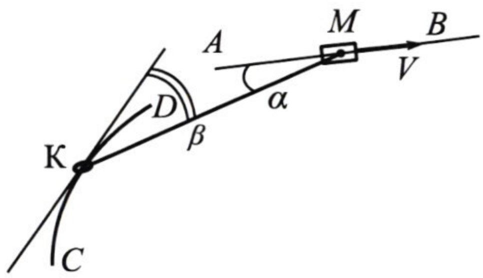
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

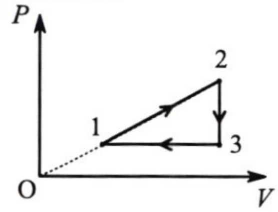
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

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.



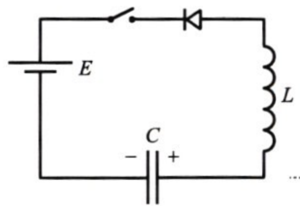
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

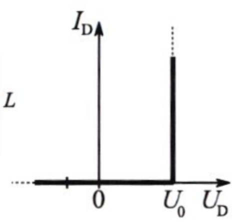
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

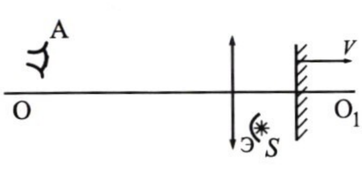
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

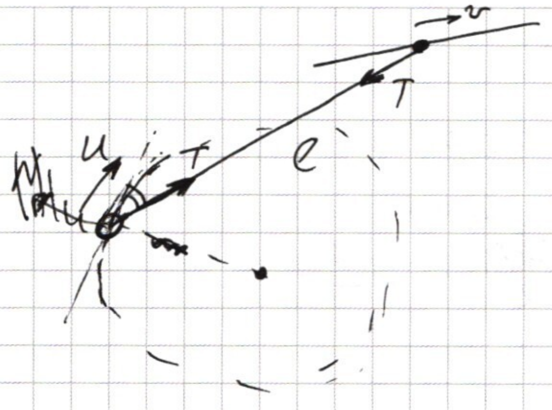


1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

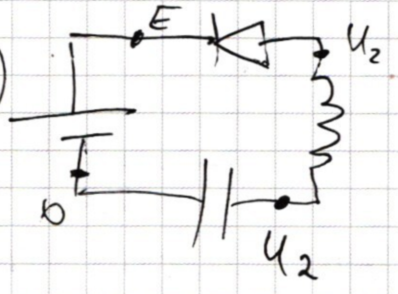
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$ma_y = T\sin\beta$

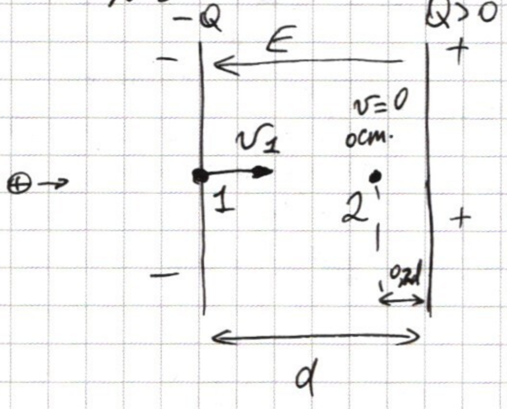
$a_y = \frac{u^2}{R}$

$m\frac{u^2}{R} =$



$E - U_2$

N3



ЗСЭ от 1 к 2

1) $\frac{mv_1^2}{2} + q(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$

$\frac{mv_1^2}{2} + q(-E)(d - 0,2d) = 0$

$\frac{mv_1^2}{2} = qE \cdot 0,8d$

$E = \frac{\frac{m}{2}v_1^2}{q \cdot 0,8d} = \frac{v_1^2}{1,6\gamma d}$

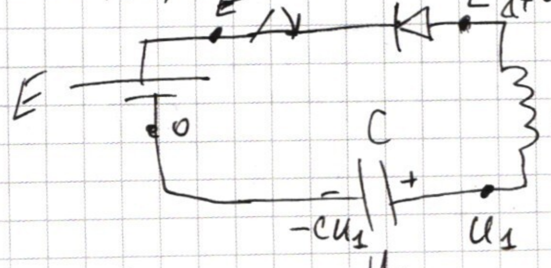
$ma = Eq$

$\frac{v_1}{T} = E\gamma \Rightarrow T = \frac{v_1}{E\gamma} = \frac{\cancel{v_1}}{\frac{\cancel{v_1^2}}{1,6\cancel{\gamma} d}\cancel{\gamma}} = 1,6\frac{d}{v_1}$

2) $U = Ed = \frac{v_1^2}{1,6\gamma d} d = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$

3) $v_0 = v_1$

N4

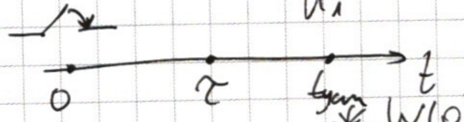


1) Напр. на конд. скач. не мен. $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ сразу после зам. ключа $U_C(0) = U_1$

2) Ток ч/з катушки скач. не мен. $\Rightarrow$ сразу пос

4) Мет. узл. пот.: $* \; I(0) = 0 \Rightarrow$

3) $\Rightarrow$ по ВАХ диода $U_0(0) = U_0$



Т.к. кат имеет пост инд

$U_L(0) = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$U_L(0) = U_1 - (E + U_0) \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{6-3-1}{0,2} = \frac{2}{0,2} = 10\ \frac{A}{c}$

$* \; W(0) = \frac{CU_1^2}{2}$

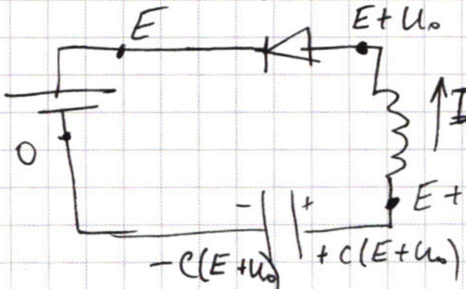
☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

2) Т.к. $U_1 > E$, ток потечёт против. час. стрелки => диод открыт и т.к. $I(t) \neq 0$, то $U_\partial(t) = U_0 = const$

Пусть ток ч/з кат. макс. в м. вр. τ, $I_L(\tau) = I_m$

Когда ток ч/з катушку макс., напряж. на ней равно 0. Исп. МУП



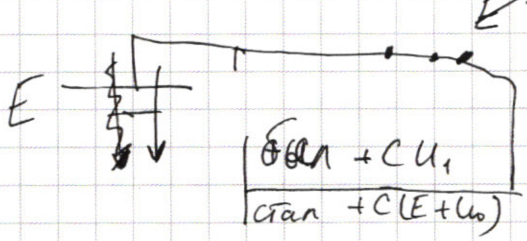
Видно, что $U_C(\tau) = E + U_0$

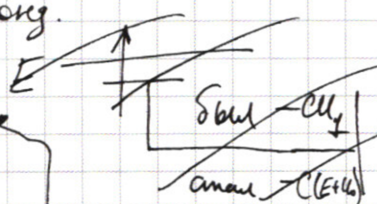
по ЗСЭ: $A_Б = \Delta W + Q$

$Q = 0$

$$\Delta W = W(\tau) - W(0) = \frac{C(E+U_0)^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

4 прав обкл. конд.





Т.к. $CU_1 > C(E+U_0)$

⇓

заряд, протёкш. ч/з ист. $q_{ист} = CU_1 - C(E+U_0)$ против напр. стор. сил.

$= C(U_1 - E - U_0)$

$$A_Б = -E q_{ист} = -E C(U_1 - E - U_0) =$$

$$= -CEU_1 + CE^2 + CEU_0$$

Тогда ЗСЭ примет вид

$$-CEU_1 + CE^2 + CEU_0 = \frac{C}{2}E^2 + \cancel{CEU_0} + \frac{C}{2}U_0^2 + \frac{LI_m^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$-2CEU_1 + \frac{C}{2}E^2 - \frac{C}{2}U_0^2 + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L}\left(E^2 - U_0^2 + U_1^2 - 2EU_1\right)} = \sqrt{\frac{C}{L}\left((U_1 - E)^2 - U_0^2\right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L}(U_1 - E - U_0)(U_1 - E + U_0)} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}(6 - 3 - 1)(6 - 3 + 1)} =$$

$$= 10^{-3}\sqrt{100}\sqrt{2 \cdot 4} = 10 \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10^{-3} = 20\sqrt{2}\,мА \approx 28\,мА$$

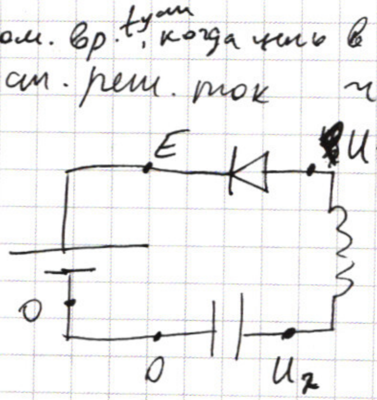
1,4

$t_{уст}$ мом. вр., когда цепь в уст. сост

3) В уст. реш. ток ч/з конд. не идёт => $I_L(t_{уст}) = 0$, $W_L(t_{уст}) = 0$,
=> диод закрыт

$U_L(t_{уст}) = 0$

$U = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$



$U_0 = U_2 - E < U_0$

$10 \cdot 10^{-3}\sqrt{2 \cdot 4}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

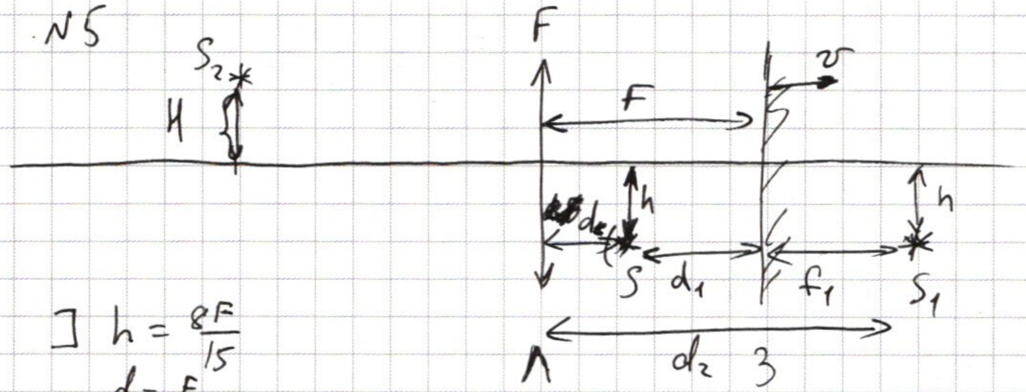
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



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

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

S_1 – мним. изобр. S в зеркале, являющ. действ. предм. для линз.

$d_1 = F - d = \frac{2F}{3}$ – рассm от S до З

ф.в З. $Г_1 = 1$ $f_1 = d_1 = \frac{2F}{3}$ – рассm. от З до S_1

$d_2 = F + f_1 = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$ – рассm от S_1 до

S_2 – действ. изобр. S_1 в линзе, f_2 – рассm от S_2 до Л

по ф. т. линзы (и изобр. в сист.) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$, ~~$f_2$ – рассm. от~~

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{f_2}; \quad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

$$f_2 = \frac{5F}{2}$$

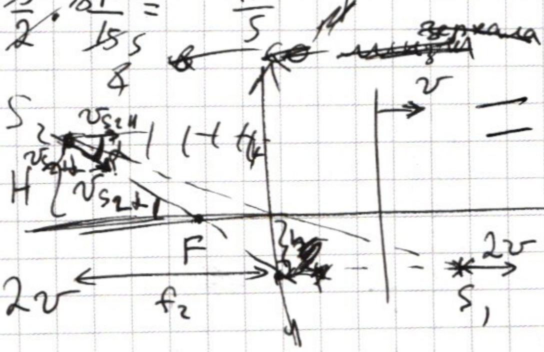
увел. в Л. $Г_2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{\frac{5F}{2}}{\frac{5F}{3}} = \frac{3}{2}$

H – рассm от S_2 до ОО, $Г_2 = \frac{H}{h} \Rightarrow H = Г_2 h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8F}{15} = \frac{4F}{5}$

$v_S = v_{S_1}$ отн. зеркала

$v_З = v$

в СО земли $v_{S_1} = v + v = 2v$



Т.к. линза неподв., то мним. скор. предм. S_1 и изоб S_2 пересек. на линзе

Луч, идущ. ч/з гл. опт. у. прох. без преломл.; луч, пад. перп. на Л., прох. ч/з фокус

черновик ☐ чистовик Страница №__

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

Из подобия: $\frac{h}{H} = \frac{f_2 - F}{F} = \Gamma_2$

$f_2 - F = \frac{5F}{2} - F = \frac{3F}{2}$

$tg\,\alpha = \frac{H}{f_2 - F} = \frac{\frac{4}{5}F}{\frac{3F}{2}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{2}{3} = \frac{8}{15}$, $\cos\alpha = \frac{15}{17}$

проекц. v_{s_2} на горизонт. $v_{s_2 \parallel} = \Gamma_2^2 v_{s_1} = \Gamma_2^2 \cdot 2v$

$v_{s_2 \parallel} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdot 2v = \frac{9}{4} \cdot 2v = \frac{9}{2} v$

$v_{s_2} = \frac{v_{s_2 \parallel}}{\cos\alpha}$

$\sin^2 + \cos^2 = 1 \quad |: tg\,\alpha$

$\cos^2 + \frac{\cos^2}{tg^2} = \frac{1}{tg^2}$

$\cos^2\left(1 + \frac{1}{tg^2}\right) = \frac{1}{tg^2}$; $\cos^2 (tg^2 + 1) = 1$

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

$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{\frac{64}{225} + 1}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$

$v_{s_2} = \frac{\frac{9}{2} v}{\frac{15}{17}} = \frac{9}{2} \cdot \frac{17}{15} v = \frac{51}{10} v$

$k - 1$? $k -$ $\frac{(k-1)^2}{4(k^2-1)} < 1$

$k^2 - 2k + 1 < 4k^2 - 4$

$3k^2 + 2k - 5 < 0$

$(k-1)\left(k + \frac{5}{3}\right) < 0$

$-\frac{5}{3}$; 1

$2 \cdot 51 \cdot \frac{48}{10} \cdot \frac{36}{85} =$

48×36: 288, 144, 1728

51×51: 51, 255, 2601; $+1600$, $+1728$ → 5329

79×79: 711, 553, 6..

63×63: 189, 8

73×73: 219, 511, 5329

74×74: 296, 518, 5476

75×75: 375, 525, 5625

76

78-77

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

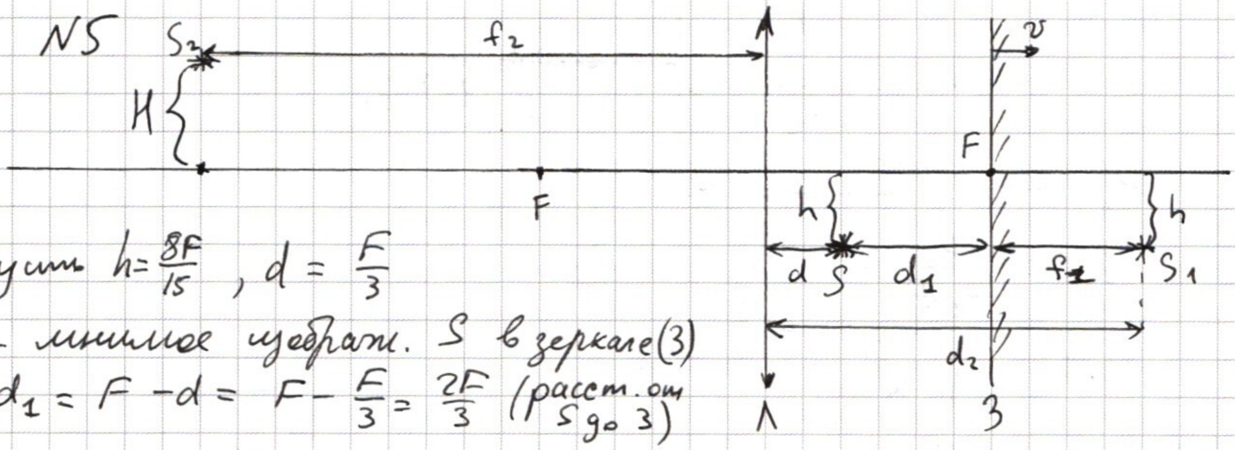
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



Пусть $h = \frac{8F}{15}$, $d = \frac{F}{3}$

S_1 – мнимое изображ. S в зеркале (З)

$d_1 = F - d = F - \frac{F}{3} = \frac{2F}{3}$ (расст. от S до З)

увеличение, даваемое зеркалом $\Gamma_1 = 1$

$f_1 = d_1 = \frac{2F}{3}$ (расст от S_1 до З)

S_1 – действительный предмет для линзы (Λ)

расст. от S_1 до Λ $d_2 = F + f_1 = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3} > F$

S_2 – действит. изобр. S_1 в Λ, f_2 – расст. от S_2 до Λ
(являющееся изображ. во всей сист.)

по формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = \frac{5F}{2} = 2,5F$$

увеличение, даваемое линзой $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{\frac{5F}{2}}{\frac{5F}{3}} = \frac{3}{2}$

H – расст. от S_2 до OO_1 ; $\Gamma_2 = \frac{H}{h} \Rightarrow H = \Gamma_2 h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8F}{15} = \frac{4F}{5}$

Пусть $\vec{v_S}, \vec{v_{S_1}}, \vec{v_{S_2}}$ – скорости S, S_1, S_2 в лабораторной СО (ЛСО)

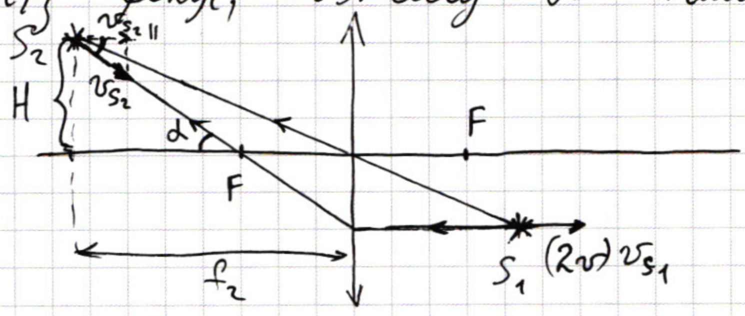
Перейдём в Сист. отсчёта зеркала.

В ней $\vec{v}_{S\,отн} = -\vec{v}_{S_1\,отн} = v$

Тогда в ЛСО $v_{S_1} = v_{S_1\,отн} + v = 2v$

Т.к. линза неподвижна, то линии, на кот. лежат см. векторы скоростей S_1 и S_2 пересекаются на линзе. стр. N2

Луч, идущий ч/з главный опт. центр линзы, не преломляется; луч, падающий перпендик. на линзу, проходит ч/з фокус, поэтому α – искомый угол



$$f_2 - F = \frac{5F}{2} - F = \frac{3F}{2}$$

$$tg\alpha = \frac{H}{f_2 - F} = \frac{4F/5}{3F/2} = \frac{8}{15}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{tg^2\alpha + 1}} = \frac{15}{17}$$

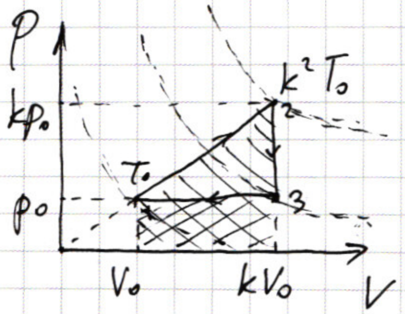
Проекция v_{S_2} на горизонталь $v_{S_2\parallel} = \Gamma_2^2 v_{S_1} = \Gamma^2 \cdot 2v$

$$v_{S_2\parallel} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdot 2v = \frac{9}{2}v$$

$$v_{S_2} = \frac{v_{S_2\parallel}}{\cos\alpha} = \frac{\frac{9}{2}v}{\frac{15}{17}} = \frac{51}{10}v = 5,1v$$

Ответ: 1) $2,5F$
2) $tg\alpha = \frac{8}{15}$
3) $5,1v$

N 2



1) На рис. показаны изотермы, откуда видно, что $T_1 < T_3 < T_2$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ понижение температуры ~~на~~ наблюд. в процессах 2-3 и 3-1

Пусть в сост. 1 $p_1 = p_0$, $V_1 = V_0$, температура $T_1 = T_0$; давление в проц. 1-2 увел. в k раз; ν – кол-во в-ва

Из подобия треугольников $\frac{p_0}{kp_0} = \frac{V_0}{V_2} \Rightarrow V_2 = V_3 = kV_0$

Уравнения Менделеева-Клапейрона для состояний:

1) $p_0V_0 = \nu RT_0$

см. стр. 3

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left.\begin{aligned} &2)\ kp_0 \cdot kV_0 = \nu R T_2 \\ &3)\ \cancel{kp_0}\ p_0 \cdot kV_0 = \nu R T_3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} T_2 &= k^2 T_0 \\ T_3 &= k T_0 \end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned} Q_{23} &= \overset{=0}{A_{23}} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(kT_0 - k^2 T_0) \\ Q_{23} &= \nu C_{23}(kT_0 - k^2 T_0) \end{aligned}\right\} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}R$$

$$A_{31} \cancel{Q_{31}} = -S_{тр\,III} = -p_0(kV_0 - V_0) = p_0V_0(1-k) = \nu R T_0(1-k)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_0 - kT_0) = \frac{3}{2}\nu R T_0(1-k)$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R T_0(1-k) + \nu R T_0(1-k) = \frac{5}{2}\nu R T_0(1-k)$$

$$Q_{31} = \nu C_{31}(T_0 - kT_0) = \nu C_{31} T_0(1-k)$$

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

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

$$2)\ A_{12} = +S_{тр\,III} = \frac{1}{2}(kV_0 - V_0)(p_0 + kp_0) = \frac{1}{2}p_0V_0(k^2-1) =$$

$$= \frac{1}{2}\nu R T_0(k^2-1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(k^2T_0 - T_0) = \frac{3}{2}\nu R T_0(k^2-1)$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2}\overset{\nu R T_0}{\cancel{p_0V_0}}(k^2-1) + \frac{3}{2}\nu R T_0(k^2-1) = 2\nu R T_0(k^2-1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2\nu R T_0(k^2-1)}{\frac{1}{2}\nu R T_0(k^2-1)} = 4$$

$$3)\ \eta = \frac{A}{Q_н}$$

$$A = +S_\Delta = \frac{1}{2}(kp_0 - p_0)(kV_0 - V_0) = \frac{1}{2}p_0V_0(k-1)^2$$

$$Q_н = Q_{12} = 2p_0V_0(k^2-1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}p_0V_0(k-1)^2}{2p_0V_0(k^2-1)} = \frac{(k-1)^2}{4(k^2-1)}$$

см. стр. 4

$$\eta'_k = \frac{1}{4}\cdot\frac{(2k-2)(k^2-1)-(k-1)^2\cdot 2k}{(k^2-1)^2} = \frac{1}{4}\cdot\frac{2k^3-2k-2k^2+2-2k(k-1)^2}{(k^2-1)^2} =$$

$$= \frac{1}{4}\cdot\frac{2k^3-2k-2k^2+2-2k^3+4k^2-2k}{(k^2-1)^2} = \frac{2k^2-4k+2}{4(k^2-1)^2} =$$

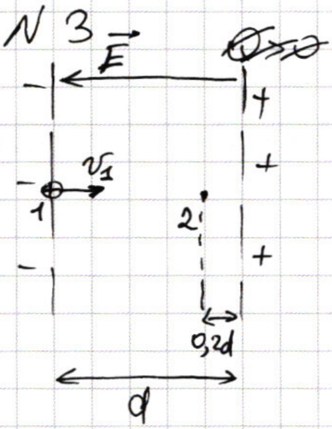
$$= \frac{k^2-2k+1}{2(k^2-1)^2} = \frac{(k-1)^2}{2(k^2-1)^2} > 0$$

$$\eta < 0$$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$

2) 4

N 3



1) Закон изм. энергии для частицы

$$q(\varphi_1-\varphi_2) = 0 - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$-qE(d-0{,}2d) = -\frac{mv_1^2}{2},\quad E \text{ — напр. поля конд.}$$

$$0{,}8qEd = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$E = \frac{1}{2\cdot 0{,}8}\frac{m}{q}\cdot\frac{v_1^2}{d} = \frac{v_1^2}{1{,}6\gamma d}$$

по II закону Ньютона: $ma = Eq$

$$a = \frac{v_1}{T} \text{ (модуль ускорения)}$$

$$\frac{v_1}{T} = E\gamma$$

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

$$T = \frac{1{,}6d}{v_1}$$

2) $U = Ed = \frac{v_1^2}{1{,}6\gamma}$

3) Т.к. вне конденсатора поля нет, то до влетания в конденсатор, на частицу не действ. эл. сила. Т.е. скорость была неизменна. $v_0 = v_1$

Ответ: 1) $\cancel{\frac{v_1^2}{16\gamma d}}$ $\frac{1{,}6d}{v_1}$

2) $\frac{v_1^2}{1{,}6\gamma}$

3) v_1

см. стр. N5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

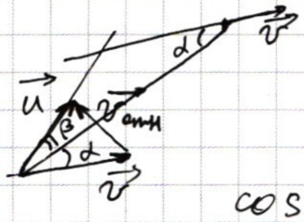
1) Пусть u – скор. кольца в данный момент

$v\cos\alpha = u\cos\beta$ (если бы проекции скоростей на ось троса не были равны, его бы разорвало)

$u = \dfrac{v\cos\alpha}{\cos\beta}$

$u = \dfrac{40\cdot\frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 3\cdot 17 = 51$ см/с

2) скор. кольца относ. муфты $\vec{v}_{отн} = \vec{u} - \vec{v}$



$\sin\alpha = \dfrac{4}{5}$

$\sin\beta = \dfrac{15}{17}$

$\cos(\alpha+\beta) = \dfrac{3}{5}\cdot\dfrac{8}{17} - \dfrac{4}{5}\cdot\dfrac{15}{17} = \dfrac{24-60}{5\cdot 17} =$

$= -\dfrac{36}{85}$

$v_{отн}^2 = u^2 + v^2 - 2uv\cos(\alpha+\beta) = 51^2 + 40^2 + 2\cdot 51\cdot 40\cdot\dfrac{36}{85}$

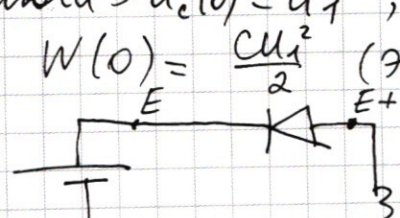
$v_{отн} \approx 77$ см/с

Ответ: 1) 51 см/с
2) 77 см/с

№4

Напряжение на конд. скачком не мен. $\Rightarrow$ эл. ток ч/з катушку скачком не меняется $\Rightarrow$ сразу после замыкания ключа $U_c(0) = U_1$, $I(0) = 0$

$W(0) = \dfrac{CU_1^2}{2}$ (энергия в нач. мом. вр.)



Т.к. в след. мом. вр. ток появится, $U_Д(0) = U_0$ (напр. на диоде)

Используем метод узловых потенциалов

см. стр №6

Т.к. катушка имеет пост. индуктивность L

$$\left.\begin{aligned} U_L(0) &= L\frac{\Delta I}{\Delta t} \\ U_L(0) &= |U_1 - (E+U_0)| \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - E - U_0}{L}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{6-3-1}{0,2} = 10\ А/с$$

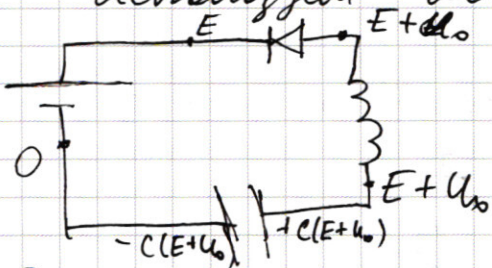
2) Т.к. $U_1 > E + U_0$, ток потечёт против часовой стрелки $\Rightarrow U_Д(t) = U_0 = const$

Пусть ток ~~ч/з катушку~~ максимальный в мом. врем. τ,

$I_L(\tau) = I_m$

Когда ток ч/з кат. максим., напряжение на ней равно 0.

Используем метод узл. потенциалов



тогда $U_C(\tau) = E + U_0$

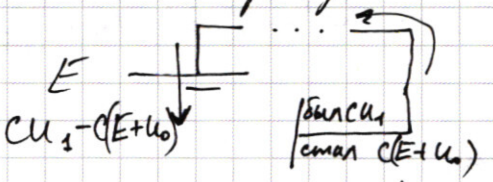
по ЗСЭ от $t=0$ до $t=\tau$

$$A_б = \Delta W + Q$$

$$Q = 0$$

$$\Delta W = W(\tau) - W(0) = \frac{C(E+U_0)^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

Рассм. правую обкл. конд.



Заряд, протёкший ч/з источник против напр. стор. сил

$$q_{ист} = CU_1 - C(E+U_0)$$

$$A_б = -Eq_{ист} = -CU_1E + CE^2 + CU_0E$$

Тогда ЗСЭ примет вид

$$-CEU_1 + CE^2 + CEU_0 = \frac{CE^2}{2} + \cancel{2}CEU_0 + \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$-2CEU_1 + CE^2 - CU_0^2 + CU_1^2 = LI_m^2$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L}(E^2 - 2EU_1 + U_1 - U_0^2)$$

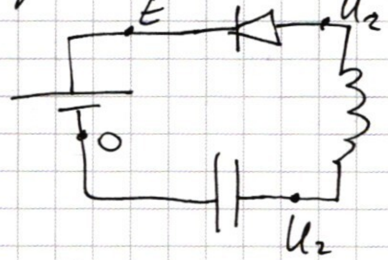
$$I_m = \sqrt{\frac{C((U_1-E)^2 - U_0^2)}{L}} = \sqrt{\frac{C(U_1-E-U_0)(U_1-E+U_0)}{L}}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{20\cdot 10^{-6}(6-3-1)(6-3+1)}{0,2}} = 20\sqrt{2}\ мА \approx 28\ мА$$

См. стр N7

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) В уст. режиме ток ч/з конденсатор не течёт ⇒ ток ч/з катушку 0 и т.к. он не меняется напряжение на катушке отсутствует



$\cancel{U_D = U_2 - E < U_0}$

$\cancel{U_2 - E = 0}$

$\cancel{U_2 = E}$

Ток перестанет идти тогда, когда $U_D < U_0$

В граничный момент $U_D = U_0 = U_2 - E \Rightarrow U_2 = U_0 + E$

$U_2 = 1 + 3 = 4$ В

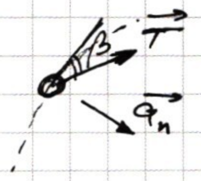
Ответ: 1) 10 А/с

2) 28 мА

3) 4 В

N1 (продолжение)

3) рассмотрим кольцо:



T – сила натяж. троса

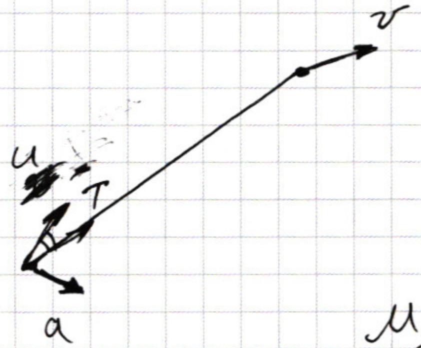
$u = const \Rightarrow$ ускор. $\vec{a} = \vec{a_n}$

$a_n = \frac{u^2}{R}$

по II зак. Ньютона $m\frac{u^2}{R} = T\cancel{\cos}\sin\beta$

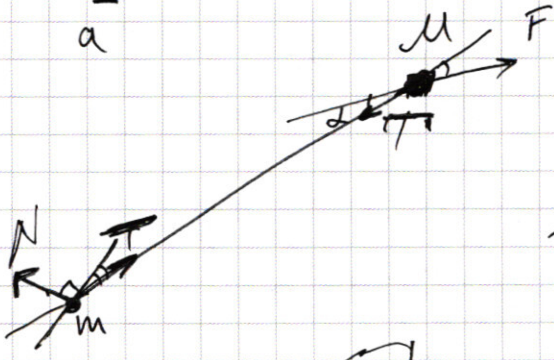
$T = \frac{mu^2}{R\sin\beta} = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 10^{-4}}{1{,}7 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{10 \cdot 51^2 \cdot 10^{-4}}{15} \approx 17$ Н

Ответ: 3) 17 Н



A

$Q_{12} = 2\nu RT(\cancel{?}\,k^2 - 1)$



$\dfrac{\cancel{10^2}\cdot \cancel{51}^{17}\cdot 51\cdot 10^{-4}}{\cancel{5}\cdot\cancel{3}} =$

$34 \times 51 = 34 + 170 = 17{,}34$

A $\cancel{\ }$ 1/2

k −

$(k-1)$

$k^2 - 2k + 1 = 0$

$k = 1$

$v_{отн} =$

$49 \times 4 = 53$

$77 \times 77 = 539 + 539 = 5929$

$ma_y = T\sin\beta - N$

$\cancel{\ }\ F = T\cos\alpha$

$F\cos\alpha = N\sin\alpha$

$T\cos^2\alpha = N\sin\alpha$

$ma_y = T\sin\alpha - \dfrac{T\cos^2\alpha}{\sin\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик

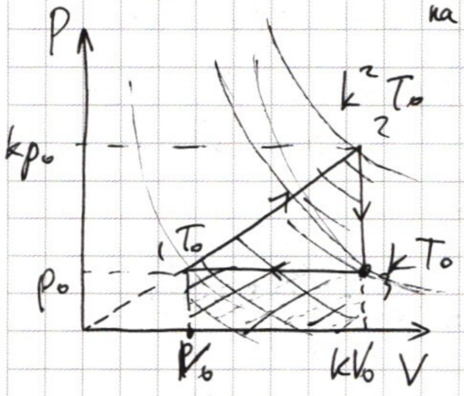
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



на рис. показ. изотермы
~~$T_2 > T_3 > T_1$~~ $T_1 < T_3 < T_2 \Rightarrow$

пониж. темп. на 2-3, 3-1

~~Δ 2-3: Q_{23}~~

Пусть в с. 1 p_0, V_0, T_0, давление в 1-2 ув. в k раз

Из подобия тр. видно, что $\frac{p_0}{kp_0} = \frac{V_0}{V_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = V_3 = kV_0$

для 1: $p_0V_0 = \nu RT_0$
2: $kp_0 kV_0 = \nu RT_2$
3: $p_0 \cdot kV_0 = \nu RT_3$
$\Rightarrow \frac{T_2}{T_0} = k^2 \Rightarrow T_2 = k^2T_0$
$\frac{T_3}{T_0} = k \Rightarrow T_3 = kT_0$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(kT_0 - k^2T_0)$
$Q_{23} = \nu C_{23}(kT_0 - k^2T_0)$
$\Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}R$

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

$A_{31} = -S_{тр.///} = -p_0(kV_0 - V_0) = p_0V_0(1-k) = \nu RT_0(1-k)$

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_0 - kT_0) = \frac{3}{2}\nu RT_0(1-k) = \cancel{\frac{3}{2}p_0V_0(1-k)}$

$Q_{31} = \frac{5}{2}\nu RT_0(1-k)$
$Q_{31} = \nu C_{31}(T_0 - kT_0) = \nu C_{31}T_0(1-k)$
$\Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2}R$

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

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

$A_{12} = +S_{тр///} = \frac{1}{2}(kV_0 - V_0)(p_0 + kp_0) = \frac{1}{2}p_0V_0(k^2-1) = \frac{1}{2}\nu RT_0(k^2-1)$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(k^2T_0 - T_0) = \frac{3}{2}\nu RT_0(k^2-1)$

$Q_{12} = \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\right)\nu RT_0(k^2-1) = 2\nu RT_0(k^2-1) = 2p_0V_0(k^2-1)$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2\nu R T_0 (k^2-1)}{\frac{1}{2}\nu R T_0 (k^2-1)} = 4$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_н}$

$$Q_н = Q_{12} = 2p_0V_0(k^2-1)$$

$$A = S_\triangle = \frac{1}{2}(kp_0 - p_0)(kV_0 - V_0) = \frac{1}{2}p_0V_0(k-1)^2$$

$$\eta = \cancel{\frac{2p_0V_0(k^2-1)}{\frac{1}{2}p_0V_0(k-1)^2}} = \cancel{\frac{4(k^2-1)}{(k-1)^2}} \quad \frac{\frac{1}{2}p_0V_0(k-1)^2}{2p_0V_0(k^2-1)} =$$

$$= \frac{(k-1)^2}{4(k^2-1)} = \frac{k^2-2k+1}{4(k^2-1)} \quad k>1$$

$$\eta'_k = \frac{1}{4}\left(\frac{(2k-2)(k^2-1) - (k^2-2k+1)\cdot 2k}{(k^2-1)^2}\right) = \frac{\cancel{2k^3} - \cancel{2k} - \cancel{2k^2} + 2}{4(k^2-1)^2}$$

$$-\cancel{2k^3} + \cancel{4k^2} - \cancel{2k} = \frac{-2k^2+2}{4(k^2-1)^2} = \frac{-2(k^2-1)}{4(k^2-1)} = -\frac{1}{2}$$

$+ \quad - \quad +$; -1, 1, k; max

$$= -2k - 2k^2 + 2 + 2 + 4k^2 - 2k = 2k^2 - 4k + 2 = k^2 - 3k + 1$$

$D = 9 - 4 = 5$

$k = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2}$

$+ \quad - \quad +$; $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$, $\frac{3+\sqrt{5}}{2}$, k

$k>1$

$\eta(0) =$

$\eta_{max} = \eta\left(\frac{3-\sqrt{5}}{2}\right) = (1-\sqrt{5})^2$

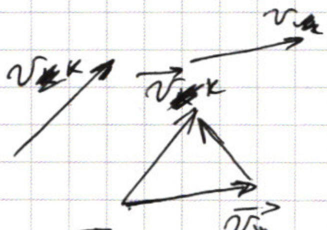
N1

u – ск. кольца в дан. мом

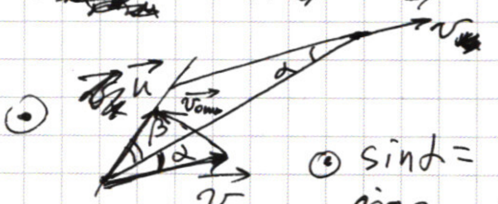
1) $v\cos\alpha = u\cos\beta$

$$u = \frac{v\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{408 \cdot \frac{3}{8}}{\frac{8}{17}} = 3\cdot 17 \ \frac{см}{с} = 51 \ \frac{см}{с}$$

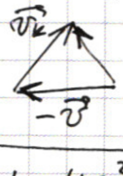
2)



$\vec{v}_{отн} = \vec{u} - \vec{v}$



$\vec{u} + (-\vec{v})$



$\sin\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}$

$\sin\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{17}\right)^2} = \frac{15}{17}$

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

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

$$= \sqrt{51^2 + 40^2 + 2\cdot 51\cdot 408\cdot \frac{36}{8\cdot 17}} =$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)