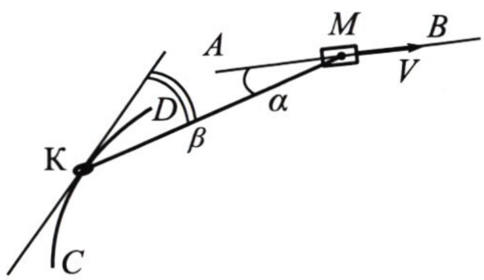
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-01

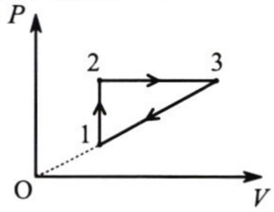
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



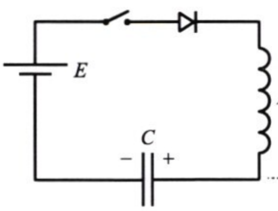
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

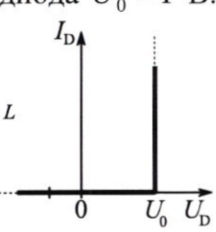
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

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.

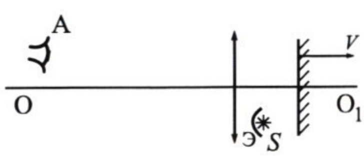
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 =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

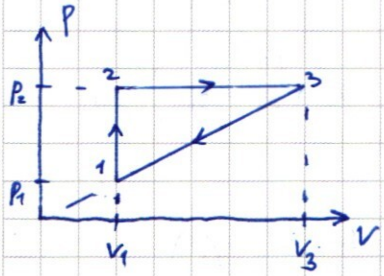
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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 A 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 № 2



1) $pV = \nu RT$ (ур-е состояния идеал. газа)

$\Rightarrow$ T возрастает $\Leftrightarrow$ pV возрастает.

на 3-1 p и V убывают $\Rightarrow$ T убывает

на 1-2 $V = const$, p - возрастает $\Rightarrow$ T возрастает

на 2-3 $p = const$, V - возрастает $\Rightarrow$ T возрастает

1-2: $C = \frac{\delta Q}{dT}$, $C_{12} = \frac{\delta Q}{\nu dT}$ (молярная теплоемкость)

из первого з-на термодинамики: $\delta Q = \delta A_{газа} + dU$ ($\delta A_{газа} = 0$ т.к. $V = const$)

$\Rightarrow \delta Q = dU = \frac{3}{2}\nu R dT$ (газ одноатомный)

$\Rightarrow C_{12} = \frac{3/2 \nu R dT}{\nu dT} = 3/2 R = C_V$ (моляр. теплоем. при $V = const$)

~~2-3~~ 2-3: это изобара $\Rightarrow C_{23} = C_p$ по закону ~~Майера~~ Майера

$C_p = C_V + R = 5/2 R$; $\frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3}$

2) на 2-3: $A_{газа} = p_2 (V_3 - V_1)$ (т.к. $p_2 = const$)

$A_{газа} = p_3 V_3 - p_2 V_2 = \nu R (T_3 - T_2)$ (т.к. $p_3 = p_2$ и $V_2 = V_1$)

$Q_{23} = C_p \cdot \nu \cdot \Delta T$ (т.к. изобара)

$Q_{23} = 5/2 R (T_3 - T_2) \nu$

$\Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5/2 R (T_3 - T_2) \cdot \nu}{\nu R (T_3 - T_2)} = 5/2$

~~$\Rightarrow \eta = \frac{A_{газа}}{Q_{23}} = \frac{\nu R (T_3 - T_2)}{5/2 R (T_3 - T_2)}$~~

3) $\eta = \frac{A_{цикла}}{Q_{подвед.}}$ (КПД)

Q подводится только на 1-2 и 2-3

$\Rightarrow Q_{подв} = Q_{12} + Q_{23}$; A = площади под графиком; площади Δ-ка (прямоугольного)

$\eta = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_3 - V_1)}{Q_{12} + Q_{23}}$

$Q_{12} = C_V \cdot \nu \cdot (T_2 - T_1)$

$Q_{23} = C_p \cdot \nu (T_3 - T_2)$

$(p_2-p_1)(V_3-V_1) = p_2V_3 - p_2V_1 - p_1V_3 + p_1V_1$

т.к. 1-3 – линейный процесс $p(V)$ $\Rightarrow$ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_1}$

$V_3 = V_1 \cdot \frac{p_2}{p_1}$ $\Rightarrow$ $(p_2-p_1)(V_3-V_1) = (p_2-p_1)\cdot V_1\left(\frac{p_2}{p_1}-1\right)$ (*)

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1)$

$Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2) = \frac{5}{2}(p_3V_3-p_2V_2)$

$p_2=p_3$; $V_2=V_1$; $V_3 = V_1\cdot\frac{p_2}{p_1}$ $\Rightarrow$ $Q_{12}+Q_{23} = \frac{1}{2}\left(3p_2-3p_1+5p_2\cdot\frac{p_2}{p_1}-5p_2\right)V_1$ (**)

подставляя (*) и (**) в η: $\eta = \dfrac{p_1V_1\left(\frac{p_2}{p_1}-1\right)^2}{p_1V_1\left(3\frac{p_2}{p_1}-3+5\frac{p_2^2}{p_1^2}-5\frac{p_2}{p_1}\right)}$

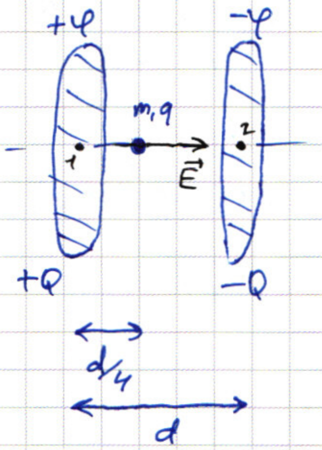
Пусть $p_2/p_1 = t$ $(t>1)$ по условию!

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

максимум η при положительных t будет при $t\to+\infty$ $(p_2 >> p_1)$ $(\eta \to 1/5)$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = 5/3$ 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 5/2$ 3) $\eta = 1/5$

Задача №3



$E = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$ (поле внутри конденсатора с зарядами пластин $+Q$ и $-Q$ и площадью пластин S)

$\Rightarrow$ внутри конденсатора на частицу действует $F = const = qE$ (направлена вправо т.к. $q>0$)

по 2 зН. Ньютона: $F=ma$; $qE=ma$ $a=\gamma E$ (ускорение)

частица движется равноускоренно с $\upsilon_0=0$ $\Rightarrow$ $S = \frac{aT^2}{2} = d - 0{,}25d = 0{,}75d$

тогда $a = \frac{1{,}5d}{T^2}$

1) $\upsilon_1 = \upsilon_0 + aT = \frac{1{,}5d}{T}$

2) $a = \frac{1{,}5d}{T^2} = \gamma E = \frac{\gamma Q}{S\varepsilon_0}$ $\Rightarrow$ $Q = \frac{1{,}5\varepsilon_0\cdot Sd}{\gamma T^2}$

3) т.к. пластины заряжены одинаково, а частица почти не влияет на поле $\Rightarrow$ потенциалы пластин должны

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

быть равны по модулю ($+\varphi$ у $+Q$ и $-\varphi$ у $-Q$) (потенциал на бесконечности равен нулю). Потому что они создают симметричное поле.

Тогда $+\varphi-(-\varphi)=\varphi_1-\varphi_2 = Ed = \frac{Q}{S\varepsilon_0}d$ (т.к. $\vec{E}=-\text{grad}\,\varphi$)

$\Rightarrow 2\varphi = \frac{Q}{S\varepsilon_0}d$; $\varphi=\frac{Q}{2S\varepsilon_0}d$

Начальный потенциал частицы: $\varphi_0=+\varphi - E(0{,}25d) = \frac{Q}{2S\varepsilon_0}d - \frac{Qd}{4S\varepsilon_0}$

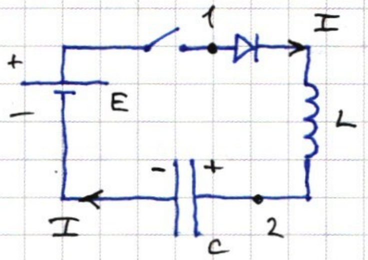
$\varphi_0 = \frac{Qd}{4S\varepsilon_0} = \frac{1{,}5\varepsilon_0 S d}{\gamma T^2}\cdot\frac{d}{4S\varepsilon_0} = \frac{3d^2}{8\gamma T^2}$ (из пункта 2)

ЗСЭ для частицы: $\frac{m\vartheta_0^2}{2}+q\varphi_0 = q\varphi_\infty+\frac{m\vartheta_2^2}{2}$ ($\varphi_\infty=0$, $\vartheta_0=0$)

$q\varphi_0=\frac{m\vartheta_2^2}{2}$ $\quad \vartheta_2=\sqrt{2\gamma\varphi_0}=\sqrt{2\gamma\cdot\frac{3d^2}{8\gamma T^2}}=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{d}{T}$

Ответ: 1) $\vartheta_1=\frac{1{,}5d}{T}$ 2) $Q=\frac{3\varepsilon_0 Sd}{2\gamma T^2}$ 3) $\vartheta_2=\frac{\sqrt{3}d}{2T}$

Задача №4



1) Сразу после замыкания на диоде и катушке есть $\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2=E-U_1$ (что $>U_0$) (4В > 1В)

$\Rightarrow$ диод будет пропускать ток

Это ток будет идти по часовой на рисунке и увеличивать U_c (напр. конденсатора) до тех пор, пока $\Delta\varphi=E-U_c$ не станет равно U_0 и диод закроется

В начальный момент:

по 2 зн. Кирхгофа: $-U_1+E-U_0+\varepsilon_i=0$ (ε_i – на катушке)

(обход по часовой) $L\dot{I} = E-U_0-U_1$ $\quad \varepsilon_i=-L\dot{I}$

$\dot{I} = \dfrac{E - U_0 - U_1}{L}$; ~~$\dot{I} = \left(\dfrac{9В - 1В - 5В}{40 мкФ}\right)$~~ $\Rightarrow$

$$\dot{I} = \frac{9В - 1В - 5В}{0{,}1\ Гн} = \frac{3В}{0{,}1\ Гн} = 30\ \frac{А}{с}$$

2) ЗСЭ для цепи: $\dfrac{LI^2}{2} + \dfrac{CU_c^2}{2} = \dfrac{CU_1^2}{2} + \dfrac{LI_0^2}{2} + qE - qU_0$

(где I_0 – начальный ток $= 0$; qE – работа источника по перемещению заряда q; а $-qU_0$ – отрицательная работа диода)

тогда $U_c = \dfrac{q_c}{C} = \dfrac{q_1 + q}{C}$ (начальный заряд + перетекший)

(q_c – заряд на конденсаторе)

$U_c = U_1 + \dfrac{q}{C}$

$$\frac{LI^2}{2} = q(E - U_0) - \frac{C}{2}\left(\left(U_1 + \frac{q}{C}\right)^2 - U_1^2\right)$$

$$\frac{LI^2}{2} = q(E - U_0) - \frac{C}{2}\left(\frac{2U_1 q}{C} + \frac{q^2}{C^2}\right) = q\left(E - U_0 - U_1 - \frac{q}{2C}\right)$$

(* q – заряд, прошедший по цепи)

если взять производную: $\dfrac{dW_L}{dq} = \left(E - U_1 - U_0 - \dfrac{q}{2C}\right) + \dfrac{-q}{2C} = E - U_1 - \dfrac{q}{C} - U_0$

(энергия катушки) $\Rightarrow$ I возрастает при $q < C(E - U_1 - U_0)$

если преобразовать:

$$\frac{q + q_1}{C} = \frac{q_c}{C} < (E - U_0),$$ т.е. ток возрастает до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не станет равным $E - U_0$. В этом момент диод закроется т.к. $E - U_c < U_0$.

Подставим ~~$q = C(E - U_0 - U_1)$ в ЗСЭ~~ $q = C(E - U_1 - U_0)$ в ЗСЭ.

~~$\dfrac{LI^2}{2} = C(E - 2U_1)\left(E - 2U_1 - \dfrac{E - 2U_1}{2}\right) = \dfrac{C}{2}(E - 2U_1)^2$~~

$$\frac{LI_m^2}{2} = C(E - U_0 - U_1)\left(E - U_0 - U_1 - \frac{E - U_0 - U_1}{2}\right) = \frac{C(E - U_0 - U_1)^2}{2}$$

$$I_{max} = (E - U_0 - U_1)\sqrt{\frac{C}{L}};\quad I_{max} = 3В\sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} Ф}{0{,}1}} = 6А \cdot 10^{-2} = 60мА$$

3) $U_2 = \dfrac{q + q_1}{C} = E - U_1 - U_0 + U_1 = E - U_0 = 8В$

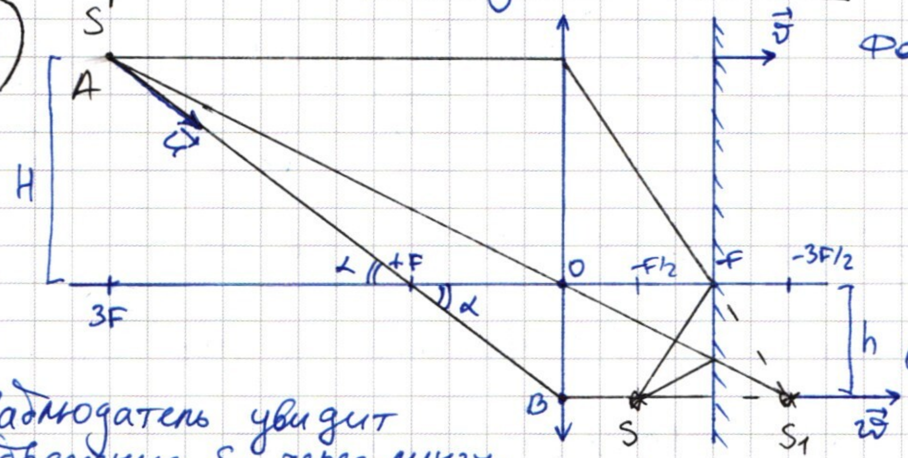
Ответ: 1) $\dot{I} = 30\ \dfrac{А}{с}$ 2) $I_{max} = 60$ мА 3) $U_2 = 8В$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 15

1)



Формула тонкой линзы:

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

$$b = \frac{a \cdot F}{a - F}$$

$$b = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - F} = 3F$$

Наблюдатель увидит изображение S_1 через линзу, где S_1 – это изображение S в зеркале $\Rightarrow$ S_1 находится на расстоянии $3F/4$ от ГОО и на $\frac{3F}{2}$ от линзы

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

Применяя формулу тонкой линзы для $a = \frac{3F}{2}$ $\Rightarrow$ $b = 3F$ (расстояние от наблюдателя до плоскости линзы)

2) Т.к. S_1 симм-о S отн-о зеркала $\Rightarrow$ S_1 будет двигаться со скоростью $2\vec{v}$

изображение S' движется со скоростью $\vec{u}$, где $\vec{u}$ и $\vec{v}$ принадлежат соотв-но преломленному в линзе и падающему на линзу лучам (показано на рисунке)

т.к. $2\vec{v} \parallel$ ГОО $\Rightarrow$ луч с $\vec{u}$ проходит через F

из $\triangle OFB$: $tg\alpha = \frac{OB}{OF} = \frac{3F/4}{F} = 3/4$

3) Пусть $\vec{u} = \underset{\parallel ГОО}{\vec{u}_{\parallel}} + \underset{\perp ГОО}{\vec{u}_{\perp}} = \dot{b} + \dot{H}$ (~~где H – вис~~ (где H – расстояние от S' до ГОО, b – расстояние от S' до линзы

1) $u_{\parallel} = \dot{b} = \left(\dfrac{aF}{a-F}\right)^{\cdot} = \dfrac{\dot{a}F(a-F) - \dot{a}(aF)}{(a-F)^2} = \dfrac{2\vartheta(Fa - F^2 - Fa)}{\left(\frac{3F}{2} - F\right)^2} =$

(где $\dot{a} = 2\vartheta$ скорость S_1) $= \dfrac{-2\vartheta F^2}{F^2/4} = -8\vartheta$

2) $u_{\perp} = \dot{H}$, $H = h \cdot \dfrac{b}{a}$ $\Rightarrow$ $u_{\perp} = h \cdot \left(\dfrac{b}{a}\right)^{\cdot} = h\,\dfrac{\dot{b}a - \dot{a}b}{a^2} =$

$= \dfrac{3F}{4} \cdot \dfrac{(-8\vartheta)\cdot\frac{3F}{2} - 2\vartheta \cdot 3F}{\frac{9F^2}{4}} = (-4\vartheta - 2\vartheta) = -6\vartheta$

(где $h = \frac{3F}{4}$ – расстояние до ГОО от S_1)

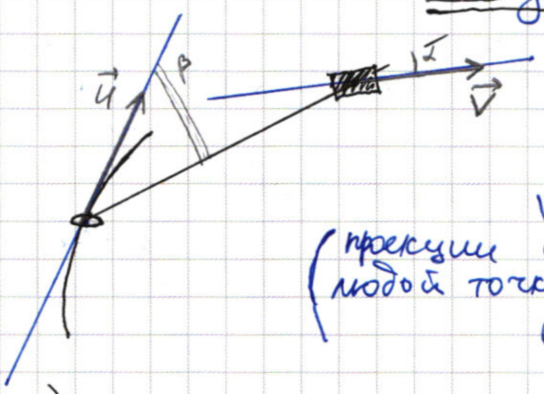
3) $u = \sqrt{u_{\perp}^2 + u_{\parallel}^2} = \sqrt{64\vartheta^2 + 36\vartheta^2} = 10\vartheta$

(т. Пифагора) (направлена к линзе)

(* Примечание: $tg\,\alpha$ по определению равен $\dfrac{u_{\perp}}{u_{\parallel}} = \dfrac{-6\vartheta}{-8\vartheta} = 3/4$ – сходится с пунктом 2)

Ответ: 1) $3F$ 2) $\alpha = arctg\,3/4$ 3) 10ϑ

Задача № 1



1) Уравнение неразрывности для нити:

$V\cos\alpha = u\cos\beta \Rightarrow u = V\dfrac{\cos\alpha}{\cos\beta}$

(проекции скоростей любой точки нити на нить равны)

$u = V \cdot \dfrac{15 \cdot 5}{4 \cdot 17} = \dfrac{75}{68}V$

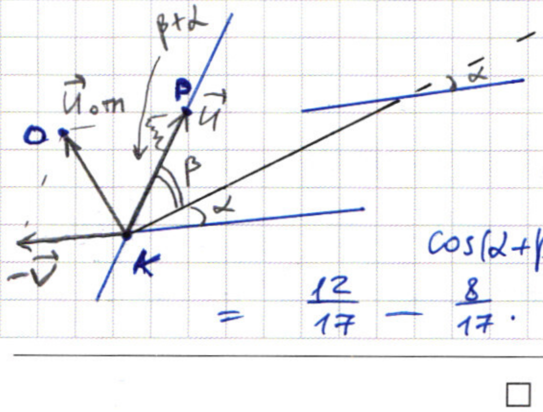
($\vec{u}$ – скорость кольца)

$u = \frac{75}{68} \cdot 68\,см/с = 75\,см/с$

2) Скорость кольца отн-о муфты: $\vec{u}_{отн} = \vec{u} - \vec{V}$

теорема косинусов для $\triangle KPO$

$u_{отн} = \sqrt{u^2 + V^2 - 2\cos(\alpha+\beta)\,uV}$



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

$\cos(\alpha+\beta) = \dfrac{15}{17} \cdot \dfrac{4}{5} - \sqrt{1 - \dfrac{225}{289}}\sqrt{1 - \dfrac{16}{25}} =$

$= \dfrac{12}{17} - \dfrac{8}{17} \cdot \dfrac{3}{5} = \dfrac{60 - 24}{85} = \dfrac{36}{85}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u_{отн} = \sqrt{75^2 (см/с)^2 + 68^2 (см/с)^2 - 2\cdot \frac{36}{85}\, 75\cdot 68 (см/с)^2}$$

$$\begin{array}{r} \times\, 75 \\ 75 \\ \hline +\,375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\, 68 \\ 68 \\ \hline +\,544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$u_{отн} = \sqrt{5625 + 4624 - 4320}\ см/с = \sqrt{5929}\ см/с$$

$$\frac{2\cdot 36\cdot \overset{15}{\cancel{75}}\cdot \overset{4}{\cancel{68}}}{\underset{17}{\cancel{85}}} = 72\cdot 60 = 4320$$

$$u_{отн} = 77\ см/с$$

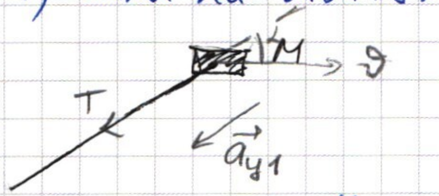
3) Если рассматривать движение тел, то:

1) муфта движется поступательно с нитью ($\vartheta_{пост} = V\cos\alpha$) и вращательно с $V\sin\alpha$. (ось вращения — нить)

2) кольцо движется поступательно с нитью ($\vartheta_{пост} = V\cos\alpha = u\cos\beta$) и вращательно с $u\sin\beta$) (ось вращения — нить)

и это движение должно быть эквивалентно только вращательному движению по дуге CD ($\vartheta_{вращ} = u$) $a_{y2} = \frac{u^2}{R}$

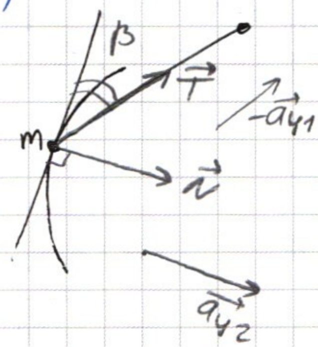
1) Силы на муфту:



по 2 зн. Ньютона: $\vec T = M\vec a_{y1}$

$T = Ma_{y1}$

2) Силы на кольцо



1) $N + T\sin\beta = ma_{y2}$

2) $N\sin\beta + T = ma_{y1}$

(по 2 зн Ньютона)

От. из 1) и 2):
$$\begin{cases} T = Ma_{y1} \\ N\sin\beta + T = ma_{y1} \\ N + T\sin\beta = ma_{y2} = m\frac{u^2}{R} \end{cases}$$

$a_{ц1}$ – можно найти как $a_{ц1} = \frac{u_{отн}^2}{\ell} = \frac{3u_{отн}^2}{5R}$

т.к. муфта и кольцо движутся с одинаковой поступат. скоростью, то $\vec{u}$ кольца отн-о муфты является линейной скоростью вращения нити на расстоянии $KM = \ell = \frac{5R}{3}$ (по условию)

Тогда $\begin{cases} T = \frac{3M u_{отн}^2}{5R} \\ N\sin\beta + \frac{3M u_{отн}^2}{5R} = m \cdot \frac{3u_{отн}^2}{5R} \\ N + T\sin\beta = m\frac{u^2}{R} \end{cases}$

~~избавляясь от N:~~

т.к. не знаем M заменим $\frac{3Mu_0^2}{5R} = T$ и выделим N из (2) и (3)

$$\left(m\frac{u^2}{R} - T\sin\beta\right)\sin\beta + T = \frac{3u_0^2}{5R}m$$

$$\cancel{\left(0{,}1 \cdot \frac{(0{,}75)^2}{1{,}9} - T \cdot \frac{3}{5}\right)\frac{3}{5} + T = \frac{3 \cdot (0{,}77)^2}{5 \cdot 1{,}9} \cdot 0{,}1}$$

$$m\frac{u^2}{R}\sin\beta + T\cos^2\beta = \frac{3u_0^2}{5R}m$$

$$T = \frac{\frac{m}{R}\left(\frac{3u_0^2}{5} - \sin\beta\, u^2\right)}{\cos^2\beta}; \quad T = \frac{m\left(\frac{3u_0^2}{5} - u^2\sin\beta\right)}{R\cos^2\beta}$$

$$T = \frac{0{,}1\left(\frac{3 \cdot (0{,}77)^2}{5} - (0{,}75)^2 \cdot \frac{3}{5}\right)}{1{,}9 \cdot \frac{16}{25}} =$$

$$T = \frac{15\left((0{,}77)^2 - (0{,}75)^2\right)}{19 \cdot 16} = \frac{15 \cdot 0{,}02 \cdot 1{,}52}{19 \cdot 16} = \frac{3 \cdot 0{,}152}{19 \cdot 16}\ H$$

Ответ: 1) 75 см/с 2) 77 см/с ~~3) 15 · 0,77~~

3) $\frac{3 \cdot 0{,}152}{19 \cdot 16}\ H$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ: $\frac{LI^2}{2} = (q-q_1)(E-U_0) - \left(\frac{q^2}{2C} - \frac{q_1^2}{2C}\right) =$

$= \frac{LI^2}{2} = (q-q_1)\left(E-U_0 - \frac{q+q_1}{2C}\right)$

$\frac{LI^2}{2} = (C(E-U_0) - U_1 C)\left(E-U_0 - \frac{E-U_0}{2} - \frac{U_1}{2}\right) =$

$I^2 = \frac{2}{L} \cdot \frac{C(E-U_0-U_1)(E-U_0-U_1)}{2}$ $\quad I = (E-U_0-U_1)\sqrt{\frac{C}{L}}$

$400 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-4}$

$I = (9-1-5)\sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0{,}1}} = 3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 0{,}06\,A = 60\ мА.$

$\frac{dE}{dq} = \left(E-U_0 - \frac{q+q_1}{2C}\right) + (q-q_1)\cdot\left(-\frac{1}{2C}\right) =$

$= E-U_0 - \frac{q}{C}$ $\quad$ 3): $E-U_0 = U_2$

$qE - qU_1 - qU_1 - \frac{q^2}{2C} = q\left(E-2U_1 - \frac{q}{2C}\right)$

$\frac{dW}{dq} = \left(E-2U_1-\frac{q}{2C}\right) - \frac{q}{2C} = E-2U_1 - \frac{q}{C}$

$q < \frac{E-U_1}{C} - q_1$ $\qquad q < \frac{E-2U_1}{C}$

$q_c < \frac{E-U_1}{C}$

$$b = \frac{a \cdot F}{a-F} \qquad \vec{u}_{\parallel} = \frac{F\dot a(a-F) - \dot a(aF)}{(a-F)^2} = \frac{-F^2\dot a}{(a-F)^2} = \frac{-F^2 \cdot 2\vartheta}{F^2/4}$$

$$= -\vartheta/2$$

$$\vec{u}_{\perp} = h \cdot \frac{b}{a} = h\,\frac{\dot b a - \dot a b}{a^2} = \frac{3F}{4}\,\frac{-\frac{\vartheta}{2}\cdot\frac{3F}{2} - 2\vartheta\cdot 3F}{\frac{9F^2}{4}} =$$

$$= \frac{1}{\cancel{3F}} \cdot -\frac{\cancel{3}F\vartheta}{4} - \frac{6}{2}F\vartheta = -\frac{9}{4}\vartheta. \qquad \frac{u_\perp}{u_\parallel} = \frac{3}{4}.$$

$$-\frac{1}{4} - 2. \qquad u_\perp = \frac{3\vartheta}{8}.$$

$$u_\perp = \frac{3\cancel{F}}{4} \cdot \frac{-\frac{\vartheta}{2}\cdot\frac{3\cancel{F}}{2} - 2\vartheta\cdot 3\cancel{F}}{\frac{9\cancel{F}}{4}} = -\frac{1}{3}\left(\frac{3\vartheta}{4} + 6\vartheta\right) =$$

$$= -\left(\frac{\vartheta}{4} + 2\vartheta\right) = -\frac{9\vartheta}{4}.$$

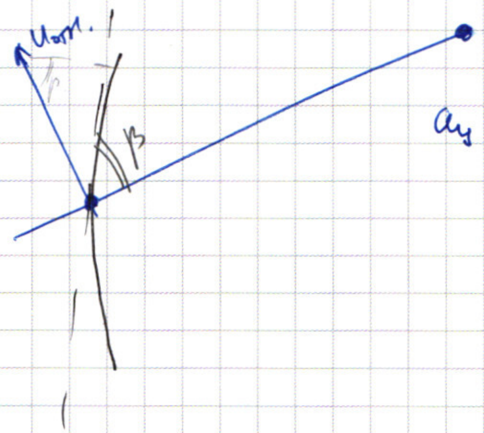
$8+1$

$$b = \frac{aF}{a-F} \qquad \dot b = \frac{F\dot a(a-F) - \dot a(aF)}{(a-F)^2} = \frac{2\vartheta(Fa - F^2 - Fa)}{(F/2)^2} =$$

$$= \frac{-2\vartheta F^2 \cdot 4}{F^2} = -8\vartheta.$$

$$u_\perp = \cancel{\frac{3F}{4}} \cdot \frac{-8\vartheta\cdot\frac{3\cancel{F}}{2} - 2\vartheta\cdot 3\cancel{F}}{3,\cancel{\frac{9F^2}{4}}} = -(4\vartheta + 2\vartheta) = -6\vartheta.$$

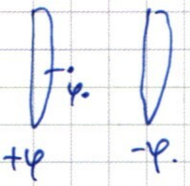
$$\frac{6}{8} = 3/4.$$



$a_y =$ $\cancel{T \cdot M}a_4$. $T = Ma_y$.

$$a_y = \frac{u_{отн}^2}{l} \qquad T =$$

3)



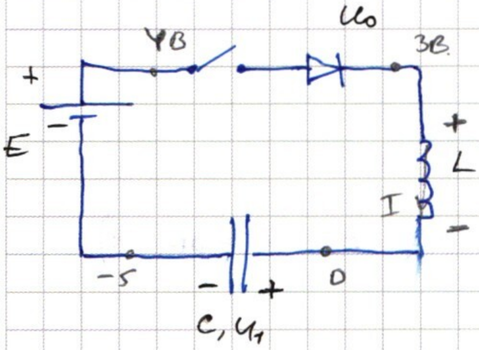
$$2\varphi = E\cdot d = \frac{Q}{S\varepsilon_0} d \qquad \varphi = \frac{Q}{2S\varepsilon_0}\cdot d$$

$$\varphi_0 = \varphi - E\cdot\frac{d}{4} = Ed - \frac{Ed}{4} = \frac{3Ed}{4} = \frac{3d}{4}\cdot\frac{Q}{S\varepsilon_0}$$

$$\vartheta_2 = \frac{3}{2}\cdot\frac{d}{T} \qquad \frac{m\vartheta_2^2}{2} = q\varphi_0 \Rightarrow \vartheta_2 = \sqrt{\frac{2q\varphi_0}{m}} = \sqrt{2\cancel{8}\cdot\frac{3d}{4}\cdot\frac{1{,}5d}{T^2\cancel{8}}} =$$

$$\frac{\cancel{9}}{\cancel{16}} \qquad 9/4$$

$\underline{\underline{№4}}$



$u_1 = 5B$

$E = 9B$

1). $U_2 = E - U_C - U_0$

$$L\dot{I} = 3B \qquad \dot{I} = \frac{3B}{L} \qquad 1)$$

$$2) \qquad L\dot{I} = E - \frac{q}{C} - U_0.$$

$$L\ddot{q} + \frac{q}{C} = E - U_0.$$

$$A\cos(\omega t) \qquad A\sin\omega t + q_0. \qquad \ddot{q} = -A\omega^2\sin\omega t.$$

$$-LA\omega^2\sin\omega t + \frac{A\sin\omega t}{C} + \frac{q_0}{C} = E - U_0. \qquad q_0 = (E-U_0)C$$

$$A\sin\omega t\left(\frac{1}{C} - L\omega^2\right) \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$q = A\sin\omega t + q_0.$$

$$\frac{q_m}{C} = E - U_0. \qquad q_0 - A = \frac{CU_1^2}{2} \qquad A = q_0 - \frac{CU_1^2}{2}.$$

$$\frac{LI^2}{2} = qE - \Delta W_C - A_{\text{диода}} \qquad I^2 = \frac{2}{L}(q_m - q_1)\cdot$$

$$\frac{LI^2}{2} = (q_m - q_1)(E - U_0) - \left(\frac{q_m^2}{C} - \frac{q_1^2}{C}\right); \qquad \cdot\left((E-U_0) - \frac{q_m+q_1}{C}\right)$$

$$\cancel{I^2 = \frac{2}{L}\left(\frac{E-U_0}{C} - CU_1 \quad (E-U_0)C - CU_1\right)\left(E - U_0 - (E-U_0)\right)}$$

$$\frac{LI^2}{2} = (q_m - q_1)\left((E-U_0) - \frac{1}{C}(q_m + q_1)\right) \qquad \boxed{\frac{q_m}{C} = E - U_0}$$

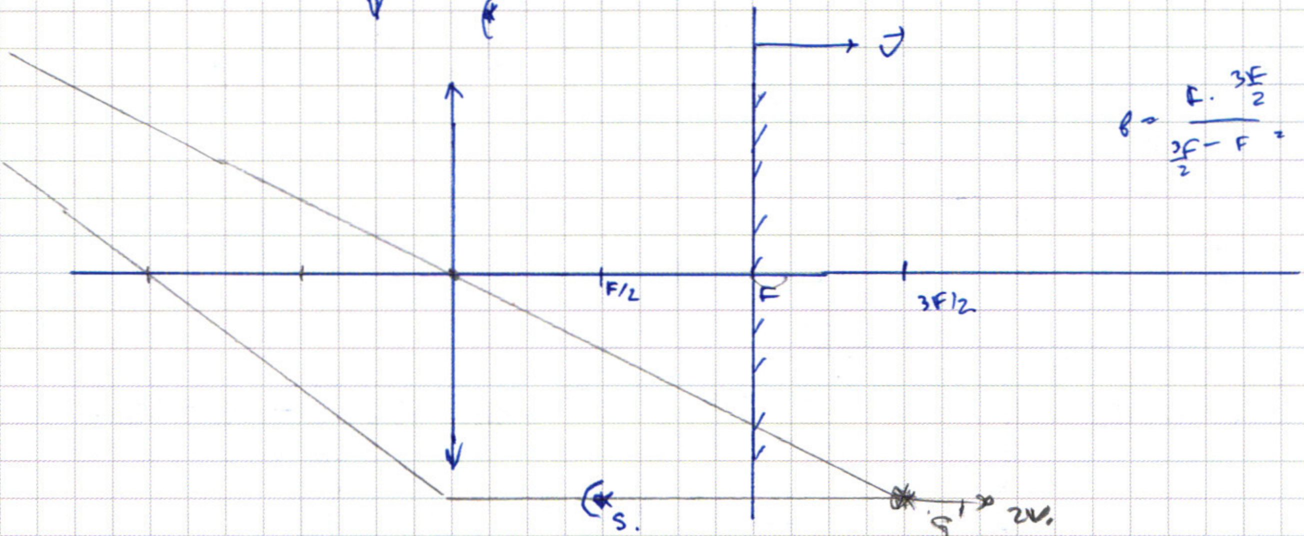
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

15



$$b = \frac{F\cdot\frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2}-F} = 3F.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}. \qquad \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{1}{b}. \qquad \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \qquad b = 3F. \quad 1)$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a+2v} + \frac{1}{b+u}$$

$$b+u = \frac{F(a+2v)}{a+2v-F} = \frac{F\left(\frac{3F}{2}+2v\right)}{\frac{3F}{2}+2v-F} = \frac{F(3F+4v)}{F+4v}.$$

$$u_\perp = \tfrac{3}{4}u_{\parallel}$$

$b = 3F.$

$$u = \frac{3F^2+4Fv-3F^2-12Fv}{F+4v} = \frac{-8Fv}{F+4v}.$$

$$u_\perp = \frac{-6Fv}{F+4v}.$$

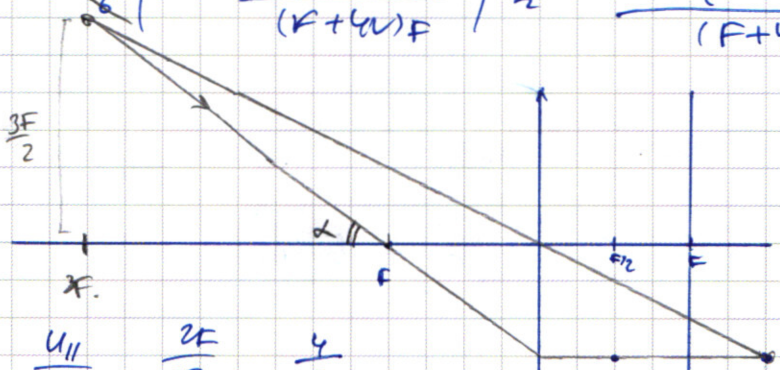
$$\frac{H}{h} = \frac{b}{a}.$$

$$H = \frac{3F}{4}\cdot\frac{b}{a}. \qquad u_\perp = \frac{3F}{4}\cdot\left(\frac{b}{a}\right)^{\cdot} = \frac{\dot b a - \dot a b}{a^2}$$

$$u_\perp = \frac{3F}{4}\cdot\frac{\frac{-8Fv\cdot 3F}{2(F+4v)} - 2v\cdot 3F}{\frac{9F^2}{4}} = \frac{1}{3}\cdot\frac{-8Fv\cdot 3F - 12vF^2 - 48v^2F}{2(F+4v)F} =$$

$$= \frac{1}{6}\left(\frac{-36vF^2-48v^2F}{(F+4v)F}\right) = \frac{-2v(3F+4v)}{(F+4v)}$$

$$\frac{u}{u_\perp} = \frac{8Fv}{2v(3F+4v)} = \frac{4F}{3F+4v}$$



$$u_\perp = \frac{3F}{4}\cdot\frac{\dot b a - \dot a b}{a^2} =$$

$$= \frac{3F}{4}\cdot\frac{-8Fv}{F+4v} -$$

$$u_\perp = \frac{3F}{4\cdot\frac{9F^2}{4}}\left(\frac{-8Fv}{F+4v}\cdot\frac{3F}{2} - 2v\cdot 3F\right)$$

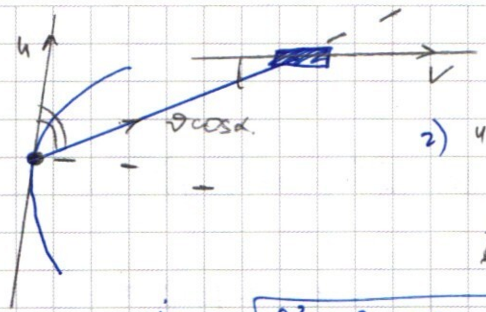
$$\frac{u_\parallel}{u_\perp} = \frac{2F}{3F/2} = \frac{4}{3}.$$

$$u_\perp = \frac{1}{3F}\left(\frac{-24F^2v - 12vF^2 - 48v^2F}{2(F+4v)}\right)$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

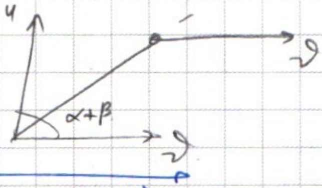
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

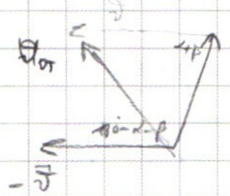
1.)



1) $u\cos\beta = \vartheta\cos\alpha \quad u = \vartheta\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = \vartheta\frac{15\cdot5}{17\cdot4}$.

2)





$$u_{от} = \sqrt{\vartheta^2+u^2-2\vartheta u\cos(\alpha+\beta)}$$

$$u = \frac{68\cdot15\cdot5}{17\cdot4} = 75.$$

$$u_{от} = 75^2+68^2-2\cdot75\cdot68.$$

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

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{289-225}{289}} = \frac{8}{17}$$

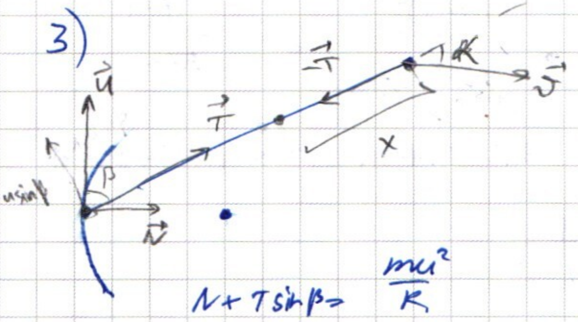
$$u_{от} = \sqrt{75^2+68^2-2\cdot75\cdot68\cdot\frac{36}{85}}$$

$$\sin\beta = \sqrt{\frac{25-16}{25}} = 3/5$$

$$u_{от} = \sqrt{5625+4624-4320} = \sqrt{5929} = 77.$$

75×75: 375, 525, 5625; 68×68: 544, 408, 4624; $30\cdot4$, 36; 36×120: 720, 36, 4320; +304; 77×77; 121×49: 1089, 484, 5929

3)



$$N+T\sin\beta = m\frac{u^2}{R}.$$

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

$$N\sin\beta + T = m\frac{(u\sin\beta)^2}{l-x}$$

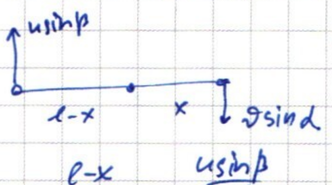
$$T = M\frac{(\vartheta\sin\alpha)^2}{x}$$

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

$$(N\sin\beta+T)l = (N\sin\beta+T)\cdot\frac{M\vartheta^2\sin^2\alpha}{T} + mu^2\sin^2\beta.$$

$$\frac{mu^2}{R}\sin\beta l - T\sin^2\beta l + Tl = \left(\frac{mu^2}{R}\sin\beta - T\sin^2\beta + T\right)\cdot\frac{M\vartheta^2\sin^2\alpha}{T} + mu^2\sin^2\beta$$

$$\frac{mu^2}{R}\sin\beta l + Tl\cos^2\beta = \left(\frac{mu^2}{R}\sin\beta + T\cos^2\beta\right)\cdot\frac{M\vartheta^2\sin^2\alpha}{T} + mu^2\sin^2\beta.$$



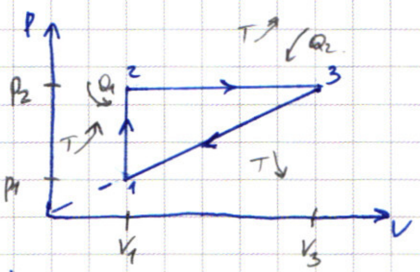
$$\frac{l-x}{x} = \frac{u\sin\beta}{\vartheta\sin\alpha}.$$

$$\left(m\frac{u^2}{R} - T\sin\beta\right)\sin\beta + \frac{3Mu_0^2}{T} = m\frac{3u_0^2}{5R}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№2



$i = 3$

1) $T = \frac{pV}{\nu R}$

$t + \frac{3}{5} - \frac{8}{5}$

1-2: $\delta Q = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R dT.$

$C = \frac{\delta Q}{\nu dT} = \frac{3}{2}R.$

2-3: $\delta Q = \Delta U + A_2 = \frac{5}{2}\nu R dT \quad c = \frac{5}{2}R.$

$A_2 = p dV = \nu R dT.$

$\Delta U =$

2) $\cancel{\delta Q}$ $Q = \frac{5}{2}\nu R \Delta T.(T_3 - T_1)$

$A_2 = p\Delta V = \nu R \Delta T \quad \frac{Q}{A} = \frac{5}{2}$

3) $A_2 = \frac{1}{2}\Delta V \Delta p. \quad \frac{1}{2}(V_3 - V_1)(p_2 - p_1) =$

$Q_1 = \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_2 - T_1)$

$\eta = \frac{1}{2}(p_3V_3 - p_1V_3 - p_2V_2 + p_1V_1) =$

$Q_2 = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

$= \frac{1}{2}(\underbrace{T_3 - T_2 + T_1}_{\cdot \nu R} - p_1V_3)$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_3}.$

$p_1V_3 = p_2V_1 = T_2.$

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

1) $T_1 = \frac{p_1V_1}{\nu R}$ $\quad T_1 = \frac{p_1V_1}{\nu R} = T_0$

$T_2 = \frac{p_2V_1}{\nu R}$ $\quad T_2 = \frac{p_2V_1}{\nu R} = \frac{p_2}{p_1}T_0$

$\eta = \frac{\frac{p_2^2}{p_1^2} + 1 - \frac{2p_2}{p_1}}{5\frac{p_2^2}{p_1^2} - 3 - 2\frac{p_2}{p_1}}$

$T_3 = \frac{p_2V_3}{\nu R}$ $\quad T_3 = \frac{p_2V_1}{\nu R}\cdot\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_2^2}{p_1^2}T_0.$

$\frac{V_3}{V_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad V_3 = \frac{p_2}{p_1}V_1.$

$\eta = \frac{x^2 - 2x + 1}{5x^2 - 2x - 3} = \frac{(a-1)^2}{5a^2 - 2a - 3} = \frac{a-1}{5a+3}.$

$\eta' = \cancel{(2a-2)(5a^2-2a-3) - (10a-2)(a^2-2a+1)}$ $\quad 5a^2 - 5a + 3a - 3 = 5a(a-1) + 3(a-1)$

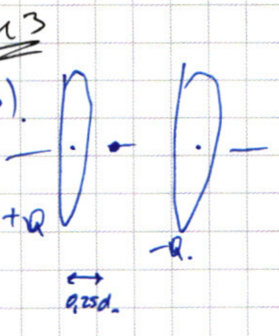
$\eta' = \frac{1(5a+3) - 5(a-1)}{(5a+3)^2} = \frac{3+5}{(5a+3)^2} = \frac{8}{(5a+3)^2}$

$\eta = \frac{1}{5}\cdot\frac{a + \frac{3}{5} - \frac{8}{5}}{5a+3} = \frac{1}{5} - \frac{8}{5(5a+3)}$

при $a \to \infty \quad \eta \to \frac{1}{5}.$

№3

3)



$E = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$

$0{,}75d = \frac{aT^2}{2}. \quad a = \frac{1{,}5d}{T^2}$

$\frac{qQ}{S\varepsilon_0} = ma \quad a = \frac{\gamma Q}{S\varepsilon_0}$

$V_1 = aT = \frac{1{,}5d}{T}$ 1)

$\frac{1{,}5d}{T^2} = \frac{\gamma Q}{S\varepsilon_0} \Rightarrow Q = \frac{1{,}5\varepsilon_0\cdot Sd}{T^2\gamma}$ 2)

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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