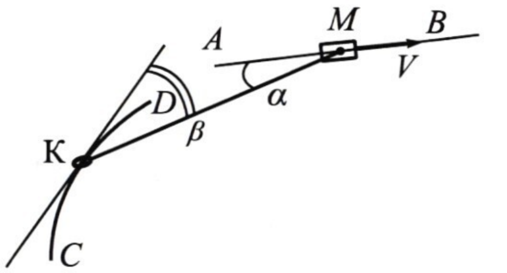
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

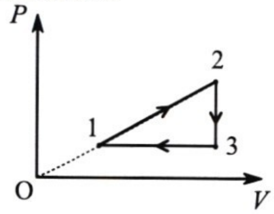
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.



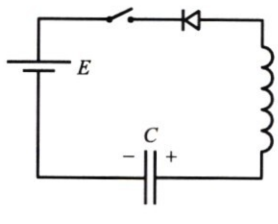
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

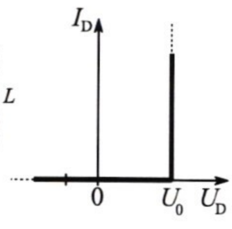
1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

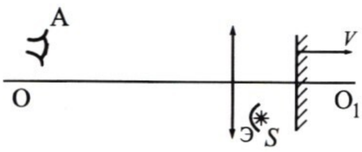
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





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 Дано:

цикл тепловой машины:

1-2 : $p \sim V$

2-3 : $V = const$

3-1 : $p = const$

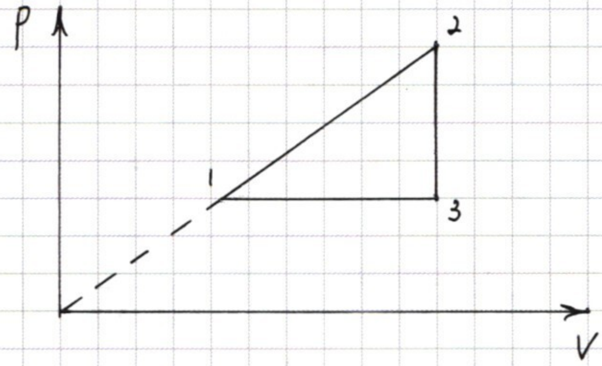
$C_V = \frac{3}{2} R$

1) $\frac{C_{\nu_1}}{C_{\nu_2}}$ — ? отношение молярных теплоёмкостей на участках понижения температуры

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$ — ?

3) η_{max} — ? предельно возможное КПД

Решение:



1) Понижение температуры происходило на участках 2-3 и 3-1. Для этих процессов:

2-3 : $V = const$; $Q_{23} = \Delta U_{23}$; $Q_{23} = C_{\nu_1} \nu \Delta T_{23}$; $\Delta U_{23} = \nu C_V \Delta T_{23}$

Тогда : $C_{\nu_1} \nu \Delta T_{23} = \nu C_V \Delta T_{23}$ и $C_{\nu_1} = C_V$

3-1 : $p = const$; $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$ причём в этом процессе $A_{31} = \frac{2}{3} \Delta U_{31}$. Тогда $Q_{31} = \frac{5}{3} \Delta U_{31}$;

$\Delta U_{31} = \nu C_V \Delta T_{31}$; $Q_{31} = C_{\nu_2} \nu \Delta T_{31}$

$C_{\nu_2} \nu \Delta T_{31} = \frac{5}{3} \nu C_V \Delta T_{31} \Rightarrow C_{\nu_2} = \frac{5}{3} C_V$

Тогда для искомого отношения: $\frac{C_{\nu_1}}{C_{\nu_2}} = \frac{C_V}{\frac{5}{3} C_V} = \frac{3}{5}$

$\frac{C_{\nu_1}}{C_{\nu_2}} = \frac{3}{5}$.

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$: Для отношения получаем: $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$

В процессе 1-2 $p \sim V \Rightarrow \frac{p}{V} = const$. Тогда $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ или $p_1 V_2 = p_2 V_1$. Работу в этом процессе можно найти как площадь под графиком этого процесса. Тогда:

$A_{12} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) =$

$= \frac{1}{2}(\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$

$\Delta U_{12} = \nu C_V \Delta T_{12}$. Тогда: $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{\nu C_V \Delta T_{12}}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{1}{2} R} = 1 + 3 = 4$.

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3) $\eta = \frac{A}{Q^+}$, где A — работа газа за цикл! $A = Q^+ + Q^-$; Q^+ — кол-во теплоты, полученное газом за цикл ($Q^+ > 0$) ; Q^- — кол-во теплоты, отведённое от газа за цикл ($Q^- < 0$)

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Понятно, что $Q^+ = Q_{12}$ а $Q^- = Q_{23} + Q_{31}$

$Q_{12} = 4A_{12}$ (по найденному) $\Rightarrow Q^+ = 2\nu R\Delta T_{12}$

$Q_{23} = \nu C_V \Delta T_{23}$ (по найденному)

$Q_{31} = \cancel{A_3}\,\frac{5}{3}\nu C_V \Delta T_{31}$ (по найденному) $\Rightarrow Q^- = \nu C_V\left(\Delta T_{23} + \frac{5}{3}\Delta T_{31}\right)$.

$$\eta = 1 + \frac{Q^-}{Q^+} = 1 + \frac{\nu C_V\left(\Delta T_{23} + \frac{5}{3}\Delta T_{31}\right)}{2\nu R\Delta T_{12}} = 1 + \frac{\frac{3}{2}R\Delta T_{23} + \frac{5}{2}R\Delta T_{31}}{2R\Delta T_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{3}{4}\frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} + \frac{5}{4}\frac{\Delta T_{31}}{\Delta T_{12}} = 1 + \frac{3}{4}\cdot\frac{T_3}{\Delta T_{12}} - \frac{3}{4}\frac{T_2}{\Delta T_{12}} + \frac{5}{4}\frac{T_1}{\Delta T_{12}} - \frac{5}{4}\frac{T_3}{\Delta T_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{5}{4}\frac{T_1}{\Delta T_{12}} - \frac{3}{4}\frac{T_2}{\Delta T_{12}} - \frac{1}{2}\frac{T_3}{\Delta T_{12}} = 1 + \frac{5T_1 - 3T_2}{4\Delta T_{12}} - \frac{T_3}{2\Delta T_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{T_1}{2\Delta T_{12}} + \frac{3}{4}\cdot\frac{-\Delta T_{12}}{\Delta T_{12}} - \frac{T_3}{2\Delta T_{12}} = 1 - \frac{3}{4} + \frac{T_1 - T_3}{2\Delta T_{12}} = \frac{1}{4} - \frac{\Delta T_{31}}{2\Delta T_{12}} =$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{T_1 - T_3}{2(T_2 - T_1)} = \frac{1}{4} - \frac{1 - \frac{T_3}{T_1}}{2\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)}$$; $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{V_2}{V_1} = k$ (для изобарного и изохорного процессов).

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2V_2}{p_1V_1}$; $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = k$. Тогда $\frac{T_2}{T_1} = k^2$

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

$\eta'(k) = -\frac{1}{2(k+1)^2} \Rightarrow \eta$ максимально при минимальном k. Пусть $k \ll 1$. Тогда $\eta_{max} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2(k+1)} \approx \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4} = 0{,}75$.

или $\eta_{max} = 75\%$.

Ответ: 1) $\frac{C\nu_1}{C\nu_2} = \frac{3}{5}$ 2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$ 3) $\eta_{max} = 75\%$

№3 Дано:

d; V_1

$0{,}2d$ − остановка; от + пластины

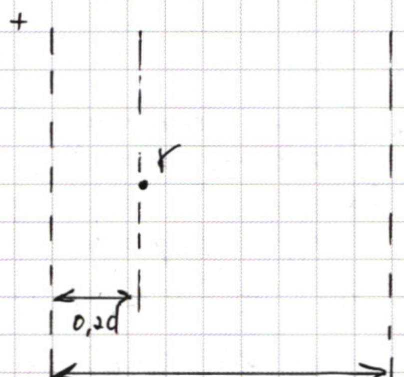
$\frac{q}{m} = \gamma > 0$.

1) T − ? время движения в конденсаторе

2) U − ? напряжение на конденсаторе

3) V_0 − ? скорость на бесконечности

Решение:



1) Частица летела от отрицательно заряженной обкладки к положительно заряженной. По второму закону Ньютона:

$qE = ma$; $a = \gamma E$

($F = qE$ − сила, действующая на частицу; q − её заряд; E − напряжённость поля м/у обкладками).

Из кинематики:

$S = V_1 t - \frac{\gamma E t^2}{2}$; $V_1 = \gamma E t$; $\Rightarrow E = \frac{V_1}{\gamma t}$. Тогда

$S = V_1 t - \frac{V_1 t}{2} = \frac{V_1 t}{2}$; $S = 0{,}8d$. Тогда $T = \frac{2\cdot 0{,}8d}{V_1} = \frac{8}{5}\frac{d}{V_1}$ $T = \frac{8d}{5V_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Ранее найдено, что $E = \frac{V_1}{\gamma T} = \frac{V_1}{\gamma \cdot \frac{8d}{5V_1}} = \frac{5V_1^2}{8\gamma d}$.
Напряжение м/у обкладками: $U = Ed = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma}$; $U = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma}$.

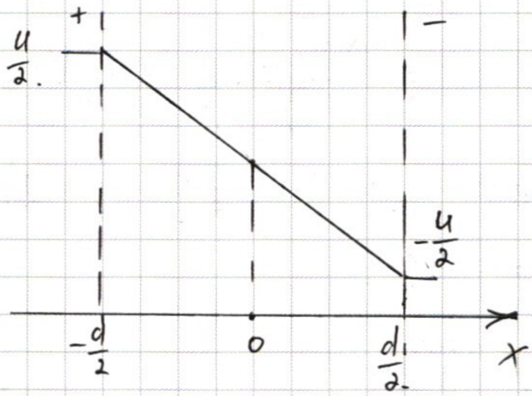
3) Потенциал внутри конденсатора убывает линейно:

$\varphi(x) = kx + b$.

$\varphi(0) = k \cdot 0 + b = 0 \Rightarrow b = 0$.

$\varphi(-\frac{d}{2}) = k \cdot (-\frac{d}{2}) = \frac{U}{2} \Rightarrow k = -\frac{U}{d}$.

$\varphi(x) = -\frac{U}{d}x$ (см. рис.).



координата частицы в нашей системе:

$x_0 = -\frac{d}{2} + \frac{d}{5} = -\frac{5d}{10} + \frac{2d}{10} = -\frac{3d}{10}$

$\varphi(-\frac{3d}{10}) = -\frac{U}{d} \cdot (-\frac{3d}{10}) = \frac{3U}{10}$

По закону сохранения энергии:

$-q(\varphi(\infty) - \varphi(-\frac{3d}{10})) = \frac{mV_0^2}{2}$; $\varphi(\infty)$ примят равным нулю. Тогда:

$q\varphi(-\frac{3d}{10}) = \frac{3Uq}{10} = \frac{mV_0^2}{2}$

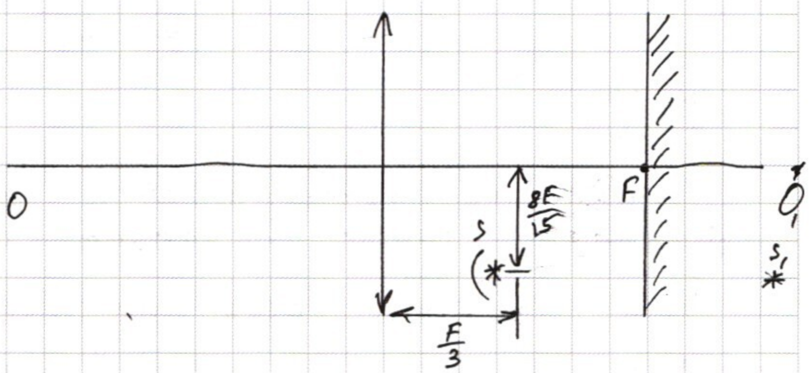
$V_0^2 = \frac{3}{10}\gamma U = \frac{3}{10} \cdot \gamma \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{V_1^2}{\gamma} = \frac{3}{16}V_1^2$; $V_0 = \frac{\sqrt{3}V_1}{4}$

Ответ: 1) $T = \frac{8}{5}\frac{d}{V_1}$; 2) $U = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma}$; 3) $V_0 = \frac{\sqrt{3}V_1}{4}$

№5 Дано:
F;
$\frac{8F}{15}$; $\frac{F}{3}$
V

1) S_1 − ? расстояние от линзы до изображения
2) α − ? угол м/у осью и скоростью изображения
3) u − ? скорость изображения

Решение:



1) Отраженный в зеркале источник S − мнимый источник S_1. Он находится на расстоянии $d = F + (F - \frac{F}{3}) = \frac{5F}{3}$ от линзы. Тогда из формулы тонкой

линзы: $f = \frac{dF}{d-F}$; $f = \frac{\frac{5}{3}F\cdot F}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F$ $f_1 = \frac{5}{2}F$

2) Источник находится на высоте H от оси.

$\frac{H}{h} = \Gamma$; $h = \frac{8F}{15}$; $\Gamma = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{3}{2}$

Тогда $H = \frac{8F}{15}\cdot\frac{3}{2} = \frac{4}{5}F$.

$tg\,\alpha = \frac{H}{f-F} = \frac{\frac{4}{5}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{8}{15} \Rightarrow \alpha = arctg\frac{8}{15}$.

3) Источник S_1 движется со скоростью $2V$ вдоль оси. Тогда:

$\frac{u_x}{2V} = \Gamma^2$; $u_x = 2V\Gamma^2$; $u_x = u\cos\alpha$; $\cos\alpha = \frac{15}{17}$.

$u = \frac{2V\cdot\frac{9}{4}}{\frac{15}{17}} = \frac{9\cdot 17V}{2\cdot 15} = \frac{3\cdot 17V}{10} = \frac{51}{10}V$

Ответ: 1) $f_1 = \frac{5}{2}F$; 2) $\alpha = arctg\frac{8}{15}$ (или $tg\alpha = \frac{8}{15}$)

3) $u = \frac{51}{10}V$

№1 Дано:

$V = 40\ \frac{см}{с}$

$m = 1$ кг

$R = 1{,}7$ м

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

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

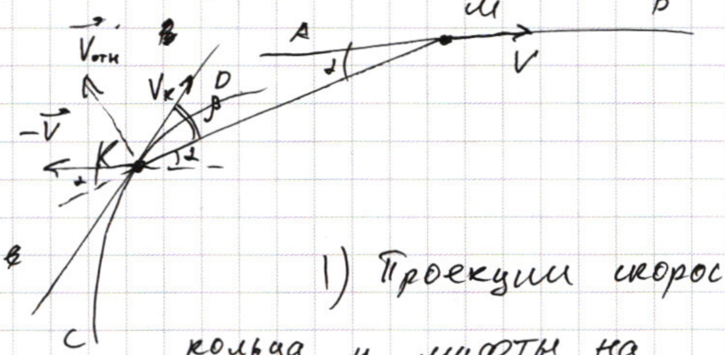
$\cos\beta = \frac{8}{17}$

1) $V_к$ – ? скорость кольца.

2) $V_{отн}$ – ? скорость кольца отн. М

3) T – ? сила натяжения троса

Решение:



1) Проекции скоростей кольца и муфты на трос равны:

$V_к \cos\beta = V\cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow V_к = V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$; $V_к = 40\cdot\frac{\frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 3\cdot 17 = 51\ \frac{см}{с}$

2) Кольцо не приближается к муфте. Тогда $\vec{V}_{отн}$ перпендикулярна тросу. По закону сложения скоростей:

$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_к - \vec{V}$. Тогда по теореме косинусов:

$V_к^2 = V^2 + V_{отн}^2 - 2V\cdot V_{отн}\cdot\cos(90^\circ - \alpha) = V^2 + V_{отн}^2 - 2VV_{отн}\sin\alpha$.

Подставим числа и получим квадратное ур-е. относительно $V_{отн}$.

$V^2 - 64V_{отн} - 1001 = 0$. Решаем и получаем

$V_{отн} = 77\ \frac{см}{с}$ или $V_{отн} = -13\ \frac{см}{с}$, что не подходит. $V_{отн} = 77\ \frac{см}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $ma = T\cos(90^\circ - \beta)$; $ma = T\sin\beta$; $a = \frac{V_к^2}{R}$

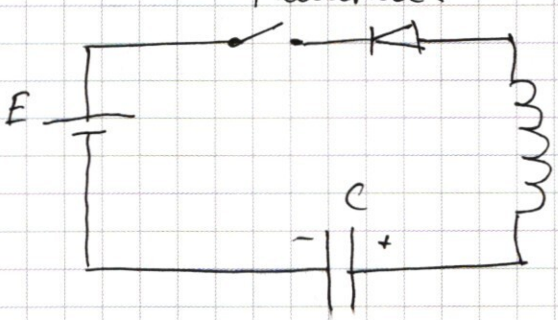
$\frac{mV_к^2}{R\sin\beta} = T$; $T = \frac{1\cdot \cancel{10}\left(\frac{51}{100}\right)^2}{1{,}7\cdot\frac{15}{17}} = \frac{1\cdot 17\cdot 3\cdot 17\cdot 3\cdot 10^{-4}\cdot 10}{15} =$

$= \frac{289\cdot 3\cdot 10^{-3}}{5} = 6\cdot 289\cdot 10^{-4} = 1734\cdot 10^{-4}\,Н = 0{,}1734\,Н$

Ответ: 1) $V_к = 51\,\frac{см}{с}$ 2) $V_{отн} = 77\,\frac{см}{с}$ 3) $T = 0{,}1734\,Н$.

№4 Дано:
$E = 3\,В$
$C = 20\,мкФ$
$U_1 = 6\,В$
$L = 0{,}2\,Гн$
$U_0 = 1\,В$
1) I' – ? после замыкания
2) I_m – ? максимальный ток
3) U_2 – ? установившееся напряжение

Решение:



1) Сразу после замыкания ключа в цепи тока нет. По второму правилу Кирхгофа (обход – в обратную сторону от ЭДС)

$-E - LI' = -U_1 + U_0$; $LI' = U_1 - U_0 - E$; $I' = \frac{U_1 - U_0 - E}{L}$

$I' = \frac{6-1-3}{0{,}2} = \frac{2}{0{,}2} = 10\,\frac{А}{с}$;

2) Когда ток максимален, $I' = 0 \Rightarrow -E = -U + U_0$
(U – напряжение на конденсаторе, когда ток максимален).
$U = E + U_0$; $q = CU$; $q_1 = CU_1$; тогда через источник протёк заряд $\Delta q = q_1 - q = C(U_1 - U) = \cancel{C(E+U_0}\; C(U_1 - E - U_0)$.

По закону сохранения энергии:

$\Delta q E = \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$; $LI_m^2 = 2C(U_1 - E - U_0)E - CU_1^2 + CU^2$

$LI_m^2 = C(2E(U_1 - E - U_0) - U_1^2 + (E+U_0)^2)$

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

$I_m = \sqrt{\frac{20\cdot 10^{-6}((2\cdot 3(6-3-1) - 36 + 16)}{0{,}2}} = \sqrt{\frac{20\cdot 10^{-6}(24-20)}{2\cdot 10^{-1}}} =$

$= \sqrt{\frac{40\cdot10^{-6}}{10^{-1}}} = \sqrt{400\cdot10^{-6}} = 20\cdot10^{-3} A = 20 мА$. $I = 20 мА$

3) Заряд перестанет течь на конденсатор после достижения максимального тока. В этот момент на конденсаторе заряд CU; По закону сохранения заряда на конденсаторе должен остаться прежний заряд. $q_1 = CU_1$. При достижении максимального тока заряд в цепи $q_0 = CU_1 - CU = \Delta q$. Этот заряд перетечёт на отрицательно заряженную обкладку и скомпенсируется: заряд на конденсаторе будет:

$q_2 = -q + \Delta q = q_1 - 2q = CU_1 - 2CU$

Тогда $U_2 = \frac{q_2}{C} = U_1 - 2U = U_1 - 2(E + U_0)$.

$U_2 = 6 - 2(3+1) = 6 - 8 = -2 B$ Знак минус означает, что знаки зарядов на обкладках изменятся на противоположные.

Ответ: 1) $I' = 10 \frac{A}{c}$; 2) $I = 2\cdot10^{-2} A = 20 мА$

3) $U_2 = -2B$ (или $U_2 = 2B$).

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$V = 40\ \frac{см}{с}$

$m = 1$ кг

$R = 1,7$ м

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

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

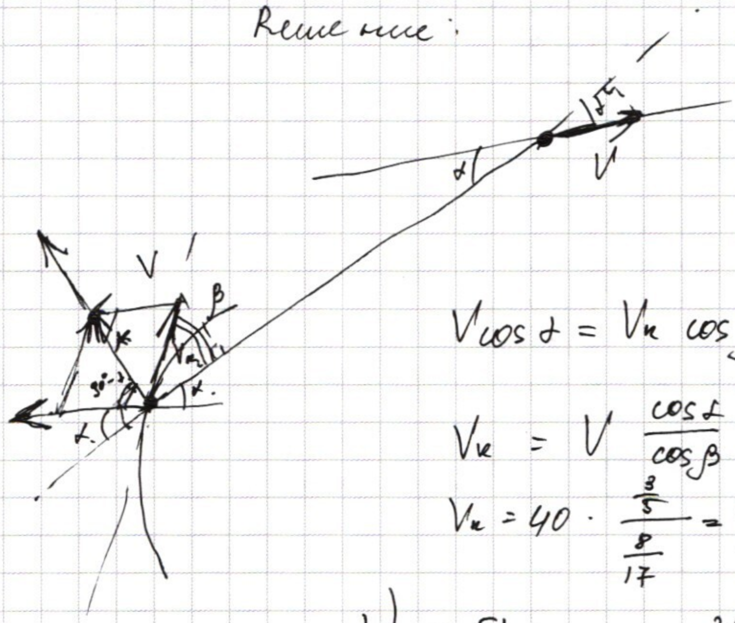
$\cos\beta = \frac{8}{17}$

1) $V_к$ — ? в указанный момент.

2) $V_{к\,отн}$ — ?

3) T — ?

Решение:



$V\cos\alpha = V_к \cos\beta$.

$V_к = V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$

$V_к = 40 \cdot \frac{\frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{3\cdot 17}{5\cdot 8}\cdot 40 =$

1) $= 51\ \frac{см}{с}$

2) $V_{отн} = \vec{V_к} - \vec{V}$

$\cancel{V_{отн}^2 = V_к^2 + V^2}$ $\quad V_к^2 = V_{отн}^2 + V^2 - 2V_{отн}V_к\cos(90^\circ - \alpha)$

$V_к^2 = V_{отн}^2 + V^2 - 2V_{отн}V_к \sin\alpha$

$V_{отн}^2 - 2V_{отн}V\sin\alpha + V^2 - V_к^2 = 0.$

$V_{отн}^2 - 2V_{отн}\cdot 40\cdot\frac{4}{5} + 1600 - 2601 = 0.$

$V_{отн}^2 - 64V_{отн} - 1001 = 0.$

$k = -32.$

$D = 1024 + 1001 = 2025 = 45^2$

$V_{отн_1} = \frac{32+45}{1} = 77\ \frac{см}{с}$

$V_{отн_2} = \frac{32-45}{1} = -13\ \frac{см}{с}$ — не подходит.

$V_{отн} = 77\ \frac{см}{с}.$

$2500 + 50 + 51 = 2601$

$51 \cdot 51 = 2601$

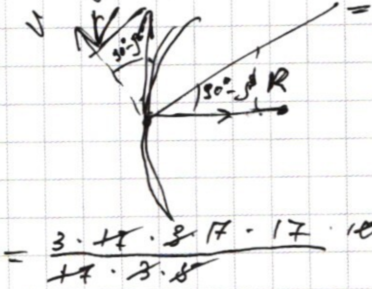
$2601 - 1600 = 1001$

$45 \cdot 45 = 2025$

$32 \cdot 32 = 1024$

$45 - 32 = 13$

$289 \cdot 6 = 1734$



3) $ma = T\cos(90^\circ - \beta) = T\sin\beta$

$m\frac{V_к^2}{R} = T\sin\beta$; $T = \frac{mV_к^2}{R\sin\beta}$.

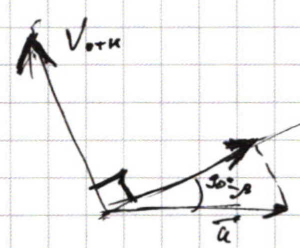
$T = \frac{1\cdot 51^2}{1,7\cdot\frac{15}{17}} = \cancel{51\cdot 51} = \frac{3\cdot 17\cdot 3\cdot 17\cdot 17\cdot 10^2}{17\cdot 3\cdot 5} = 3\cdot 17^2\cdot 2 = 6\cdot 289 = 1734\ Н.$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$T = ma$

$a = \dfrac{V_{отн}^2}{l}$



$T = \dfrac{m V_{отн}^2}{l}$

$T = \dfrac{1 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 11}{17 \cdot \frac{1,7}{15}} = \dfrac{1 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 15}{17 \cdot 170} = \dfrac{1 \cdot 0,77}{\frac{17 \cdot 170}{15}}$

$\begin{array}{r} 77 \\ \times\, 77 \\ \hline 539 \\ +\,539 \\ \hline 5929 \end{array}$ $\quad$ $\begin{array}{r} 5929 \\ +\,1600 \\ \hline 7529 \end{array}$

$40^2 + 77^2 - 2 \cdot 40 \cdot 77 \cdot \frac{4}{5} = 1600 + 5929 - 64 \cdot 77$

$\begin{array}{r} 64 \\ \times\, 77 \\ \hline 448 \\ +\,448 \\ \hline 4928 \end{array}$ $\quad$ $\begin{array}{r} 7529 \\ -\,4928 \\ \hline 2601 \end{array}$

№2. Дано:

1-2 — $p \sim V$

2-3 — изохора.

3-1 — изобара

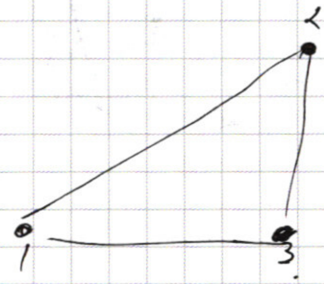
$C_V = \frac{3}{2} R$

1) ? $\dfrac{C\nu_1}{C\nu_2}$ — где было понижение T.

2) $\dfrac{Q_{12}}{A_{12}}$ — ?

3) η_{max} — ?

Решение:



2-3 и 3-1 — понижение:

$Q_{23} = \Delta U_{23} \quad \Delta U_{23} =$

$Q = C\nu\,\nu\,\Delta T$

$Q_{23} = C\nu_1 \nu \Delta T_{32}$; $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{32}$.

3-1

$Q_{31} = C\nu_2 \nu \Delta T_{31}$; $Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}$

$\dfrac{Q_{23}}{Q_{31}} = \dfrac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{32}}{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}} = \dfrac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{31}} \qquad \dfrac{C\nu_1 \nu \Delta T_{23}}{C\nu_2 \nu \Delta T_{31}} = \dfrac{3}{5} \dfrac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{31}}$

1) $\dfrac{C\nu_1}{C\nu_2} = \dfrac{3}{5}$

2) 1-2: $p \sim V \Rightarrow \dfrac{p}{V} = const$. $A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) =$

$p_1 V_2 = p_2 V_1$

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

$= \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$.

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \qquad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$.

$\dfrac{Q_{12}}{A_{12}} = 1 + \dfrac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 1 + \dfrac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}} = 1 + 3 = 4$.

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

3) $\eta = \frac{A}{Q^+}$ $\quad A = \frac{1}{2}(\cancel{p_3} V_3 - V_1)(p_2 - p_3) = \frac{1}{2}(V_3 p_2 - V_1 p_2 - V_3 p_3 + p_3 V_1) =$

$= \frac{1}{2}(V_3 p_2 - p_2 V_1 - p_3 V_2 + p_1 V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1) =$

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

$A = Q^+ - Q^-$

$Q^+ = Q_{12} = \frac{1}{2}\nu R \Delta T_{12} + \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{12} = 2\nu R \Delta T_{12}$.

$Q^- = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2}\nu R(\Delta T_{23} + \Delta T_{31}) \cdot -1$
<0

$\eta = 1 + \frac{\frac{3}{2}\nu R(\Delta T_{23} + \Delta T_{31})}{\frac{4}{2} \cdot 2\nu R \Delta T_{12}} = 1 + \frac{3}{4} \cdot \frac{\Delta T_{23} + \Delta T_{31}}{\Delta T_{12}} = 1 + \frac{3}{4}\frac{(T_3 - T_2) + (T_1 - T_3)}{(T_2 - T_1)}$

$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

$= 1 + \frac{3}{4}\frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_1} = 1 - \frac{3}{4} = 0{,}25$.

3) $\eta = 25\%$

$\frac{V_2}{V_3} \cdot \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_3}$ $\quad \frac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1}$ $\quad \frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_1}$ $\quad \frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_1}$.

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_3}$ $\quad \frac{T_3}{\Delta T_{12}} -$

№3 Дано: $\quad \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1}$ $\quad$ Решение:

d, V_1

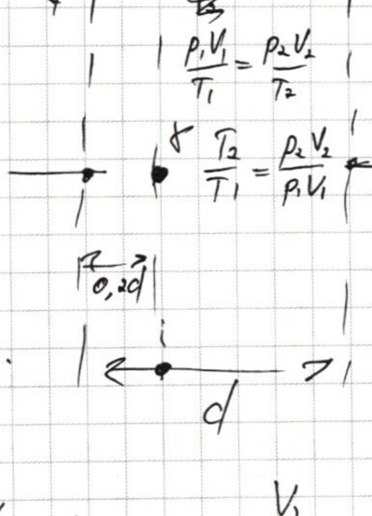
$0{,}2d$ $\quad \frac{T_3}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$

$\frac{q}{m} = \gamma > 0$.

1) τ – ? время до остановки

2) U – ? на конденсаторе

3) V_0 – ? на бесконечности.



$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}$

$0{,}8d = \frac{\gamma E t^2}{2}$

$0{,}8d = \frac{V_1^2}{2\gamma E}$

$\frac{4}{5} = \frac{1}{2}\frac{V_1^2}{\gamma E}$

$E = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma d}$

$qE = ma$; $a = \gamma E$ $\quad E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$ $\quad t = \frac{V_1}{\frac{5}{8}\gamma\frac{V_1^2}{\gamma d}} = \sqrt{\frac{8}{5}}\frac{d}{V_1}$

$V = at \Rightarrow t = \frac{V_1}{a}$! $\quad t = \frac{V_1}{\gamma E}$

$\tau = \frac{8}{5}\frac{d}{V_1}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$U = Ed$; $E = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma d}$ $U = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{\gamma}$

$-\frac{d}{2}+\frac{d}{5} = -\frac{5d}{10}+\frac{2d}{10} = \frac{3d}{10}$

$\varphi(x) = kx + b$.

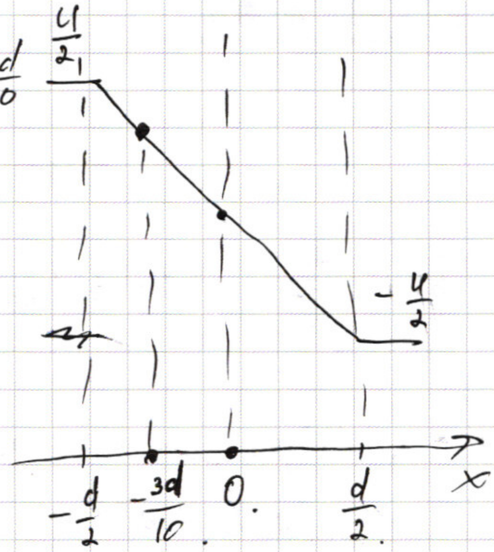
$\varphi(0) = k\cdot 0 + b = 0 \Rightarrow b = 0$.

$\varphi(x) = kx$

$\varphi(-\frac{d}{2}) = -k\frac{d}{2} = \frac{U}{2}$

$k = -\frac{U}{d}$.

$\varphi(x) = -\frac{U}{d}x$



$\varphi(-\frac{3d}{10}) = -\frac{U}{d}\cdot -\frac{3d}{10} = \frac{3U}{10}$ $\frac{3U}{10}$

$\frac{\frac{4}{5}d}{\frac{V}{2}} = \frac{8}{5}\frac{d}{V}$

$q(\varphi(-\frac{3d}{10}) - \varphi(\infty)) = \frac{mV_0^2}{2}$.

$\varphi(\infty)$ очень мал.

$q\cdot\frac{3U}{10} = \frac{mV_0^2}{2}$ $V_0^2 = \frac{3U\gamma}{5} = \frac{3}{5}\frac{V_1^2}{\gamma}\gamma = \frac{3}{5}V_1^2$.

$V_0 = \frac{V_1\sqrt{15}}{5}$ 3) $V_0 = \frac{\sqrt{15}V_1}{5}$

№4 Дано;

$E = 3B$

$C = 20$ мкФ

$U_1 = 6B$

$L = 0,2$ Гн

$U_0 = 1B$

1) I' - ?

2) I_m - ?

3) U_2 - ?

Решение:

~~$E = U_0$~~

$E - LI' = U_0 + U_1$ $I' = \frac{3-1-6}{0,2} = $

1) $I' = \frac{E - U_0 - U_1}{L} < 0 \Rightarrow = \frac{-4}{0,2} = $

$\Rightarrow$ ток в другую сторону.

$= -20\frac{A}{c}$.

2. $E = U_0 + U$

$U = E - U_0$ $q_1 = CU_1$

$U = \frac{q}{C}$ $q = CU = C(E - U_0)$.

$\Delta q = C(E - U_0 - U_1) < 0$. $\Delta q = C(U_1 + U_0 - E)$

$E\Delta q = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$ $2CE(U_1 + U_0 - E) = CU^2 + LI_m^2$.

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

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

$= \sqrt{\frac{20\cdot 10^{-6}(6\cdot 4 - 4)}{0,2}} = \sqrt{\frac{20\cdot 10^{-5}\cdot 20}{2}} = \sqrt{20\cdot 10^{-4}} = $

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$$\frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_1} \qquad \frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_1} = \qquad \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \cancel{k} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2.$$

$$= \frac{1-k}{\frac{p_2}{p_1}k - 1} = \frac{1-k}{k^2-1} = \qquad \frac{T_3}{T_1} = \frac{\cancel{p_1} V_3}{V_1} = \frac{V_2}{V_1} = k$$

$$= \frac{1-k}{(k-1)(k+1)} = \qquad \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \qquad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}.$$

$$= -\frac{1}{k+1}$$

$$T = ma.$$

$$a = \frac{V^2 \sin^2\beta}{l}$$

$$T = 1 \cdot \frac{(0{,}51)^2 \cdot \left(\frac{15}{17}\right)^2}{\frac{17 \cdot 1{,}70}{15}} = \frac{0{,}2601 \cdot 225 \cdot 10 \cdot 15}{289^2} = 8778{,}375$$

$$=$$

$$\times \frac{\cancel{225}}{150}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 225 \\ \times\ 150 \\ \hline 1125 \\ 225\ \ \\ \hline 33750 \end{array} \qquad 289$$

$$\begin{array}{r} 0{,}2601 \\ \times\ 3375 \\ \hline 20250 \\ 6750\ \ \\ \hline 8778{,}3750 \end{array}$$

☑ 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

3) u_x – ?

$$\frac{1}{4}+\frac{1}{2(k+1)} \neq \left(\frac{1}{2x}\right)' - \frac{1}{2x^2}$$

№5 Дано:

F

$\frac{8F}{15}$

$\frac{F}{3}$

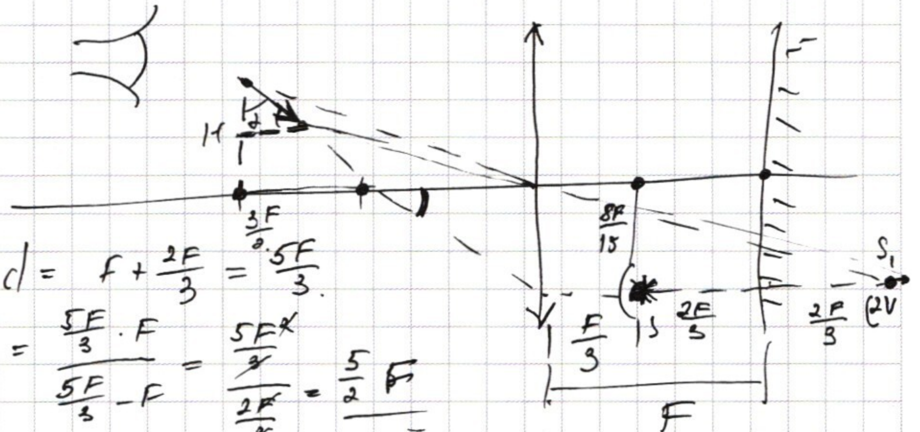
V

1) f_1 – ?

2) α – ?

3) u – ?

Решение:



$$d = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$$

$$1)\ f = \frac{\frac{5F}{3}\cdot F}{\frac{5F}{3}-F} = \frac{\frac{5F^2}{3}}{\frac{2F}{3}} = \frac{5}{2}F$$

$$2)\ \frac{u}{2V} = \Gamma^2 \quad ; \quad \Gamma^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2$$

$$u = 2V\frac{f}{d} = 2V\cdot\frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5F}{3}} = 3V \qquad 3)\ u = 3V \qquad tg(90^\circ-\alpha) = ctg\,\alpha = \frac{8}{15}$$

$$tg\,\beta = \frac{8}{15} \quad \frac{1}{\cos^2\beta} = \frac{64+225}{225} = \left(\frac{17}{15}\right)^2$$

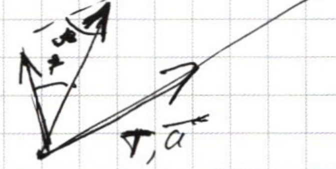
$$h = \frac{8F}{15} \qquad \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow H = h\frac{f}{d} = \frac{8F}{15}\cdot\frac{\frac{3}{2}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{8F}{15}\cdot\frac{3}{2} = $$

$$2)\ tg\,\alpha = \frac{f-F}{H} = \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{4F}{5}} = \frac{3\cdot5}{8} = \frac{15}{8} \quad \alpha = arctg\frac{15}{8} \qquad H = \frac{4F}{5}$$

$$ma = T$$

$$a = \frac{V_\perp^2}{l} \qquad V_\perp = V_k \sin\beta$$

$$a = \frac{V_k^2\sin^2\beta}{l}$$



$$T = m\frac{V_k^2\sin^2\beta}{l} \qquad T = \frac{1\cdot 51\cdot 51\cdot\frac{15}{17}\cdot\frac{15}{17}}{\frac{17}{15}\cdot 1{,}7} =$$

$$\frac{u_x}{2V} = \Gamma^2 \ ; \ \Gamma^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = \left(\frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5F}{3}}\right)^2 = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}$$

~~$u_x = u\sin\alpha$~~ $\quad u_x = u\cos\beta$

$$\frac{u\cos\beta}{2V} = \frac{9}{4} \qquad \frac{9}{2}\frac{V}{\cos\beta} = \frac{9}{2}\frac{V}{\frac{15}{17}} = \frac{34V}{30} = \frac{17V}{15}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)