - 2uv\cos(\alpha+\beta)}$

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

а $\sin\alpha = \frac{8}{17}$

$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\cos(\alpha+\beta) = \frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{8}{17}\cdot\frac{3}{5} =$

$= \cancel{\frac{12}{17}} \quad \frac{60-24}{85} = \frac{36}{85}$

$u^* = \sqrt{\frac{(68)^2}{100^2} + \frac{(75)^2}{100^2} - 2\cdot\frac{68}{100}\cdot\frac{75}{100}\cdot\frac{36}{85}}$

$u^* = \frac{\sqrt{68^2 + 75^2 - 2\cdot\frac{68\cdot75\cdot36}{85}}}{100} = ?$

$\boxed{l - ?}$

ТК трения нет ⇒ только нить и центростр.

$\frac{15}{17} T\cos\beta = \frac{mu^2}{R}$ $\qquad T = \frac{mu^2}{R\sin\alpha} = \frac{0.1\text{ кг}\cdot\left(\frac{75}{100}\right)^2\cdot 17}{1.9\cdot 8}$

$\frac{75}{85} = \cancel{\frac{25}{}} \frac{15}{17}$

$\cancel{136\cdot 75\,\frac{15}{17}}$

$T\sin\beta - N = \frac{mu^2}{R}$

75 5625

$\frac{0.1\cdot 0.5625\cdot 5}{3\cdot 1.9} = \frac{0.5\cdot 0.5625}{5.7} = \frac{0.5625}{11.4} =$

$= \frac{0.5}{10} = \cancel{50} \quad 0.05$ Н

$\begin{array}{r} 75 \\ \times\, 75 \\ \hline 5625 \end{array}$

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

$\begin{array}{r} 17 \\ \times\, 4 \\ \hline 68 \end{array}$ $\qquad \begin{array}{r} 17 \\ \times\, 3 \\ \hline 51 \end{array}$

$17 \,|\, 4320$

$\begin{array}{r} 68 \\ \times\, 68 \\ \hline 544 \\ +\,408 \\ \hline 4624 \\ +\,5625 \\ \hline 10249 \\ -\,4320 \\ \hline 5929 \end{array}$

$\begin{array}{r} 136 \\ \times\, 36 \\ \hline 816 \\ +\,408 \\ \hline 4896 \\ \times\, 15 \\ \hline 24480 \\ +\,4896 \\ \hline 73440 \\ -\,68 \\ \hline 54 \\ -\,51 \\ \hline 34 \end{array}$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)