Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

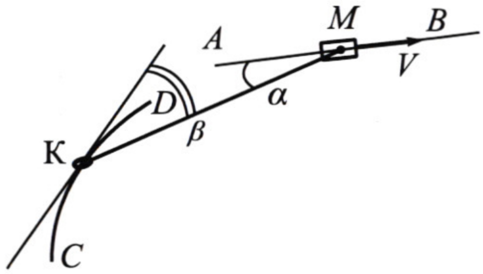
Вариант 11-04

Шифр 9.29

(заполняется секретарём)

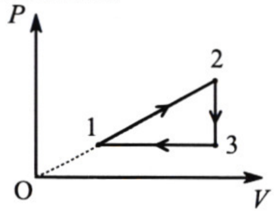
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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 $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 8/17)$ 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.



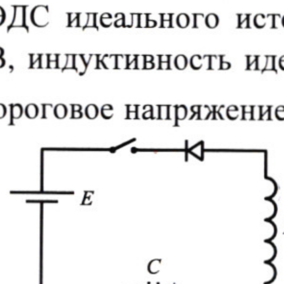
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

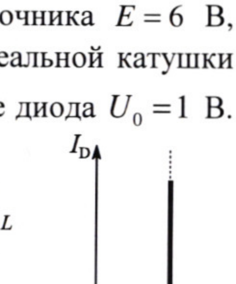
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
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.

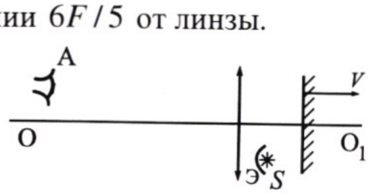




1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

№2).

1-2: $p = \alpha V$;

2-3: $V = const$

3-1: $p = const$

$i = 3$

1). $\frac{c_1}{c_2}$ – ?

2). $\Delta U_{12} / A'_{12}$ – ?

3). η_{max} – ?

1). Т.к. на 1-2 растёт и p, и V (по рисунку), т.к. $pV = \nu RT$, растёт и T. На 2-3 $V = const$, $p\downarrow$, а на 3-1 $p = const$, $V\downarrow$ => на них падает и T. $c_1 = c_{23}$, $c_2 = c_{31}$;

2-3). $V = const \Rightarrow A'_{23} = 0$; $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$;

$Q_{23} = c_{23}\nu(T_3 - T_2) = \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

$c_1 = c_{23} = \frac{3}{2}R$;

3-1). $p = const \Rightarrow A'_{31} = p\cdot(V_1 - V_3) = \nu R(T_1 - T_3)$ из ур-ия Менделеева-Клап.; $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3)$;

$c_{31}\nu(T_1 - T_3) = A'_{31} + \Delta U_{31} = \frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_3) \Rightarrow c_{31} = \frac{5}{2}R$;

$c_2 = c_{31} = \frac{5}{2}R$;

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5} = \underline{0{,}6} \text{ или } \underline{\tfrac{5}{3}}.$$

2).
$$\text{I}\begin{cases} p_1V_1 = \alpha V_1^2 = \nu RT_1; \\ p_2V_2 = \alpha V_2^2 = \nu RT_2. \end{cases}$$
A'_{12} = площади под графиком:

$$A'_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha(V_1 + V_2)}{2}(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2);$$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)$ – из сист. ур-ий I.

$$\frac{\Delta U_{12}}{A'_{12}} = \frac{\frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2)} = \underline{3}.$$

№2 продолжение). 3). $\eta = \frac{A'}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$;

A' = площади огранич графиком - площадь $\Delta 1$-2-3:

$A' = \frac{1}{2} \cdot (p_2 - p_3) \cdot (V_3 - V_1)$; т.к. $p_3 = p_1$, $V_3 = V_2$:

$A' = \frac{1}{2}(p_2 - p_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2 - V_1)(V_2 - V_1) =$

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

$Q_+ = Q_{12} = A'_{12} + \Delta U_{12} = 2\alpha(V_2^2 - V_1^2)$

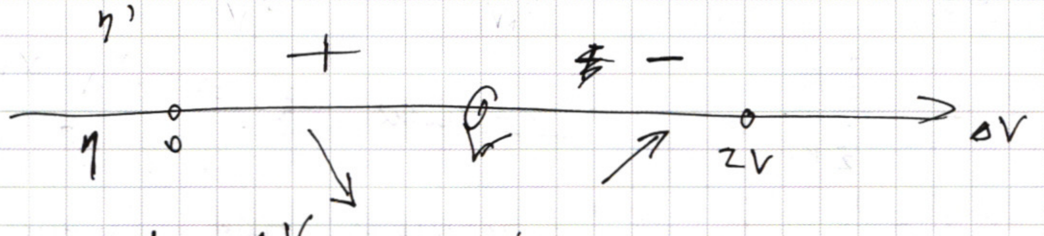
$\eta = \frac{A'}{Q_+} = \frac{\frac{\alpha}{2}(V_2 - V_1)^2}{2\alpha(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$;

$V_2 = V_1 + \Delta V$, $V_1 = V$:

$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta V}{2V - \Delta V}$; пусть V - задано. Тогда

$\eta' = \frac{1}{4} \cdot \frac{1(2V - \Delta V) - 1 \cdot (\Delta V)}{(2V - \Delta V)^2}$; $\Delta V < 2V$, $\Delta V > 0$.

$\eta' = 0$: $2V - \Delta V - \Delta V = 0 \Rightarrow \Delta V = V$;



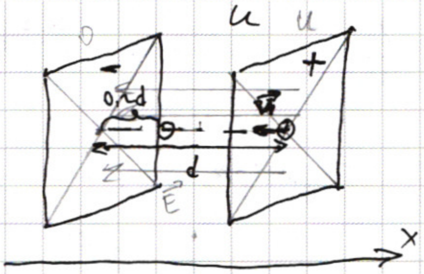
$\eta = \frac{1}{4} \frac{\Delta V}{2V - \Delta V}$, $\Delta V \in (0; 2V)$.

$\eta_{мак} = \eta(V) = \frac{1}{4} \cdot \frac{V}{2V - V} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V}{V} = 0{,}25$ или 25%

Ответ: 1). $\frac{5}{3}$; 2). 3; 3). 25%.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3).



$U = Ed$

$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\Delta l}$

d, U, v_1

ост.: $0{,}2d$

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

2). $T - ?$ вылет

3). $v_0 - ?$ на ∞

1). по 2 З.Н.: $ox: F_э = ma$;

$F_э = E \cdot |q| = \frac{U}{d} \cdot |q|$; $F_э = const \Rightarrow$ движ р./у.;

$\frac{U}{d} \cdot |q| = ma$; $\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{a \cdot d}{U}$;

по ф-ле кинематики для р/у движения:

~~$|a| = \frac{|v_2^2 - v_1^2|}{2\Delta l} = \frac{v_1^2}{2(d-0{,}2d)} =$~~

$OX: a = \frac{0 - (-v_1)^2}{2 \cdot (-0{,}8d)} = \frac{v_1^2}{1{,}6d}$;

тогда $\gamma = \frac{d}{U} \cdot \frac{v_1^2}{1{,}6d} = \frac{v_1^2}{1{,}6}$;

2). $T = T_1 + T_2$;

$ox: T_1 = \frac{0-(-v_1)}{a} = \frac{v_1}{a} = v_1 \cdot \frac{1{,}6d}{v_1^2} = \frac{1{,}6d}{v_1}$;

$ox: T_2 = \frac{v_1 - 0}{a} = \frac{1{,}6d}{v_1}$;

$T = \frac{3{,}2d}{v_1}$;

3). Система конденсатор-частица замкнута, справедлив закон сохр. энергии.

З-С. Э.: $\Delta П + \Delta K = 0$;

$W_c = \frac{CU^2}{2}$;

$W_q = \Delta\varphi \cdot q = E \cdot 0{,}2d \cdot q = \frac{U}{d} \cdot 0{,}2d \cdot q = 0{,}2Uq$

$v_1^2 = 1{,}6ad$

$0{,}2Uq = \frac{mv_0^2}{2}$;

$0{,}4U \frac{q}{m} = v_0^2$;

$v_0^2 = 0{,}4 \cdot Ed \cdot \frac{ad}{U} =$

$= 0{,}4ad$

$v_0^2 = 0{,}4ad$

$v_1^2 = 1{,}6ad$

$\Rightarrow 4v_0^2 = v_1^2$

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

для момента остановки:

$П = E\cdot 0{,}2d\cdot q + \cancel{\frac{mv^2}{2}} = 0{,}2Edq = 0{,}2Uq;\quad K=0;$

на ∞:

$П=0;\quad K=\frac{mv_0^2}{2};$

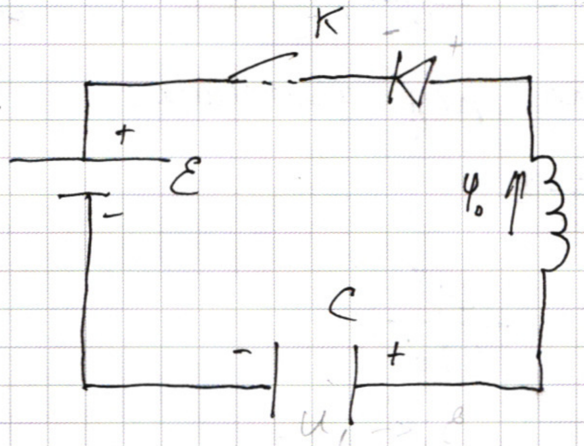
$0{,}2Uq = \frac{mv_0^2}{2};\quad v_0^2 = 0{,}4U\frac{q}{m} = 0{,}4U\cdot\frac{ad}{U} = 0{,}4ad;$

Заметим, что $v_1^2 = 1{,}6ad$ (см. пункт (1)):

$\begin{cases} v_0^2 = 0{,}4ad \\ v_1^2 = 1{,}6ad \end{cases} \Rightarrow 4v_0^2 = v_1^2;\quad \underline{v_0 = \frac{v_1}{2}}.$

<u>Ответ:</u> 1). $\frac{ad}{U}$; 2). $\frac{3{,}2d}{v_1}$; 3). $\frac{v_1}{2}$.

№ 4).



$\mathcal{E} = 6В;$
$C = 10мкФ;$
$U_1 = 9В;$
$L = 0{,}4Гн;$
$U_0 = 1В$

1). $\dot{I}_0$ − ?
2). I_{max} − ?
3). U_2 − ?

1). По з. Ома сразу после замык. ключа K: $\mathcal{E} + U_0 = -L\dot{I}_0 + U_1;$

$\dot{I}_0 = \frac{U_1 - \mathcal{E} - U_0}{L} = \frac{9В - 6В - 1В}{0{,}4Гн} = \frac{20}{4}\frac{A}{c} = 5\frac{A}{c};$

2). Суммарное напряжение в контуре должно быть равно нулю. Поэтому $U_c = \mathcal{E} + U_D = 7В$, полярность сохранится;

по з.с.э.: $A_{ист} = \Delta W_c + \Delta W_L;\quad A_{ист} = \pm\mathcal{E}\cdot\Delta q;$

$|\Delta q| = |(U_c - U_1)C|$. Т.к. $U_c < U_1$, з. утекает с C и течёт против ист. $\Rightarrow$ он соверш. отриц. работу;

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение). $A_{ист} = -(U_1 - U_c)C \cdot \mathcal{E} = -\mathcal{E}(U_1 - U_c)C$;

$\Delta W_c = \frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C}{2}(U_c^2 - U_1^2)$;

$\Delta W_L = \frac{LI_{max}^2}{2} - 0 = \frac{LI_{max}^2}{2}$;

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

$I_{max}^2 = \frac{1}{L}(C(U_1^2 - U_c^2) - 2C\mathcal{E}(U_1 - U_c))$;

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

$= \frac{C(U_1 - \mathcal{E} - U_0)(U_1 + \mathcal{E} + U_0 - 2\mathcal{E})}{L} =$

$= \frac{C}{L}(U_1 - \mathcal{E} - U_0)(U_1 - \mathcal{E} + U_0) = \frac{C}{L}((U_1 - \mathcal{E})^2 - U_0^2) =$

$= \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0{,}4} \cdot ((9-6)^2 - 1)A = \frac{10^{-5}}{0{,}4}(9-1)A = \frac{10^{-4}}{4} \cdot 8A = 2 \cdot 10^{-4} A =$

$= 200$ мА;

3) В данном контуре, в связи с наличием L и C и отсутствия R, происходят гармонические колебания. Но т.к. есть $\mathcal{E}$ и диод с напр. открытия U_0, их фаза сдвинута. Меняться на противоположное значение будет не напр. на конденсаторе, а общее напр. в цепи. В нач. момент времени оно равно $U_1 - \mathcal{E} - U_0 = 2B$. Значит, после одного полуколебания станет $\mathcal{E} - U_0 - U_1$ $-2B$: $U_1' - \mathcal{E} - U_0 = -2B \Rightarrow U_1' = 5B$ или $U_1' = 2\mathcal{E} - U_1$. После такого полуколебания ток в обрат. сторону не потечёт, т.к.

№ 4 (продолж.). ему не даст диод. Поэтому установившееся напряжение $U_2 = U_1' = 5$ В.

Ответ: 1). $\frac{U_1 - \mathcal{E} - U_0}{L} = 5\frac{A}{c}$; 2). $\frac{C}{L}((U_1-\mathcal{E})^2 - U_0^2) = 200$ мА;

3). $2\mathcal{E} - U_1 = 5$ В.

№ 5).

(F);

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

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

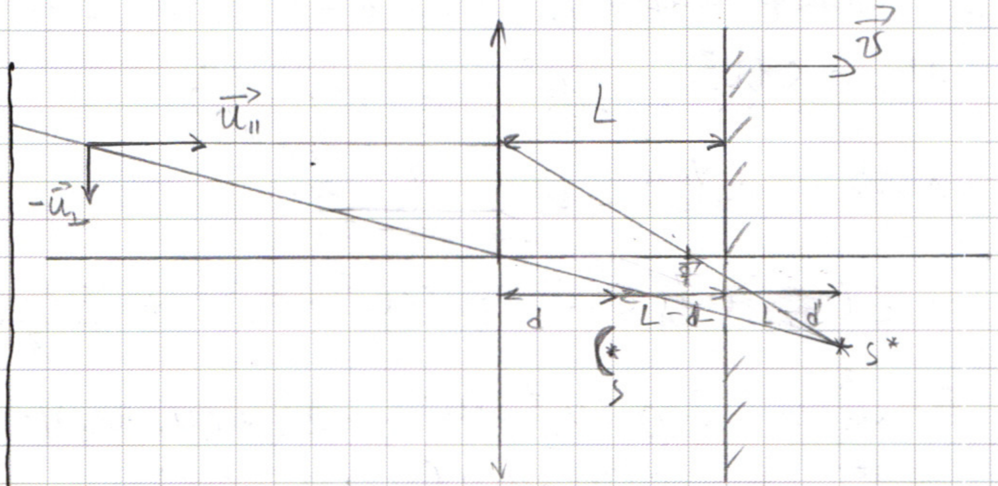
зеркало: (v);

$L = \frac{6F}{5}$;

1). $f^* - ?$

2). $\alpha - ?$

3). $u - ?$



1). Изобр. предмета в зеркале по ту сторону на расстоянии ~~$d^* = d + 2(L-d) = \frac{3F}{5} + \frac{6F}{5} =$~~

$L-d$ от зеркала:

$d^* = d + 2(L-d) = 2L - d = \frac{12F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5}$,

по ф-ле тонкой линзы:

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

$= \frac{\frac{9F}{5} \cdot F}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{\frac{9F}{5}}{\frac{4F}{5}} = \frac{9}{4}F$;

2). Известно, что продольные скорости связаны как $u_{\parallel} = \Gamma^2 \cdot v^*$; известно, что изобр. в зеркале движ. со скор. $v^* = 2v$, поэтому

$u_{\parallel} = \Gamma^2 \cdot 2v = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \cdot 2v = \left(\frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F}\right)^2 \cdot 2v = \frac{25}{16}v = \frac{25}{8}v$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение). Выведем ф-лу для поперечной скорости изобр. S^{**}. Пусть S^* сместился на очень малое Δd, а S^* на Δf:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f+\Delta f} + \frac{1}{d+\Delta d} \Rightarrow f+\Delta f = \frac{F(d+\Delta d)}{d+\Delta d-F};$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f+\Delta f}{d+\Delta d} \Rightarrow H = h\cdot\frac{f+\Delta f}{d+\Delta d};$$

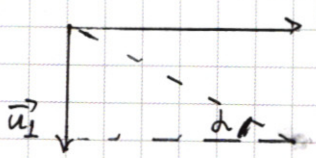
$$H = h\cdot\frac{F}{d+\Delta d-F} = hF\cdot(d+\Delta d-F)^{-1};$$

$$\dot H = \frac{-hF\cdot\Delta\dot d}{(d+\Delta d-F)^2} \approx -\frac{hF\cdot\Delta\dot d}{(d-F)^2} = -\frac{hF\cdot v^*}{(d-F)^2},$$

знак „–" означает, что движ. к оси;

$u_\perp = \dot H = -\frac{hF}{d^2F^2}\cdot f^2\cdot v^* = -\Gamma^2\cdot\frac{h}{F}v^*$ (т.к. $\frac{1}{dF} = \frac{f}{dF}$ из ф-лы тонкой линзы);

$$u_\perp = -\frac{25}{16}\cdot\frac{8F}{15F}\cdot v^* = \frac{5}{3}v;$$



$$\operatorname{tg}\alpha = \left|\frac{u_\perp}{u_\parallel}\right| = \frac{\frac{5}{3}v}{\frac{25}{8}v} = \frac{8}{3\cdot 5} = \frac{8}{15};$$

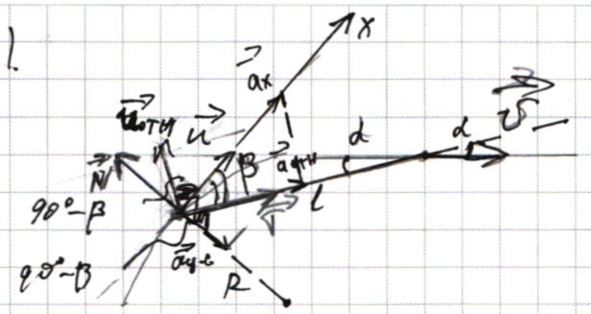
3). $\cancel{u = \sqrt{u_\perp^2+u_\parallel^2} = v\sqrt{\left(\frac{5}{3}\right)^2+\left(\frac{25}{8}\right)^2} =}$

$\operatorname{tg}^2\alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2\alpha}$; $\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha+1}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{64}{225}+1}} =$

$= \frac{1}{\sqrt{\frac{289}{225}}} = \frac{15}{17}$; $u = \frac{u_\parallel}{\cos\alpha} = \frac{25}{8}v\cdot\frac{17}{15} = \frac{85}{8}v = \frac{85}{4}\frac{м}{с} = 21{,}25\frac{м}{с}$

Ответ: 1). $\frac{9}{4}F$; 2). $\frac{8}{15}$; 3). $21{,}25\frac{м}{с}$.

№ 1).



$v = 2$ м/с;

$m = 0,4$ кг;

$R = 1,9$ м;

$l = 17R/15$;

$\cos\alpha = 4/5$;

$\cos\beta = 8/17$

1). u – ? – кольца

2). $u_{отн}$ – ?

3). T – ?

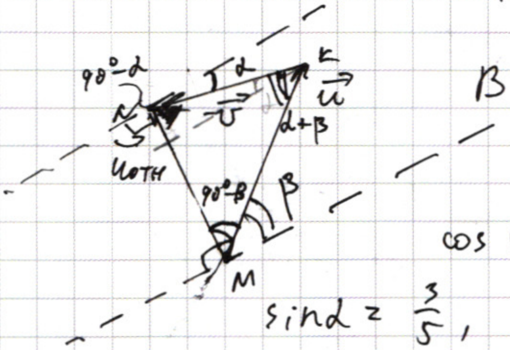
1). $\vec{u}$ направ. по кас. к окр.;

по пр. палочки $u\cos\beta = v\cos\alpha$;

$$u = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = v\cdot\frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{10}v = 1,7v =$$

$= 3,4$ м/с;

2). $\vec{u} = \vec{u}_{отн} + \vec{v}$; $\vec{u}_{отн} = \vec{u} - \vec{v}$;



В ΔMNK по т. cos:

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

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

$$\sin\alpha = \frac{3}{5}, \quad \sin\beta = \frac{15}{17};$$

$$\cos(\alpha+\beta) = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{32-45}{5\cdot17} = -\frac{13}{5\cdot17};$$

$$u_{отн}^2 = 3,89v^2 + 2\cdot1,7v^2\cdot\frac{13}{5\cdot17} = 3,89v^2 + \frac{13}{25}v^2 =$$

$$= \frac{389v^2}{100} + \frac{52v^2}{100} = \frac{441}{100}v^2;$$

$$u_{отн} = \frac{21}{10}v = 2,1v = 4,2 \text{ м/с};$$

3). $a_{ц.с.} = \frac{u^2}{R} = \frac{3,89v^2}{R}$;

$$a_{отн} = \frac{u_{отн}^2}{l} = \frac{4,41v^2}{\frac{17R}{15}} = \frac{4,41v^2\cdot15}{17R};$$

2 ЗН для кольца: $\vec{N} + \vec{T} = m\vec{a}$;

OX: $T\cos\beta = ma_x$;

~~$a_x = \frac{a_{отн}}{\cos\beta}$; $T\cos\beta = \frac{m a_{отн}}{\cos\beta} \Rightarrow T = \frac{m a_{отн}}{\cos^2\beta} =$~~

$a_x\cos\beta + a_{ц.с.}\cos(90^\circ-\beta) = a_{отн}$;

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 продолжение!.

$$\cancel{T = \frac{m a_{отн}}{\cos^2\beta} = \frac{m}{\cos^2\beta}\cdot\frac{4,41 v^2\cdot 15}{17R} =}$$

$$\cancel{= \frac{4,41\cdot 15\cdot 17^2}{17\cdot 64}}\cdot\frac{mv^2}{R} =$$

$$a_x = \frac{a_{отн}}{\cos\beta} - a_{у.с.}\,tg\beta =$$

$$=$$

$$T = \frac{m a_x}{\cos\beta} = m\left(\frac{a_{отн}}{\cos^2\beta} - \frac{a_{у.с.}\sin\beta}{\cos^2\beta}\right) =$$

$$= m\left(\frac{4,41 v^2\cdot 15\cdot 17^2}{17R\cdot 64} - \frac{2,89 v^2\cdot\frac{15}{17}}{R\cdot\frac{64}{17^2}}\right) =$$

$$= \frac{mv^2}{R}\left(\frac{4,41\cdot 15\cdot 17}{64} - \frac{2,89\cdot 15\cdot 17}{64}\right) =$$

0,41+0,45

$$= \frac{mv^2}{R}\cdot\frac{15\cdot 17\cdot(2,41-0,89)}{64} = \frac{mv^2}{R}\cdot\frac{1,55\cdot 15\cdot 17}{64} =$$

$$= \frac{1,55\cdot 15\cdot 17}{64}\cdot\frac{0,4\cdot 4}{1,9}\ Н = \dots$$

Ответ: 1). 3,4 $\frac{м}{с}$; 2). 4,2 $\frac{м}{с}$; 3). $\frac{1,55\cdot 15\cdot 17}{64}\,\frac{mv^2}{R} =$

$=$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

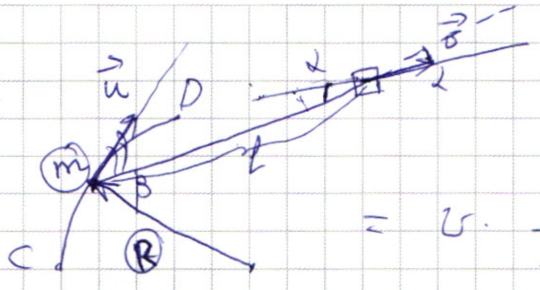
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

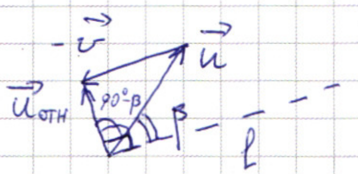
1)

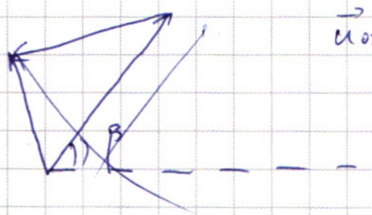


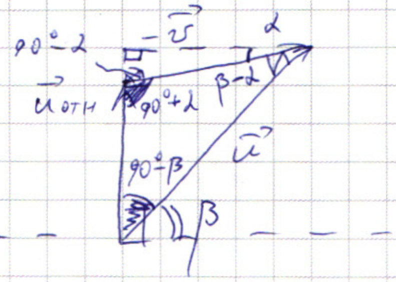
1) $v\cos\alpha = u\cos\beta$;

$u = v\dfrac{\cos\alpha}{\cos\beta} = v\cdot\dfrac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = v\cdot\dfrac{\cancel{4}\cdot 17}{5\cdot\cancel{8}\,2} = \dfrac{17}{10}v = 1{,}7v = \boxed{3{,}4\ \frac{м}{с}}$

2) $\vec{v}_{лсо} = \vec{v}_{нсо} + \vec{v}_{со}$; $\vec{v}_{нсо} = \vec{v}_{лсо} - \vec{v}_{со}$;







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

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

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$; $\sin\beta = \dfrac{\sqrt{289-64}}{17} = \dfrac{\sqrt{225}}{17} = \dfrac{15}{17}$;

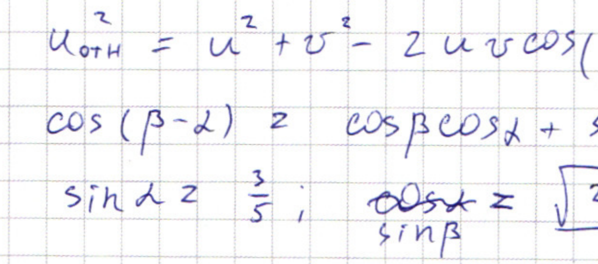
$u_{отн}^2 = 2{,}89v^2 + v^2 - 2\cdot 1{,}7v\cdot v\cdot\left(\frac{8}{17}\cdot\frac{4}{5} + \frac{15}{17}\cdot\frac{3}{5}\right) =$

$= 3{,}89v^2 - 3{,}4v^2\left(\dfrac{32+45}{17\cdot 5}\right) = 3{,}89v^2 - \dfrac{34}{10}v^2\cdot\dfrac{77}{17\cdot 5} =$

$= \dfrac{389}{100}v^2 - \dfrac{77}{25}v^2 = \dfrac{389-308}{100}v^2 = \dfrac{81}{100}v^2$;

$u_{отн} = \dfrac{\sqrt{81}}{10}v = \dfrac{9}{10}v = 0{,}9\cdot 2\ \frac{м}{с} = \boxed{1{,}8\ \frac{м}{с}}$;

3)



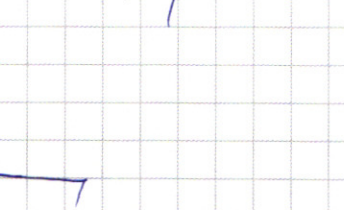
$x^2 + y^2 = L^2$;

$2x\cdot\dot{x} + 2y\cdot\dot{y} = 0$;

$x\cdot v_1 + y\cdot(-v_2) = 0$, $v_2 = -\dot{y}$;

$x\cdot v_1 = -y\cdot v_2$;

$\dot{x}\cdot v_1 + \dot{v}_1\cdot x = -\dot{y}\cdot v_2 + \dot{v}_2\cdot y$



$v_1\cos(90°-\alpha) = v_2\cos\alpha$;

$v_2 = v_1\,tg\,\alpha$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\cancel{x a_1} + v_1^2 = -v_2^2 + y a_2$; если $a_1 = 0$;

$v_1^2 = v_2^2 + y \cdot a_2$; $a_2 = \dfrac{v_1^2 - v_2^2}{y} = \dfrac{v_1^2 - v_1^2 tg^2 \alpha}{L\cos\alpha}$;

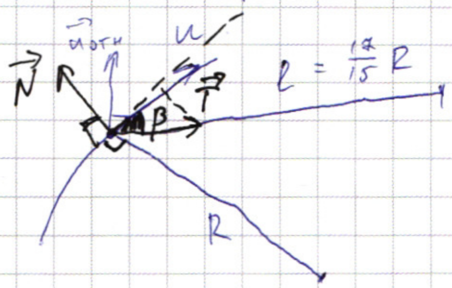
$a_2 = \dfrac{v_1^2(1+tg^2\alpha)}{L\cos\alpha} = \dfrac{v_1^2}{L\cos^3\alpha}$.

$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2$; $a_{отн} = \dfrac{v_1^2+v_2^2}{L} = \dfrac{v_1^2}{L\cos^2\alpha}$;

$a = \dfrac{a_{отн}}{\cos\alpha} = \dfrac{v_1^2}{L\cos^3\alpha}$;

3). $a_{отн} = \dfrac{u_{отн}^2}{l} = \dfrac{81}{100}\dfrac{v^2}{l} = \dfrac{81}{100_{20}} \cdot \dfrac{\cancel{15}^{3} v^2}{17R} = \dfrac{81 \cdot 3}{20 \cdot 17}\dfrac{v^2}{R}$;

$a_{y.c.} = \dfrac{u^2}{R} = \dfrac{289}{100}\dfrac{v^2}{R}$.



$T\cos\beta = m \cdot a_x$;

$a_{отн} = \dfrac{\overset{\sin\beta}{\vee}{a_{y.c.}}}{\cancel{\sin\beta}} + \dfrac{\overset{\cos\beta}{\vee}{a_x}}{\cancel{\cos\beta}}$;

$a_x = \dfrac{a_{отн}}{\cos\beta} - a_{y.c.} tg\beta =$

$= \dfrac{1{,}41 \cdot 15 \cdot \cancel{17} v^2}{\cancel{17}R \cdot 8} - \dfrac{2{,}89 \cancel{v^2} v^2}{R} =$

№2) $\eta = \dfrac{1}{4} \cdot \dfrac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$; ~~$V_2 = V_1$, завис. от V_2;~~ $V_2 = V_1 + \Delta V$

$\eta = \dfrac{V_1 + \Delta V - V_1}{V_1 + V_1 + \Delta V} = \dfrac{\Delta V}{2V_1 + \Delta V}$

$\eta = 1 - \dfrac{Q_-}{Q_+}$; $Q_- = |Q_{23} + Q_{31}| = |c_{23}\nu(T_3 - T_2) + C_{31}\nu(T_1 - T_3)| =$

$= \left| \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_3) \right| =$

$= \left| \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_2V_2) + \frac{5}{2}(p_1V_1 - p_3V_3) \right| =$

$= \left| -\frac{3}{2}p_2V_2 + \frac{5}{2}p_1V_1 - p_3V_3 \right| = \left| -\frac{3}{2}\alpha V_2^2 + \frac{5}{2}\alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_2 \right|$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

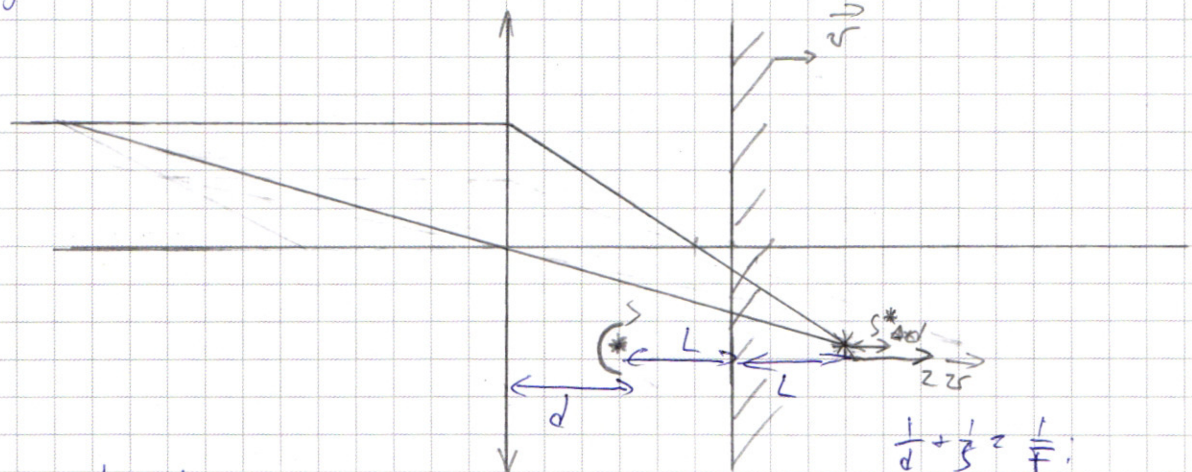
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5



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

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

1) $d^* = \cancel{2d}\ d+2L = \frac{3F}{5}+2\cdot\frac{3F}{5}=\frac{9F}{5}$;

2. $\frac{1}{d^*}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$; $\frac{5}{9F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$; $\frac{1}{f}=\frac{9-5}{9F}=\frac{4}{9F}$;

$f=\frac{9F}{4}=2{,}25F$;

2! $v_{\parallel}=\Gamma^2 v=\Gamma^2\cdot 2v=\left(\frac{f}{d}\right)^2\cdot 2v=\left(\frac{\frac{9F}{4}}{\frac{9F}{5}}\right)^2\cdot 2v=$

$=\left(\frac{5}{4}\right)^2\cdot 2v=\frac{25}{16_8}\cdot 2v=\frac{25}{8}v$;

$\frac{1}{F}=\frac{1}{d+\Delta d}+\frac{1}{f+\Delta f}$; $\frac{1}{f+\Delta f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d+\Delta d}$ $\frac{(d+\Delta d)}{}$ F;

$\Gamma=\frac{H}{h}=\frac{f'}{d'}\Rightarrow H=h\frac{f'}{d'}=h\frac{f+\Delta f}{d+\Delta d}$

$\frac{1}{f+\Delta f}=\frac{d+\Delta d-F}{F(d+\Delta d)}$; $f+\Delta f=\frac{F(d+\Delta d)}{d+\Delta d-F}$;

$H=h\cdot\frac{F\cancel{(d+\Delta d)}}{(d+\Delta d-F)\cancel{(d+\Delta d)}}=h\cdot\frac{F}{d+\Delta d-F}=hF\cdot\frac{1}{d+\Delta d-F}$;

$\dot H=hF\cdot\dot{(d+\Delta d-F)}^{-1}=-hF\cdot\frac{1}{(d+\Delta d-F)^2}\cdot\dot{\Delta d}=\frac{-h\cdot F}{(d-F)^2}\cdot v_{S^*}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$v_1 = -\frac{hF}{(d-F)^2}\cdot v_{s*} = \cancel{\ldots} = \frac{hF^3 \cdot d}{f^2}$$

$$= -\frac{h\cdot F}{d^2F^2}\cdot f^2\cdot v_s^* = -\Gamma^2\cdot\frac{h}{F}\cdot v_s^* = -\frac{25}{16}\cdot\frac{8}{15}\cdot 2v = \frac{5}{3}v$$

$$v_1 = -\frac{\frac{8F}{15}\cdot F}{2\frac{16}{25}F^2}\cdot 2v = -\frac{5}{6}\,2v = -\frac{5}{3}v;$$

$$\sqrt{25\left(\frac{1}{9}+\frac{25}{8}\right)} = 5\sqrt{\frac{8+9\cdot 25}{9\cdot 8}} =$$

$$= 5\sqrt{\frac{225+8}{9\cdot 8}} = 5\sqrt{\frac{233}{9\cdot 8}}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)