

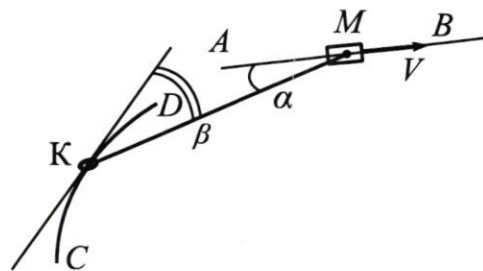
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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 α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



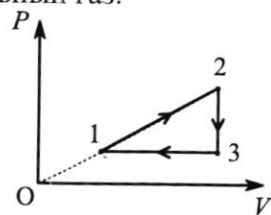
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 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.

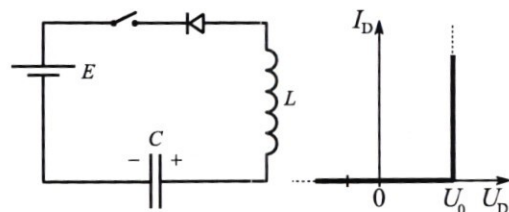
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

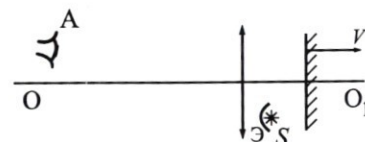


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

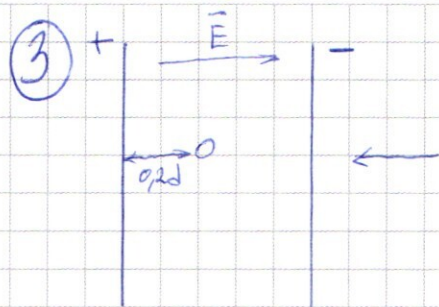
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) Пусть для опр-ти частица влет. справа, тогда для того чтобы она остановилась на нее должна дейст. сила, которая будет ее остан., т.к.

частица полож., то заряд обкладок и направ. $\vec{E}$ (вектора напр., созд. конд.) такой как на рис. за предел. кондес. поле не учитыв., т.к. плас. имеет размер $\gg d$. На частицу действует только Кулоновская сила, тогда внутри конд. по Π з. Н. :
(в лев. д.)
 $ma = Eq$, где a - ускор. частицы

т.к. $a = \frac{Eq}{m}$, где $\frac{q}{m} = j$, т.к. $a = Ej$

т.к. скорость в конет. точке = 0, то ~~все энерг~~

по 3. сохр. эк.:

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

т.к. $E = \frac{m v_1^2}{q \cdot 1,6d}$; т.к. $E = \frac{v_1^2}{1,6d j}$, т.к.

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

из кинем. уравн.:

$$0 = v_1 - aT$$

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

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

2) $U = Ed$, из 1) подст. E

$$U = \frac{v_1^2}{1,6j}$$

3) т.к. поле совершит ту же работу (по модулю)

а за пределами конд., поле не будет воздейств.
то

$$V_0 = -V_1$$

Ответ: 1) $T = \frac{1.6d}{V_1}$; 2) $U = \frac{V_1^2}{1.6d}$; 3) $V_0 = -V_1$

② Q - кол-во теплоты, ΔU - изм. внутр. эн. газа,
 A - работа газа; индекс указ. какой процесс рассматривается.

1) уравн. Менд. - Клап.:

$pV = \nu RT$ в прог. (1-2) $p \uparrow$ и $V \uparrow$, т.е. $T \uparrow$

впр. (2-3) $V = \text{const}$; $p \downarrow$, т.е. $T \downarrow$

впр. (3-1) $p = \text{const}$; $V \downarrow$, т.е. $T \downarrow$

Рассм. пр. (2-3) и (3-1)

2) $Q_{23} = \nu C_{23} (T_3 - T_2)$, C - мол. теплоемк.

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, восп. тем., что $A = \oint \text{площадь}$

ди фигуры под графиком (на pV -диаг.)

$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$, т.е.

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

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + p_1 (V_1 - V_3) =$
 $= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

$Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3)$, т.е.

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

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

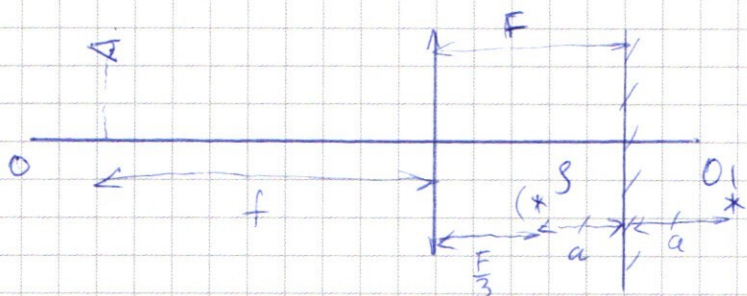
2) $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + A_{12}$

$A_{12} =$

Ответ: 1) $\frac{5}{3} = \frac{C_{31}}{C_{23}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



1) шобр. от зерк. нах. на расст. таком же, что и предмет от зеркала (пусть это расст. a)

$$a = F - \frac{F}{3} = \frac{2}{3}F, \text{ зн. расст. от зерк. до линзы (d)}$$

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

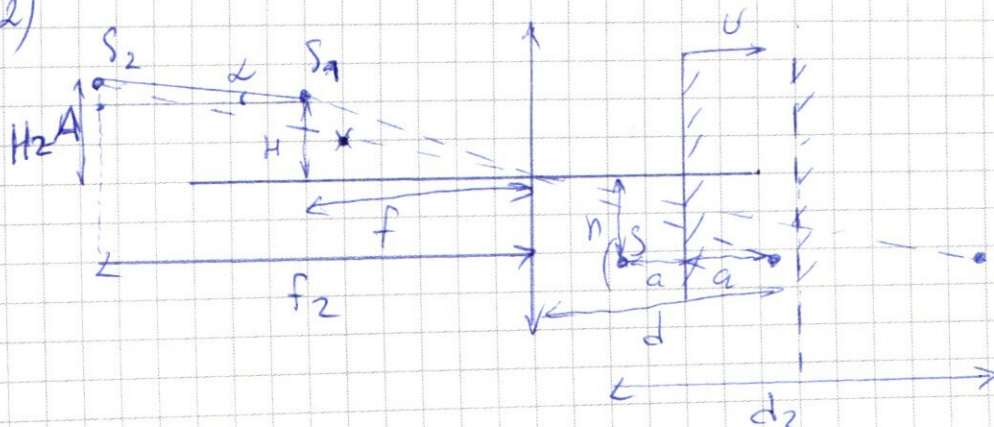
из формулы тонкой линзы нах. f (расстояние от линзы до шобр. в линзе)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}, \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}; \quad f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{F \cdot \frac{5}{3}F}{\frac{5}{3}F - F} =$$

$$= \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F$$

зн. на этом расст. наблюд. увидит шобр.

2)



S_1 - шобр. в линзе, когда зеркало было на расст. F
 S_2 - шобр. в линзе, когда зеркало сдвин. на $F + \Delta x$

из $\Delta S_1 S_2 A$ найдем α :

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_2 - H}{f_2 - f}$, где f и f_2 - расст. до из. в 1-ом и 2-ом саяз. соот-во, H_1 и H_2 - расст. от OO_1 до S_1 и S_2 соот-во.

$$f = \frac{5}{2} F \text{ (из 1)} \quad H = h = \frac{f}{d} \quad \left(\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \right)$$

$$h = \frac{8}{15} F \text{ (по усл.)}$$

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

анал. 1 находим f , когда зеркало сместилось на $u \Delta t$ (оборачивая анал.)

$$a_2 = F + u \Delta t - \frac{F}{3} = \frac{2}{3} F + u \Delta t, \text{ м.}$$

$$d_2 = F + u \Delta t + \frac{2}{3} F + u \Delta t = \frac{5}{3} F + 2u \Delta t$$

по ф. тон. линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \quad ; \quad f_2 = \frac{F \cdot d_2}{d_2 - F} = \frac{F \cdot (\frac{5}{3} F + 2u \Delta t)}{\frac{5}{3} F + 2u \Delta t - F} =$$

$$= \frac{F(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t)}{\frac{2}{3} F + 2u \Delta t}$$

$$H_2 = h \cdot \frac{f_2}{d_2} = \frac{8}{15} F \cdot \frac{F(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t)}{(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t)(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t)} = \frac{8 F^2}{15(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{8 F^2}{15(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t)} - \frac{4}{5} F}{\frac{F(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t)}{(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t)} - \frac{5}{2} F} = \frac{8 F - 12(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t)}{10(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t - \frac{5}{2}(\frac{2}{3} F + 2u \Delta t))} =$$

$$= \frac{8 F - 8 F - 2u \Delta t}{15(\frac{5}{3} F + 2u \Delta t - \frac{5}{3} F - 5u \Delta t)} = \frac{-2u \Delta t}{15(-3u \Delta t)} = \frac{2}{45}$$

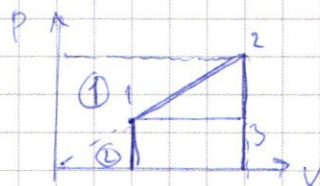
соот-во

Ответ: 1) $f = \frac{5}{2} F$ 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{45}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$A_{12} = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1$ (т.к.



$A_{12} = S_{\text{тр}} = S_{\text{н/г}} - S_{\Delta 1} - S_{\Delta 2}$)

S-плоск. $(p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1)$

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

$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \nu R (T_2 - T_1)$

и $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 4$

3) $Q_{12} > 0$ (т.к. $T_2 > T_1$ и $A_{12} > 0$)

$Q_{23} < 0$ (т.к. $T_3 < T_2$; $\nu C_{23} (T_3 - T_2) < 0$)

$Q_{31} < 0$ (т.к. $T_1 < T_3$; $\nu C_{31} (T_1 - T_3) < 0$)

если η - КПД цикла, то:

$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{\nu C_{23} (T_3 - T_2) + \nu C_{31} (T_1 - T_3)}{2 \nu R (T_2 - T_1)}$

$= 1 - \frac{\nu C_{23} (T_3 - T_2) + \nu C_{31} (T_1 - T_3)}{2 \nu R (T_2 - T_1)} = 1 - \frac{\frac{3}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_2 + \frac{5}{2} T_1 - \frac{5}{2} T_3}{2 T_2 - 2 T_1}$

т.к. $p \sim V^{(1-2)}$ (то есть $p \uparrow$ в n , то и $V \uparrow$ в n ,

и $T \propto p^{1/\gamma}$; пусть в (1-2) $p \uparrow$ в n раз,

и $T_2 = n^2 T_1$; т.к. в (2-3) $V = \text{const}$, а $p \downarrow$ в n раз (видно из графа.), то $T_3 = n T_1$

$$\eta = 1 - \frac{5T_1 - 3T_2 - 2T_3}{4T_2 - 4T_1} = 1 - \frac{5T_1 - 3T_1 n^2 - 2T_1 n}{4T_1 n^2 - 4T_1} =$$

$= 1 - \frac{5 - 3n^2 - 2n}{4n^2 - 4}$, тогда η был макс, то второе слагаемое должно быть мин.

обозначим эту функцию:

$$f(n) = \frac{5 - 3n^2 - 2n}{4n^2 - 4} \quad \text{исслед. на экстрем. зн.}$$

$$f'(n) = \frac{-6n(4n^2 - 4) - 8n(5 - 3n^2 - 2n)}{(4n^2 - 4)^2}$$

$$f'(n) = \frac{-24n^3 + 24n - 40n + 24n^3 + 16n^2}{(4n^2 - 4)^2}$$

$$f'(n) = \frac{16n^2 - 16n}{(4n^2 - 4)^2}$$

$$n^2 - n = 0$$

$$4n^2 - 4 \neq 0$$

$$n(n-1) = 0$$

$$n^2 - 1 \neq 0$$

$$n = 0 \quad n = 1$$

$$n \neq \pm 1$$

$$\text{т.к. } f(n)_{\min} = f(0) = -\frac{5}{4}$$

$$\eta = 1 + \frac{5}{4}, \text{ но КПД не прев. } 100\%, \text{ т.к.}$$

$$\eta_{\max} = 100\%$$

Ответ: 2) 4 3) 100%.

4) 1) Пусть N — мощность источника.
тогда $N =$

1) т.к. ток от источника не течет, из-за джоуля, то "источником" будет зар. конденс. пусть кол. соверш. б.з. на $\sin$
 $q = U_1 C \sin \omega t$, где q заряд на конденс.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

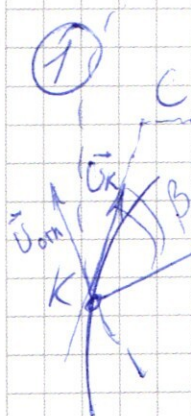
дл. $I = q' = +U_1 C \omega \cos \omega t$
из ср-ной Томсона,

$$T = 2\pi \sqrt{LC} ; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

величина силы тока равна:

$$I = \frac{U_1 C}{\sqrt{LC}} \quad (\text{в нач. момент } t=0)$$

$$I = \frac{6 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = \frac{12 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot \frac{10^{-2}}{10^{-1}} = 6 \cdot 10^{-3} = \underline{6 \cdot 10^{-3} \text{ A}}$$



т.к. трос все время
натянут, дл. расст. от М

до К - не меняется, тогда по кольцу
поднимается. Из этих сообр. кольцо

относ. муфта движется по окр. (см. рис.)

с радиусом l , тогда U_{om} (скор. кольца
относ. муфты) напр. перпенд. к этой окр.

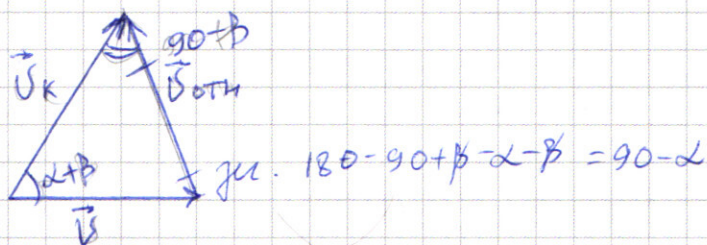
пусть T - сила, с которой трос действует
на кольцо, тогда по II з. Ньютона:

$$T = ma ; \quad T = \frac{m U_{om}^2}{l}$$

$$1) \text{ из } \Delta KME \quad \vec{U}_K - \vec{U} = \vec{U}_{om} \quad (U_K - \text{скор. кольца})$$

$$\text{дл.} \quad \vec{U}_K = \vec{U} + \vec{U}_{om} \quad \text{при этом } \vec{U}_{om} \perp l ;$$

$$\vec{U}_K \cdot \vec{U} = \alpha + \beta ; \quad \vec{U}_{om} \cdot \vec{U}_K = 90 - \beta \quad (\text{из рис.})$$



но т. синусов найдем U_k :

$$\frac{U}{\sin(90-\beta)} = \frac{U_k}{\sin(90-\alpha)}$$

$$U_k = U \frac{\sin(90-\alpha)}{\sin(90-\beta)} = U \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 0,4 \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 10^{-1}}{4 \cdot 10} =$$

$$= \underline{0,51 \frac{M}{C}}$$

2) анал. находим $U_{отн}$

$$\frac{U_k}{\sin(90-\beta)} = \frac{U_{отн}}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$U_{отн} = U \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(90-\beta)} = U \frac{\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha}{\cos \beta} =$$

$$= U \frac{\sqrt{1-\cos^2 \alpha} \cos \beta + \sqrt{1-\cos^2 \beta} \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U_{отн} = \frac{4}{10} \cdot \frac{\sqrt{1-\frac{9}{25}} \cdot \frac{8}{17} + \sqrt{1-\frac{64}{289}} \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{4}{10} \cdot \frac{\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 8 + 15 \cdot 3}{8 \cdot 5} \cdot \frac{4}{10} = \frac{32 + 45}{10 \cdot 5} \cdot \frac{4}{10} = 0,77 \frac{M}{C}$$

3) из закона:

$$T = \frac{m U_{отн}^2}{c} = \frac{1 \cdot 0,77^2 \cdot 15}{17 \cdot 17} = \frac{0,77^2 \cdot 15}{28,9} \approx 0,09 H$$

$$\text{или } T \cos(90-\alpha) = \frac{m U^2}{R}$$

$$T = \frac{m U^2}{R \sin \alpha} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 5}{1,7 \cdot 4} \approx \frac{0,25 \cdot 5}{1,7 \cdot 4} \approx \frac{1,25}{6,8} \approx 0,09 H$$

Ответ: 1) $0,51 \frac{M}{C}$ 2) $0,77 \frac{M}{C}$ 3) $0,09 H$



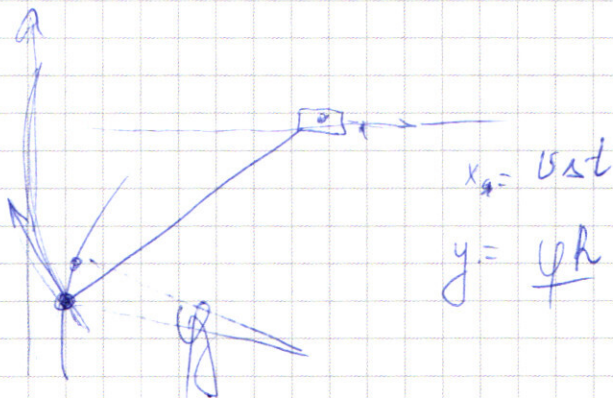
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

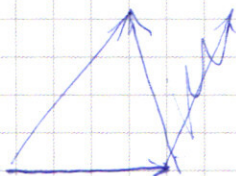
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



Q1270



$$\frac{\chi C_{23}(T_3 - T_2) + \chi C_{31}(T_1 - T_3)}{2\chi R(T_2 - T_1)} = \frac{\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_2 + \frac{5}{2}T_1 - \frac{5}{2}T_3}{2T_2 - 2T_1} =$$

$$= \frac{5T_1 - 3T_2 - 2T_3}{4T_2 - 4T_1} = 5T_1 - 3$$

$$T_2 = n^2 T_1 \quad T_2 = n^2 T_1$$

$$T_3 = n T_1$$

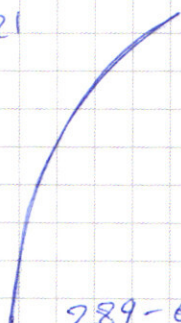
$$\left| \frac{a}{b} \right|' = \frac{a'b - b'a}{b^2}$$



$m U_{отн.} \quad 1,25$

$$U_K = U + U_{отн.}$$

30+21



$$180 - 90 + \beta - \alpha - \beta = 90 - \alpha$$

$$289 - 64 = 225$$

$$\begin{array}{r} 2890000 \\ - 289000 \\ \hline 601000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5428500 \\ \hline 10,09 \end{array}$$

28900

$$1250 \over 10,09$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ \times 77 \\ \hline 329 \\ + 329 \\ \hline 0,3619 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18095 \\ \times 3619 \\ \hline 18095 \\ 3619 \\ \hline 54285 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\vec{U}_k - \vec{U} = \vec{U}_{\text{конт}}$
 $U + U_{\text{конт}} = U_k$

2) $\vec{T} = m\vec{a}$

3) $p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1$

$T \cos(90 - \beta) = ma$
 $T = \frac{m U^2}{R \cos(90 - \beta)}$

$90 - (\alpha + \beta) - 90$
 $180 - (\alpha + \beta)$

2) $a \gg d$

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

$ma = Eq$; $a = \frac{Eq}{m} = Ej$
 $0 = U_1 - aT$ $\rightarrow T = \frac{U_1}{Ej} = \frac{U_1 \cdot 1,6 \cdot d}{U_1^2}$
 $0,8d = U_1 T - \frac{a}{2} T^2$
 $T^2 - \frac{2U_1 T}{a} + \frac{1,6d}{a} = 0$
 $T = \frac{U_1}{a} \pm \sqrt{\frac{U_1^2}{a^2} - \frac{1,6d}{a}}$
 $A = Fs$
 $ma = Eq$
 $\frac{m U^2}{2} = Eq \cdot 0,8d \rightarrow \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,8d} = E$
 $W = -\psi q$
 $U = \psi_1 - \psi_2$
 $\frac{A}{q} = W_1$

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0}$

$W = k \frac{q_1 q_2}{r}$

$$\textcircled{2} \textcircled{12} pV_1 = T \uparrow$$

$$\textcircled{23} pV = T \downarrow$$

$$\textcircled{31} V_1 = \downarrow$$

$$\textcircled{23} Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R T (T_3 - T_1)$$

$$\textcircled{31} Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = p_1 (V_1 - V_3) =$$

$$Q_{23} = \nu C_{23} (T_3 - T_1)$$

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

$$Q_{31} = p_1 (V_1 - V_3) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + p_1 (V_1 - V_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \underline{\nu R (T_1 - T_3)}$$

$$\nu C_{31} (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

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

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

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

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

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$\frac{\nu R T_1}{V_1} + \frac{\nu R T_2}{V_2}$$

$$p_1 (V_3 - V_2) = \frac{1}{2}$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

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

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

$$\frac{11}{2} = \frac{f}{2}$$

Q

$$A_{12} = A_{13} + \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1) =$$

$$\underline{8F - 12(\frac{2}{3}F + 2\nu \Delta T)}$$