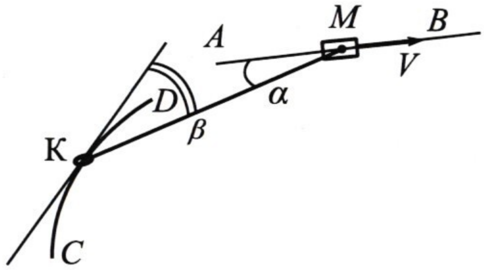
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

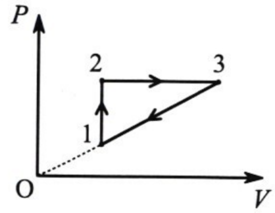
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0{,}1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 4/5)$ с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.
2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.



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

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

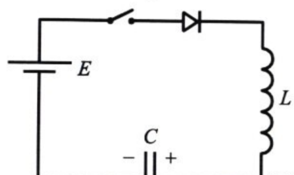
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

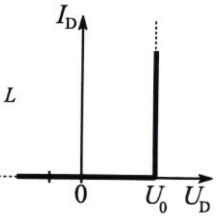
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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

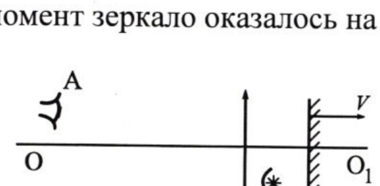
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 =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





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

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

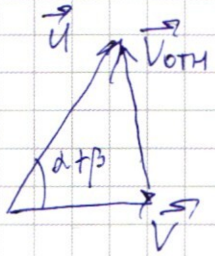
Задача №1.

В каждый момент времени скорость кольца направлена по касательной к дуге в точке где находится кольцо. ~~т.к.~~ Проекции скоростей муфты и кольца на ось, направленную вдоль нити, должны быть равны поэтому

$u\cos\beta = V\cos\alpha$, где u – скорость кольца,

Откуда $u = \dfrac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \dfrac{68\,\text{см/с}\cdot\frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 75\,\text{см/с}$.

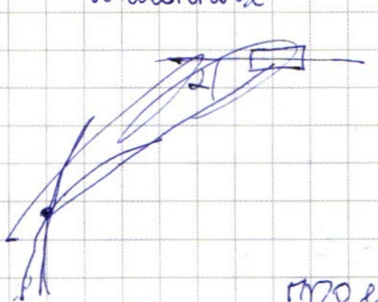
Скорость ~~на~~ кольца относительно муфты в этот момент времени равна $\vec{V}_{отн} = \vec{u} - \vec{V}$.



Угол между векторами $\vec{u}$ и $\vec{V}$ равен $\alpha+\beta$.

Воспользовавшись теоремой косинусов, получим $V_{отн} = \sqrt{u^2+V^2-2uV\cdot\cos(\alpha+\beta)} =$

$= \sqrt{u^2+V^2-2uV(\cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta)}$. С учетом численных значений получим $V_{отн} = 77\,\text{см/с}$.



В данный момент времени на кольцо действует сила натяжения $\vec{T}$ и сила реакции опоры со стороны проволоки.

Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось направленную вдоль радиуса дуги.

$m\frac{u^2}{R} = T\sin\beta - N$, (1); относительно муфты скорость кольца на ось перпендикулярную нити равна ~~$V_{отн}\cos$~~ $V_{отн}\sin\beta$.

Запишем второй закон Ньютона ~~на~~ в проекции на ось вдоль нити

$m\frac{(V_{отн}\sin\beta)^2}{2} = T - N\sin\beta$, откуда с учетом (1).

$$T = \frac{\frac{m(V_{отн}\sin(\alpha+\beta))^2}{L} - \frac{mu^2}{R}\sin\beta}{1-\sin^2\beta} = \frac{0{,}1\cdot10^{-4}}{1{,}9\,м}\left(\frac{77^2-75^2\cdot17^2\cdot5^2}{16}\right)\cdot15 =$$

$=$

Ответ: 1) $u = 75$ см/с; 2) $V_{отн} = 77$ см/с.

Задача №2.

Повышение температуры происходит при изохоре 1-2 и изобаре 2-3. ~~Теп~~ Молярная теплоемкость одноатомного идеального газа при изохорном процессе равна $C_V = \frac{3}{2}R$, при изобарном $C_p = \frac{5}{2}R$. Поэтому отношение молярной теплоемкост~~ей~~ ~~и~~ газа C_{12} в процессе ~~1-2~~ 1-2 ~~к~~ ~~2-3~~ и молярной теплоемкости газа C_{23} в процессе 2-3 равно $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$.

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для состояний ~~А~~ 1, 2, 3:

1: $p_1V_1 = \nu RT_1$, (1)

2: $p_2V_1 = \nu RT_2$, (2) 3: ~~p_3V_3~~ $p_2V_2 = \nu RT_3$. (3)

где V_1 - объем газа в состояниях 1 и 2, V_2 - в состоянии 3, p_1 - давление газа в состоянии 1, p_2 - в состояниях 2 и 3.

По первому закону термодинамики для изобарного процесса 2-3

$Q_{23} = A_{23} + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2) = p_2(V_2-V_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2)$.

С учетом (2) и (3) получим $A_{23} = \nu R(T_3-T_2)$,

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\eta = \frac{A}{Q_+} \cdot 100\%$, где A – работа газа за цикл, Q_+ – подведенное к газу теплота.

$A = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$. (4)

$Q_+ = Q_{12} + Q_{23}$. (5)

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$, (6)

$Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$. (7).

Т.к. участок 3-1 – это пропорциональная зависимость давление от объема, то

$p_1 = \alpha V_1$, (8) $p_2 = \alpha V_2$, (9) где α – коэффициент пропорциональности

Из уравнений (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9). получаем, что

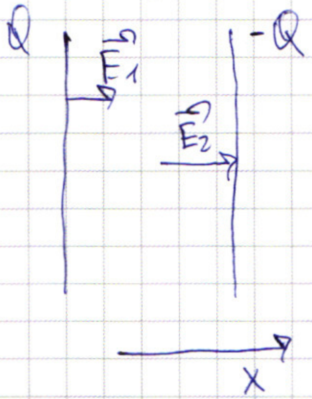
$$\frac{\eta}{100\%} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)} = \frac{\frac{1}{2}\alpha(V_2 - V_1)^2}{\frac{3}{2}\alpha(V_2 - V_1) + \frac{5}{2}\alpha V_2(V_2 - V_1)} =$$

$$= \frac{V_2 - V_1}{3V_1 + 5V_2}.$$ Заметим, что это выражение достигает максимального предельного значения при $V_1 \to 0$. Поэтому максимальное возможное значение КПД такого цикла равно $\eta_{max} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$.

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$, 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$, 3) $\eta_{max} = 20\%$.

Задача №3.

Т.к. расстояние между обкладками d много меньше размеров обкладок, то электрическое поле внутри конденсатора можно считать однородным. Направим ось Ox от ~~левой~~ ~~пласти~~ положительно заряженной пластины к отрицательно заряженной.



Проекция напряжения ~~Поле~~ создаваемого ~~левой об~~ положительно заряженной обкладкой на Ox равно $E_{1x} = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$, отрицательно заряженной $E_{2x} = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$. По принципу суперпозиции суммарное напряжение внутри конденсатора равно

$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$, где Q – заряд обкладок.

Частица под действием электрического поля движется вправо равноускоренно внутри конденсатора с ускорением $a = \frac{Eq}{m} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}\gamma$.

К моменту вылета частица проходит расстояние $0{,}75\ d$. Тогда

$0{,}75d = \frac{(V_1+0)}{2}\cdot T$, откуда $V_1 = \frac{1{,}5d}{T}$.

$\frac{at^2}{2} = 0{,}75d$, $\frac{Q\gamma}{\varepsilon_0 S}\cdot\frac{T^2}{2} = 0{,}75$, откуда $Q = \frac{1{,}5 d\varepsilon_0 S}{\gamma T^2}$

Примем ~~потенциалы~~ потенциал на бесконечности равным 0. Разобьем обкладки на множество малых элементарных зарядов. Т.к. ~~правая~~ одна обкладка заряжена положительно, а вторая отрицательно, ~~то~~ и их заряды равны, то ровно посередине между обкладками потенциал равен 0, (т.к. обкладки симметричны относительно этой точки О, и по принципу суперпозиции ~~потен~~ сумма потенциалов, создаваемых каждым элементарным зарядом, будет равна 0)

~~До точки О частица пройдет~~.

Поэтому потенциальная энергия частицы в этой точке будет равна 0, как и на бесконечности, тогда по закону сохранения энергии его скорость ~~но~~ в точке О равна скорости на бесконечности. До точки О частица пройдет расстояние 0,25d.

$$\frac{V_2^2}{2a} = 0{,}25d, \quad V_2 = \sqrt{0{,}5d \cdot \frac{Q}{\varepsilon_0 S}\gamma} =$$

$$= \sqrt{0{,}5d \cdot \frac{1{,}5d \cdot \varepsilon_0 S \gamma}{\gamma T^2 \varepsilon_0 S}} = \sqrt{0{,}5^2 \cdot 3\frac{d^2}{T^2}} =$$

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

Ответ: 1) $V_1 = \frac{1{,}5d}{T}$; 2) $Q = \frac{1{,}5d\varepsilon_0 S}{\gamma T^2}$; 3) $V_2 = \frac{d}{2T}\sqrt{3}$.

Задача №4.

Запишем второе правило Кирхгофа для контура, когда в цепи есть ток:

~~$\mathcal{E} = \mathcal{E}-$~~ $\mathcal{E} = U_C + U_L + U_0$, (1) где $U_L = L\frac{dI}{dt}$.

При любом токе напряжение на диоде $U_0 = U_0$

В начальный момент $U_C = U_1$, поэтому скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа равна:

$$U_I = \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_0}{L} = \frac{9В - 5В - 1В}{0{,}1 Гн} = 30 \frac{A}{c}.$$

Когда ток в цепи максимален, скорость изменения тока равна 0, поэтому из (1), получим

$\mathcal{E} = U_C' + U_0$, где U_C' - напряжение на конденсаторе в этот момент.

По ЗСЭ:

$$\frac{LI_m^2}{2} + W_2 + Q = W_1 + A_{ист},$$ где W_2 - энергия конденсатора в этот момент, Q_1 - в начальный

Q – теплота выделившаяся на диоде,

$A_{ист}$ - работа источника.

$W_2 = \frac{CU_C'^2}{2}$, $W_1 = \frac{CU_1^2}{2}$, $Q = U_0(q_2 - q_1)$,

$A_{ист} = \mathcal{E}(q_2 - q_1)$, где $q_1 = CU_1$, $q_2 = CU_C'$.

С учетом всех выражений получим, что

$$I_m = \sqrt{\left(\frac{C}{2}U_1^2 - \frac{C}{2}(\mathcal{E} - U_0)^2 + C(\mathcal{E} - U_0)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)\right) \cdot \frac{2}{L}}$$

~~с о~~ Подставив численные значения получим что максимальный ток в цепи после замыкания равен

$I_m = 0{,}06 A$.

После установления режима ток в цепи не течет, поэтому

$A_{ист} = \Delta W_C + Q'$, Q' - выделившаяся теплота на диоде к этому моменту.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ΔW_C - изменение энергии конденсатора

$$\Delta W_C = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}.$$

$$Q' = U_0 (CU_2 - CU_1).$$

$$A_{ист} = \mathcal{E}(CU_2 - CU_1).$$

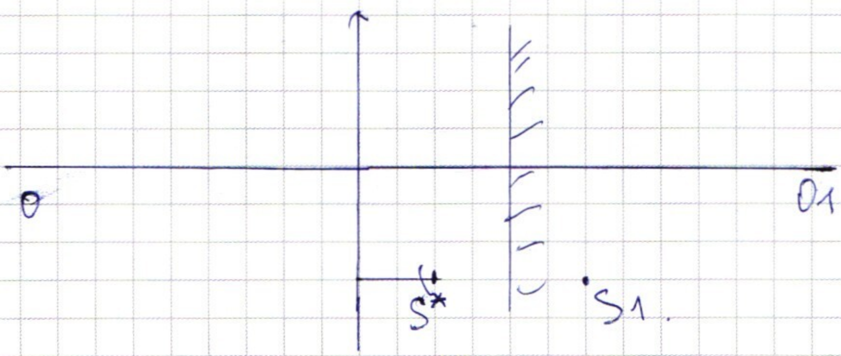
Откуда получим

$$\frac{C}{2}(U_2 - U_1)(U_2 + U_1) = C(U_2 - U_1)(\mathcal{E} - U_0) \Rightarrow$$

$$U_2 = 2(\mathcal{E} - U_0) - U_1 = \cancel{10В}.\ 11В$$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = 30 А/С$ 2) $I_m = 0{,}06$ А ; 3) $U_2 = \cancel{10В}$ 11В.

Задача 5.

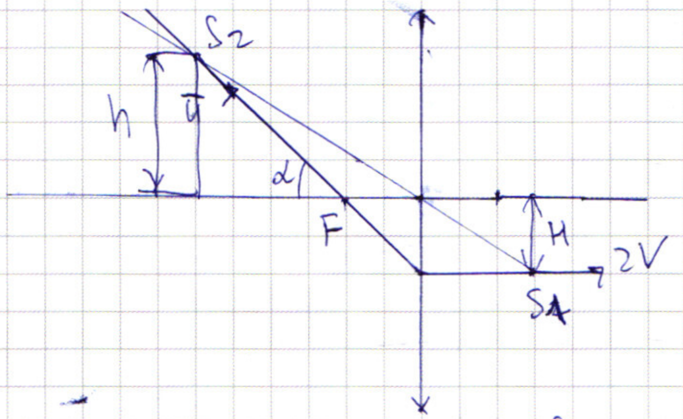


Изображение S_1 источника S_0 в зеркале находится на расстоянии $d = \frac{F}{2} + 2\cdot\frac{F}{2} = \frac{3}{2}F$ от линзы. S_1 - является ~~предмето~~ источником для линзы. Пусть f - расстояние от изображения S_2 источника S_1 в линзе до линзы. (S_2 - изображение S в системе)

Тогда по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}, \text{ откуда } f = \frac{dF}{F-d} = 3F.$$

Скорость изображения S_1 равна $2V$ и направлена в сторону движения зеркала (~~выш~~ следует из того, что если зеркало сместится на x, то S_1 сместится на $2x$). Т.к. ~~изо~~ S_1 движется ~~вдоль~~ параллельно оптической оси OO_1, то изображение S_2 движется вдоль преломленного луча, который ~~идет~~ шел от S_1 параллельно OO_1 (см. рисунок).



Поперечное увеличение изображения S_1 даваемое линзой равно $\Gamma = \frac{f}{d} = 2$.

Пусть S_2 находится на расстоянии h от OO_1, ~~то~~ а S_1 на $H = \frac{3F}{4}$. Тогда

$$\frac{h}{H} = \Gamma, \quad h = \Gamma H = 2 \cdot \frac{3F}{4} = \frac{3F}{2}.$$

Тогда $tg\,\alpha = \frac{h}{f - F} = \frac{\frac{3}{2}F}{3F - F} = \frac{3}{4}$, $\alpha = arctg\left(\frac{3}{4}\right)$.

α - угол к оси OO_1, под которым движется изображение источника.

Продольное увеличение отрезка равно произведению поперечных увеличений ~~$\Gamma_1\Gamma_2$~~ на его концах $\Gamma_1 \cdot \Gamma_2$. Пусть S_1 за очень малый промежуток времени пройдет расстояние $dx = 2Vdt$, а изображение S_2 пройдет вдоль OO_1 $dX = u\cos\alpha\, dt$.

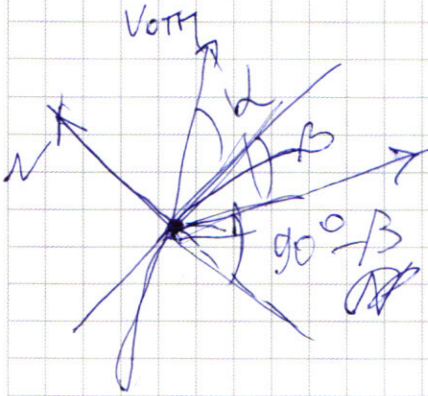
Т.к. dx и dX малы, то ~~$\Gamma_1 \approx \Gamma$~~ $\Gamma_1 \approx \Gamma_2$, поэтому находим, что $\Gamma^2 2V = u\cos\alpha$, $u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha}$.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u = \frac{2V \cdot 4}{\frac{4}{5}} = 10V.$$

Ответ: 1) $F = \cancel{\frac{3F}{2}}$ $3F$; 2) $tg\alpha = \frac{3}{4}$; 3) $u = 10V$.



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

$$m\frac{V^2}{R}$$

$$m\frac{(V\sin(\alpha+\beta))^2}{L} = T - N\sin\beta$$

$$T - \left(T\sin\beta - \frac{mu^2}{R}\right)\sin\beta = \frac{m(V\sin(\alpha+\beta))^2}{L},$$

$$T = \frac{\frac{m(V_{отн}\sin(\alpha+\beta))^2}{L} - \frac{mu^2}{R}\sin\beta}{1-\sin^2\beta}$$

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

$$= \frac{8}{17}\cdot\frac{4}{5} + \frac{15}{17}\cdot\frac{3}{5} =$$

$$= \frac{32+45}{17\cdot 5} = \frac{77}{17\cdot 5}.$$

$$\frac{77 \cdot 75 \cdot 17\cdot 5}{7}$$

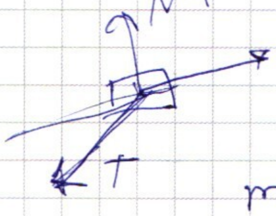
$$\frac{\frac{m}{R}\left(\frac{\left(77\cdot\frac{77}{17\cdot 5}\right)^2}{\frac{5}{3}} - 75^2\cdot\frac{3}{5}\right)}{1-\frac{9}{25}} = \frac{\frac{m}{R}\left(\frac{77^2}{17^2\cdot 5^2} - 75^2\right)}{\frac{5}{3}\cdot\frac{16}{25}} =$$

$$= \frac{m}{R}\left(\frac{77^2 - 75^2\cdot 17^2\cdot 5^2}{16}\right)15$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

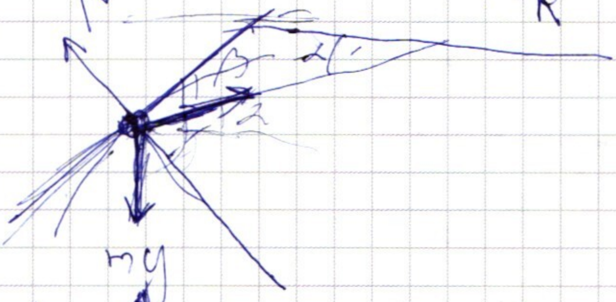
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

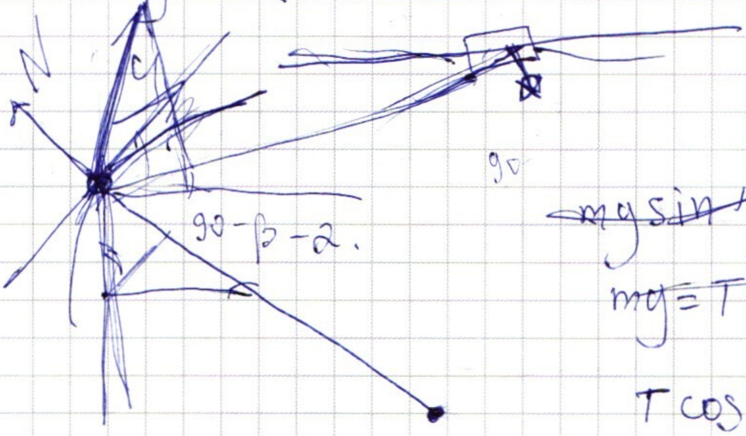


$F - T\cos\alpha = 0,$

$T\cos\alpha = F,$

$m\frac{U^2}{R} = \cancel{N_2} \Rightarrow T\sin\beta - N_2.$





~~mgsin~~

$mg = T\cos\alpha,$

$T\cos\beta = mg\cos(90^\circ - \beta - \alpha)$

$T\cos\beta = mg\sin(\beta + \alpha).$

$\cancel{\frac{mU^2}{2}}.\quad m\frac{U^2}{R} = T\sin\beta - N, + mg\sin\beta.$

$k\frac{n}{r^2} \to$ $Ed = k\frac{n}{r} - \frac{kn}{r+d}$

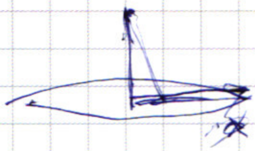
$\frac{Ed}{k} = \frac{nd}{r(r+d)}$

$E = k\frac{n}{r(r+d)}$, $n = \frac{Ed}{k} = 4\pi\varepsilon_0 \cdot \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} \cdot d =$

при $r \to 0$ $= \frac{2\pi Q d}{S}$.

$\sigma = \frac{Q}{S}$ - поверхностная плотность

Разобьем на - окруж



$dS = \pi(x+dx)^2 - \pi(x^2 =$
$= 2\pi x dx$.

$dQ = 2\pi x dx \cdot \sigma$

$\varphi = k\frac{dQ}{(y+x)^2} =$

т.к. $d \le \sqrt{S}$,

$\pi R^2 = S$, $R = \frac{\sqrt{S}}{\pi}$, то, слагаемым y можно пренебречь.

$d\varphi = k\frac{dQ}{x^2} = k\frac{2\pi x dx \sigma}{x^2} = \frac{dx \cdot Q}{2x\varepsilon_0 S} = \frac{Edx}{x}$.

$\varphi_1 = \int_0^R \frac{dx}{x} = -E\ln\left(\frac{\sqrt{S}}{\pi}\right)$.

$\varphi_2 = k\frac{2\pi x dx \sigma}{d + x} =$

$\frac{\varphi}{d\varphi} = k 2\pi\sigma\frac{x}{d+x} \cdot dx$

Скорость в этой точке равна

$F(x) = \frac{x}{d+x}$

$qEd = \frac{mV_1^2}{2}$

$\frac{d}{x}$

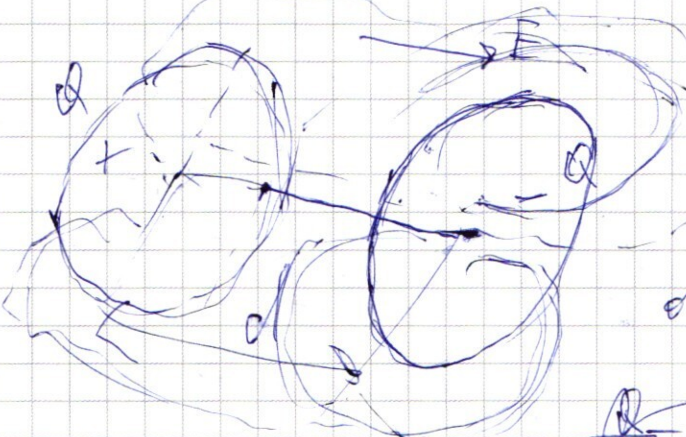
$\frac{Q}{\varepsilon_0 S} \cdot 0{,}25d = \frac{mv^2}{2}$ Потенциальная энергия в пластинке между посередине между обкладками равна 0, т.к. складывая по принципу суперпозиции потенциал 1 и 0 посередине между обкладками мы получим 0.

$V_0^2 = \sqrt{\gamma\frac{Q}{\varepsilon_0 S} \cdot 0{,}25d}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

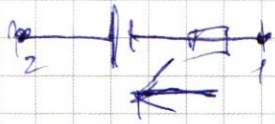
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Поле между обкладками

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

$\sigma = \frac{Q}{S}$



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

$\varphi_2 - \varphi_1 + \mathcal{E} = IR$,

$\mathcal{E} - IR = \varphi_1 - \varphi_2$,

$0{,}75d = \frac{v_1}{2} \cdot T$

$v_1 = \frac{1{,}5d}{T}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = U_C + L\frac{dI}{dt} - \mathcal{E}$,

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

$\varphi_1 - \varphi_2 = IR - \mathcal{E}$.

Ed

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

$\frac{\varepsilon_0 Q}{\varepsilon_0 S} \frac{q}{m}$

$\frac{mV_2^2}{2} = A$.

$\varphi = k\frac{q}{r}$

$\pi R^2 = S$ $R^2 = \frac{S}{\pi}$

$1{,}5d \cdot \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$

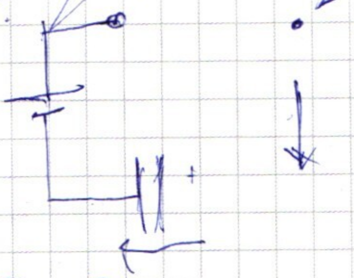
$\frac{Q}{\varepsilon_0 S} = k\frac{q}{r^2}$

Пусть энергия на бесконечности равна 0.

$\frac{mV_2^2}{2} = k\frac{q \cdot q}{r}$

Разобьем на элементарные

$\frac{q}{r^2} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S k}$



$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{V_2^2}{2\gamma} = \frac{kq}{r}$

$\frac{mV_1^2}{2} = E_1$,

$\mathcal{E} =$

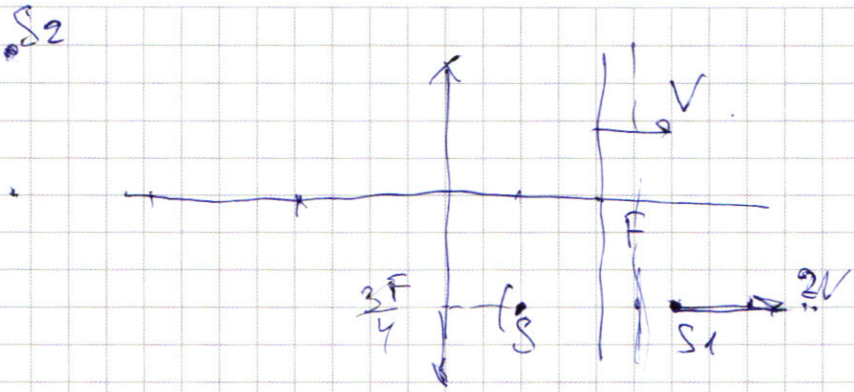
$\varphi_1 - \varphi_2 - E = U_C - U_L =$
$= \mathcal{E} - U_C - U_L$

E_1 — энергия взаимодействия частицы с обкладками на расстоянии

$Ed = \frac{mV_1^2}{2}$. т.к. поле внутри конденсатора можно считать однородным...

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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



S1 – изображение в зеркале.

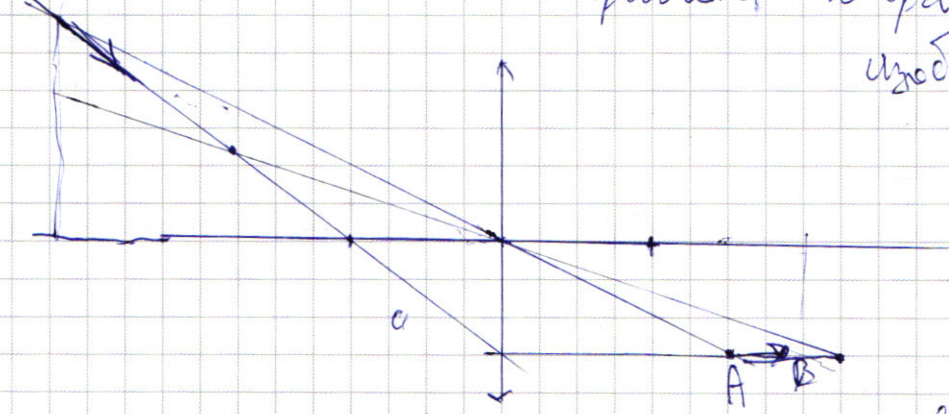
расстояние $d = \frac{3F}{2}$.

По формуле тонкой линзы

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3F}{2}F}{\frac{3}{2}F - F} = 3F.$$

1) $f = 3F$

2) Скорость изображения S1 равна 2V и направлена вправо.



Изображение движется вдоль прямой a. Поэтому $\alpha =$ ~~F−F~~

Поперечное увеличение в этот момент равно $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{h}{H} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = \frac{h}{H} = 2 = \frac{h}{H}$.

$h = 2 \cdot \frac{3F}{4} = \frac{3}{2}F$.

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{f-F} = \frac{\frac{3}{2}F}{3F-F} = \frac{\frac{3}{2}}{2} = \frac{3}{4}$. $\operatorname{tg}^2\alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2\alpha}$

$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{4}\right)$. $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

~~Проекция~~ $\cancel{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{1}{\sin}}$

$u\cos\alpha = 2V \cdot \Gamma^2$.

Продольное увеличение равно $\Gamma_1\Gamma_2$.

За малый промежуток времени сместится на $dX = 2Vdt$.

$dX = u\cos\alpha\, dt$

$u = \frac{2V\Gamma^2}{\cos\alpha} = \frac{2V \cdot 4 \cdot 5}{4} = 10V$. $\cancel{\frac{25}{16} = \frac{1}{}}$ $\frac{4}{5}$ $\Gamma^2 = \frac{u\cos\alpha}{2V}$ $\frac{9}{16} + 1 = \frac{1}{\cos^2\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{LI_m^2}{2} = C(\mathcal{E}-U_0-U_1)\mathcal{E} + U_0C(\mathcal{E}-U_0-U_1) + \frac{C}{2}(\mathcal{E}-U_0)^2 - \frac{C}{2}U_1^2$$

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

$$40\cdot10^{-6}(9-1-5)(9+1) + \frac{40\cdot10^{-6}}{2}(9-1)^2 - \frac{40\cdot10^{-6}}{2}5^2 =$$

$$= 40\cdot10^{-6}\cdot30 + 40\cdot10^{-6}\cdot32 - 40\cdot10^{-6}\cdot12{,}5 =$$

$$= 20\cdot10^{-6}\cdot99$$

$$I_m = \sqrt{\frac{20\cdot10^{-6}\cdot99\cdot2}{0{,}1}}$$

$$\begin{array}{r} \times\ 40 \\ 27 \\ \hline 280 \\ 80 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$$\frac{LI_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}-U_0)^2 + U_0C(\mathcal{E}-U_0-U_1) = \frac{C}{2}U_1^2 + C(\mathcal{E}-U_0-U_1)\mathcal{E}$$

$$\frac{0{,}1}{2}I_m^2 + 20\cdot10^{-6}\cdot64 + 40\cdot10^{-6}\cdot3 = 20\cdot10^{-6}\cdot25 + 40\cdot10^{-6}\cdot27.$$

$$\frac{10^5}{2}I_m^2 = 500+1080-120-1280 = 300-120 = 180$$

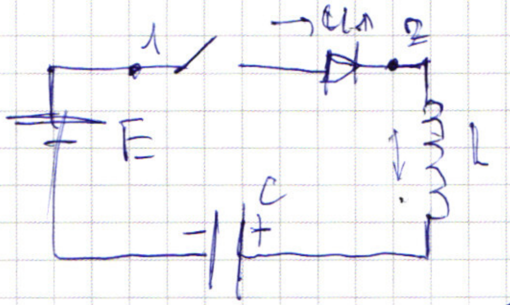
$$I_m = \sqrt{\frac{180\cdot2}{10^5}} = 3\cdot2\sqrt{10^{-4}} = 0{,}06\,A.$$

$$\frac{CU_2^2}{2} + U_0C(U_2-U_1) = \frac{C}{2}U_1^2 + C\mathcal{E}(U_2-U_1)$$

$$U_2^2 - U_1^2 = 2(U_2-U_1)\cdot(\mathcal{E}-U_0)$$

$$U_2+U_1 = 2(\mathcal{E}-U_0)$$

$$U_2 = 2(\mathcal{E}-U_0) - U_1 = 10B.$$



$E = 9$ В $U_0 = 1$ В.

$C = 40$ мкФ

$U_1 = 5$ В

$L = 0{,}1$ Гн.

1)

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

$\cancel{-E} + U_0$ $L\frac{dI}{dt} + U_C + U_1 = \mathcal{E},$

$U_0 = \mathcal{E} - U_C - L\frac{dI}{dt}$

$L\frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - U_C - U_0$ $\frac{\mathcal{E} - U_C - U_0}{L} = \frac{9-5-1}{0{,}1} = 30\frac{A}{c}.$

2) $\frac{LI^2}{2} = A + \frac{CU_1^2}{2} + \frac{\mathcal{E} - U_0}{L} Q_0 =$

$= CU_1E + \frac{CU_1^2}{2} + CU_1U_0 =$

$= CU_1(E + U_0) + \frac{CU_1^2}{2} =$

$= CU_1\left(E + U_0 + \frac{U_1}{2}\right) = 40\cdot10^{-6}\cdot5\left(9 + \frac{5}{2} + 1\right) =$

$= 200\cdot10^{-6}(12{,}5 =$

$= 25\cdot100\cdot10^{-6} = 2500\cdot10^{-6} =$

$= 2{,}5$ мДж.

$I_m = \sqrt{\frac{2{,}5\cdot10^{-3}\cdot2}{0{,}1}} =$

$= \sqrt{5\cdot10^{-2}} = \sqrt{0{,}05}.$

$U_C = \mathcal{E} - U_2$

$U_2 = \mathcal{E} - U_0.$

Разность потенциалов между точками 1 и 2 равна

$U_0 = \mathcal{E} - U_C - L\frac{dI}{dt}$

$\max\left(\frac{dI}{dt}\right) = \frac{\mathcal{E} - U_C - U_0}{L}$

В момент когда ток максимален

$U_C = \mathcal{E} - U_0.$

$\frac{LI_m^2}{2} = A_{ист} + Q + \Delta W_C = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)\mathcal{E} + U_0C(\mathcal{E} - U_0 - U_1) +$

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

☑ 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)»

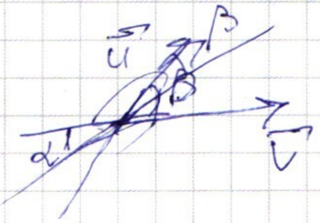
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

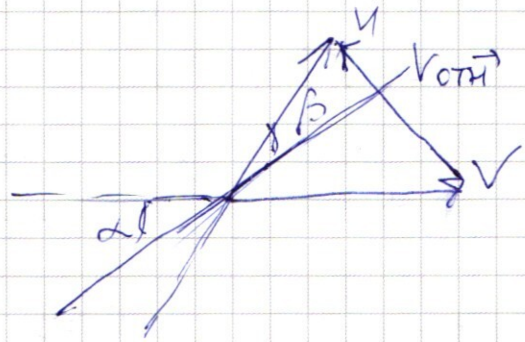
5) 1) 1. В каждый момент времени скорость кольца направлена по касательной к дуге в точке где находится кольцо.

Проекции скоростей муфты и кольца на ~~ось~~ нить равны поэтому:

$u\cos\beta = V\cos\alpha \Rightarrow u = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{68\text{см/с}\cdot\frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = \frac{4\cdot 15\cdot 5}{4} = 75\text{см/с}$

2. $\vec{V}_{отн} = \vec{u} - \vec{V}$





$$\begin{array}{r} 77 \\ \times 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 225 \\ \times 25 \\ \hline 1125 \\ 450 \\ \hline 5625 \end{array}$$

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

$\sin\alpha = \frac{8}{17}$, $\sin\beta = \frac{3}{5}$.

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

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 36 \\ \hline 720 \\ 360 \\ \hline 4320 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 4624 \\ +5625 \\ \hline 10249 \\ -4320 \\ \hline 5929 \end{array}$$

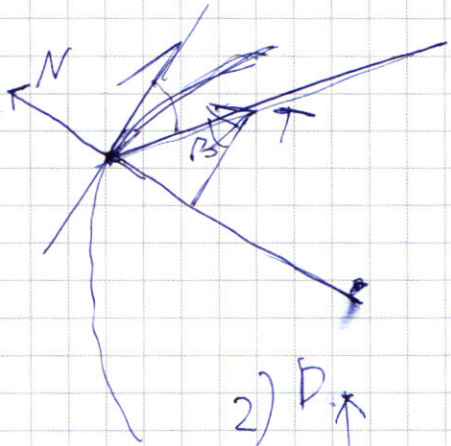
$\sqrt{68^2 + 75^2 - 2\cdot 68\cdot 75\cdot\frac{36}{85}} = \sqrt{4^2\cdot 17^2 + 5^2\cdot 15^2 - 2\cdot 4\cdot\cancel{17}\cdot 15\cdot\cancel{5}\cdot\frac{36}{\cancel{17}\cdot\cancel{5}}} =$

$= \sqrt{4^2 17^2 + 5^2\cdot 15^2 - 2\cdot 4\cdot 15\cdot 36} = 77\text{см/с}$

$$\begin{array}{r} 289 \\ \times 16 \\ \hline 1734 \\ 289 \\ \hline 4624 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 73 \\ \times 73 \\ \hline 219 \\ 511 \\ \hline 5429 \end{array}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

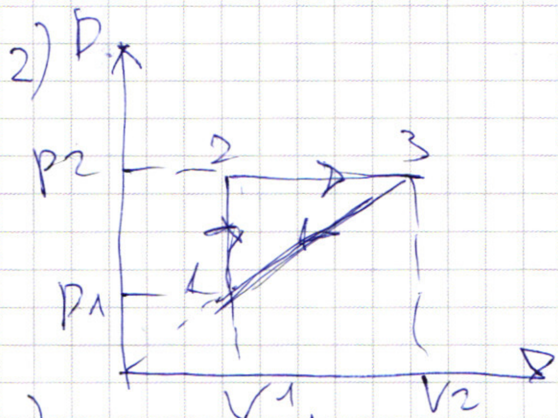


$T\sin\beta = m\frac{u^2}{R}$,

$T = \frac{mu^2}{R\sin\beta} = \frac{0{,}1\cdot 75^2}{100^2\cdot 1{,}9} =$

$= \frac{10^{-5}\cdot 75^2\cdot P}{1{,}9}$

2)



1) Повышение температуры происходит при изохоре 12 и изобаре 2-3

$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$.

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

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

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

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)} =$

$= \frac{\frac{1}{2}(\alpha V_2 - \alpha V_1)(V_2 - V_1)}{\frac{3}{2}(p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_2 V_1)} =$

$= \frac{\alpha(V_2 - V_1)^2}{3\alpha(V_2 - V_1)V_1 + 5\alpha V_2(V_2 - V_1)} =$

$= \frac{(V_2 - V_1)}{3V_1 + 5V_2} = \frac{1}{5}$. При $V_1 \to 0$.

$V_2 - V_1 = x$

$\frac{x}{8V_1 + 5x}$ $\quad\frac{1\cdot(V_1 + 5x) - 5x}{(V_1 + 5)}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)