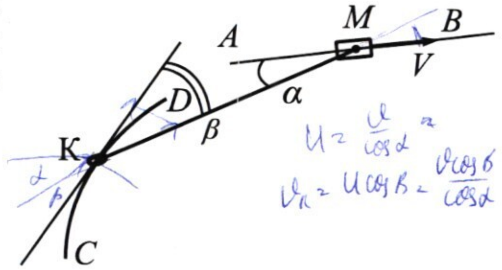
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-01

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

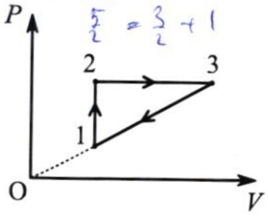
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0{,}1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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. $5/3$
2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа. $5/2$
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла. $\frac{1}{5}$



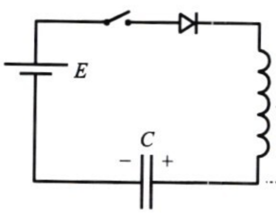
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d \ll \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная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

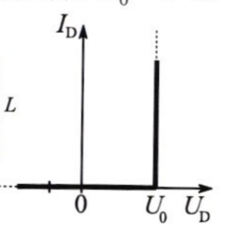
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

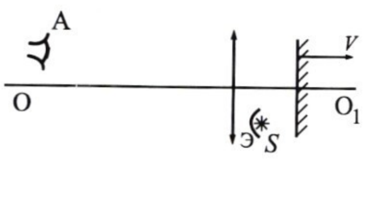
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





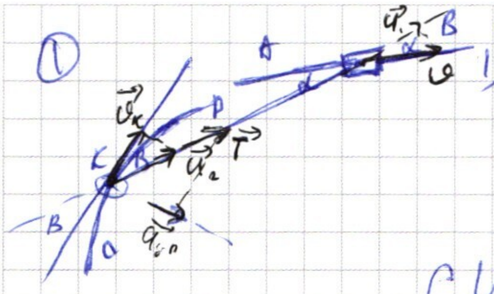
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

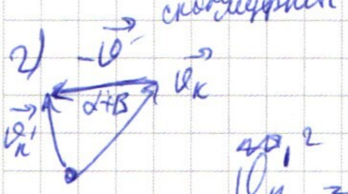


1) Т.к. нить нерастяжима, то $\vec{U_1} = \vec{U_2}$, где $\vec{U_1}$ – проекция скорости муфты на нить, $\vec{U_2}$ – проекция скорости кольца на нить.

$$\begin{cases} U_1 = \vartheta\cos\alpha \\ U_2 = \vartheta_к\cos\beta \end{cases} \Rightarrow \vartheta_к = \frac{\vartheta\cos\alpha}{\cos\beta}$$

$\vec{\vartheta_к}$ – скорость кольца. $\vartheta_к = \frac{68 \cdot 5 \cdot 15}{4 \cdot 17} = 75\ \frac{м}{с}$

2)



$\vec{\vartheta_к'}$ – скорость кольца относительно муфты.

$$\vartheta_к'^2 = \vartheta_к^2 + \vartheta^2 - 2\vartheta_к\vartheta\cos(\alpha+\beta) =$$

$$= \vartheta_к^2 + \vartheta^2 - 2\vartheta_к\vartheta(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)$$

$$(\cos\alpha\cos\beta - \sqrt{1-\cos^2\alpha}\sqrt{1-\cos^2\beta})$$

$$\vartheta_к' = \sqrt{\vartheta_к^2 + \vartheta^2 - 2\vartheta_к\vartheta(\cos\alpha\cos\beta - \sqrt{1-\cos^2\alpha}\cdot\sqrt{1-\cos^2\beta})}$$

~~$\vartheta_к' = \vartheta\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} + 1 - 2\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}(\cos\alpha\cos\beta - \sqrt{1-\cos^2\alpha}\cdot\sqrt{1-\cos^2\beta})}$~~

$$\vartheta_к' = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2\cdot 68\cdot 75\left(\frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{8}{17}\cdot\frac{3}{5}\right)} = \sqrt{5929} = 77\ \frac{м}{с}$$

3) кольцо движется по окружности

$$m\vec{a} = \vec{T}$$

$ma_{цс} = T\cos(90-\beta)$ – проекция на рад. ось.

$$m\frac{\vartheta_к^2}{R} = T\cos(90-\beta) \qquad \cos(90-\beta) = \sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta}$$

$$T = \frac{m\vartheta_к^2}{R\cos(90-\beta)} = \frac{0{,}1\cdot 75^2}{1{,}9\cdot\frac{3}{5}} = \frac{562{,}5}{1{,}14} \approx 500\ Н$$

Ответ: 1) $\vartheta_к = 75\ \frac{м}{с}$; 2) $\vartheta_к' = 77\ \frac{м}{с}$; 3) $T \approx 500\ Н$

② 1) $C_p = C_V + R$, $C_V = \frac{3}{2}R$ – т.к. газ одноатомный и идеальный; температура повышалась на 1–2 (изохор.) и 2–3 (изобар.)

$$\Rightarrow \frac{C_V}{C_p} = \frac{3\cdot 2}{2\cdot 5} = \frac{3}{5}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

2) $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$, $A = \nu R\Delta T$

$\cancel{\frac{A}{Q} = \frac{\nu R\Delta T}{\frac{5}{2}\nu R\Delta T} = \frac{2}{5}}$ $\frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2}\nu R\Delta T}{\nu R\Delta T} = \frac{5}{2}$

3) пусть $P_3 = kP_1$, тогда $V_3 = kV_1$

$$\begin{cases} P_1V_1 = \nu RT_1 & - 1 \text{ п.} \\ kP_1kV_1 = \nu Rk T_1 & - 2 \text{ п.} \\ kP_1kV_1 = \nu Rk^2T_1 & - 3 \text{ п.} \end{cases}$$

$\eta = \frac{Q_н - Q_х}{Q_х}$

$Q_н = Q_{12} + Q_{23} = \underset{изохор}{\frac{3}{2}(k-1)p_1V_1} + \underset{изобар}{\frac{5}{2}kp(k-1)V_1} =$

$= \frac{5}{2}k^2p_1V_1 - kp_1V_1 - \frac{3}{2}p_1V_1$

$Q_х = Q_{31} = \frac{3}{2}(k^2-1)T_1\nu R + \frac{k+1}{2}p_1(k-1)V_1 = 2k^2p_1V_1 - 2p_1V_1$

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

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

$k^2 - 2k + 1 = 0$ $\quad$ $5k^2 - 2k - 3 \neq 0$

$(k-1)^2 = 0$ $\quad$ $k \neq 1$ $\quad$ $k \neq -\frac{3}{5}$

$k = 1$

$+ \to k$

$-\frac{3}{5}$ $\quad$ 1

$\eta(k)$ — растет при $k \geq 1$

$\eta_{max} = \lim_{k\to\infty} \eta = \frac{1}{5} + \underbrace{\frac{\frac{8}{5}k - \frac{2}{5}}{5k^2 - 2k - 3}}_{\to 0} = \frac{1}{5}$

Ответ: 1) $\frac{c_{12}}{c_{23}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{Q}{A} = \frac{5}{2}$; 3) $\eta_{max} = \frac{1}{5}$

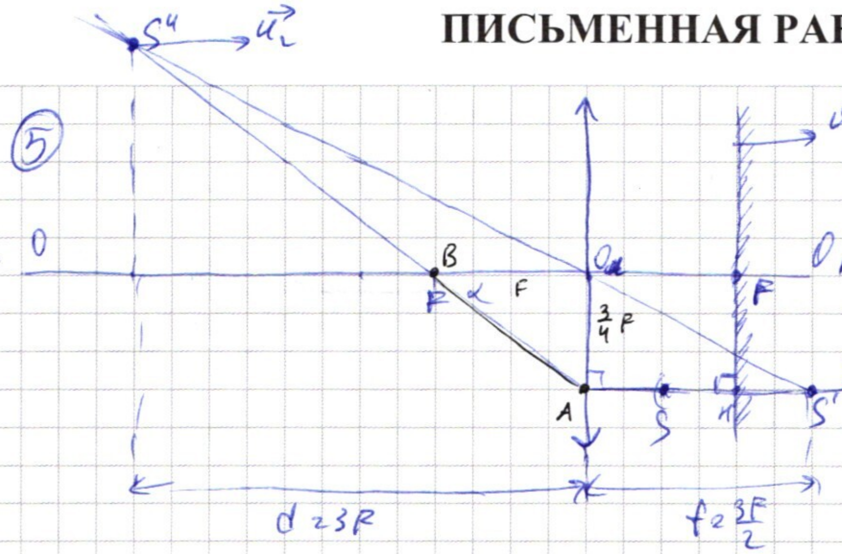
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



1) $SH = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$

S' — изображение S в зеркале

$HS' = HS = \frac{F}{2} \Rightarrow f = F + HS' = \frac{3F}{2}$

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

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

2) отразившись от зеркала луч прошел бы через (.)A в линзе и через фокус в (.)B

$OA = \frac{3}{4}F$ — расстояние от S до OO_1

$BO_л = F$ — расстояние от линз до фокуса в (.)B.

$tg\alpha = \frac{\frac{3}{4}F}{F} = \frac{3}{4}$ — изображение двигается всегда по оси AB, не только в данный.

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

3) $d = \frac{Ff}{f-F}$, найдем с какой скоростью изображение приближается к линзе, а именно во сколько раз быстрее отдаления изображения в зеркале. Мы знаем, что ~~источник~~ изображение в зеркале удаляется со скоростью 2υ (т.к. зеркало удаляется от источника со ск. υ)

$d'(f) = \left(\frac{Ff}{f-F}\right)' = -\frac{F^2}{(f-F)^2}$

$f = \frac{3F}{2}$ $\quad d'(f) = \frac{-F^2}{(0,5F)^2} = \frac{-F^2}{0,25F^2} = -4$

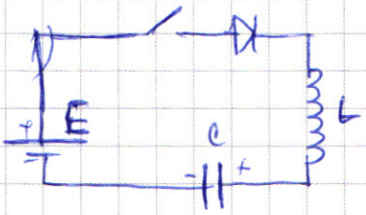
скорость изображения S'' в 4 раза больше изобр. S'

$u_2 = 4 \cdot 2\upsilon = 8\upsilon$ — горизонтальная скорость изображения

$u = \frac{8\upsilon}{\cos\alpha} = \frac{5 \cdot 8\upsilon}{4} = 10\upsilon$

Ответ: 1) $d = 3F$; 2) $tg\alpha = \frac{3}{4}$; 3) $u = 10\upsilon$

(4)



1) $E - U_1$ – напр на катушке.

$E - U_1 = L\frac{dI}{dt}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{E-U_1}{L} = \frac{9-5}{0,1} = 40\ \frac{A}{c}$

2) Катушка препятствует резкому возрастанию тока. Источник дозаряжает конденсатор до тех пор, пока его заряд не станет $\underline{U = E - U_0}$, то есть пока диод пропускает ток.

ответ на п.3. $\underline{U = 9-1 = 8B}$

q_0 – начальный заряд конденсатора

$q_0 = CU_1$

q – конечный заряд конденсатора

$q = CU = C(E-U_0)$

$\Delta q = q - q_0 = C(E-U_0-U_1)$ – заряд прошедший через источник.

ЗСЭ: $\Delta q E = \frac{LI^2}{2} + \left(\frac{C(E-U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}\right)$, где I – максимальный ток, когда диод перестает пропускать ток, и катушка запасает макс. энергии.

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

$I = \sqrt{\frac{C(E^2+U_0^2-U_1^2-2EU_0+2E-2U_0-2U_1)}{L}}$

$I = \sqrt{\frac{40\cdot10^{-6}\cdot 25}{0,1}} = 20,5\cdot10^{-3}A = \cancel{100}\ 0,1A$

Ответ: 1) $40\frac{A}{c}$; 2) $I_{max} = 0,1A$; 3) $U = 8B$

(3) скорость v_1 при вылете из конденсатора равна скорости v_2 на бесконечности, т.к. за обкладками поля нет, положительная и отрицательная обкладки гасят поля друг друга. $v_1 = v_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m\vec{a} = q\vec{E}$, где a - ускорение, которое ~~нах~~ сообщается частице

E - напряженность между обкладками конденсатора

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$, где Q заряд обкладки.

$a = \frac{q}{m}\frac{Q}{S\varepsilon_0} = \gamma\frac{Q}{S\varepsilon_0}$

$v_1 = aT \Rightarrow v_1 = \frac{\gamma Q T}{S\varepsilon_0}$ - связь v_1 и Q

$Q = \frac{v_1 S\varepsilon_0}{\gamma T}$

$E_p = \frac{kqQ}{0{,}25d} - \frac{kqQ}{0{,}75d} = \frac{2kqQ}{0{,}75d}$ $E_p \to E_k = \frac{mv_1^2}{2}$

$\frac{2kqQ}{0{,}75d} = \frac{mv_1^2}{2}$

$\frac{2kQ}{0{,}75d} = \frac{\gamma v_1^2}{2}$

$\frac{2k \cancel{v_1} S\varepsilon_0}{0{,}75d\gamma T} = \gamma\frac{v_1^{2}}{2}$

$v_1 = \frac{4kS\varepsilon_0}{0{,}75d\gamma^2 T} = v_2$

$Q = \frac{4kS\varepsilon_0 \cdot S\varepsilon_0}{0{,}75d\gamma^2 T \cdot \gamma T} = \frac{4kS^2\varepsilon_0^2}{0{,}75d\gamma^3 T^2}$

Ответ: 1) $v_1 = \frac{4kS\varepsilon_0}{0{,}75d\gamma^2 T}$; 2) $Q = \frac{4kS^2\varepsilon_0^2}{0{,}75d\gamma^3 T^2}$;

3) $v_2 = \frac{4kS\varepsilon_0}{0{,}75d\gamma^2 T}$

, где $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H}$ $\quad \sigma = \frac{Q}{S}$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$ $\quad U_1 = \frac{Q}{S\varepsilon_0} d\,T \quad U \sim Q$

3.2

$\frac{dI}{dt} = ?$ $\quad U_1 = L\frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - U_1$

4.1

$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L} = \frac{4}{0{,}1} = 40\,\frac{A}{c}$

$P_1V_1 = \nu R T_1$ $\quad \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_3}{V_3}$

$kP_1kV_1 = \nu R kT_1$ $\quad P_1V_3 = P_3V_1$

$kP_1kV_1 = \nu R k^2T_1$

$P_3 = kP_1$

$V_3 = kV_1$

$\eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H}$

$Q_H = \frac{3}{2}(k-1)P_1V_1 + \frac{5}{2}kP_1(k-1)V_1 = \frac{3}{2}kP_1V_1 - \frac{3}{2}P_1V_1 + \frac{5}{2}k^2P_1V_1 - \frac{5}{2}kP_1V_1$

$Q_x = \frac{3}{2}(k^2-1)\underset{\nu R}{T_1} + \frac{k+1}{2}P_1(k-1)V_1 = \frac{3}{2}k^2P_1V_1 - \frac{3}{2}P_1V_1 + \frac{1}{2}k^2P_1V_1 - \frac{1}{2}P_1V_1$

P_1V_1

$Q_H = \frac{5}{2}k^2P_1V_1 - kP_1V_1 - \frac{3}{2}P_1V_1$

$Q_x = 2k^2P_1V_1 - 2P_1V_1$

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

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

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

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

$$= \frac{10k^3-14k^2-2k+6-10k^3+22k^2-14k+2}{(5k^2-2k-3)^2} =$$

$$= \frac{8k^2-16k+8}{(5k^2-2k-3)^2} = 0$$

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

$D = 16-4\cdot2\cdot1 = 8$ $\qquad k \neq 1$ т.к. $5k^2-2k-3=0$ недоп

$k \to \infty$

$\lim\limits_{k\to\infty} D =$

$\lim\limits_{k\to\infty} D = \frac{1}{5} + \frac{\frac{8}{5}k-\frac{8}{5}}{5k^2-2k-3} = \frac{1}{5}$

$\to 0$

$$\begin{array}{r|l} k^2-2k+1 & 5k^2-2k-3 \\ k^2-\frac{2}{5}k-\frac{3}{5} & \frac{1}{5} \\ \hline -\frac{8}{5}k-\frac{8}{5} & \end{array}$$

$(k-1)(5k+3)$

$qU =$ $\quad U = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$

$C = qU =$

$$\frac{LE^2}{2} = \frac{C}{2}(2E-2U_0-2U_1+E^2-2EU_0+U_0^2-U_1^2)$$

$F =$

$40(81+1-25-90+18-2-10)$

$100-$ $\qquad -25$

☑ 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)»

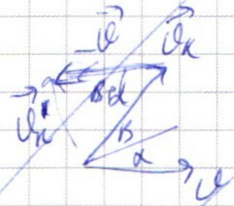
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q = \nu R T$

① 1) $u = \frac{v}{\cos\alpha}$, u – проекция v на нитку

$v_k = u\cos\beta$, скорость кольца.

2)



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

$v_k'^2 = v_k^2 + v^2 - 2 v_k v \cos(\beta+\alpha)$

3) $ma = T$

$m a_{ц} = T\cos(90-\beta) = T\sin\beta$

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

$\frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$ $C_p = C_v + R$ $C_v = \frac{3}{2}R$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$

$E_p = \frac{kqQ}{0{,}25d} + \frac{kqQ}{0{,}75d} = \frac{4kqQ}{0{,}75d}$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{4kqQ}{0{,}75d}$ $v = \sqrt{\frac{8qkQ}{0{,}75d}}$

$F = qE$

$ma = F = qE$

$a = \gamma E$

$0{,}25d = \frac{at^2}{2}$

$v = at = \gamma E t$

$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ $Q = CU$

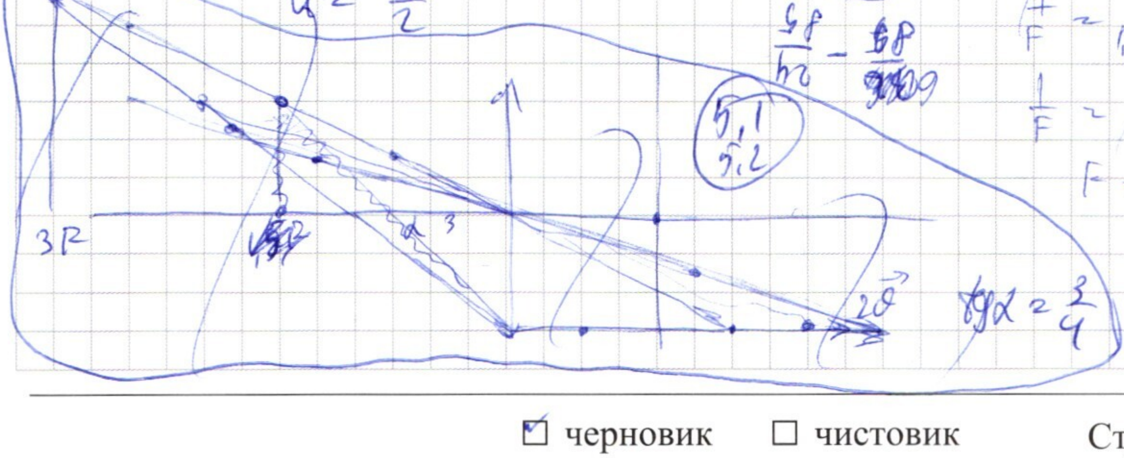
$U = \frac{q_0}{2}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{1{,}5R} + \frac{1}{1{,}5F} =$

$\frac{1}{F} = \frac{1{,}5R + 1{,}5R}{2{,}25R^2} = \frac{2}{}$

$F = \frac{2{,}25R}{3}$

$\frac{3 \cdot 1{,}5}{4{,}5} =$



$tg\alpha = \frac{3}{4}$

$5625 + 4624 - 4320$

5929 304

647225 289

68 136 272 17 1904 272 4624 : 25 = 61,6

61·75

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$1{,}5d + Udt$

$$\frac{1}{1{,}5F - 2Udt} + \frac{1}{3F + Udt} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{3F - Udt + 1{,}5F + 2Udt}{4{,}5F - 1{,}5FUdt + 6FUdt - 2UUdtdt} = \frac{1}{F}$$

$$\eta = \frac{Q_X - Q_H}{Q_X} =$$

$$\begin{cases} P_0V_0 = \nu RT_0 \\ P_1V_0 = \nu RT_1 \\ P_1V_2 = \nu RT_2 \end{cases}$$

$$\frac{P_0V_0}{V_0} = \frac{P_1}{V_2}$$

$$Q_H = \frac{3}{2}(P_1 - P_0)V_0 + \frac{5}{2}P_1(V_2 - V_0)$$

$$A = \frac{(P_1 - P_0)(V_2 - V_0)}{2}$$

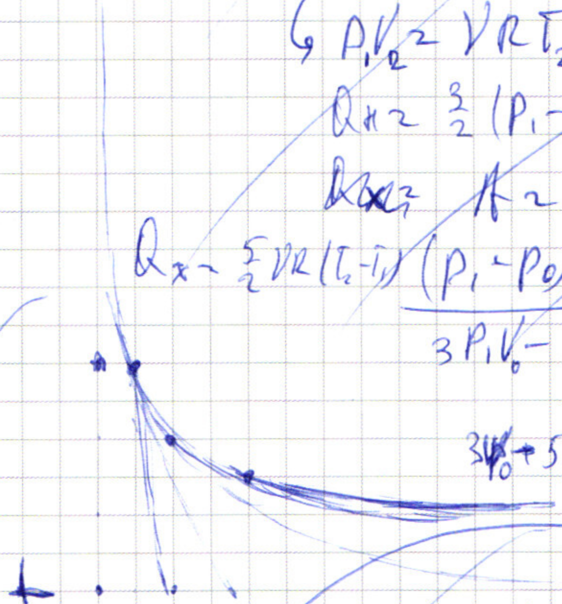
$$\eta = \frac{A}{Q_H}$$

$$Q_X = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_1) \quad \frac{(P_1 - P_0)(V_2 - V_0)}{3P_1V_0 - 3P_0V_0 + 5P_1V_2 - 5P_1V_0}$$

$$\frac{P_0V_2}{}$$

$$\frac{1}{1{,}5F + 2K}$$

$3V_0 + 5V_2$



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

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

$$F'(f) = \frac{(fd)'(f+d) - fd(f+d)'}{(f+d)^2} = \frac{d(f+d) - fd}{(f+d)^2}$$

$F' = 0 \quad F'(f) =$

$F'(f) =$

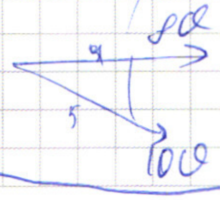
5.3

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

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

$$d'(f) = \frac{(Ff)'(f-F) - Ff(f-F)'}{(f-F)^2} = \frac{Ff - F^2 - Ff}{(f-F)^2} = \frac{-F^2}{(f-F)^2} = \frac{-F^2}{(0{,}5F)^2} = \frac{-F^2}{0{,}25F^2} = -4$$

$4U = 8\vartheta$



☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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