

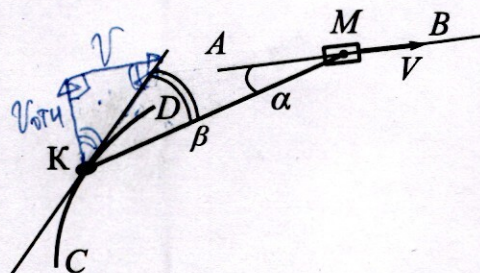
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-04

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

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 α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



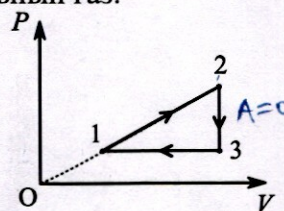
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

частица в вакууме

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

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.

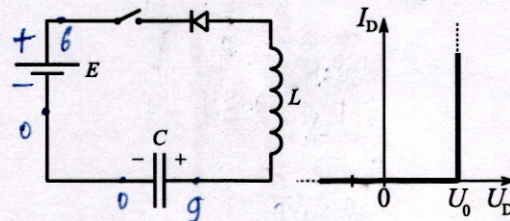
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

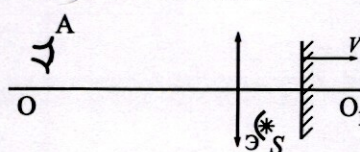


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

4.

$$E = 6\text{В}$$

$$C = 10\text{ мкФ}$$

$$U_1 = 9\text{В}$$

$$L = 0,4\text{ Гн}$$

$$U_0 = 1\text{В}$$

1) $I' = ?$

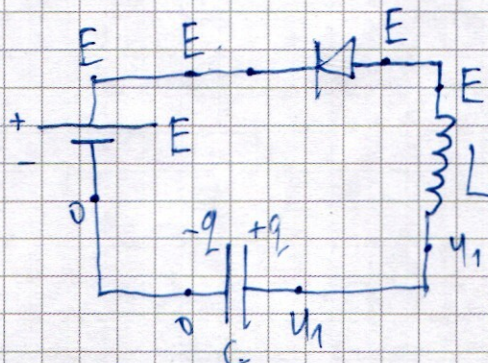
2) $I_{\text{max}} = ?$

3) $U_2 = ?$

1) сразу после замыкания ключа:

ток через катушку скачком не меняется,
т.е. он ещё не успел появиться

↓
тока в цепи в этот момент нет



расставим потенциалы

(учита, что U на диоде отсутствует
из-за отсутствия тока)

т.е. $U_L = U_1 - E = LI'$
(напряжение на катушке)

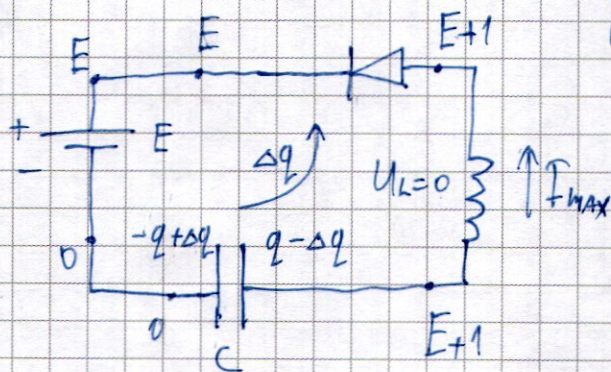
$$I' = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{9\text{В} - 6\text{В}}{0,4\text{Гн}} = \frac{3}{0,4} = 7,5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

(где I' - скор. изм. тока
через катушку, а значит
и в цепи в целом)

$$q = CU_1$$

2) когда $I = I_{\text{max}}$

когда $I = I_{\text{max}}$, $U_L = 0$, т.к. $I' = 0$



$U_{\text{диоде}} \text{ теперь} = U_0$

теперь видно, что $U_1^* = E + 1$
(новое U на конденсаторе)

предположим, что к этому
моменту в цепи успел перейти
заряд Δq , тогда

$$q - \Delta q = CU_1^*$$

$$\Delta q = q - CU_1^* = CU_1 - C(E + 1) = 2C$$

тогда по 3, с. 2.

$$A_{\text{ист}} = W_{\text{кон}} - W_{\text{нар}} + Q^{\rightarrow 0}$$

$$W_{\text{кон}} = \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$W_{\text{нар}} = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$A_{\text{ист}} = -E \cdot \Delta q$$

$$-E \cdot \Delta q = \frac{C(E+1)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

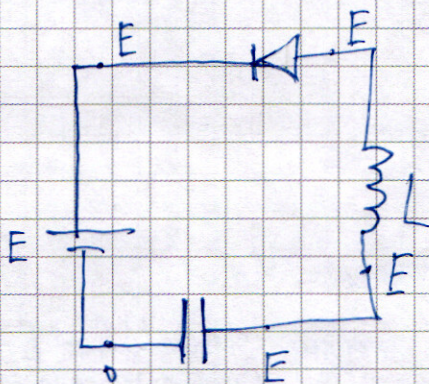
(подставим тогда $\Delta q = 4C$,
 $E=6, U_1=9$)

$$-6 \cdot 4C = \frac{49}{2}C + \frac{0.4}{2} \cdot I_{\text{max}}^2 - \frac{81}{2}C$$

$$\frac{81}{2}C - \frac{49}{2}C - \frac{18}{2}C = \frac{1}{5}I_{\text{max}}^2$$

3) когда $U_{\text{на. конд.}}$ установится:

тока в цепи нет и $U_L = 0$



т.е. напряжение на конденсаторе = E
т.е. 6В

Ответ: $7.5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$; ; 6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.

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

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

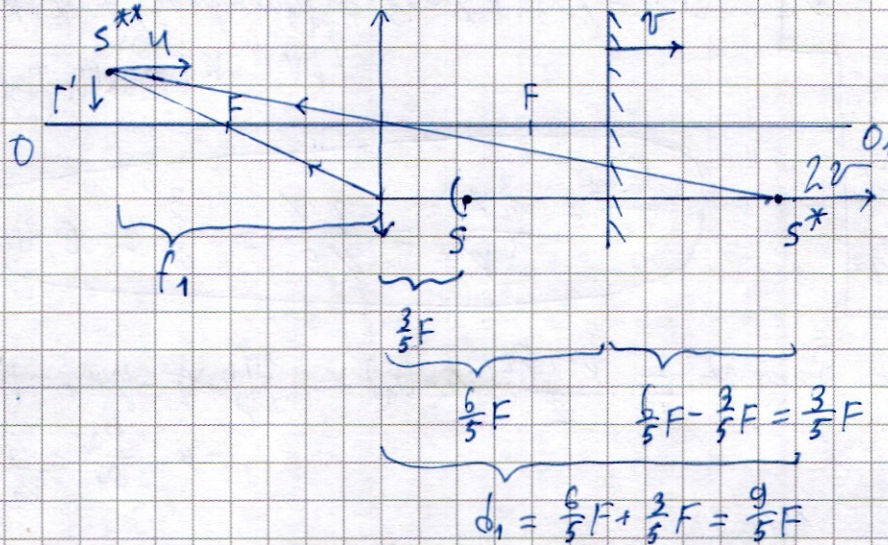
$$\frac{6}{5}F$$

$$1) f_1 - ?$$

$$2) L - ?$$

$$3) U - ?$$

1)



Зеркало отразит S оти своей плоскости, поэтому
вычислим, что $d_1 = \frac{9}{5}F$, S^* будет предметом
для линзы

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{5}{9F} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{9-5}{9F} = \frac{4}{9F} \rightarrow f_1 = \frac{9}{4}F$$

$$\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F} = \frac{9 \cdot 5}{4 \cdot 9} = \frac{5}{4}$$

2) найдём скорость изменения Γ увеличением линзы.

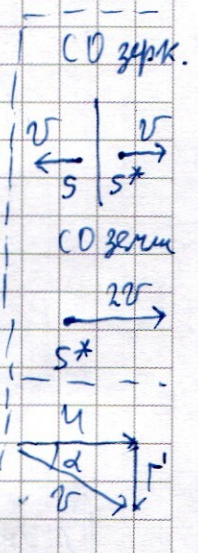
$$\Gamma = \frac{F}{d-F}, \quad \Gamma' = F \cdot \left(\frac{1}{d-F} \right)' = -F \cdot \frac{1}{(d-F)^2} \cdot \left(\Gamma'(d_1) \right) = \frac{F}{(d_1-F)^2}$$

найдём горизонт. составл. v скор. изобра.

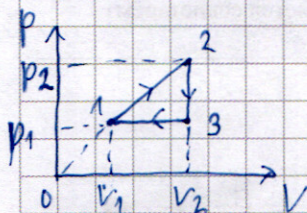
$$\frac{U}{2v} = \Gamma^2 \Rightarrow U = 2v \cdot \Gamma^2 = 2v \cdot \frac{25}{16} = \frac{25}{8}v$$

$$\left| \Gamma'(d_1) \right| = \frac{F}{(d_1-F)^2} = \frac{F}{\left(\frac{9}{5}F \right)^2} = \frac{F \cdot 25}{81 F^2} = \frac{25}{81 F}$$

(продолжение на листе 8)



2.

1) на участках 23 и 13, $Q < 0$

$$Q_{23} = A_{23}^{70} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{13} = A_{13} + \Delta U_{13} = (p_1 V_1 - p_1 V_3) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

($pV = \nu RT$) $\parallel \nu R (T_1 - T_3)$

$\parallel$
 $C_{13} = \frac{5}{2} R$

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

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$

3) $k_{\max} = ?$

$$\frac{C_{23}}{C_{13}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$2) A_{12} = S_{\text{под зр.}} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1) =$$

(т.к. $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2$)

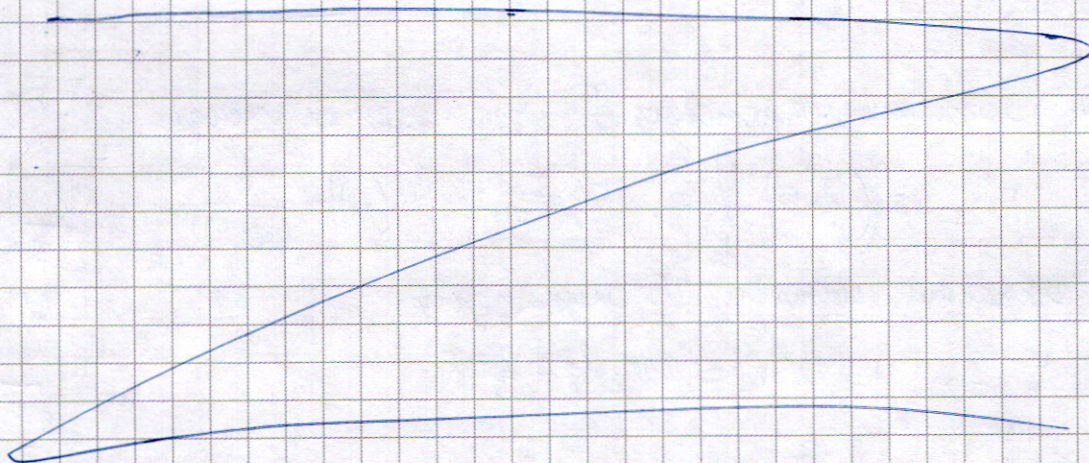
$$= \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

($pV = \nu RT$)

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\text{т.е.} \quad \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 3$$

3)



Ответ: 0,6; 3; -

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

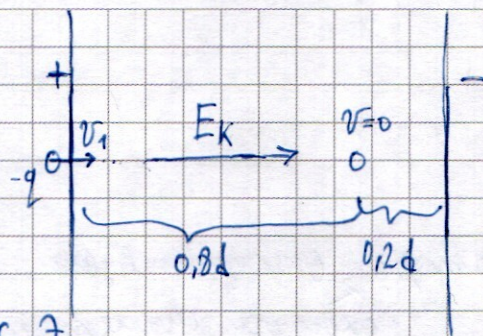
3.
 $d, U, v_1, 0,2d$

1) $\delta = \frac{|q|}{m}$

2) $T = ?$

3) $v_0 = ?$

1)



$E_k = \frac{U}{d}$
поле вблизи от
симметричного
конденсатора

по з.с.э.

$$\frac{mv_1^2}{2} = |q| E_k \cdot 0,8d \quad | \cdot 2$$

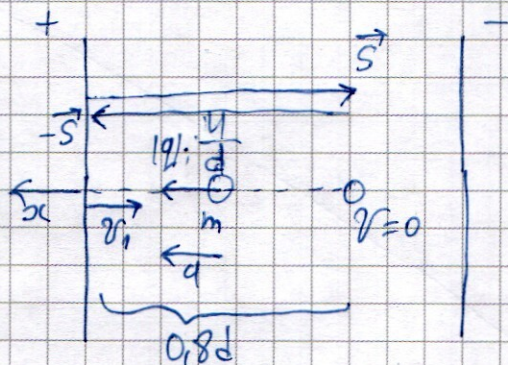
где $|q| \cdot E_k \cdot 0,8d$ — модуль
работы эл. силы.

$$mv_1^2 = |q| \cdot \frac{U}{d} \cdot 1,6d \quad | : m$$

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

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

2)



2 з.м.

х: $mq = |q| \cdot \frac{U}{d}$

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

тогда из кинематики:
 $\vec{s} = \vec{v}t - \frac{at^2}{2}$

движение до остановки:
 $-0,8d = 0 - \frac{at^2}{2}, \quad (\text{т.к. } a = \text{const})$

$$1,6d = at^2$$

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

$$t = \sqrt{\frac{1,6d}{a}}$$

(время от начала до остановки)

движение обратно до начала:

$$0,8d = \frac{at_2^2}{2}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{1,6d}{a}}$$

(время от остановки до начала)

Т.е. полное время в конденсаторе $T = t_1 + t_2 = 2 \sqrt{\frac{1.6J}{a}} =$

$$= 2 \sqrt{\frac{1.6 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}}{1.91 \cdot 10^4 \text{ Н/м}}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{1.6 \cdot 10^{-12} \cdot 1.64}{1.91^2}} =$$

$$= 2 \sqrt{\frac{1.6^2 \cdot 10^{-12}}{1.91^2}} =$$

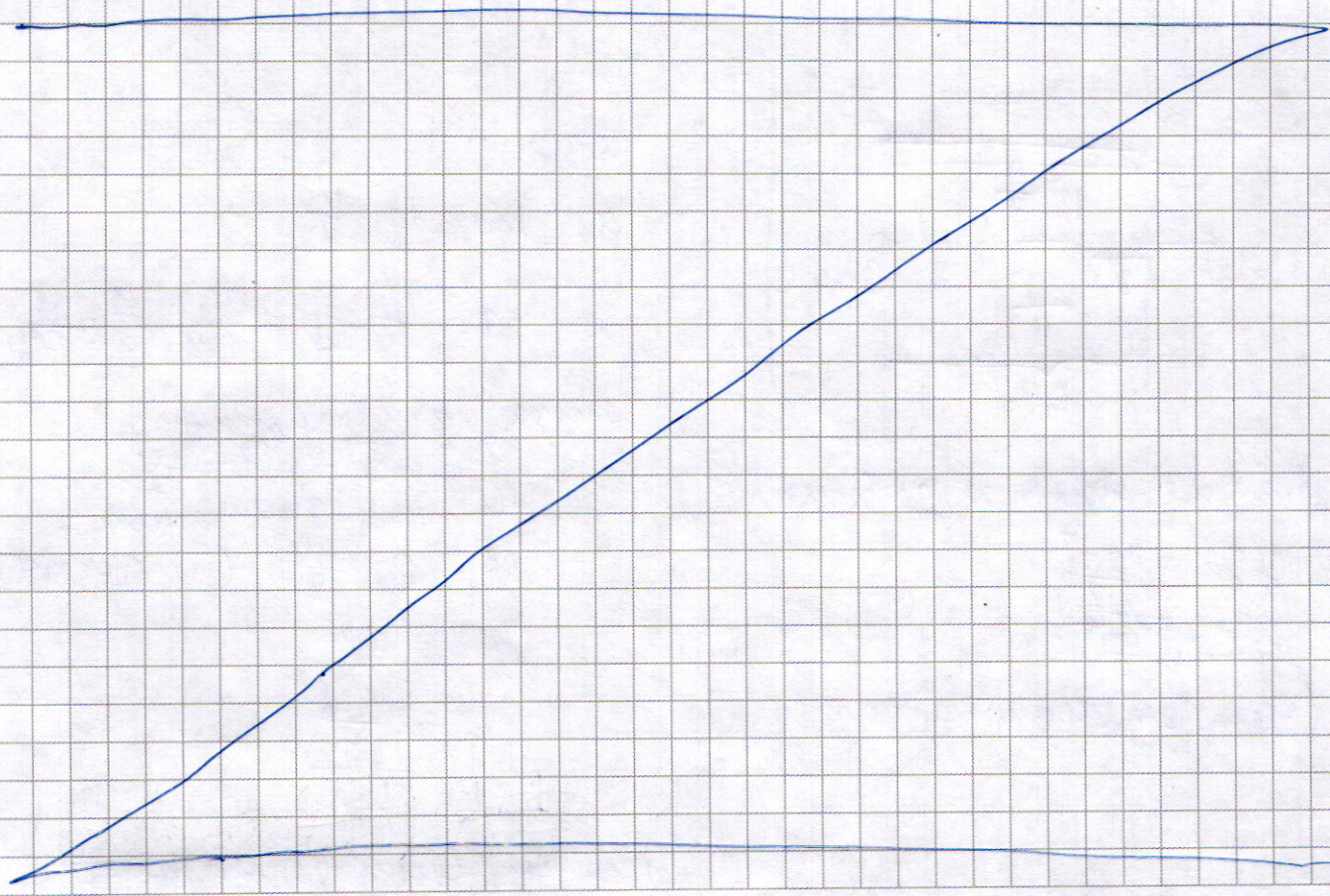
$$= \frac{3.2 \cdot 10^{-6}}{1.91}$$

3) поле вне конденсатора отсутствует
 (полюса симметричны (т.к. поле однородно))

поэтому частица будет двигаться равномерно (т.к. в условии не сказано ничего про другие поля)

значит $v_0 = v_1$ на бесконечности скорость была неизменна

Ответ: $\frac{v_1^2}{1.64}$; $\frac{3.2 \cdot 10^{-6}}{1.91}$; v_1

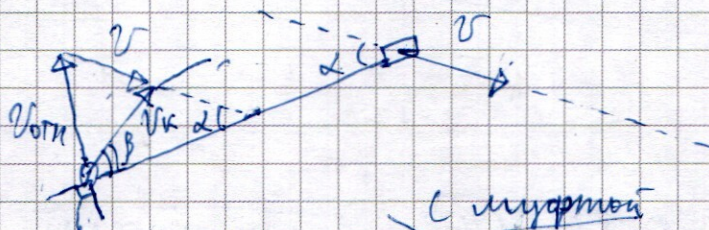


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

$$\begin{aligned} v &= 2 \text{ м/с} \\ m &= 0,4 \text{ кг} \\ R &= 1,9 \text{ м} \\ L &= \frac{17}{15} R \\ \cos \alpha &= \frac{4}{5} \\ \cos \beta &= \frac{8}{17} \end{aligned}$$

1)



1) v_k ?

2) $v_{отн}$?

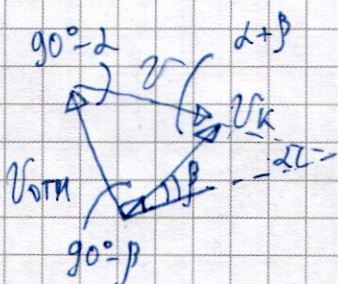
3) T ?

т.к. кольцо соединено нерастяжимым тросом, то расстояние между ними неизменно, т.е. кольцо отн. муфты движется по окр. радиуса L
т.е. $v_{отн} \perp$ тросу

$$\vec{v}_{отн} + \vec{v} = \vec{v}_k \quad (\text{в СД муфты})$$

причем $\vec{v}_k$ направлена по кас. к окр. по кот. кольцо движется относительно земли.
 v_k - скор. кольца в СД земли

тогда в Δ скоростей



по Т. Сйн

$$\frac{v}{\sin(90^\circ - \beta)} = \frac{v_k}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{v_{отн}}{\sin(\alpha + \beta)}$$

или

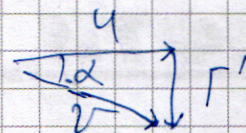
$$v_k = \frac{\cos \alpha \cdot v}{\cos \beta} = \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} \cdot v = \frac{17}{10} v$$

$$\text{и } v_{отн} = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} v = \frac{17}{8} v \cdot \sin(\arccos \frac{4}{5} + \arccos \frac{8}{17})$$

Ответ: $\frac{17}{10} v$; $\frac{17}{8} v \cdot \sin(\arccos \frac{4}{5} + \arccos \frac{8}{17})$; -

3. (продолжение)

$$\alpha = \frac{|r'(d_1)|}{u} = \frac{\left(\frac{25}{16F}\right)}{\left(\frac{25}{8}v\right)}$$



$$v = \sqrt{u^2 + (r'(d_1))^2} = \sqrt{\left(\frac{25}{8}v\right)^2 + \left(\frac{25}{16F}\right)^2}$$

Ответ: $\frac{9}{4}F$; $\frac{25 \cdot 8v}{16F \cdot 25} = \left(\frac{v}{2F}\right)$; $\sqrt{\left(\frac{25}{8}v\right)^2 + \left(\frac{25}{16F}\right)^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $p \sim V$
 $p = kV$

$$pV = \nu RT \quad \frac{p^2}{k} = \nu RT$$

$$kV^2 = \nu RT$$

участки 23 и 31 - по температуре T

$$Q_{23} = A_{23}^0 + \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2), \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = p(V_1 - V_3) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

($pV = \nu RT$)

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

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

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_3}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1)$$

($\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2$)

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$A_{32} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (p_2 - p_3) =$$

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

$$\frac{A_{12}}{\Delta U_{12}} = \frac{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = \frac{1 \cdot 2}{2 \cdot 3} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$$

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

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

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

$$A_{12} = A_{12} - A_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) - \nu R (T_1 - T_3) =$$

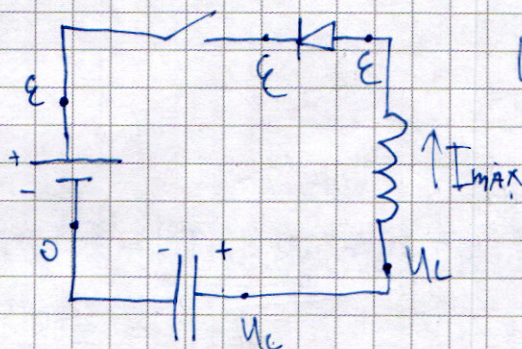
$$Q_{12} = Q_{12} = \nu R (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{1}{2} \nu R T_2 - \frac{1}{2} \nu R T_1 - \nu R T_1 + \nu R T_3$$

$$Q_H = 25R(T_2 - T_1)$$

$$A_H = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) \cdot (p_2 - p_1) \stackrel{V_3 = V_2}{=} \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (p_2 - p_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_2 - p_2 V_1 + p_1 V_1) = \frac{1}{2} (25R(T_2 + T_1) - 2p_1 V_2)$$

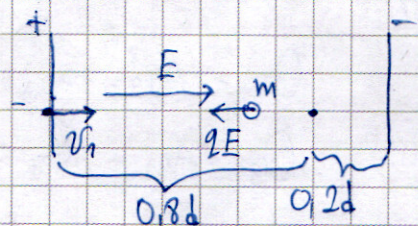
4.



$$U_C = E - I$$

$$E =$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ -25 \\ \hline 56 \\ -48 \\ \hline 8 \end{array}$$



$$\frac{mv_1^2}{2} = qE \cdot 0.8d \cdot 1.2$$

$$mv_1^2 = qE \cdot 1.6d \quad | : m$$

$$v_1^2 = \frac{q}{m} E \cdot 1.6d$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{1.6Ed}$$

$$ma = q \cdot E$$

$$a = \frac{q}{m} E$$

$$0.8d = \frac{at^2}{2}$$

$$S = vt - \frac{at^2}{2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{Fd}$$

$$U = Ed$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{Fd}{d - F}$$