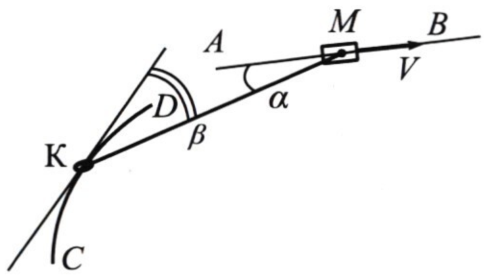
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

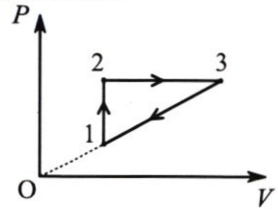
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0{,}1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



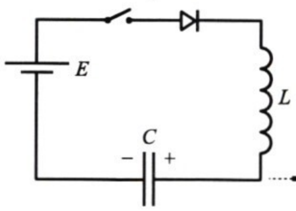
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная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

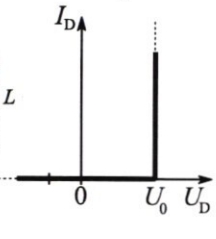
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

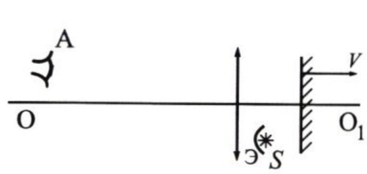
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





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 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.

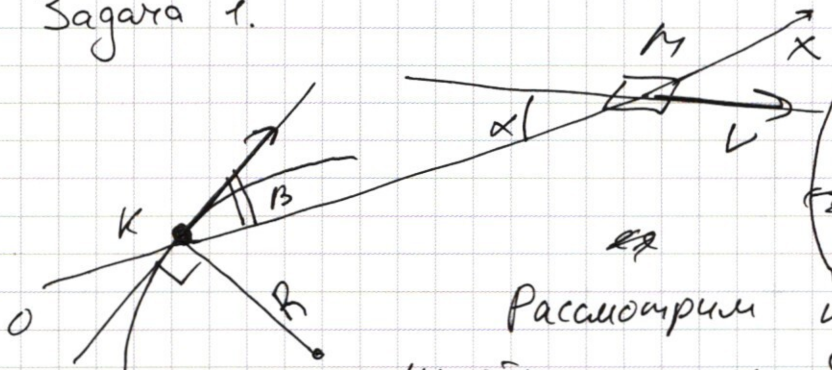


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

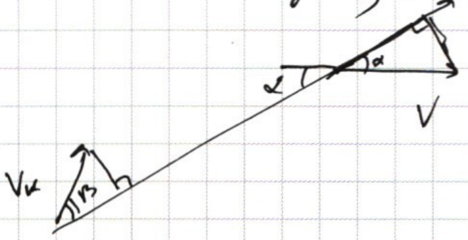
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



(Заметим что т.к. кольцо движется по ~~окр-ти~~ дуге, то её скорость направлена по касательной к дуге)

Рассмотрим проекции скоростей муфты и кольца ($V_к$) на ось соединяющей их нити. Нить нерастяжима и натянута, поэтому



$$\underbrace{V_к \cos\beta}_{\text{проекция}} = \underbrace{V \cos\alpha}_{\text{проекция}}$$

проекция $V_к$ на ось, направл. вдоль нити (ось ox)

проекция $\bar{V}$ на эту же ось

$$\Rightarrow V_к = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{68 \cdot \frac{15}{17}}{\left(\frac{4}{5}\right)} \frac{см}{с} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 5}{4} \frac{см}{с} =$$

$= 75$ см/с

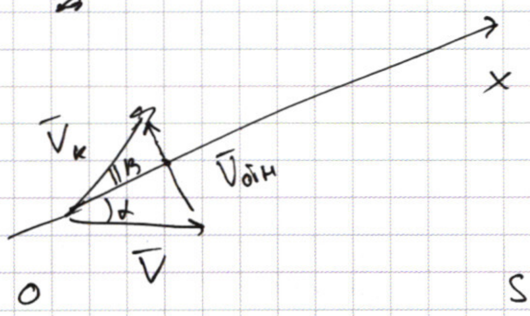
$\boxed{\text{1) Ответ: 75 см/с.}}$

$V_{отн}$ – скорость кольца отн. муфты

$\bar{V}_{отн} = \bar{V}_к - \bar{V}$

Заметим, что если рассм. проекции $V_к$ и V на ось ox, они сократятся, поэтому $\bar{V}_{отн}$ перпендикулярна оси ox

~~3~~



$V_{отн} = V_к \sin\beta + V \sin\alpha$

(если рассм. проекцию на ось, перп. оси Ox)

$\sin\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{\sqrt{2 \cdot 32}}{17} =$

$= \frac{8}{17}$

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

$V_{отн} = 75 \cdot \frac{3}{5} \frac{см}{с} + 68 \cdot \frac{8}{17} \frac{см}{с} = 45 + 32 \frac{см}{с} = 77 \frac{см}{с}$

2) Ответ: 77 см/с.

Перейдем в систему отсчета муфты. В ней кольцо движется по ~~кольцу~~ окр. радиуса l со скоростью $V_{отн}$.

Тогда запишем 2ЗН:

$ma = T$, где T – сила натяжения нити

~~$a = 2a_ц$~~ a – центростремительное в данном случае уск.

поэтому $a = \frac{V_{отн}^2}{l}$

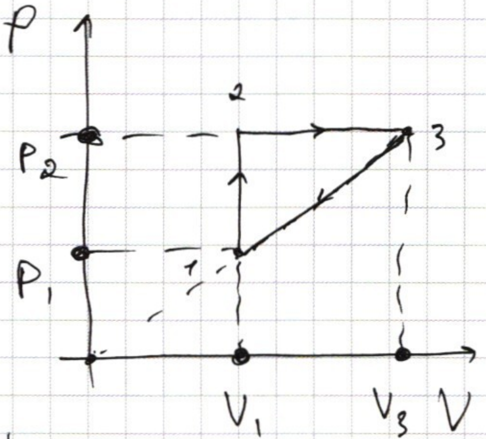
$T = \frac{m V_{отн}^2}{l} = \frac{0{,}1\ кг \cdot (77)^2 \cdot 10^{-4} \frac{м^2}{с^2}}{\frac{5}{3} \cdot 1{,}9\ м} \approx$

$\approx \frac{17787}{95} \cdot 10^{-4}\ Н \approx 1{,}87 \cdot 10^{-6}\ Н$

3) Ответ: $1{,}87 \cdot 10^{-6}\ Н$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.



P_1, V_1 – давление и объем газа в точке 1

P_2 – давление газа в точке 2

V_3 – объем газа в точке 3

T_1, T_2, T_3 – температура в точках 1, 2, 3 соотв.

процесс 1–2 изохорический; процесс 2–3 изобарический

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3}$$

(т.к. давление на этом участке имеет вид $P = \alpha V$ (α – положит. действ. число))

$$PV = \nu RT$$

$\Rightarrow P_1V_1 = \nu RT_1$; $P_2V_1 = \nu RT_2$; $P_2V_3 = \nu RT_3$

$P_2 > P_1$; $V_3 > V_1$

$P_2V_1 > P_1V_1 \Rightarrow \nu RT_2 > \nu RT_1 \Rightarrow T_2 > T_1$

аналогично $T_3 > T_2$

Тогда на участках 1-2 и 2-3 температура газа повышалась, а на участке 3-1 – понижалась

$C_{м12}$ – молярная теплоемкость на участке 1–2, $C_{м23}$ – на участке 2-3

$$C_{M12} = \frac{Q_{12}}{\nu(T_2-T_1)},$$ где Q_{12} – ~~пост~~ теплота, поступивш. в систему на участке 1-2

$$C_{M23} = \frac{Q_{23}}{\nu(T_3-T_2)},$$ где Q_{23} – теплота на участке 2-3

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ (ΔU_{12} – изм. внутр. энергии, A_{12} – работа ~~газ~~ газа на уч. 1-2)

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$ (аналог. ΔU_{23} – изм. внутр. эн. газа на 2-3. A_{23} – работа)

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$ (т.к. газ одноатомный)

A – площадь под ~~гр~~ ~~P-V~~ PV – графиком

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

$$Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \underbrace{P_2(V_3 - V_1)}_{A_{23}} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) +$$

$$+ P_2V_3 - P_2V_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \underbrace{\nu R T_3 - \nu R T_2}_{A_{23}} =$$

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

$$C_{M12} = \frac{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)}{\nu(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2}R$$

$$C_{M23} = \frac{\frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)}{\nu(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}R \qquad \frac{C_{M12}}{C_{M23}} = \frac{3}{5}$$

$\boxed{\text{1) Ответ: } 0{,}6}$

2-3 - изобарный процесс

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

$\boxed{\text{2) Ответ: 2,5.}}$

~~Q12~~ На участках 1-2 и 2-3 тепло система ~~на~~ получает

$$\left(Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\underbrace{(T_2-T_1)}_{>0} > 0;\ Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R\underbrace{(T_3-T_2)}_{>0} > 0 \right)$$

а на участке 3-1 отдает:

$$Q_{31} = \underbrace{\Delta U_{31}}_{\text{изм. внутр. эн. газа}} + \underbrace{A_{31}}_{\text{работа газа}} = \frac{3}{2}\nu R\underbrace{(T_1-T_3)}_{<0} + \underbrace{\frac{(V_1-V_3)(P_1+P_2)}{2}}_{<0} =$$

$$= \frac{3}{2}\nu R(T_1-T_3) + \frac{V_1P_1 - V_3P_1 + P_2V_1 - P_2V_3}{2}$$

$P_1V_1 = \nu RT_1$

$P_2V_1 = \nu RT_2$

$P_2V_3 = \nu RT_3$

$$P_1V_3 = P_1V_1\cdot\frac{V_3}{V_1} = \nu RT_1\cdot\frac{P_2V_3}{P_2V_1} = \nu RT_1\cdot\frac{\nu RT_3}{\nu RT_2} = \nu R\frac{T_1\cdot T_3}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2};\quad \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3};\quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\Rightarrow P_1V_3 = \nu R\frac{T_2}{T_3}\cdot T_3 = \nu RT_2$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + \frac{\nu R T_1 - \nu R T_2 + \nu R T_2 - \nu R T_3}{2} =$$

$$= 2\nu R(T_1 - T_3)$$

$$\eta = \left(1 - \frac{|Q_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}}\right) \cdot 100\% =$$

кпд. цикла

$$\cancel{= R = 2\nu R(T_1 - T_3)}$$

$$= \left(1 - \frac{2\nu R(T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)}\right) 100\% =$$

$$= \left(1 - \frac{4(T_3 - T_1)}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2}\right) 100\% =$$

$$= \left(1 - \frac{4(T_3 - T_1)}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}\right) 100\%$$

η ~~на~~ максимально, когда $\frac{4(T_3 - T_1)}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$ минимально,

а минимальное ~~знач~~ оно, когда $\frac{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}{4(T_3 - T_1)}$ максимально

$$\frac{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}{4(T_3 - T_1)} = \frac{3}{4} + \frac{2(T_3 - T_2)}{4(T_3 - T_1)} = \frac{3}{4} + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1}$$

максимально оно, когда $\frac{1}{2}\frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1}$ минимально, а т.к. $T_2 \geq T_1$, то ~~это~~ предельное значение $T_2 = T_1$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

если $T_2 = T_1$, то $P_1V_1 = \nu RT_1 = \nu RT_2 = P_2V_1$

$P_1 \neq P_2 \Rightarrow V_1 = 0 \Rightarrow T_1 = T_2 = 0$

$\Rightarrow P_1 = 0$ (т.к. $P_1 = \alpha V_1$)

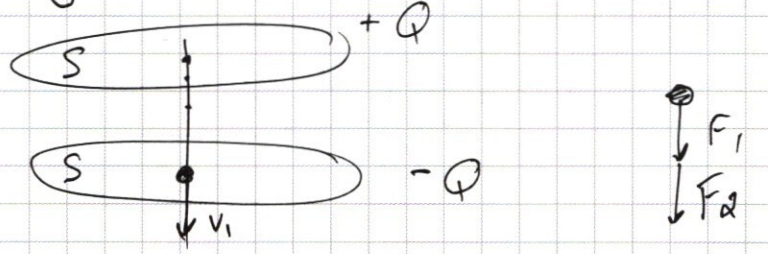
тогда

$$\eta = \left(1 - \frac{4(T_3 - T_1)}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}\right) 100\% = \left(1 - \frac{4}{5}\right) 100\% =$$

$= 20\%$

3) $\boxed{\text{Ответ: } 20\%}$

Задача 3.



Для пл-ти с плотностью заряда σ: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Посмотрим, какие силы F_1 и F_2 действуют на частицу со стороны каждой из обкладок.

E между обкладками: $E = \underbrace{E_1}_{\text{от первой обкладки}} + \underbrace{E_2}_{\text{от второй обкладки}} =$

$= \frac{Q}{2S\varepsilon_0} + \frac{Q}{2S\varepsilon_0} = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$

$F = F_1 + F_2$; $F = qE = \frac{qQ}{S\varepsilon_0}$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{qQ}{\varepsilon_0 S m} = \frac{\gamma Q}{\varepsilon_0 S}$$

$$V_1 = \frac{aT^2}{2} = \frac{\gamma Q T^2}{2\varepsilon_0 S}$$

Запишем ЗСЭ:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = -\dfrac{\Delta \varphi}{\Delta x} \\ \text{перемещ.} \\ w = \varphi \cdot q \end{array} \right.$$

$$\underbrace{W_k}_{\text{Энергия конд.}} + E \cdot d \cdot q = W_k + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{qdQ}{S\varepsilon_0}$$

~~$mv_1^2 = 2$~~

получаем систему

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = \dfrac{\gamma Q T^2}{2\varepsilon_0 S} \\ v_1^2 = 2\dfrac{\gamma dQ}{S\varepsilon_0} \end{array} \right.$$

$$\boxed{v_1^2 = \frac{2\gamma d}{S\varepsilon_0} \cdot \frac{V_1 2\varepsilon_0 S}{\gamma T^2} = \frac{4d}{T^2}}$$

$$V_1 = \frac{2\sqrt{d}}{T}$$

1) Ответ: $\frac{2\sqrt{d}}{T}$

$$Q = \frac{4d}{T^2} \cdot \frac{S\varepsilon_0}{2\gamma d} = \frac{2S\varepsilon_0}{\gamma T^2}$$

2) Ответ: $\frac{2S\varepsilon_0}{\gamma T^2}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

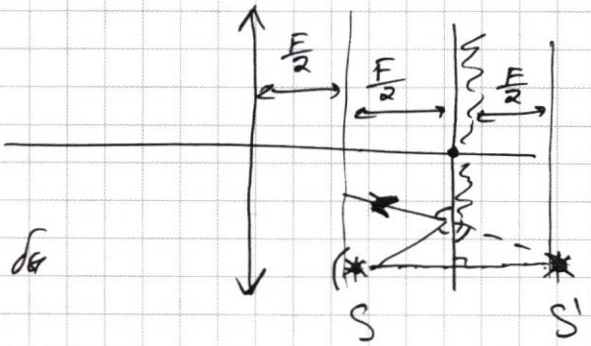
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Заметим, что когда частица вылетит за обкладки конденсатора, E станет равным 0, т.е. F станет равной 0, т.е. a станет равным 0, т.е. частица будет двигаться с пост. скоростью V,

$$\boxed{3)\ \text{Ответ: } \frac{2\sqrt{d}}{T}.}$$

Задача. 5.

Заметим, что лучи, ~~к~~ которые выходят из зеркала будут как бы ~~как~~ выходить из ~~т.~~ точки S' (полученной симм. отраж. т. S отн. зеркала)



~~т. S' буде~~

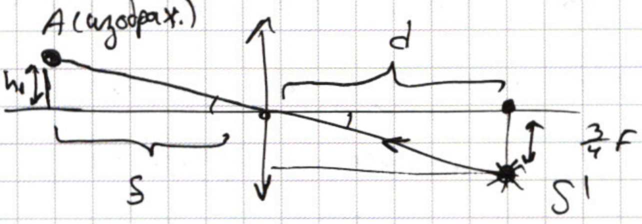
Точка S' находится на расст. $\frac{3F}{2}$ от пл-ти линзы

$d = \frac{3F}{2}$ $\quad \cancel{\frac{1}{d}+\frac{1}{F}=\frac{1}{S}}$ $\quad \frac{1}{d}+\frac{1}{S}=\frac{1}{F}$ (S - расст. до изображ.)

$\frac{2}{3}\frac{1}{F}+\frac{1}{S}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{S}=\frac{1}{3F} \Rightarrow S=3F$

$\boxed{\text{1) Ответ: } 3F.}$

Найдем рассм. от оси h_1, на котором будет находиться изображение.



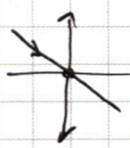
Из подобия треугольников

$$\frac{h_1}{\frac{3}{4}F} = \frac{s}{d}$$

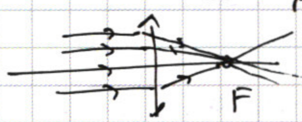
$$h_1 = \frac{(3F)}{\left(\frac{3F}{2}\right)} \cdot \frac{3}{4}F =$$

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

Св-ва соб. линзы



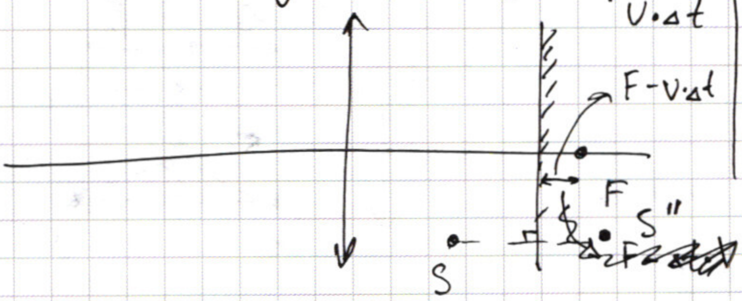
луч, проход. через опт. центр, не преломл.



лучи, шедшие паралл друг другу и паралл. гл. опт. оси ~~через~~ пройдут через фокус.

Рассм. небольш. пром. времени Δt.

За это время зеркало сдвинулось на расст. $V \cdot \Delta t$



$$\underbrace{d_2}_{\substack{\text{расст. от новой} \\ \text{т. S'' до пл-ти линзы} \\ \text{(S'' симм. S отн. зеркала)}}} = \frac{F}{2} + 2 \cdot \underbrace{\left(F - V\Delta t - \frac{F}{2}\right)}_{\substack{\text{расст. от} \\ \text{S до зеркала}}} = \frac{3}{2}F - 2V\Delta t$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$$, где f_2 - расст. от нового изображ. до пл-ти линзы

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_2} = \frac{\frac{3}{2}F - 2V\Delta t - F}{F\left(\frac{3}{2}F - 2V\Delta t\right)} = \frac{\frac{F}{2} - 2V\Delta t}{F\left(\frac{3}{2}F - 2V\Delta t\right)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S_2 = \frac{F(3F - 4V\Delta t)}{F - 4V\Delta t}$$

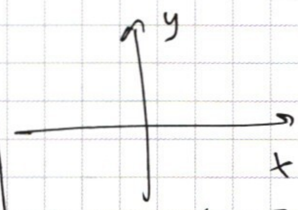
$$S_2 = \frac{F d_2}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t}$$

аналогично найдем расст. от нового изображ. до гл. опт. оси:

$$\frac{h_2}{S_2} = \frac{\frac{3}{4}F}{d_2}$$

$$h_2 = \frac{S_2}{d_2}\,\frac{3}{4}F = \frac{F d_2}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t} \cdot \frac{3}{4}F \cdot \frac{1}{d_2} =$$

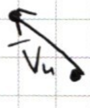
$$= \frac{\frac{3}{4}F^2}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t}$$



(Ось x парал. гл. опт. оси
ось y парал. линзе;
0 находится в опт. центре)

$A_2 \to$ 2 изображ.

$A_1 \to$ 1 изображ.



$V_{\text{изобр}}$

проекция ск. изобр. на ось x

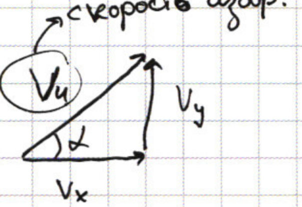
$$V_x = \frac{S_2 - S}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t}\left(\frac{F(3F - 4V\Delta t)}{F - 4V\Delta t} - \frac{3}{2}\,3F\right) = \frac{1}{\Delta t}F\left(\frac{3F - 4V\Delta t - 3F + 12V\Delta t}{F - 4V\Delta t}\right) =$$

$$= F\,\frac{8V}{F - 4V\Delta t}$$

проекция ск. изобр. на ось y.

$$V_y = \frac{h_2 - h_1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t}\left(\frac{\frac{3}{4}F^2}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t} - \frac{3}{2}F\right) =$$

$$= \frac{1}{\Delta t}\,\frac{3}{2}F\left(\frac{\frac{F}{2} - \frac{F}{2} + 2V\Delta t}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t}\right) = \frac{3}{2}F\,\frac{2V}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t} = \frac{3FV}{\frac{F}{2} - 2V\Delta t}$$



$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{3FV\cancel{\Delta t}}{\frac{F}{2}-2V\Delta t}\cdot\frac{F-4V\Delta t}{F\cdot 8V\cancel{\Delta t}} =$$

$$= \frac{3\cdot 2}{8} = \frac{3}{4}$$

$$\boxed{2)\ \text{Ответ: } \operatorname{arctg}\left(\tfrac{3}{4}\right).}$$

$$V_u = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{\frac{9F^2V^2\cancel{\Delta t^2}}{\left(\frac{F}{2}-2V\Delta t\right)^2} + \frac{64F^2V^2\cancel{\Delta t^2}}{4\left(\frac{F}{2}-2V\Delta t\right)^2}} =$$

$$= \frac{FV\cancel{\Delta t}}{\frac{F}{2}-2V\Delta t}\sqrt{9+16} = \frac{5FV\cancel{\Delta t}}{\frac{F}{2}-2V\Delta t} =$$

$$= \frac{5FV}{\left(\frac{F}{2}\right)} \quad \left(\text{при } \Delta t \to 0\right)$$

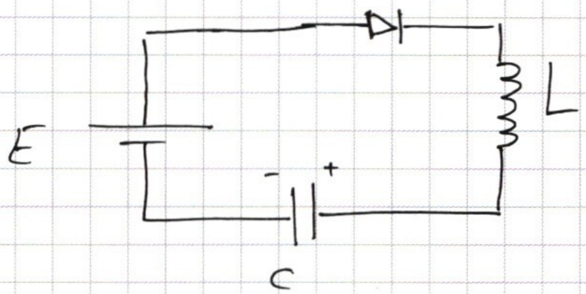
$$V_u = 10V \qquad \boxed{3)\ \text{Ответ: } 10V}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.



В начальный момент времени тока в цепи нет. И заряд на конденсаторе не успел поменяться.

$C = 40$ мкФ
$U_1 = 5$ В
$E = 9$ В
$L = 0,1$ Гн

$q_1 = CU_1$

$$E \underbrace{- L\dot{I}}_{\varepsilon_i} = U_D + U_1$$

$$L\dot{I} = E - U_D - U_1$$

$$\dot{I} = \frac{E - U_D - U_1}{L}$$

В начальный момент времени $U_D = 0$

$$\Rightarrow \dot{I} = \frac{9В - 5В}{0,1 Гн} = 40 \frac{А}{с}$$

1) Ответ: $\cancel{40 \frac{А}{с}}$ $40 \frac{А}{с}$.

2) Когда I – макс.

$\dot{I} = 0$ или $L\dot{I}$ принимает одно из крайних значений отрезка, ~~на, котором~~ допустимых значений

$\dot{I} \neq 0$ т.к. $E > U_D + U_1$ ($4В > U_0$ – макс. знач. для U_D)

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$\left[\begin{array}{l} L\dot{I}_{\cdot} = 4B \longrightarrow \text{тут ток мин.} \\ L\dot{I} = \cancel{8}3B \longrightarrow \Rightarrow \text{тут ток. макс.} \end{array}\right.$$

~~Em~~

$$W_0 = \frac{CU_1^2}{2}$$

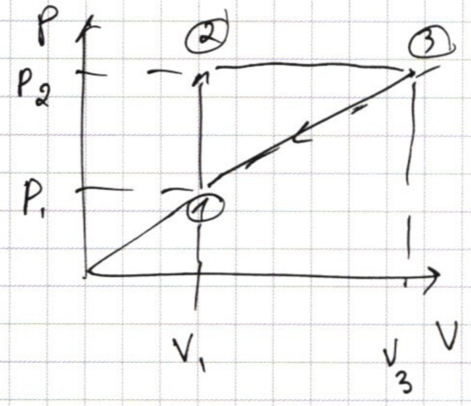
$$W_2 = \frac{CU_2^2}{2}$$

(когда напр. на конд. уст. он зарядился)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$P_2 V_1 = \nu R T_2$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{V_1}{V_3} = \frac{P_1}{P_2}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2}{T_3}$

$T_1 \cdot T_3 = T_2^2$

$P_2 V_1 = \nu R T_2$

$P_2 V_3 = \nu R T_3$

$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$

$\frac{P_1 V_3}{P_2 V_1} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_3}{T_2}$

$P_1 V_3 = \nu R T_2 \frac{T_1 T_3}{(T_2)^2} = \nu R \frac{T_1 T_3}{T_2}$

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$

$C_м = \frac{\Delta Q}{\Delta T \nu}$

1-2 и 2-3

$Q_{12} = U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + 0$

$Q_{23} = U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + (V_3 - V_1) P_2 =$

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

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

$C_{12м} = \frac{3}{2} R$

$C_{23м} = \frac{5}{2} R$

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

$\frac{C_{12м}}{C_{23м}} = \boxed{\frac{3}{5}}$

$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2}}{1} = \frac{5}{2}$

$\eta = 1 - \frac{|Q_{отд}|}{|Q_{получ}|}$

$Q_{получ.} = Q_{12} + Q_{23}$ $\quad |Q_{отд}| = Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \frac{(V_1 + V_3)(P_1 - P_2)}{2} =$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$= \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + \frac{(V_1 + V_3)(P_1 - P_2)}{2} = $$

$$\frac{P_1V_1 + P_1V_3 - P_2V_1 - P_2V_3}{2} = \frac{\nu RT_1 + P_1V_3 - \nu RT_2 - \nu RT_3}{2} =$$

$$= \cancel{\frac{\nu RT_1 + \nu R\frac{T_1T_3}{T_2} - \nu RT_2 - \nu RT_3}{2}} =$$

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

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

$$= \frac{\nu RT_1 + \nu RT_2 - \nu RT_2 - \nu RT_3}{2} =$$

$$= \frac{\nu R(T_1 - T_3)}{2}$$

$\cancel{T_1T_3}$

$T_1T_3 = T_2^2$

$(T_1+T_3)^2 - T_1^2 - T_3^2 = 2T_1T_3$

$$= \cancel{5/4}\ 2\nu R(T_1 - T_3)$$

$$\eta = 1 - \frac{|2\nu R(T_1 - T_3)|}{\left|\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)\right|}$$

$$\frac{2(T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1 + \frac{5}{2}T_3 - \frac{5}{2}T_2} = \frac{4(T_3 - T_1)}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2} =$$

$\cancel{2(T_1 - T_3) + 2(T_3 - T_2)}$

$\cancel{T_1 - T_3 - 2T_3 + 2T_2}$

$1 +$

$4.$

$\times$ min

$\Rightarrow$ ~~[illegible]~~ $T_1 - T_3$ min

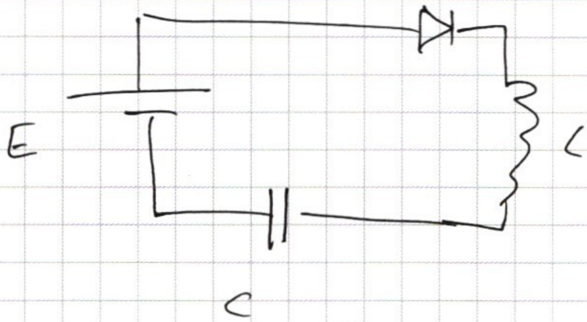
$\cancel{5T_3 - 3T_1 - 2T_1}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$q_1 = U_1 C.$



$$E = U_0 - L\dot{I} + U_1$$

9 В　　　　　5 В

~~если~~ ~~$U_0 = 1В$~~

$$E = U_0 - L\dot{I} + U_1$$

$$L\dot{I} = U_0 + U_1 - E = -3В$$

I

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

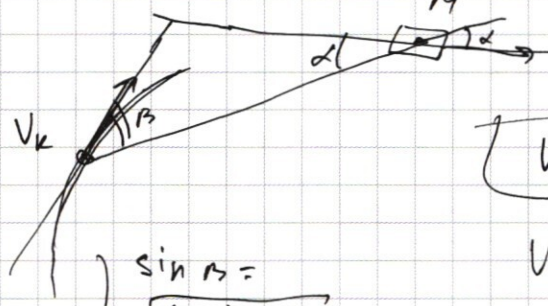
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V = 68$ см/с



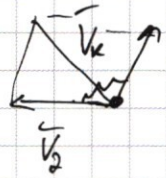
$\frac{77\cdot77}{3} = 26\cdot77 = 1400+140+420+42 = 2002$

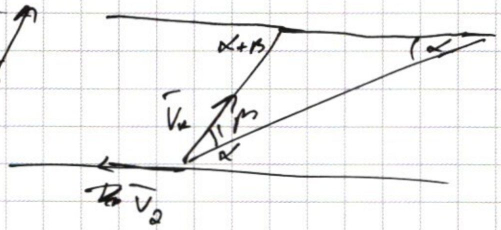
$$\boxed{V_к \cos\beta = V\cos\alpha}$$

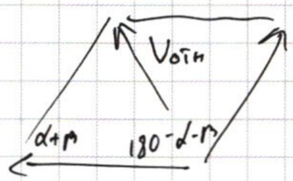
$$V_к = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{68\cdot\frac{15}{17}}{\left(\frac{4}{5}\right)} = \frac{4\cdot15\cdot5}{4} = 15\cdot5\ \text{см/с} = 75\ \text{см/с}$$

$$\sin\beta = \sqrt{\frac{(5-4)(5+4)}{5^2}} = \frac{3}{5}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{(17-15)(17+15)}{17^2}} = \sqrt{\frac{2\cdot32}{17^2}} = \frac{8}{17}$$







$$V_{отн}^2 = V_к^2 + V^2 - 2V_к\cdot V\cos(\alpha+\beta)$$

$$V_{отн}^2 = 75^2 + 68^2 - 2\cdot68\cdot75(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta) =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2\cdot68\cdot75\left(\frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17}\right) =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2\cdot4\cdot15(70-24) = 75^2+68^2 - 2\cdot4\cdot15\cdot46 =$$

$$= 15(350+25-8\cdot46) + 68^2 = 15(375-320-48)+68^2 =$$

$$= 15(55-48) + 68^2 = 15\cdot7 + 68^2$$

$$17^2\cdot16 + 16\cdot7 - 7 = 16(170+70+49+7) - 7 =$$

$$= 16(289+7) - 7 = 16(296) - 7 = 14\cdot296 + 2\cdot296 - 7 =$$

$$= 7(3\cdot400+180+12-1) + 400+180+12 =$$

$$= 7\cdot591 + 592 = 3500+630+7+592 = 4000+700+29 = 4729$$

$$23^2 = 4600 + 69$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$V_{отн} = V_к \sin\beta + V\sin\alpha = 75\cdot\frac{3}{5} + 68\cdot\frac{8}{17} =$

$= 45 + \frac{68\cdot 8}{17} = \frac{450+50+35+480+64}{17}$ $= 15\cdot3+4\cdot8 = 45+32 = \boxed{77}$

$= \frac{900+35+80+64}{17} = \frac{1000+35+44}{17} = \frac{1079}{17}$

$\cos(\alpha+\beta) = \left(\frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{8}{17}\cdot\frac{3}{5}\right) = \frac{1}{17\cdot5}(60-24) =$

$= \frac{36}{17\cdot5}$

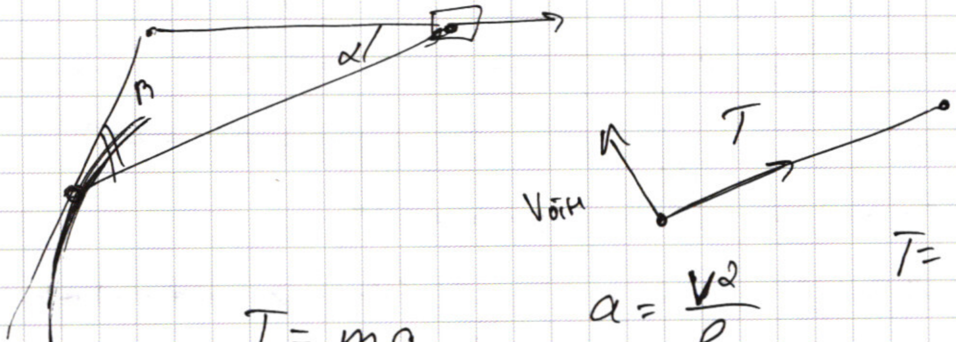
$75^2+68^2 - 2\cdot75\cdot68\cdot\frac{36}{17\cdot5} = 75^2+68^2-2\cdot15\cdot4\cdot36 =$

$= 15\cdot3(5^3-2\cdot4\cdot12) + 68^2 = 15\cdot3(125-96)+68^2 =$

$= 15\cdot3\cdot29 + 68^2$

$(77-68)(77+68) = 9\cdot145 = 9\cdot5\cdot29$

$l = \frac{5R}{3} = \frac{5\cdot1,9}{3}$



$\frac{\frac{м^2}{с^2}\cdot кг}{м}$

165
137

$T = ma$ $\quad a = \frac{V^2}{l}$ $\quad T = \frac{mv^2}{l} =$

147
147
1617
1617
17787

$= \frac{0,1\cdot77^2\cdot10^{-4}\cdot3}{5\cdot1,9} =$

$= \frac{77^2\cdot3}{5\cdot19}\cdot10^{-4} = \frac{121\cdot147}{5\cdot19}\cdot10^{-4} = \frac{17787}{95}\cdot10^{-4} \approx \frac{3557}{19}\cdot10^{-4} \approx 187\cdot10^{-4} =$
$= 1,87\cdot10^{-6}$ Н

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{1}{x}$ max

$$\frac{3(T_3-T_1)+2(T_3-T_2)}{4(T_3-T_1)} = \frac{3}{4} + \frac{1}{2}\,\frac{T_3-T_2}{T_3-T_1}$$

$$\underset{max}{\frac{T_3-T_2}{T_3-T_1}} = \frac{T_3-\sqrt{T_1T_3}}{T_3-T_1} = \frac{\sqrt{T_3}(\sqrt{T_3}-\sqrt{T_1})}{(\sqrt{T_3}-\sqrt{T_1})(\sqrt{T_3}+\sqrt{T_1})} =$$

$$= \frac{\sqrt{T_3}}{\sqrt{T_3}+\sqrt{T_1}} \quad \text{max} \qquad T_1T_3 = T_2^2$$

$$\Rightarrow \underset{min}{\frac{\sqrt{T_3}+\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_3}}} \; \cancel{min} = 1 + \underset{min}{\frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_3}}}$$

$$\cancel{\sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}}$$

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = \sqrt{\frac{P_1V_1}{P_2V_3}} \quad \text{min когда } P_1V_1 = 0$$

$$\Rightarrow T_1 = 0$$

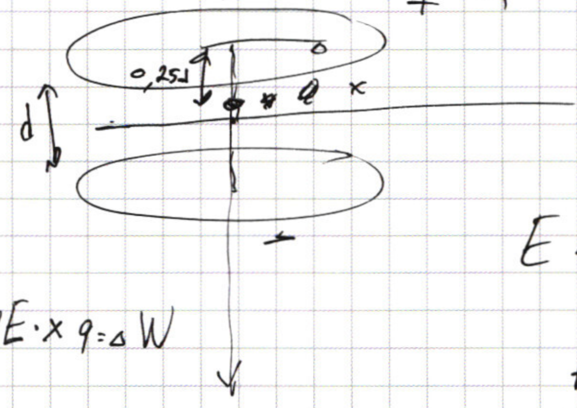
$$\eta = 1 - \frac{2T_3}{\frac{3}{2}T_2 + \frac{5}{2}T_3 - \frac{5}{2}T_2} = 1 - \frac{4T_3}{5T_3 - 2T_2} =$$

$$= 1 - \frac{4}{5} = \frac{1}{5} = 0{,}2$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$S \qquad +Q$



T

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

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

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

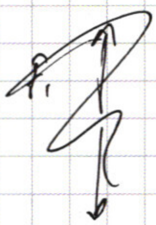
$-2E\cdot x\, q = \Delta W$

$E = -\frac{d\varphi}{dx}$ $\quad \frac{q}{C} = U$

$F = qE$

$W = \cancel{\frac{CU^2}{2}} = \cancel{\frac{qU}{2}}$

$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$



$F_1 + F_2 =$

$= q\left(\frac{Q}{2\varepsilon_0 S} + \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}\right) = \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}$

$\frac{qQ}{\varepsilon_0 S} = ma$

$v_1 = \frac{aT^2}{2} = \frac{qQ}{m\varepsilon_0 S}\cdot\frac{T^2}{2} =$

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

$\cancel{E = mg}$

$\cancel{E = mgh}$

$W_1 = \frac{qQ}{2\varepsilon_0 S}\cdot 0{,}25d + \frac{qQ}{2\varepsilon_0 S}\cdot 1{,}75d$

$W_2 = \frac{qQ}{2\varepsilon_0 S}\cdot d + \frac{mv_1^2}{2}$

$W_1 = W_2 \quad \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}\cdot\frac{1}{4}d + \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}\cdot\frac{7}{4}d = \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}d + mv_1^2$

$\cancel{\frac{qQd}{\varepsilon_0 S}\left(\frac{1}{4}+\frac{7}{4}-4\right)}$ $\quad \frac{mv_1^2}{2} = \frac{2d\cdot q\cdot Q}{2S\varepsilon_0}$

$v_1^2 = \frac{2d\gamma Q}{S\varepsilon_0} = \frac{\gamma^2 Q^2 T^4}{4\varepsilon_0^2 S^2}$ $\quad Q = \frac{8d\varepsilon_0 S}{\gamma T^4}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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