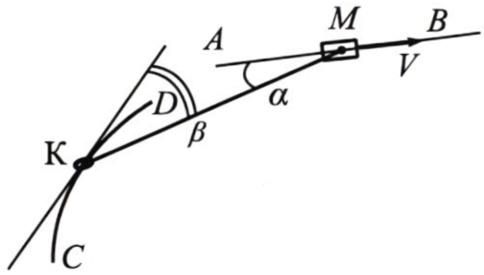
Олимпиада «Физтех» по физике, фе

Класс 11

Вариант 11-02

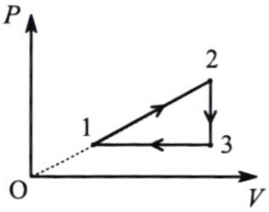
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

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.



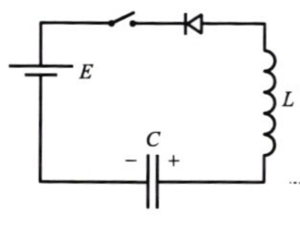
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

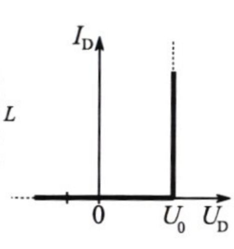
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

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.

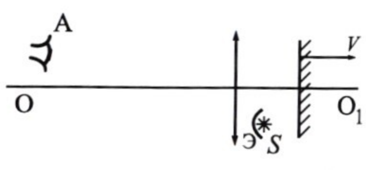
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 =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

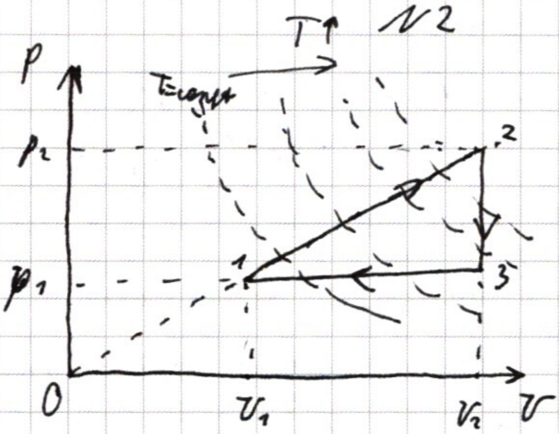
№2

Дано: $i=3$

1) $\frac{C_I}{C_{II}} = ?$

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

3) $\eta_{max} = ?$



пусть p_2, V_2 и p_1, V_1 — давления и объёмы в т. 1 и 2. и ν - кол-во молей газа

1) заметим, что в процессе 1-2 прямая пересекает большие изотермы => T возрастает, а в процессах 23 и 31 наоборот, T понижается, при этом 2-3 - изохора, а 31 - изобара, значит $C_{23} = \frac{i}{2}R$ а $C_{31} = \frac{i+2}{2}R$, тогда $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5}$

2) $A_{12} = \underbrace{\frac{(p_1+p_2)}{2}(V_2-V_1)}_{\text{площадь трапеции}} \ominus$ т.к. $\frac{P}{V} = const = n$, то $p_1V_2 = p_2V_1$

$\ominus \frac{1}{2}(p_1V_2 - p_1V_1 + p_2V_2 - p_2V_1) = \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{2}$

$Q_{12} = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + A = \frac{i}{2}\nu R(T_2-T_1) + \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{2} = \frac{i+1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$

$p_iV_i = \nu RT_i$

$\cancel{\frac{A_{12}}{Q_{12}}} = \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{i+1}{2}}{\frac{1}{2}} \cdot \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{p_2V_2 - p_1V_1} = i+1 = 4$

3) η_{max} - максимальное кпд $\quad A = \frac{1}{2}(p_2-p_1)(V_2-V_1)$ — работа за цикл (площадь треугольника)

$Q_+ = Q_{12}$

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2}(p_2-p_1)(V_2-V_1)}{\frac{i+1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)} = \frac{1}{i+1} \cdot \frac{\frac{(n-1)^2}{p_1V_1}}{\frac{n^2-1}{p_1V_1}} = \frac{1}{i+1}\left(\frac{n-1}{n+1}\right) = \frac{1}{i+1}\left(1 - \frac{2}{n+1}\right)$

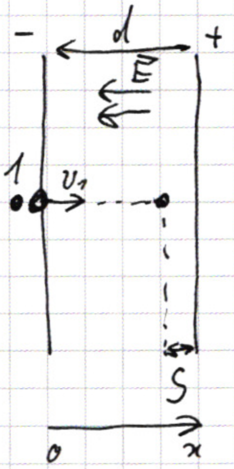
(делим на p_1V_1)

при $n \to \infty$ $\eta = \eta_{max} = \frac{1}{i+1} = 25\%$

Ответ: $\frac{3}{5}$; 4; 25%.

№3

Дано:
d, $\frac{q}{m}=\gamma$
$S=0,2d$,
V_1
1) $T=?$
2) $U=?$
3) $v_0=?$



1) так как поле E в конденсаторе постоянно, то на частицу действует постоянная сила, а значит у частицы постоянное ускорение a

2 ЗН: $ma=qE$

$$a=\frac{qE}{m}=\gamma E$$

напишем кинематику движения частицы:

$V(t)=V_1-at$

$x(t)=V_1t-\frac{at^2}{2}$

в момент остановки $V=0 \Rightarrow T=\frac{V_1}{a}$

подставляем во 2-ое ур-ие:

$$0,8d=\frac{V_1^2}{a}-\frac{V_1^2}{2a}=\frac{V_1^2}{2a}$$

$$a=\frac{V_1^2}{1,6d} \Rightarrow T=\frac{V_1}{V_1^2}\cdot 1,6d=\boxed{\frac{1,6d}{V_1}}$$

2) $U=d\cdot E$, так как $E=const$, $E=\frac{a}{\gamma}$ (из 2ЗН) $=\frac{V_1^2}{1,6d\gamma}$, значит

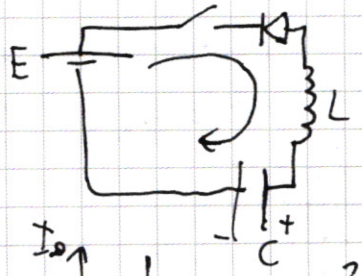
$$\boxed{U=\frac{V_1^2}{1,6\gamma}}$$

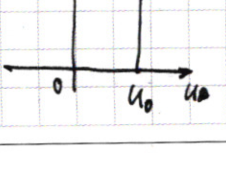
3) Если обкладки конденсатора заряжены одинаковыми зарядами, то $\varphi_{беск}=\varphi_1=0$, тогда $V_0=V_1$

Ответ: $\frac{1,6d}{V_1}$; $\frac{V_1^2}{1,6\gamma}$; V_1.

№4

Дано:
$U_1=6В$
$E=3В$
$C=20$ мкФ
$L=0,2$ Гн
$U_0=1В$
1) $\dot I=?$
2) $I_{max}=?$
3) $U_2=?$





1) правило Кирхгофа вначале:

$E=-U_0-\dot I L+U_1$ (диод открыт)

$$\dot I=\frac{U_1-U_0-E}{L}=\boxed{10\,А/с}$$

2) максимальный ток в цепи будет тогда, когда $\dot I=0$, а значит $U_к=U_0+E$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение задачи 4

Напишем ~~энергию~~ изменение энергии в системе:

(1) $\Delta W_{кон} + \Delta W_{кат} = A_б + A_д$ (работа батарейки; работа диода)

$\Delta W_{конд} = \frac{CU_к^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

$\Delta W_{кон}$ – изменение потенциальной энергии конденсатора

$\Delta W_{кат}$ – изменение потенциальной энергии катушки

$U_к$ – напряжение на конденсаторе в этот момент

$\Delta W_{кат} = \frac{LI^2}{2}$ I – ток в этот момент

$A_б = -E(CU_1 - CU_к)$

$A_д = -U_0(CU_1 - CU_к)$

если в этот момент $I = 0$, то $U_к = E + U_0$

подставим в уравнение (1) $\Delta W_{кон}$, $\Delta W_{кат}$, $A_б$, $A_д$

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

$$\Downarrow$$

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

$U_к = E + U_0$

$$\ominus\ 2\cdot\sqrt{\frac{20\cdot10^{-6}}{0,2}}\,A = 2\cdot10^{-2}\,A = 0,02\,A$$

3) ~~Снова напишем~~ U_2 будет тогда, когда $I = 0$, напишем изменение энергии системы, но теперь вместо $U_к - U_2$, $I = 0$,

$$\frac{\cancel{C}}{2}(U_2^2 - U_1^2) = -(E+U_0)\cdot\cancel{C}\cdot(U_1 - U_2),\ U_2 \neq U_1$$

$U_1 + U_2 = 2E + 2U_0$ $U_2 = 2E + 2U_0 - U_1 = 2\,В$

Ответ: $10\,А/с$; $0,02\,А$; $2\,В$.

N5

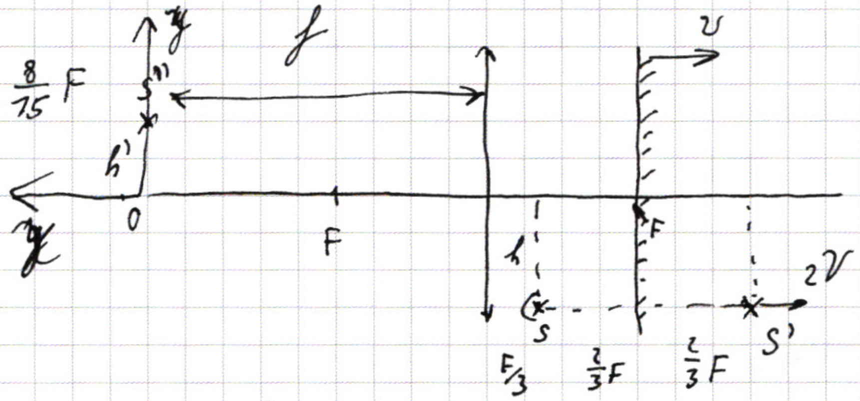
Дано:

V, F, $\frac{1}{3}F$, $\frac{8}{15}F$

1) $f = ?$

2) $\alpha = ?$

3) $V_{из} = ?$



1) f – расстояние от линзы до изображения

так как справа зеркало, то $d = \frac{5}{3}F$

(расстояние, учитываемое в ф-е плоской линзы как расст от линзы до источн)

напишем ф-у тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{5}{2}F$$

2) напишем $d(t)$ и $f(t)$:

* так как скорость зеркала v, и скор $S = 0$, то $V_{S'} = 2V$

$$d(t) = \frac{5}{3}F + 2Vt$$

$$f(t) = \frac{\left(\frac{5}{3}F + 2Vt\right) \cdot F}{\frac{2}{3}F + 2Vt}$$

$$V_x = \frac{df}{dt} = \frac{2V\left(F \cdot \left(\frac{2}{3}F + 2Vt\right) - F \cdot \left(\frac{5}{3}F + 2Vt\right)\right)}{\left(\frac{2}{3}F + 2Vt\right)^2} = -\frac{2VF^2}{\left(\frac{2}{3}F + 2Vt\right)^2}$$

h' – расстояние S'' от оси, $h' = \Gamma \cdot h$, $\Gamma = \frac{f}{d}$ – увеличение изображения (h – расстояние от S до оси)

значит $V_y(t) = \dot{h}' = h \cdot \dot{\Gamma} = h \cdot \frac{\dot{f}d - f\dot{d}}{d^2} = h \cdot \frac{\left(\frac{5}{3}F + 2Vt\right) \cdot \frac{-2VF^2}{\left(\frac{2}{3}F + 2Vt\right)^2} - 2V\frac{\left(\frac{5}{3}F + 2Vt\right) \cdot F}{\frac{2}{3}F + 2Vt}}{\left(\frac{5}{3}F + 2Vt\right)^2}$

$$\dot{h}' = h \cdot \frac{-2VF\cancel{F}}{\left(\frac{2}{3}F + 2Vt\right)^2},$$

при $t = 0$

$$V_x = -\frac{9}{2}V$$

$$V_y = -\frac{12}{5}V \Rightarrow tg\,\alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{8}{15},$$

а $V_{из} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{51}{10}V$

Ответ: $\frac{5}{2}F$; $tg\,\alpha = \frac{8}{15}$; $V_{из} = \frac{51}{10}V$.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

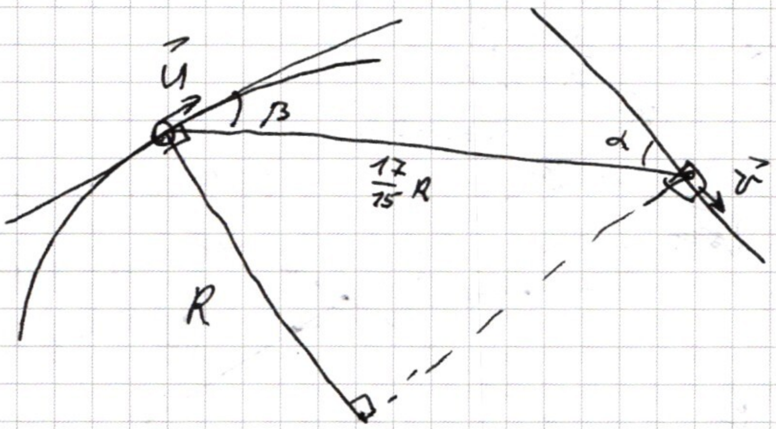
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

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

1) $U = ?$
2) $U' = ?$
3) $T = ?$



1) так как нить нерастяжима, то проекции скоростей муфты и кольца на нить должны быть равны, значит $U\cos\beta = V\cos\alpha$,

$$U = V\cdot\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 40\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{17}{8} = 51 \text{ см/с}$$

2) если мы хотим получить скорость кольца относительно муфты, то мы из вектора $\vec U$ вычитаем $\vec V$:

~~по теореме косинусов находим:~~

$\gamma = \alpha + \beta$

~~$U' = \sqrt{V^2 + U^2 - 2UV\cos(\alpha+\beta)} = \sqrt{V^2 + V^2\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} - 2V^2\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)}$~~

~~$U' = V\cdot\sqrt{\frac{\cos^2\beta + \cos^2\alpha}{\cos^2\beta} - 2\cos^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta} =$~~

~~$= 40\cdot\sqrt{1 + \frac{9\cdot 17^2}{25\cdot 8^2} - 2\cdot\frac{9}{25} + 2\cdot\frac{4\cdot 3}{25}\cdot\frac{15}{8}} =$~~

$\vec U$ и $\vec V$ проекции равны, т.к. то $U' \perp$ нити,

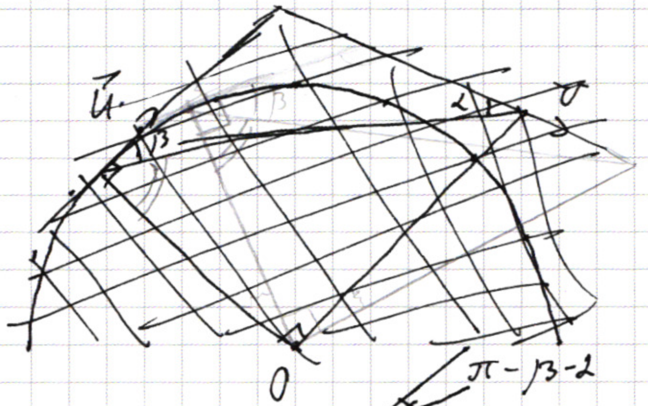
$$U' = U\sin\beta + V\sin\alpha = 51\cdot\frac{15}{17} + 40\cdot\frac{4}{5} = 53 \text{ см/с}$$

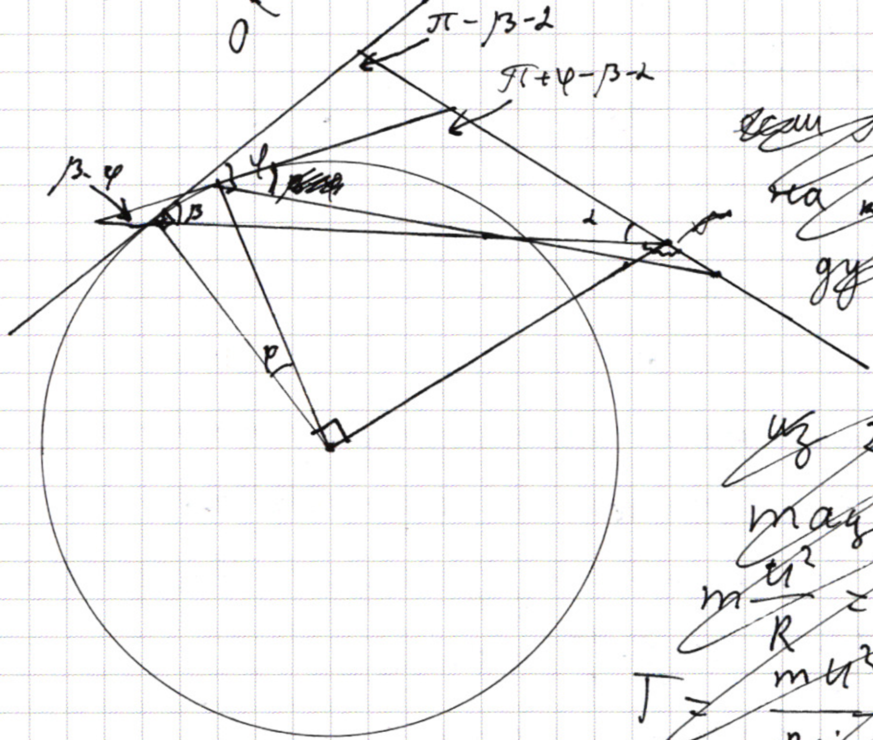
так как $U\cos\beta = V\cos\alpha$, то $U' \perp$ нити

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

продолжение задачи 1:

$T = ?$





~~если N (реакция опоры на кольцо со стороны дуги) = a, то~~

~~из 2З Н~~

$\cancel{ma_ц = T\sin\beta}$

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

$\cancel{T = \frac{mu^2}{R\sin\beta} = \frac{1\cdot 51^2}{1{,}7\cdot\frac{15}{17}} =}$

т.к. в системе отсчёта муфты кольцо движется ⊥ нити, то 2З Н:

$ma_ц = T$

$a_ц = \frac{u'^2}{l}$

$$T = \frac{mu'^2}{l} = \frac{1\cdot 53^2\cdot 10^{-4}}{17\cdot 1{,}7}\cdot 15 \approx \frac{2809\cdot 15\cdot 10^{-4}}{28{,}9} \approx$$

$$\approx 15\cdot 10^2\cdot 10^{-4} = 0{,}15 \text{ Н}$$

53×53: 159, 265, 2809

$17 \times 1{,}7 = 28{,}9$

Ответ: 51 см/с; 53 см/с; 0,15 Н.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

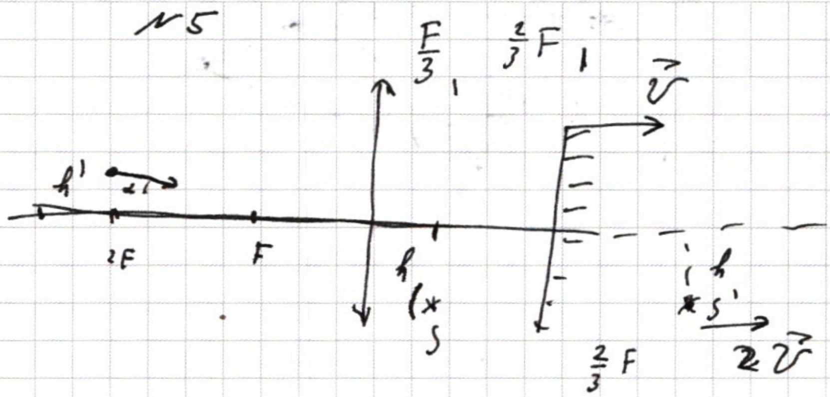
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

F



$$\frac{v_y}{v_x} = \frac{8}{15}$$

$$h = \frac{8}{15} F$$

$$\frac{1}{F+\frac{2}{3}F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{(F+\frac{2}{3}F)\cdot F}{\frac{2}{3}F} = F\cdot\frac{5}{2}$$

$$\frac{dh'}{dt} = h\cdot\dot{\Gamma} = h\cdot\left(\frac{f}{d}\right)'$$

$$d(t) = \frac{5}{3}F + 2vt$$

$$f(t) = \frac{dF}{d-F} = \frac{(\frac{5}{3}F+2vt)\cdot F}{\frac{2}{3}F+2vt}$$

$$\frac{df}{dt} = \frac{2v(F\cdot(\frac{2}{3}F+2vt) - F\cdot(\frac{5}{3}F+2vt))}{(\frac{2}{3}F+2vt)^2} = \frac{2vF(-F)}{(\frac{2}{3}F+2vt)^2} = -\frac{2vF^2}{(\frac{2}{3}F+2vt)^2}$$

$$\dot{\Gamma} = \frac{\dot{f}d - f\dot{d}}{d^2} = \frac{(\frac{5}{3}F+2vt)\cdot\frac{-2vF^2}{(\frac{2}{3}F+2vt)^2} - 2v\cdot\frac{(\frac{5}{3}F+2vt)\cdot F}{\frac{2}{3}F+2vt}}{(\frac{5}{3}F+2vt)^2} = \frac{-2vF}{(\frac{2}{3}F+2vt)}\cdot\frac{F+\frac{2}{3}F+2vt}{(\frac{2}{3}F+2vt)\cdot(\frac{5}{3}F+2vt)}$$

$$v_x(0) = -\frac{2vF^2}{\frac{4}{9}F^2} = -\frac{9}{2}v$$

tg

$$v_y(0) = \frac{8}{15}F\cdot\left(\frac{-2vF\cdot\frac{5}{3}F}{\frac{2}{3}F\cdot\frac{2}{3}F\cdot\frac{5}{3}F}\right) = \frac{8}{15}\cdot\left(-\frac{9}{2}v\right) = -\frac{12}{5}v$$

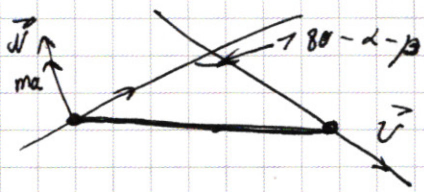
$$81\cdot 25 = \frac{8100}{4} = 2025 + 576$$

$$v' = \sqrt{\frac{144}{25}+\frac{81}{4}}\cdot v = \frac{3\cdot 17}{10}v = \frac{51}{10}v$$

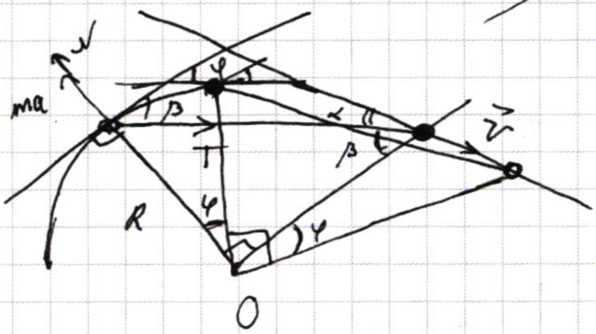
$$2601 = 9\cdot(289)$$
17^2

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



180 − α − β
ma



ma
R
T
O

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$v = 40$ см/с

$m = 1$ кг

$R = 1,7$ м

$l = \frac{17R}{15}$

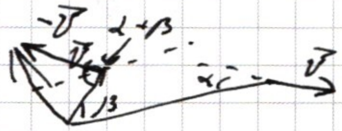
α ($\cos\alpha = \frac{3}{5}$) $\sin \frac{4}{5}$

β ($\cos\beta = \frac{8}{17}$) $\sin \frac{15}{17}$

$T = ?$, v_1, $v_2 = ?$

$289 - 64 = 225 = 15^2$

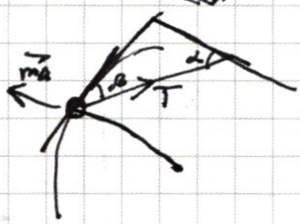
~~перпенд~~ $v_1 = \frac{v\cos\alpha}{\cos\beta}$

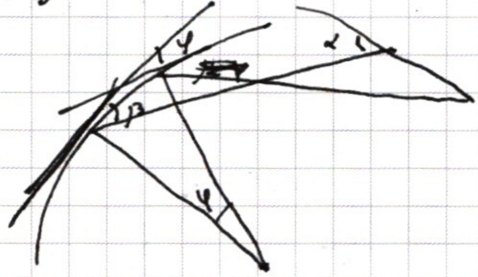


$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 - \vec{v}$

$|v_2| = \sqrt{v^2 + v_1^2 - 2\cos(\alpha+\beta)\, v \cdot v_1}$

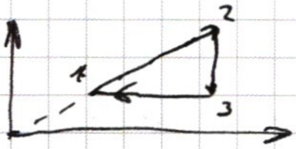
cos cos − sin sin





№2

$i = 3$



12 $T\uparrow$

23 $T\downarrow$

31 $T\downarrow$

$\frac{C_V}{C_p}$

$\frac{p}{V} = const$

$Q = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + \int p\,dV$

$\nu R \Delta T$

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

$\frac{A}{Q} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{i}{2}+\frac{1}{2}} = \frac{1}{4}$

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(p_2-p_1)(V_2-V_1)\cdot\frac{1}{2}}{\frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)}$

$\frac{p_2}{p_1} = n$

$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = n$

$\frac{1}{i+1}\cdot\frac{n^2-2n+1}{n^2-1} = \frac{1}{i+1}\cdot\frac{n-1}{n+1} = \frac{1}{i+1}\left(1 - \frac{2}{n+1}\right)$

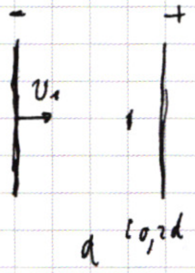
$n \to \infty$ $\eta = \frac{1}{i+1}$

$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)' = \frac{n+1-(n-1)}{(n+1)^2} = \frac{2}{(n+1)^2}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№ 3



$t = \frac{v_1}{a}$

$0{,}8d = v_1 \cdot t - \frac{at^2}{2}$

$0{,}8d = \frac{v_1^2}{2a}$

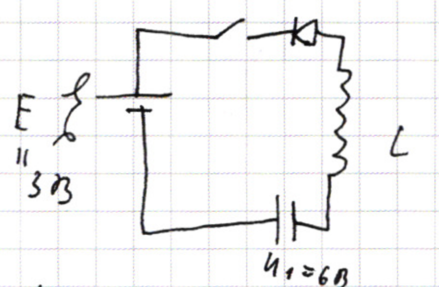
$a = \frac{v_1^2}{1{,}6d}$

$t = \frac{v_1}{v_1^2} \cdot 1{,}6d = \frac{1{,}6d}{v_1}$

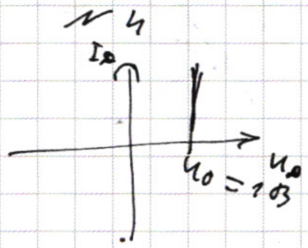
$$U = E \cdot d = \frac{a}{\gamma} d = \frac{v_1^2 d}{\gamma \cdot 1{,}6d} = \frac{v_1^2}{\gamma \cdot 1{,}6}$$

$v_1 = v_0$? $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$

№ 4



$L = 0{,}2$ Гн $C = 20$ мкФ



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

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

I max, когда ΔU на катушке = 0

$U_к = U_0 + \mathcal{E} \Rightarrow \frac{LI^2}{2} + W_к + A_б = W_н$

$W_к = \frac{CU_к^2}{2}$, $A_б = \mathcal{E}C(U_1 - U_к) + U_0(U_н - U_к)$, $W_н = \frac{CU_н^2}{2}$

$$I = \sqrt{\frac{2}{L}\left(\frac{CU_н^2}{2} - \frac{CU_к^2}{2} - (\mathcal{E}C + U_0C)(U_н - U_к)\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L}(U_1 - U_0 - \mathcal{E})(U_1 - U_0 - \mathcal{E})}$$

$$= (U_1 - U_0 - \mathcal{E})\sqrt{\frac{C}{L}}$$

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

$W_к + (U_0 + \mathcal{E})(CU_н - CU_к') = W_н$

$U_к'^2 - 2(U_0 + \mathcal{E})U_к' + 2(U_0 + \mathcal{E})U_1 - U_1^2 = 0$

$U_к' = \frac{U_0 + \mathcal{E} \pm \sqrt{U_0^2 + \mathcal{E}^2 + 2U_0\mathcal{E} - 2U_0U_1 - 2U_1\mathcal{E} + U_1^2}}{} = 2U_0 + 2\mathcal{E} - U_1$ ✓