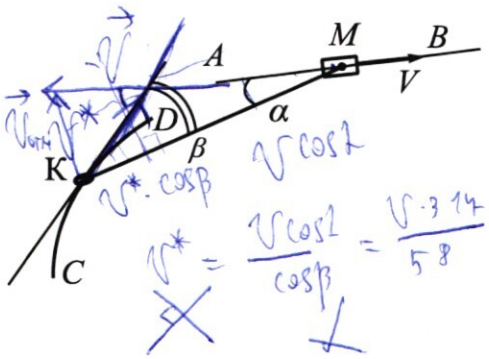
Олимпиада «Физтех» по физике, фе

Класс 11

Вариант 11-02

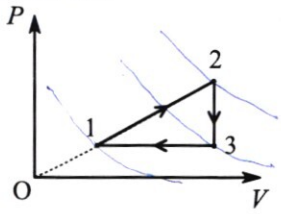
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha(\cos\alpha = 3/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 8/17)$ с направлением движения кольца.



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

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



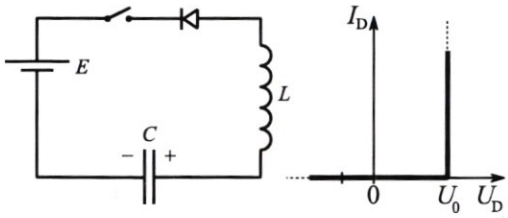
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0{,}2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

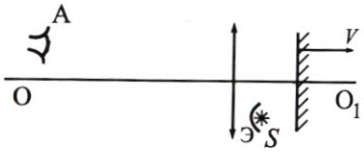
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



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

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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

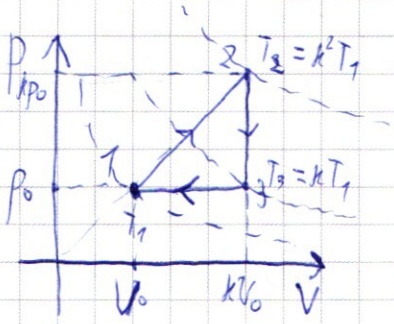
№ 2

$i = 3$

1) $\frac{C^*}{C^{**}}$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$

3) η_{max}



1) Проведём изотермы, чтобы понять соотношения темп. в точках 1, 2 и 3.

Видно, что $T_2 > T_3 > T_1$ (соотв. их T_0)

Т.О. $\frac{C^*}{C^{**}} = \frac{C_{23}}{C_{31}}$;

Процесс 2-3: изохорный $\Rightarrow C_{23} = C_V = \frac{i}{2}R = \frac{3}{2}R$

Процесс 3-1: изобарный $C_{31} = C_p = C_V + R = \frac{5}{2}R$.

$\frac{C^*}{C^{**}} = \frac{3}{5}$.

2) $Q_{12} = A_{12} + \underbrace{\nu R(T_2 - T_1)}_{\Delta U_{12}}$ (1 нач. терм-дин.)

Известно, что молярная теплоёмкость прямой пропорциональности $C_{12} = 2R$. Т.О. $Q_{12} = 2R\nu(T_2 - T_1)$. $\Rightarrow A_{12} = \nu R(T_2 - T_1)$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 2$.

3) $\eta_{max} = 1 - \frac{Q_H}{Q_X} = 1 - \frac{Q_{12}}{-(Q_{23} + Q_{31})} = 1 + \frac{Q_{12}}{Q_{23} + Q_{31}}$

$$\Downarrow \begin{cases} Q_{12} = C_{12}\nu(T_2 - T_1) = 2R\nu(k^2T_1 - T_1) \\ Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(kT_1 - k^2T_1) \\ Q_{31} = \frac{5}{2}\nu R(T_1 - kT_1) \end{cases}$$

Из Менд-Клап., где k – константа пропорциональности.

$$\eta_{max} = 1 + \frac{2R\nu T_1(k^2 - 1)}{\frac{3}{2}\nu RT_1(k - k^2) + \frac{5}{2}\nu RT_1(1 - k)} = \frac{(k-1)(k+1)}{(1-k)(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2})} + 1 = 1 - \frac{2k+2}{\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}} = 1 - \frac{4k+4}{3k+5} =$$

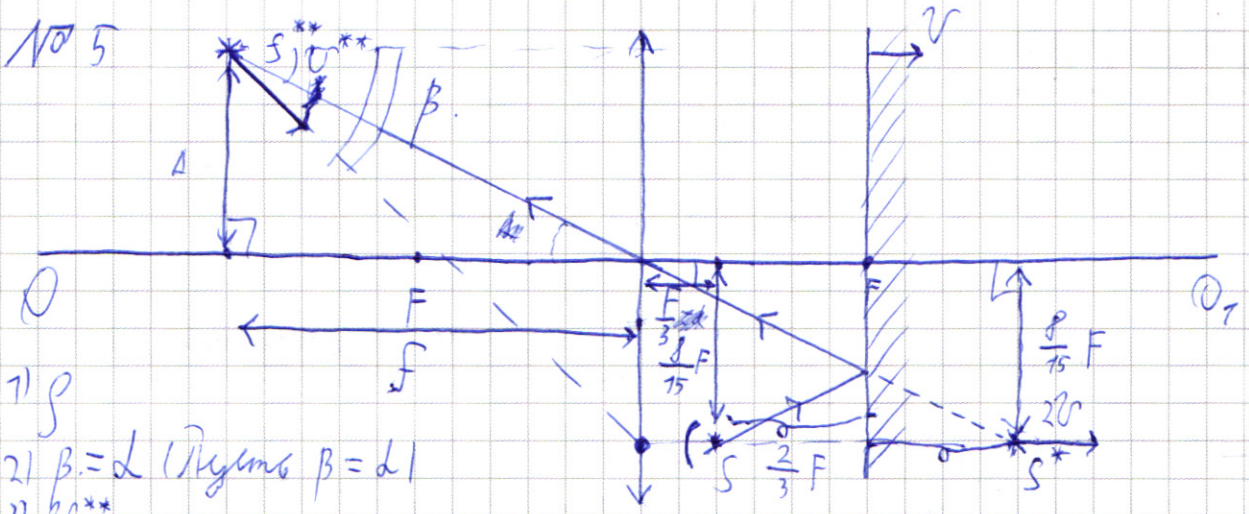
1) $\frac{3}{5}$

min

$= 0{,}2$ (при $k = 0$)

Ответ: 2) 2 3) $0{,}2 = 20\%$

№ 5



1) ρ

2) $\beta = \alpha$ (Пусть $\beta = \alpha$)

3) v^{**}

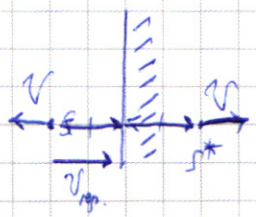
1) В: $f = 0$, предмет находится от линзы на расстоянии $\frac{2}{3}F \Rightarrow S^*$ находится по другую сторону зеркала на том же расстоянии.

2) Ф-ла тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{5}{2}F$

S^{*} – конечное изображение системы $\Rightarrow \rho = \frac{5}{2}F$

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5}{2}F \cdot \frac{3}{4F} = \frac{3}{2}$

В С.О. Линзы:



По З.С.С. $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер} = 2v$

Из подобия треугольников $\Delta = \frac{4}{5}F$

β – искомый угол; $tg\,\beta = \frac{\Delta + \frac{8}{15}F}{f} = \frac{\frac{12}{15}F + \frac{8}{15}F}{\frac{5}{2}F} = \frac{8}{15} = tg\,\alpha$

Продольные скорости соотносятся как квадрат увеличения

Т.О. $\underbrace{v^{**}\cos\alpha}_{\text{Продольная составляющая } v^{**}} = 2v \cdot \Gamma^2 \Rightarrow v^{**} = \frac{12v \cdot 9}{24\cos\alpha} = \frac{9v}{2\cos\alpha}$

Ответ: 1) $\rho = \frac{5}{2}F$

2) $tg\,\alpha = \frac{8}{15}$

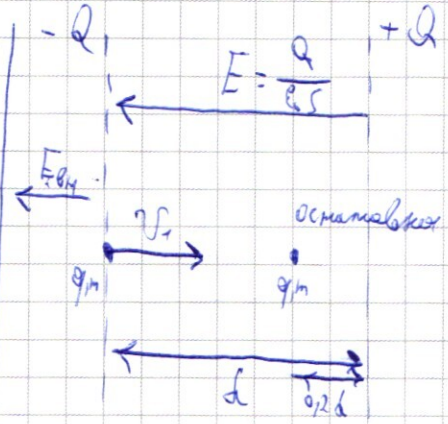
3) $v^{**} = \frac{9v}{2\cos(\arctg\frac{8}{15})}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:
d
$q>0$
v_1
$\frac{q}{m}=\gamma$

1) T
2) U
3) v_0



1) По 2ЗН: $ma=F_э$; $ma=qE$;
$ma=\frac{qQ}{\varepsilon_0 S} \Rightarrow a=\gamma\frac{Q}{\varepsilon_0 S}=const$.

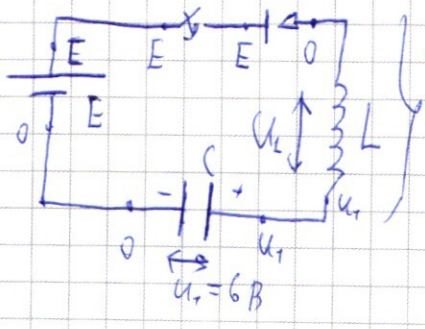
Из формулы РУД:
$2a\cdot 0{,}8d=v_1^2$
$1{,}6\gamma\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}=v_1^2$ $\frac{Q}{C}=U_c$
$\frac{1}{C}$
$tg\,\alpha=\frac{1}{2}$.

Т.О. $U_c=\frac{v_1^2}{1{,}6\gamma}=U$.

2) Скорость частицы на бесконечности $=v_1$

Т.к. конденсатор заряжен равномерно $\Rightarrow$ электрического поля снаружи обкладок нет. Также это можно доказать тем, что потенциал на бесконечности (0) = потенциалу около обкладки (0) ($E_{вн}=\underbrace{\frac{Q}{\varepsilon_0 S}}_{от\,+Q}-\underbrace{\frac{Q}{\varepsilon_0 S}}_{от\,-Q}$) Ответ: 2) $\frac{v_1^2}{1{,}6\gamma}$ 3) $v_0=v_1$

№4.

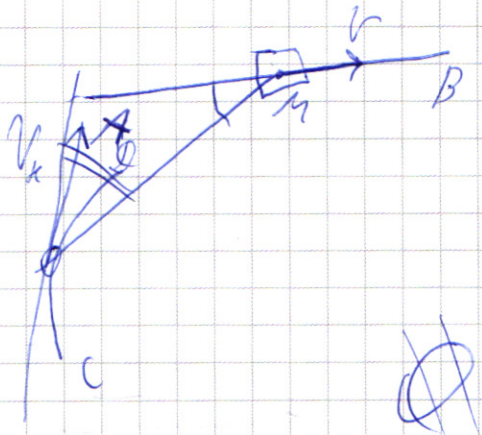


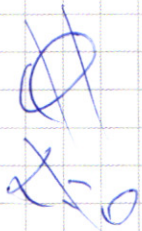
Дано:
$E=3$ В
$C=20\cdot10^{-6}$ Ф
$U_1=6$ В
$L=0{,}2$ Гн
$U_0=1$ В

1) $\dot{I}=?$
2) $I_{max}=?$
3) $U_2=?$

1) $U_L=U_1$ (по методу потенциалов) $\Rightarrow$
$\dot{I}=\frac{U_1}{L}=\frac{6\text{ В}}{0{,}2\text{ Гн}}=30\frac{A}{c}$

2) Рассмотрим момент, когда в цепи ток максимален.



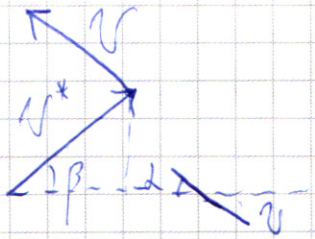


$\cancel{U_c =}$ $\begin{array}{r} 36 \\ + 14 \\ \hline 51 \end{array}$

$I_c = C U'$

$U_L = L I'$

$v^* = \frac{\cancel{40}^{8} \cdot 3 \cdot 14}{\cancel{5}\ \cancel{8}} =$

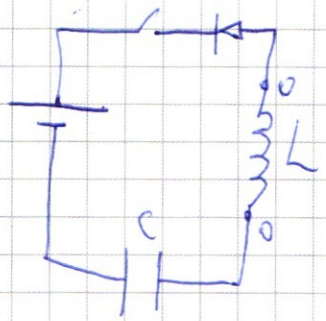


☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. $I = I_{max} \Rightarrow U_L = 0$



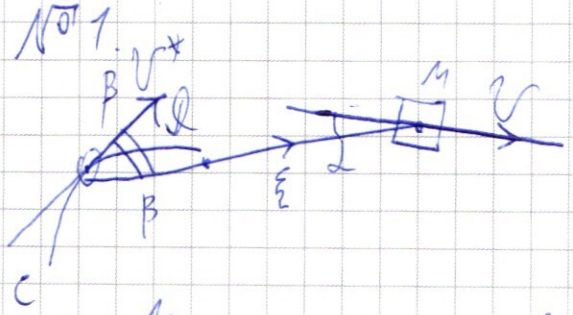
3) Установившееся напряжение $U_2 = U_0$ т.к. источник ЭДС „заперт" диодом, а пороговое напряжение диода $= U_0$

Ответ: 1) $\dot{I} = 30 \frac{A}{c}$

2) —

3) $U_2 = U_0$

№1.



Дано:

$V = 40$ см/с	$\cos\alpha = \frac{3}{5}$
$m = 1$ кг	$\cos\beta = \frac{8}{17}$
$R = 1{,}7$ м	
$l = \frac{17R}{15}$	

1) $V^* = ?$

2) $V^*_{отн} = ?$

3) $T = ?$

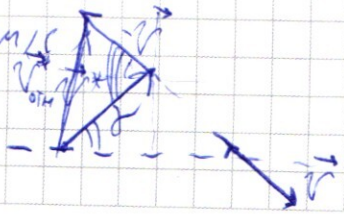
т.к. Кенгуру и Мудрая движутся равномерно (вдоль от-но друг друга) $\Rightarrow$ их скорости равны.

Спроецируем их на ось трассы ξ!

$V^* \cos\beta - V\cos\alpha = 0$

$V^* = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = 57$ см/с

$\vec{V}^*_{отн} = \vec{V}^* - \vec{V}$:



$\gamma = \alpha + \beta$

$V_{отн} = \sqrt{V^2 + V^{*2} - 2\cos(\alpha+\beta)VV^*}$

1) $V^* = \frac{V\cos\alpha}{\cos\beta} = 57$ см/с

Ответ: 2) $V_{отн} = \sqrt{V^2 + \left(\frac{V\cos\alpha}{\cos\beta}\right)^2 - 2\cos(\alpha+\beta)\cdot\frac{V^2\cos^2\alpha}{\cos\beta}}$

☐ черновик ☐ чистовик

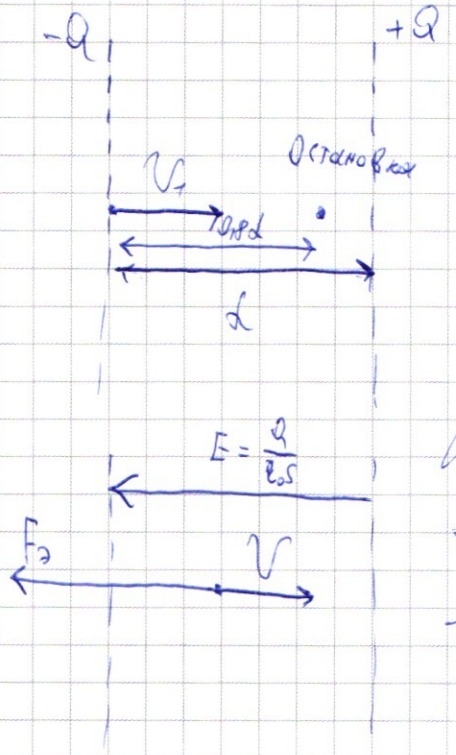
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



$A_э = \Delta E_к$

$E_к + E_п = const$

$\frac{m v_1^2}{2} =$

$\cancel{E \sim F \frac{m v_1^2}{2}}$

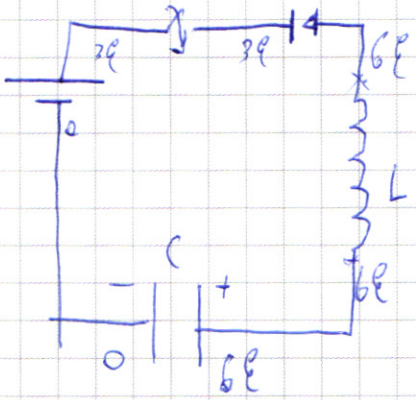
$\varphi(0) = 0$

φ

$A_э = F_э \cdot d = Eqd$

$U = Ed$?

№4.



$U_L = L I'$

$I' = \frac{6ℰ}{L} = \frac{6}{0,2} = \frac{60}{2} = 30$ А/с.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$pV = \nu RT$

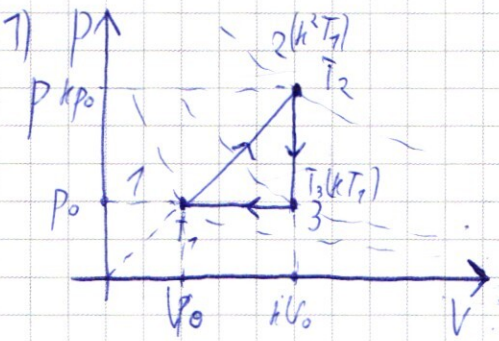
$i = 3$

1) $\frac{C_{23}}{C_{31}}$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$

3) η_{max}

1)



Нарисуем изотермы, чтобы понять, где T ↑↑, а где ↓↓

Видно, что $T_2 > T_3 > T_1$, где индекс T соотв. точке на P(V).

Процесс 2-3: изохорный. $\Rightarrow C_{23} = C_V = \frac{i}{2}R$. Т.к. $i=3 \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}R$

Процесс 3-1: изобарный $\Rightarrow C_{31} = C_p = C_V + R = \frac{i}{2}R + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$.

Т.о. $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3R}{2} \cdot \frac{2}{5R} = \frac{3}{5}$.

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{8}{15}$. $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}$

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{8}{15}$ $\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{8}{15}$ $\sin\alpha = \frac{8}{17}$ $\frac{15}{17} \cdot \cos\alpha$

$15\sin\alpha = 8\cos\alpha$

$15 \cdot \frac{8}{17}$

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = A_{12} + \nu R \Delta T$

Т.к. процесс 1-2: прямая пропорц. $\Rightarrow C_{12} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 2R\nu\Delta T$.

Т.о. $A_{12} = 2R\nu\Delta T - \nu R\Delta T = \nu R\Delta T$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2\nu R\Delta T}{\nu R\Delta T} = 2$.

$\sqrt{\left(\frac{4}{5}F + \frac{8}{15}F\right)^2 + \frac{25}{4}F^2}$

$\left(\frac{20}{15}F\right)^2 + \frac{25}{4}F^2$

$\sqrt{\frac{400}{225}F^2 + \frac{25}{4}F^2} = F^2$

3) $\eta_{max} = 1 - \frac{Q_H}{Q_X} = 1 - \frac{Q_{12} + 0}{-(Q_{23} + Q_{31})} = 1 + \frac{Q_{12}}{Q_{23} + Q_{31}}$

$Q_{12} = 2\nu R(k^2T_1 - T_1)$

$Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(kT_1 - k^2T_1)$

$Q_{31} = \frac{5}{2}\nu R(T_1 - kT_1)$

$\Rightarrow \eta_{max} = 1 + \frac{2\nu RT_1(k^2-1)}{\frac{3}{2}\nu RT_1(k-k^2) + \frac{5}{2}\nu RT_1(1-k)} = 1 + \frac{2(k^2-1)}{\frac{3}{2}k(1-k) + \frac{5}{2}(1-k)} =$

$= 1 + \frac{2(k-1)(k+1)}{-(k-1)(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2})} = 1 - \frac{2(k+1)}{\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}}$ min.

$\frac{2k+2}{\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}} = \frac{2}{\frac{5}{2}} = \frac{4}{5} = \frac{4}{\cdot}$

$\left(\frac{8}{15}\right)' =$

$\frac{4k+4}{3k+5} = \frac{4(k+1)}{3k+5}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

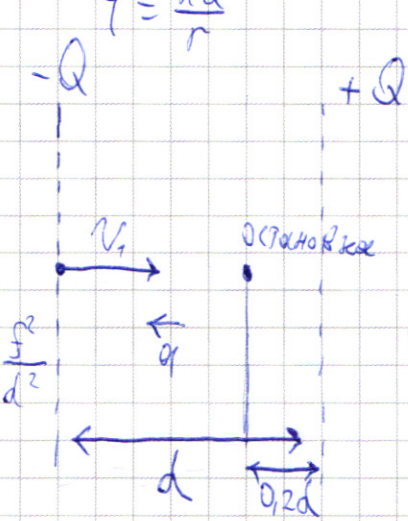
(Нумеровать только чистовики)

$E = \frac{U}{d}$?

$ma =$

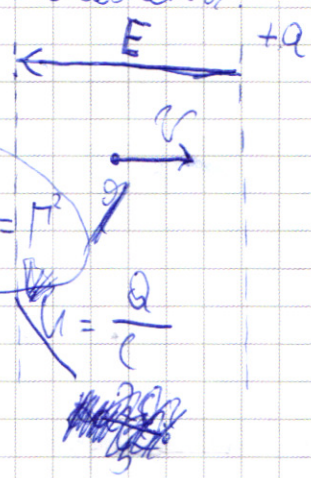
$\varphi = \frac{kQ}{r}$

№3



$\frac{v^{**}\cos\alpha}{2v} = \frac{f^2}{d^2}$

Пр. Маменты!



$\frac{v^{**}\cos\alpha}{2v} = f^2$

$CU = q$

$U = \frac{Q}{C}$

$\frac{mv_0^2}{2} + \varphi_0 q = \frac{mv^2}{2} + \varphi_1 q$

$\varphi_0 + \varphi_q$

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

$ma = F_э \quad a = \gamma E$

$ma = qE$

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

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

$A_э = qU$

$2aL = v_k^2 - v_н^2$

$0{,}8d$

$+2\gamma \frac{Qd}{\varepsilon_0 S} = 0 + v_1^2$

$\frac{1}{C}$

$2\gamma \frac{Q}{C}$

$2\gamma U = v_1^2$

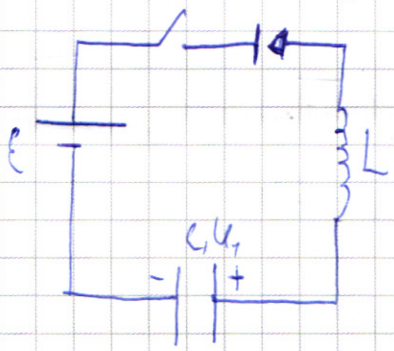
$U = \frac{v_1^2}{2\gamma}$

$tg\,\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{8}{15}$

№4

$15\sin\alpha = 8\cos\alpha = \frac{15}{8}$

$\frac{8}{15}$



$U_L = LI'$

$I_C = CU_C'$

$I_C = q'$

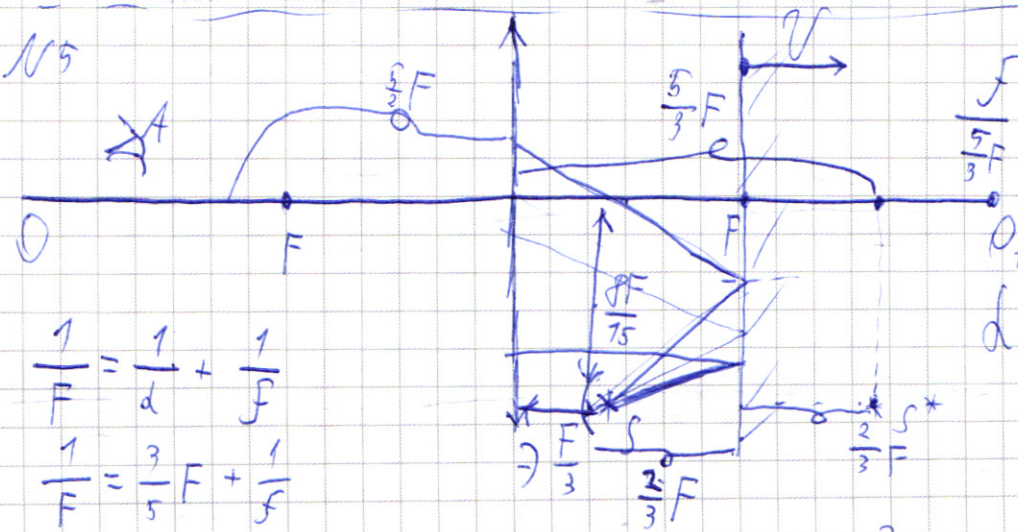
$tg\,\alpha = \frac{1}{1-\cos^2\alpha}$

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{8}{15}$

$tg\,\alpha - \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\cos^2\alpha = 1$

$C = 2R$

№5



$\frac{f}{\frac{5}{3}F}$

$\frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} = 1{,}5 = \frac{3}{2}$

O_1 $\frac{48}{155} \cdot \frac{81}{81} = \frac{4}{5}F$

$d =$

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

$\frac{1}{F} = \frac{3}{5}F + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{F} - \frac{3}{5}F = +\frac{1}{f}$

$\frac{2}{5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{5}{2}F$

$\frac{\frac{204}{153}}{\frac{5}{2}} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{5}{2}} = \frac{\frac{8}{3}}{5}$

$\frac{2}{5F} = \frac{1}{f}$

$f = \frac{5}{2}F$

$\frac{4}{3}\frac{20}{15} \cdot \frac{2}{5} = \frac{8}{15}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)