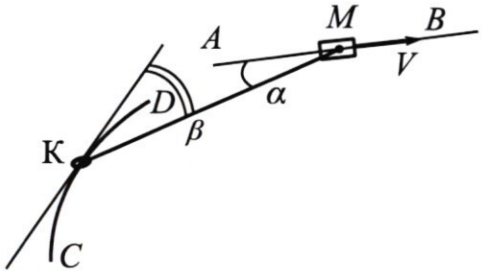
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

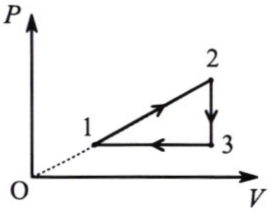
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ 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.



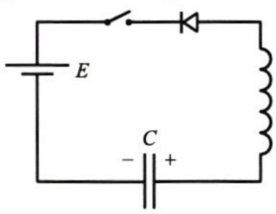
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

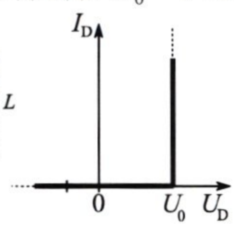
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
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.

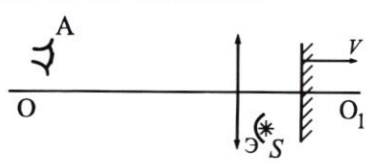
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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. 1) $\frac{c_1}{c_2}$ - ?

$T_{1,2,3}$ - температура в т. 1, 2, 3
$p_{1,2,3}$ - давление газа в т. 1, 2, 3
$V_{1,2,3}$ - объём газа в т. 1, 2, 3

На участке $1 \to 2$:

$\frac{pV}{T} = const$ — уравнение Клапейрона - ~~Менделеева~~

$\frac{p\uparrow V\uparrow}{T\downarrow}$: т.к. p и V растут, то T уменьшается

На участке $2 \to 3$:

$\frac{p\downarrow}{T\downarrow} = const$ Объём постоянен, давление и температура падают.

На участке $3 \to 1$:

$\frac{V\downarrow}{T\downarrow} = const$ Давление постоянно, объём и температура уменьшаются.

Тогда, $C_1 = C_{23}$ (теплоёмкость на участке $2 \to 3$), а $C_2 = C_{31}$ (теплоёмкость на участке $3 \to 1$).

Первый закон термодинамики для участков $2 \to 3$ и $3 \to 1$:

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

кол-во теплоты, переданное газу

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$

ΔU_{23}, ΔU_{31} - изменения внутр. эн. газа;

A_{23}, A_{31} - работа газа.

$Q_{23} = C_{23}\nu\Delta T_{23}$; $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}$; $A_{23} = 0$

$Q_{31} = C_{31}\nu\Delta T_{31}$; $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{31}$; $A_{31} = p_1\Delta V_{31} = \nu R\Delta T_{31}$ (т.к. $pV = \nu RT$ по ур. Кл.-Менделеева)

ν — хим. кол-во газа

$C_{23}\nu\Delta T_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}$

$C_{31}\nu\Delta T_{31} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_{31}$

$\Delta V_{31} = V_1 - V_3$

$\Delta T_{23} = T_3 - T_2$

$\Delta T_{31} = T_1 - T_3$

$$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$$

Ответ: $\frac{3}{5}$.

2) $$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}}{\frac{1}{2}(p_2+p_1)(V_2-V_1)} = 3\frac{\left(\frac{p_2}{p_1}\frac{V_2}{V_1}-1\right)}{\left(\frac{p_2}{p_1}+1\right)\left(\frac{V_2}{V_1}-1\right)} = 3\frac{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2-1}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2-1} = 3$$

$\Delta T_{12} = T_2 - T_1$; A_{12} находится как площадь под процессом $1\to 2$ (площадь трапеции).

Т.к. на участке $1\to 2$ p прямо пропорционально V, то $p_1 = kV_1$, $p_2 = kV_2$, $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$.

Ответ: 3.

3) $\eta = \frac{A}{Q}$, где A — работа газа за цикл, Q — кол-во теплоты, переданное газу за цикл. За цикл газ получал теплоту только на процессе $1\to 2$ (видно из первого з. термодинамики, записанного для 3-ёх процессов: $Q_{12} > 0$, $Q_{23} < 0$, $Q_{31} < 0$), тогда $Q = Q_{12}$. A можно найти как площадь под циклом (площадь треугольника). Тогда:

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

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 4A_{12}$; A_{12} — площадь под графиком процесса.

Т.к. максимальное значение дроби $\frac{\frac{V_2}{V_1}-1}{\frac{V_2}{V_1}+1}$ достигается при

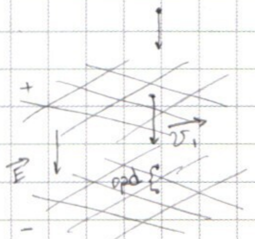
☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{V_2}{V_1} \to \infty$ и равно 1, то $\eta_{max} = 0{,}25$ или 25%.

Ответ: 25%.

3. 1)



Внутри конденсатора на частицу действует постоянная сила, направленная вдоль перемещения частицы, противоположно ему. Тогда работа A этой силы будет равна:

$A = -Fs$, где F – модуль силы, s – перемещение частицы;

$F = E|q|$, где E – модуль напряжённости эл. поля внутри конденсатора,

$E = \frac{U}{d}$; $s = d - 0{,}2d = 0{,}8d$;

$A = -\frac{U}{d}|q| \cdot 0{,}8d = -0{,}8U|q|$;

~~Закон сохранения~~

Работа поля A пошла на изменение кин. энергии частицы:

$\Delta W_k = A$; $\Delta W_k = \underset{\text{кон. кин. энергия частицы (когда она остановилась)}}{0} - \overbrace{\frac{mv_1^2}{2}}^{\text{кин. энергия частицы при влёте в конденсатор}}$

$-\frac{mv_1^2}{2} = -0{,}8U|q|$; $\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1{,}6U}$

Ответ: $\frac{v_1^2}{1{,}6U}$.

2) т.к. внутри конденсатора на частицу действует постоянная сила, то при вылете из конденсатора частица будет иметь скорость v_1, направленную

нарушку. Тогда $T = 2t$, где $t = \frac{v_1}{a}$, где a – ускорение частицы внутри конденсатора, $a = \frac{F}{m} = \frac{U|q|}{md} = \frac{U\gamma}{d}$.

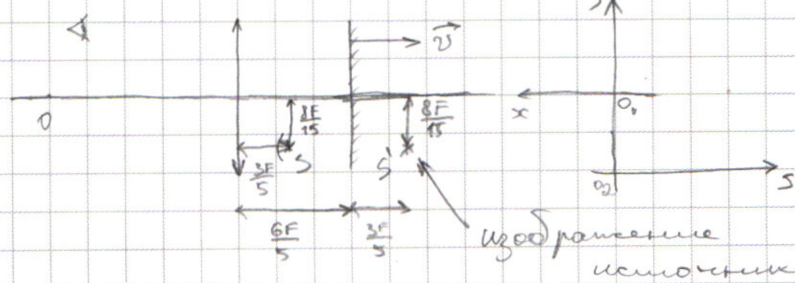
$$T = 2\frac{v_1}{a} = \frac{2v_1 d}{U\gamma} = \frac{2v_1 d}{U\frac{v_1^2}{1{,}6U}} = 3{,}2\frac{d}{v_1}.$$

Ответ: $3{,}2\frac{d}{v_1}$.

3) т. к. ~~площадь обкладок~~ сторона квадратной обкладки много больше, чем расстояние между обкладками, то, когда частица удалена от обкладки на расстояния, сравнимые с d, поля, создаваемые обкладками и действующие на частицу, могут считаться однородными и будут компенсировать друг друга, т. е. вне себя конденсатор создавать поля не будет; частица будет лететь с постоянной скоростью. Когда частица удалится на расстояния много больше, чем d, обкладки также не будут воздействовать на частицу, т. к. будут близко друг к другу (на пренебрежимо малом расстоянии), и отрицательный заряд будет компенсировать положительный. Значит, при удалении частицы на бесконечность, она будет двигаться с постоянной скоростью, $v_0 = v_1$.

Ответ: v_1.

5.



Оси O_1y и O_1x связаны с изображением источника в линзе; O_2y и O_2S – с изображением источника в зеркале.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. перед источником стоит экран так, что лучи попадают ~~на~~ на линзу только после отражения в зеркале, то можно считать, что источником является изображение истинного источника в зеркале (S' на рисунке).

1) Формула тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$, где f - искомое расстояние от наблюдателя A до линзы, d - расстояние от S' до линзы.

$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{9}{4}F$ ($d = \frac{9}{5}F$, что следует из рисунка).

Ответ: $\frac{9}{4}F$.

2) Пусть α - угол между OO_1 и направлением скорости изображения источника в линзе. Значит,

$tg\,\alpha = \frac{dy}{dx}$, где y и x - координаты изображения, dy и dx - их малые изменения.

Т.к. $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ (Γ - увеличение линзы, H - высота изображения над OO_1, h - высота источника над OO_1), то $H = \frac{fh}{d}$; $dy = dH = H(f+dx, d+ds) - H(f, d) =$

$= h\left(\frac{f+dx}{d+ds} - \frac{f}{d}\right) = h\frac{dx}{d}$; $tg\,\alpha = \frac{h}{d} = \frac{\frac{8F}{15}}{\frac{9F}{5}} = \frac{8}{27}$.

Ответ: $tg\,\alpha = \frac{8}{27}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

3) $v_и$ – искомая скорость.

$v_и = \frac{v_x}{\cos\alpha}$, где $v_x = \frac{|dx|}{dt}$ – скорость движения изображения по оси O_1x.

$$dx = x_2 - x_1 = f(d+ds) - f(d) = \frac{d+ds}{\frac{d+ds}{F}-1} - \frac{d}{\frac{d}{F}-1} =$$

$$= \frac{(d+ds)(\frac{d}{F}-1) - d(\frac{d+ds}{F}-1)}{(\frac{d}{F}-1)^2} = -\frac{2\frac{d}{F}+1}{(\frac{d}{F}-1)^2}\,dS =$$

$$= -\frac{\frac{18}{5}+1}{(\frac{4}{5})^2}\,dS = (-1)\,\frac{23\cdot5}{16}\,dS$$

$v_x = \frac{|dx|}{dt} = \frac{23\cdot5}{16}\frac{ds}{dt} = \frac{23\cdot5}{16}\cdot 2v$ (т.к. $\frac{ds}{dt} = 2v$, потому что

скорость зеркала

изображение источника в зеркале движется в 2 раза быстрее, чем само зеркало).

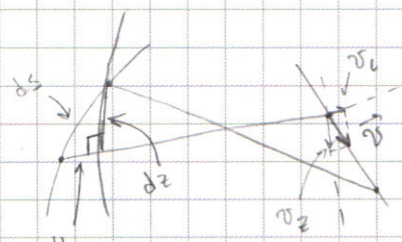
$v_и = \frac{\frac{23\cdot5}{8}v}{\cos\alpha}$;

$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{tg^2\alpha+1}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{64}{27^2}+1}}$

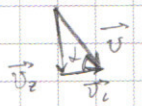
$v_и = \frac{23\cdot5}{8}\sqrt{\frac{64}{27^2}+1}\;v$

Ответ: $\cancel{\frac{115}{8}}$ $115\sqrt{\frac{1}{27^2}+\frac{1}{64}}\;v = \frac{115}{216}\sqrt{793}\;v$.

1. 1)



Скорость муфты может быть разложена на 2 составляющие: вдоль троса (v_l) и поперёк тросу (v_z). Рассмотрим малое смещение муфты. Тогда $dl = v_l dt$, $dz = v_z dt$. Пусть ds – смещение кольца, значит, $ds = \sqrt{(dz)^2+(dl)^2}$ (т.к. рассматривается малый промежуток времени, дуги могут считаться отрезками прямых).



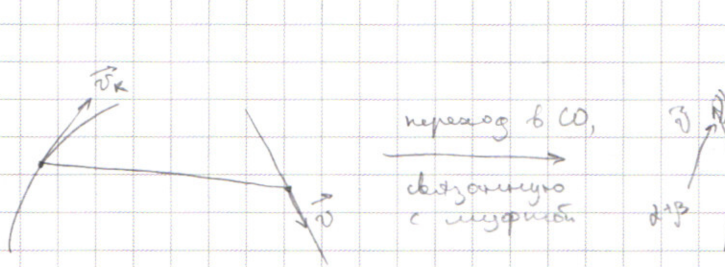
$v_l = v\cos\alpha\cdot dt$, $v_z = v\sin\alpha\cdot dt$;

$ds = \sqrt{v^2 (dt)^2 (\sin^2\alpha + \cos^2\alpha)} = v\,dt$;

$\frac{ds}{dt} = v_к = v$; $v_к$ – скорость кольца.

Ответ: v.

2)



v_0 – искомая относительная скорость

$$v_0 = \sqrt{2v^2 - 2v^2\cos(\alpha+\beta)} = v\sqrt{2(1-(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta))} =$$
$$= 2\cdot\sqrt{2\left(1+\frac{13}{5\cdot 17}\right)} = 2\sqrt{\frac{196}{85}} \left(\frac{м}{с}\right).$$

Ответ: $2\sqrt{\frac{196}{85}}\ \frac{м}{с}$.

3) $T = m\frac{v^2\sin^2\alpha}{l}$ (за центростремительное ускорение кольца, направленное по пруту отвечает сила T)

$v\sin\alpha = v_z$; ~~радиальная скорость~~

$$T = \frac{m v^2\sin^2\alpha}{\frac{17}{15}\cdot R} = \frac{0{,}4\ кг\cdot 4\left(\frac{м}{с}\right)^2\cdot\left(\frac{3}{5}\right)^2}{\frac{17}{15}\cdot 1{,}9\ м};$$

$$\frac{0{,}4\cdot 4\cdot 9\cdot 15}{25\cdot 17\cdot 1{,}9} = \frac{3{,}6\cdot 60}{25\cdot 17\cdot 1{,}9} = \frac{36\cdot 12}{5\cdot 17\cdot 19}$$

$T = \frac{432}{1615}$ Н.

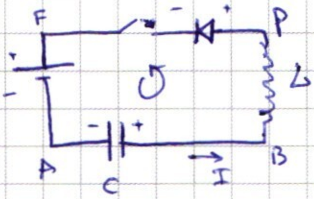
Ответ: $\frac{432}{1615}$ Н.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



1) По второму правилу Кирхгофа для контура ABPFA:

$$U_1 - U_0 = \mathcal{E} + L\left(\frac{dI}{dt}\right)\Big|_{t=0}$$ — в момент времени $t=0$

$$\left(\frac{dI}{dt}\right)\Big|_0 = \frac{U_1 - \mathcal{E} - U_0}{L} = \frac{2\,В}{0{,}4\,Гн} = 5\,\frac{В}{Гн}$$

Ответ: $5\,\frac{В}{Гн}$.

2) По ЗСЭ:

$$\underbrace{-C\mathcal{E}(U_1 - U)}_{\text{работа источника по переносу заряда}} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$, где U_m — напряжение на конденсаторе в момент, когда ток в цепи максимален.

Второе правило Кирхгофа для момента, когда ток в цепи максимален:

$$U_m = \mathcal{E} + U_D - \underbrace{L\frac{dI}{dt}\Big|_{I=I_{max}}}_{0}$$ (т.к. производная тока по времени в данной точке равна нулю)

$$U_m = \mathcal{E} + U_D$$

$$I_{max} = \sqrt{\left(2C\mathcal{E}(U_1 - (\mathcal{E}+U_D)) + CU_1^2 - C(\mathcal{E}+U_D)^2\right)\frac{1}{L}} = \sqrt{20}\cdot 10^{-3}\,(A) \cong 4{,}5\,мA$$ ~~$= \sqrt{14}\cdot 10^{-2} \approx 0{,}04\,(A)$~~

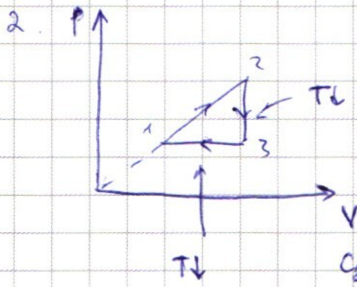
Ответ: ~~$\sqrt{14}\cdot 10^{-2}\,A \approx 0{,}04\,(A)$.~~ $\sqrt{20}$ мА $\cong 4{,}5$ мА.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



1) $\dfrac{C_{23}}{C_{31}}$ — ?

$\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}$

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = 0$

$C_{23}\nu\Delta T_{23}$

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$

$\nu R\Delta T_{31}$

$C_{31}\nu\Delta T_{31}$ $\quad$ $\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{31}$

$C_{23} = \frac{3}{2}R$

$C_{31} = \frac{5}{2}R$

$$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} = \frac{3}{5}}$$

2) $$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)}{\frac{1}{2}(p_2+p_1)(V_2-V_1)} = 3\frac{\left(\frac{p_2}{p_1}\frac{V_2}{V_1} - 1\right)}{\left(\frac{p_2}{p_1}+1\right)\left(\frac{V_2}{V_1}-1\right)} =$$

$\frac{V_2}{V_1}$ $\quad$ $\frac{V_2}{V_1}$

$p_2 = kV_2$

$p_1 = kV_1$

$$= 3\frac{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 - 1} = 3$$

3) $$\eta = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{4\cdot\frac{1}{2}(p_2+p_1)(V_2-V_1)} = \frac{1}{4}\frac{p_2-p_1}{p_2+p_1} = \frac{1}{4}\frac{\frac{V_2}{V_1}-1}{\frac{V_2}{V_1}+1}$$

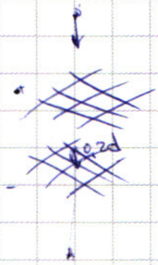
$$4\eta = \frac{b-1}{b+1}$$

$$(4\eta)' = \frac{1}{b+1} - \frac{b-1}{(b+1)^2} = \frac{b+1-b+1}{(b+1)^2} = \frac{2}{(b+1)^2}$$

$\eta_{max} = 0{,}25$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

3. 1) $\overset{0,8}{\cancel{q}}|q|Ed = \frac{mv_1^2}{2}$



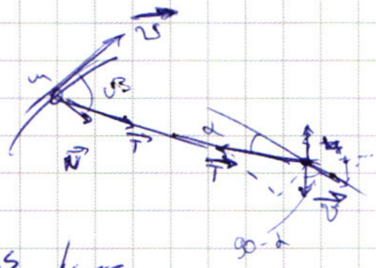
$k q_0 \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+a)^2} \right.$

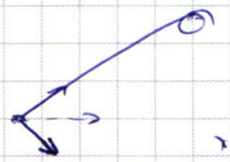
$\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1{,}6\,Ed} = \frac{v_1^2}{1{,}6\,U}$

2) $T = 2t = 2\frac{v_1}{a} = 2\frac{v_1 m}{|q|E} = 2\frac{v_1 d}{\gamma U}$

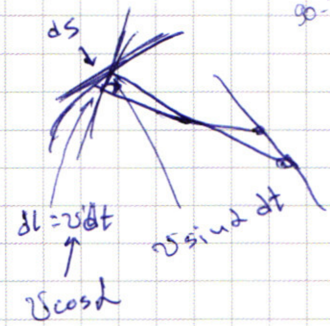
3) $V_0 = V_1$

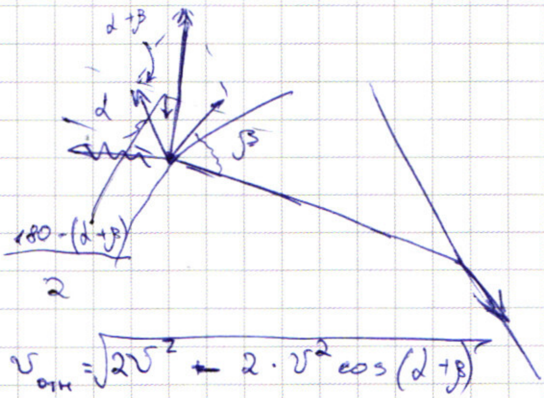
4.

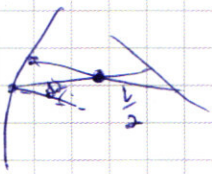




$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$







$v_{отн} = \sqrt{2v^2 + 2 \cdot v^2 \cos(\alpha+\beta)}$

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

$\frac{T}{m} = \quad T = m\frac{v^2 \sin^2\alpha}{l}$

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

$= \frac{4}{5}\frac{8}{17} - \sqrt{\left(1 - \frac{16}{25}\right)\left(1 - \frac{64}{289}\right)} =$

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

$\begin{array}{r} 36 \\ \times 12 \\ \hline 72 \\ 36 \\ \hline 432 \end{array}$

$= \frac{1}{5 \cdot 17}(32 - 45) = -\frac{13}{5 \cdot 17}$

$\begin{array}{r} 17 \\ \times 19 \\ \hline 153 \\ 17 \\ \hline 323 \end{array}$

$v_{отн} = 2\sqrt{2\left(1 + \frac{13}{5 \cdot 17}\right)} = 2\sqrt{2 \cdot \frac{98}{85}}$

$\begin{array}{r} 17 \\ \times 5 \\ \hline 85 \end{array}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

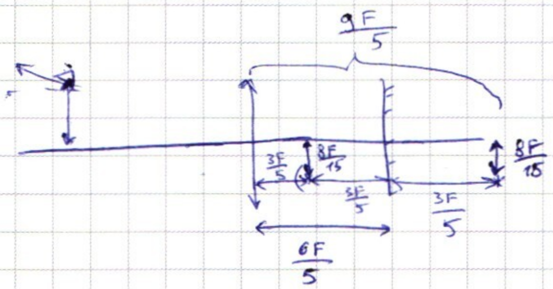
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{5}{9F} \qquad f = \frac{dF}{d-F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{4}{9F} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{Fd}$$

$$\boxed{f = \frac{9}{4}F}$$

$$\frac{f}{d}\,\frac{8F}{15} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F}\,\frac{8F}{15} = \frac{5}{4}\,\frac{8}{15} = \frac{2}{3}F$$

$$tg\,\alpha = \frac{dH}{dx} \qquad H = \frac{f}{d}h$$

$$dx = \frac{d + \overbrace{2v\,dt}^{ds}}{\frac{d+2v\,dt}{F} - 1} - \frac{d}{\frac{d}{F} - 1} = \qquad dH = h\left(\frac{f+dx}{d+ds} - \frac{f}{d}\right) = h\,\frac{dx}{d}$$

$$= \frac{(d+ds)\left(\frac{d}{F} - 1\right) - d\left(\frac{d+ds}{F} - 1\right)}{\left(\frac{d}{F} - 1\right)^2} = \qquad tg\,\alpha = \frac{h}{d} = \frac{\frac{8F}{15}}{\frac{9F}{5}} = \frac{8}{15}\,\frac{5}{9} = \frac{8}{27}$$

$$= \frac{\cancel{\frac{d^2}{F}} - \frac{d}{F}ds - ds \cancel{-d} \cancel{+d} \cancel{-\frac{d^2}{F}} - \frac{d}{F}ds}{\left(\frac{d}{F} - 1\right)^2}$$

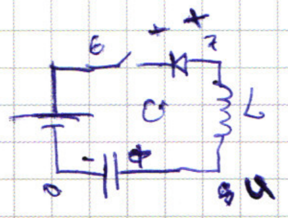
$$= -\frac{2\frac{d}{F} + 1}{\left(\frac{d}{F} - 1\right)^2}\,ds \qquad |v_x| = \frac{2\frac{d}{F} + 1}{\left(\frac{d}{F} - 1\right)^2}\,2v$$

$$v_u = \frac{|v_x|}{\cos\alpha}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

4.



$$U_D + \mathcal{E} = L\frac{dI}{dt} = U_1$$

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

$$I = \frac{dq}{dt} = C\frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C}\frac{d\left(\mathcal{E} - L\frac{dI}{dt}\right)}{dt} = -\frac{L}{C}\frac{d^2I}{dt^2}$$

$$i\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$I = I_0 e^{i\sqrt{\frac{L}{C}}t} = \underbrace{I_0\left(\cos\sqrt{\frac{L}{C}}t\right.} + i\sin\sqrt{\frac{L}{C}}t\Big)$$

$$I = I_0 \sin\left(2\cdot 10^{-3}\cdot t\right)$$

$$U = U_0 \cos\left(2\cdot 10^{-3}\cdot t\right)$$

$$C\mathcal{E}\left(\frac{U_1 - U}{\mathcal{E}}\right) + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$U = \mathcal{E} - \underbrace{L\frac{dI_{max}}{dt}}_{0} + U_D$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - \frac{(\mathcal{E}+U_D)^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

27 · 27 = 189 + 54 = 729

729 + 64 = 793

28 · 28 = 224 + 56 = 784

$$\frac{8\cdot 10^{-6}}{0{,}4} = \sqrt{20\cdot 10^{-6}} = 10^{-3}\cdot\sqrt{20} \quad 8\cdot 27$$

27 · 8 = 216

$$20\cdot 6\cdot 2 + 10\cdot 81 - 10\cdot 49 = 10\underbrace{(24 + 81 - 49)}_{105-49=56}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{560\cdot 10^{-6}}{0{,}4}} = \sqrt{1400\cdot 10^{-6}}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

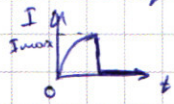
$U_m = E + U_D$

$I_{max} = \left(\frac{1}{L} \left(-2CE(U_1 - (E + U_D)) + CU_1^2 - C(E+U_D)^2 \right) \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{20}\ (мА) \cong$

$\cong 4,5\ (мА)$.

Ответ: $\sqrt{20}$ мА $\cong$ 4,5 мА.

3) В п. 2) данной задачи было получено, что ток в цепи становится максимальным при значении напряжения на конденсаторе равном $U_m = 7$ В. Это напряжени является напряжением между точками A и P, при котором диод будет закрыт. Т.к. в момент, когда $I = I_{max}$ в катушке не возникает ЭДС самоиндукции, то ток в цепи перестанет течь и напряжение на конденсаторе станет $U_2 = U_m = 7$ В.



Ответ: 7 В.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)