Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

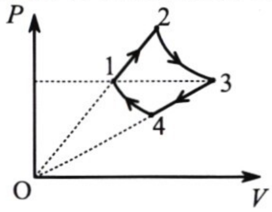
Вариант 11-08

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

1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 4 раза, а модули ускорений равны.

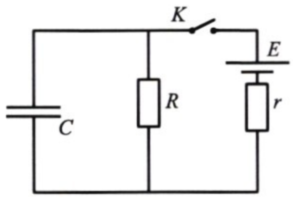
1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. В процессе 3-4 давление газа уменьшается в $k = 1{,}7$ раза. Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.



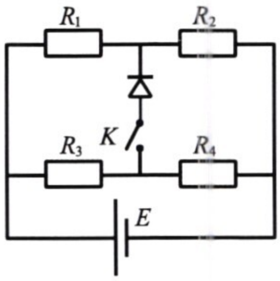
1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

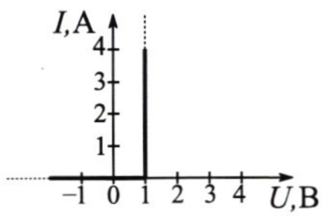
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ К на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



1) Найти ток, текущий через резистор R, сразу после замыкания ключа.
2) Найти напряжение на конденсаторе сразу после размыкания ключа.
3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.

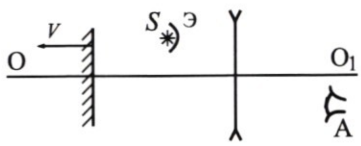
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.





1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе К.
2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе К?
3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 0{,}8$ Вт?

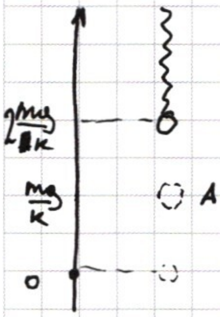
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ $(F > 0)$, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO₁. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO₁ и на расстоянии $F/3$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO₁. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $11F/18$ 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 OO₁ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N. 1.



1) колебания пружины будут происходить относительно положения A. ($0 = ma = mg - k\Delta x$; $\Delta x = \frac{mg}{k}$) с Амплитудой $\Delta x = \frac{mg}{k}$.

т.к. $F_{упр\,1} = 4F_{упр\,2}$ $\quad \Delta X_1 = 4\Delta X_2$

причём a_1 направлена вверх, a_2 вниз,

$|a_1| = |a_2| = |a_0|$

$|ma_1| = F_{упр1} - mg = 4k\Delta x_2 - mg$

$|ma_2| = mg - F_{упр2} = mg - k\Delta x_2$

$4k\Delta x_2 - mg = mg - k\Delta x_2 \Rightarrow k\Delta x_2 = \frac{2}{5}mg$

$|a_0| = \frac{4k\Delta x_2 - mg}{m} = \left(\frac{8}{5} - 1\right)g = \frac{3}{5}g$

2) запишем з-н сохранения энергии, причём энергия в нулевой момент времени $E_0 = mg \cdot 2\Delta x = \frac{2(mg)^2}{k}$.

$E_1 = \frac{k(\Delta x_1)^2}{2} + E_{кин1} + mg(2\Delta x - \Delta x_1) = \frac{16k(\Delta x_2)^2}{2} + E_{кин1} +$
$+ mg\left(2\frac{mg}{k} - 4\cdot\frac{2}{5}\frac{mg}{k}\right) = \frac{32}{25}\cdot\frac{(mg)^2}{k} + E_{кин1} + \frac{2}{5}\frac{(mg)^2}{k} = E_0 =$
$= 2\frac{(mg)^2}{k} \Rightarrow E_{кин1} = \frac{2\cdot 25 - 32 - 2\cdot 5}{25}\frac{(mg)^2}{k} = \frac{8}{25}\frac{(mg)^2}{k}$

$E_2 = \frac{k(\Delta x_2)^2}{2} + E_{кин2} + mg(2\Delta x - \Delta x_2) = \frac{2}{25}\frac{(mg)^2}{k} + E_{кин2} +$
$+ mg\left(2\frac{mg}{k} - \frac{2}{5}\frac{mg}{k}\right) = E_{кин2} + \frac{42}{25}\frac{(mg)^2}{k} = 2\frac{(mg)^2}{k}$

$E_{кин2} = \frac{2\cdot 25 - 42}{25}\frac{(mg)^2}{k} = \frac{8}{25}\frac{(mg)^2}{k}$

$\frac{E_{кин1}}{E_{кин2}} = 1$

3) $E_{мк}$ − максимальная кинетическая энергия

$E_{мп}$ − максимальная ~~потенциальная~~ пружины энергия

$$E_{мп} = \frac{k(\Delta x_{max})^2}{2} = \frac{k(2\Delta x)^2}{2} = 2k\frac{(mg)^2}{k^2} = \frac{2(mg)^2}{k}$$

$E_{мк}$ достигается ~~при~~ когда $|a|=0$ => в точке A запишем энергию в этой точке:

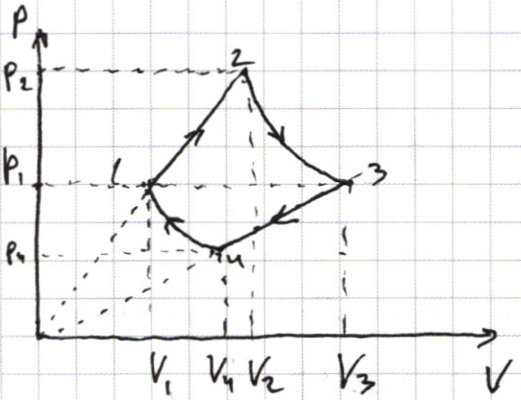
$$E_A = E_{мк} + \frac{k(\Delta x)^2}{2} + mg\Delta x = E_{мк} + \frac{(mg)^2}{2k} + \frac{(mg)^2}{k} =$$

$$= E_0 = \frac{2(mg)^2}{k}$$

$$E_{мк} = \frac{2\cdot 2 - 1 - 2}{2}\,\frac{(mg)^2}{k} = \frac{(mg)^2}{2k}$$

$$\frac{E_{мп}}{E_{мк}} = \frac{2(mg)^2\cdot 2k}{k\cdot (mg)^2} = 4$$

Ответ: $|a| = \frac{3}{5}g$ $\quad \frac{E_{кин1}}{E_{кин2}} = 1 \quad \frac{E_{мп}}{E_{мк}} = 4$.



№2. По закону Клайперона Менделеева $pV = \nu RT$

т.к. $T_2 = T_3$: $p_2V_2 = p_3V_3 = p_1V_3$

$T_1 = T_4$: $p_1V_1 = p_4V_4$

Из графика следует: $\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$

$$\frac{p_1}{V_3} = \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4}$$

Из условия $\frac{p_3}{p_4} = \frac{p_1}{p_4} = 1,7$

$$\begin{cases} p_2V_2 = p_1V_3 \\ p_1V_1 = p_4V_4 \\ p_2V_1 = p_1V_2 \\ p_1V_4 = p_4V_3 \quad * \\ p_1 = 1,7p_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_2V_2 = 1,7p_4V_3 \\ 1,7\cancel{p_4}V_1 = \cancel{p_4}V_4 \\ p_2V_1 = 1,7p_4V_2 \\ 1,7\cancel{p_4}V_4 = \cancel{p_4}V_3 \end{cases}$$

$V_3 = 1,7V_4$

$V_4 = 1,7V_1$

$V_3 = (1,7)^2V_1$

$$\begin{cases} p_2V_2 = 1,7p_4\cdot(1,7)^2V_1 \\ p_2V_1 = 1,7p_4V_2 \end{cases}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = (1,7)^2\frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = 1,7V_1$$

$$V_2 = V_4$$

$$\frac{p_2}{p_4} = (1,7)^3\cdot\frac{V_1}{V_2} = (1,7)^2$$

$$\frac{T_{23}}{T_1} = \frac{p_2V_2}{p_1V_1} = \frac{p_2V_2}{p_4V_4} = \frac{p_2}{p_4}\cdot\frac{V_2}{V_4} = 1,7^2$$

$$T_{23} = 1,7^2\cdot T_1 = 2,89\,T_1$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $C_v = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T}$ $\quad \Delta T = T_4 - T_3 = T_1 - T_{23} = (1 - 1{,}7^2) T_1$

по закону термодинамики $\Delta Q = \Delta U + \Delta A_r = \frac{j}{2}(\nu R \Delta T) +$
$+ \Delta A_r = \frac{j}{2}(p_4 V_4 - p_3 V_3) - S$, где S — площадь под отрезком графика 3-4.

$$\Delta Q = \frac{j}{2}\left(\frac{p_2}{(1{,}7)^2} \cdot V_2 - p_1 \cdot (1{,}7)^2 V_1\right) - \frac{(p_4 + p_1)}{2} \cdot (V_3 - V_4) =$$

$$= \frac{j}{2}\left(\frac{\nu R T_{23}}{(1{,}7)^2} - \nu R T_1 (1{,}7)^2\right) - \frac{p_4 V_3 + p_1 V_3 - p_4 V_4 - p_1 V_4}{2}$$

из $*$ $\quad p_4 V_3 - p_1 V_4 = 0$

$$\Delta Q = \frac{j}{2}\left(\frac{\nu R (1{,}7)^2 T_1}{(1{,}7)^2} - \nu R T_1 (1{,}7)^2\right) - \frac{p_1 V_3 - p_4 V_4}{2} =$$

$$= \frac{j}{2} \nu R T_1 (1 - (1{,}7)^2) - \frac{\nu R T_{23} - \nu R T_1}{2} =$$

$$= \frac{j}{2} \nu R T_1 (1 - (1{,}7)^2) - \frac{\nu R T_1}{2}((1{,}7)^2 - 1) =$$

$$= \frac{\nu R T_1}{2} (1 - (1{,}7)^2)(j + 1)$$

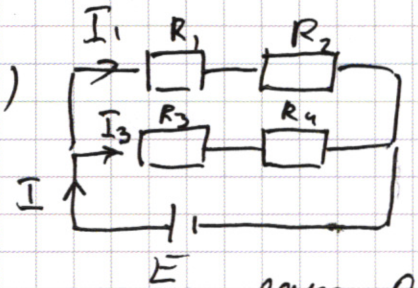
$j = 3$ (газ одноатомный)

$$C_v = \frac{4}{2} \frac{\nu R T_1 (1 - (1{,}7)^2)}{\nu (1 - (1{,}7)^2) T_1} = 2R = 2 \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К} = 16{,}62 \frac{Дж}{моль \cdot К}$$

Ответ: 1) $T_{23} = 2{,}89\, T_1$ 2) $\frac{V_2}{V_4} = 1$ 3) $C_v = 16{,}62 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

N.4.

1) 

по з-нам Кирхгофа:

$$I_1R_1+I_1R_2-I_3R_4-I_3R_3=0 \qquad 1)$$

$$I=I_1+I_3 \qquad 2)$$

закон Ома: $I=\dfrac{E}{R_\Sigma}$ 3)

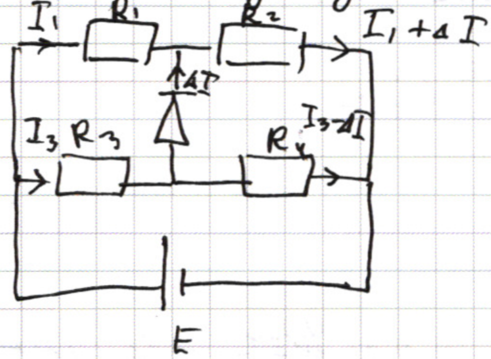
$$R_\Sigma=\frac{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4} \qquad 4)$$

из 1) $I_3=I_1\dfrac{(R_1+R_2)}{R_3+R_4}$ => из 2) $I=I_1\left(\dfrac{R_3+R_4+R_1+R_2}{R_3+R_4}\right)$

из 3) и 4) $I=\dfrac{E(R_1+R_2+R_3+R_4)}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}$

$$I_1=\frac{E(R_1+R_2+R_3+R_4)(R_3+R_4)}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)(R_1+R_2+R_3+R_4)}=\frac{E}{R_1+R_2}=\frac{10В}{10Ом}=1А$$

2) условие чтобы тёк ток через ⊳|: $\Delta I>0$ и напряжение на диоде U_0.



по 2 з-ну Кирхгофа:

$$\begin{cases} E=I_1R_1+(I_1+\Delta I)R_2 & \text{I} \\ I_1R_1=U_0+I_3R_3 & \text{II} \\ (I_1+\Delta I)R_2+U_0=(I_3-\Delta I)R_4 & \text{III} \\ \Delta I>0 \end{cases}$$

$I_1=\dfrac{E-\Delta I R_2}{R_1+R_2}$ — из I

из II: $I_3=\dfrac{I_1R_1-U_0}{R_3}=\dfrac{(E-\Delta I R_2)R_1}{(R_1+R_2)R_3}-\dfrac{U_0}{R_3}$

подставим I_1 и I_3 в III

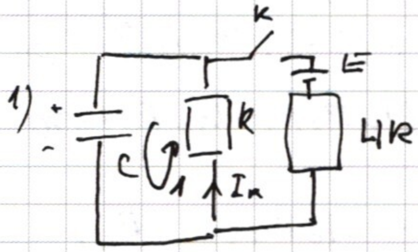
$$\frac{ER_2}{R_1+R_2}-\frac{\Delta I R_2^2}{R_1+R_2}+\Delta I R_2+U_0=\frac{ER_4R_1}{(R_1+R_2)R_3}-\frac{\Delta I R_2R_1R_4}{(R_1+R_2)R_3}-$$

$$-\frac{U_0R_4}{R_3}-\Delta I R_4$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

N.3.

1)



запишем 2-й закон Кирхгофа для момента $t=0$ для контура 1

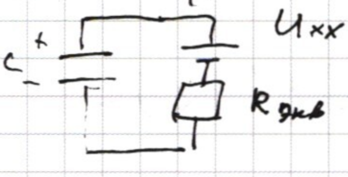
$$\frac{q}{C} + I_R R = 0$$

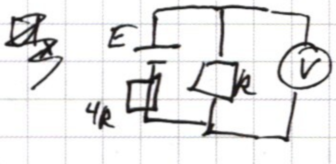
$$q(0)=0 \Rightarrow I_R(0)=0$$

2) $\frac{dW_c}{dt} = max$ $\qquad \frac{d\left(\frac{q^2}{2C}\right)}{dt} = max$

$\frac{1}{2C}\frac{d(q^2)}{dt} = max \Rightarrow \frac{d(q^2)}{dt} = max$ это достигается при максимальной силе тока через конденсатор => ключ размыкают сразу после замыкания => $U_c = 0$

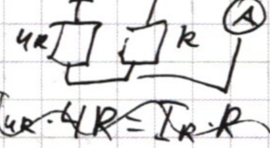
3) перейдём к эквивалентной схеме:





U_{xx} – показания вольтметра

$$U_{xx} = IR = \frac{E}{5R}R = \frac{E}{5}$$



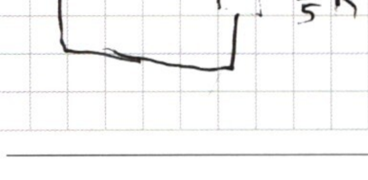
$I_{кз}$ – показания Амперметра

$$I_{кз} = I_{4R} - I_R = \cancel{\frac{E}{5R}\cdot 4R - \frac{E}{5R}R}$$

$$I_{4R}\cdot 4R = I_R\cdot R \;\cancel{\Rightarrow I_{4R}} \qquad I_R = 0\ (\text{т.к. } U_A = 0)$$

$$I_{кз} = I_{4R} = \frac{E}{4R}$$

$$R_{экв} = \frac{U_{xx}}{I_{кз}} = \frac{E}{5E}4R = \frac{4}{5}R$$



по 2-му Кирхгофа

$$\frac{q}{C} + \dot q \cdot \frac{4}{5}R = \frac{E}{5}$$

$$\ddot q + \frac{5}{4}\frac{\dot q}{RC} = 0$$

$ER_2R_3 - \cancel{\Delta I R_2^2 R_3} + \cancel{\Delta I R_2^2 R_3} + \Delta I R_1R_2R_3 + U_0(R_1+R_2)R_3 =$

$= ER_4R_1 - \Delta I R_2R_1R_4 - U_0R_4(R_1+R_2) - \Delta I R_4(R_1+R_2)R_3$

$\Delta I(R_1R_2R_3 + R_2R_1R_4 + R_4R_1R_3 + R_4R_2R_3) =$

$= E(R_4R_1 - R_2R_3) - U_0(R_1+R_2)(R_3+R_4)$

$\Delta I > 0$; $R_i > 0 \quad \forall j \Rightarrow E(R_4R_1 - R_2R_3) - U_0(R_1+R_2)(R_3+R_4) > 0$

$ER_4R_1 - \underline{ER_2R_3} - \underline{U_0R_1R_3} - \underline{U_0R_2R_3} - U_0R_2R_4 - U_0R_1R_4 > 0$

$R_3(ER_2 + U_0R_1 + R_2U_0) < \underline{ER_4R_1 - U_0R_4(R_1+R_2)}$

$$R_3 < \frac{ER_4R_1 - U_0R_4(R_1+R_2)}{ER_2 + U_0(R_1+R_2)}.$$

$$R_3 < \frac{10\,В \cdot 15\,Ом \cdot 5\,Ом - 1\,В \cdot 15\,Ом \cdot 10\,Ом}{10\,В \cdot 5\,Ом + 1\,В \cdot 10\,Ом} = \frac{600}{60}\,Ом$$

$R_3 < 10\,Ом$

3) $P_\Delta = 0{,}8\,Вт$ $\quad P_\Delta = U_0\Delta I \Rightarrow \Delta I = \frac{P_\Delta}{U_0}$

из пункта 2:

$\Delta I (R_1R_2 + R_1R_4 + R_2R_4)R_3 + \Delta I R_2R_1R_4 = ER_4R_1 - U_0R_4(R_1+R_2)$

$- ER_2R_3 - U_0R_3(R_1+R_2)$

$R_3(\Delta I(R_1R_2 + R_1R_4 + R_2R_4) + U_0(R_1+R_2) + ER_2) =$

$= ER_4R_1 - U_0R_4(R_1+R_2) - \Delta I R_2R_1R_4$

$$R_3 = \frac{(ER_1 - U_0(R_1+R_2) - \Delta I R_2R_1)R_4}{\Delta I(R_1R_2 + R_1R_4 + R_2R_4) + U_0(R_1+R_2) + ER_2}$$

подставив численные значения получим

$R_{3_{pD}} = 1{,}5\,Ом$

Ответ: 1) $I_1 = 1\,A$

2) $R_3 < 10\,Ом$

3) $R_{3pD} = 1{,}5\,Ом$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\dot q = A \cdot e^{\alpha t}$

$\ddot q \overset{(1)}{=} \alpha A \cdot e^{\alpha t} \qquad \alpha A \cdot e^{\alpha t} + \frac{5}{4RC} \cdot A \cdot e^{\alpha t} = 0$

$\alpha = -\frac{5}{4RC}$

$\dot q(0) = \frac{E}{4R} = A \cdot e^0 = A$

$\dot q = \frac{E}{4R} \cdot e^{-\frac{5}{4RC}t}$

$q = \frac{EC}{5} + \int\limits_0^t \dot q \, dt = \frac{EC}{5} - \frac{E}{\cancel{4R}} \cdot \frac{\cancel{4R}C}{\cancel{4RC}5} \cdot e^{-\frac{5}{4RC}t} =$

$= \frac{EC}{5}\left(1 - e^{-\frac{5}{4RC}t}\right)$

$q^2(0) = 0 \qquad q^2(dt) = \left(\frac{EC}{5}\right)^2 \left(1 - e^{-\frac{5}{4RC}dt}\right)^2 =$

$= \left(\frac{EC}{5}\right)^2 \left(1 - 2 \cdot e^{-\frac{5}{4RC}dt}\right) \quad$ (воспользовались $(1+\alpha)^n \approx 1 + n\alpha$, $\alpha \ll 1$)

$\frac{dW}{dt} = \frac{1}{2C} \frac{dq^2}{dt} = \frac{(EC)^2}{2C \cdot 25}\left(\frac{1}{dt} - \frac{2 \cdot e^{-\frac{5}{4RC}dt}}{dt}\right) =$

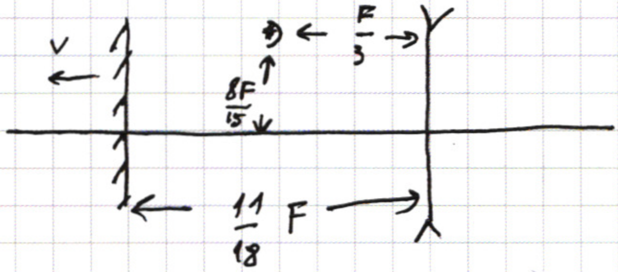
$= \frac{E^2 C}{50} \cdot (-2) \cdot \left(-\frac{5}{4RC}\right) \cdot e^{-\frac{5}{4RC}dt} = \frac{E^2}{20R} \cdot e^{-\frac{5}{4RC} \cdot dt} \approx \frac{E^2}{20R}$

Ответ: 1) $I_{R(0)} = 0$

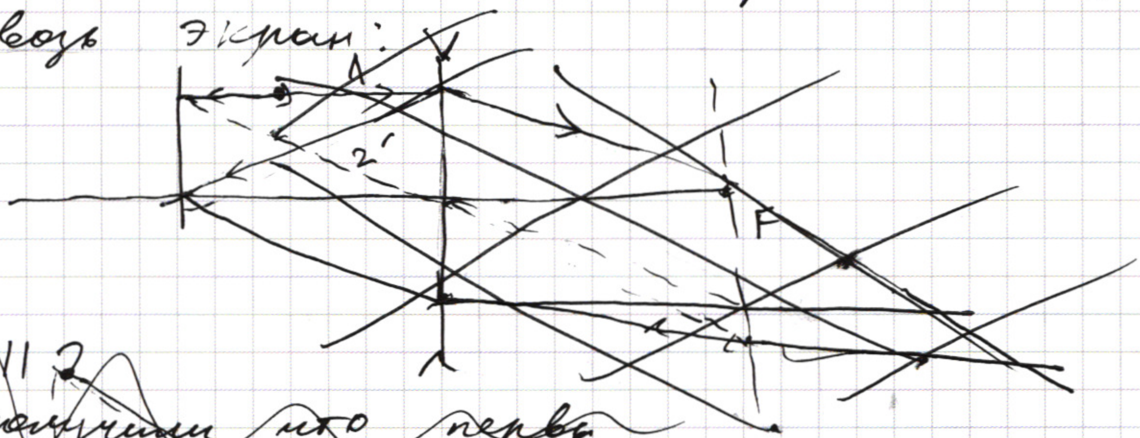
2) $U_C = 0$

3) $\frac{dW}{dt} \approx \frac{E^2}{20R}$

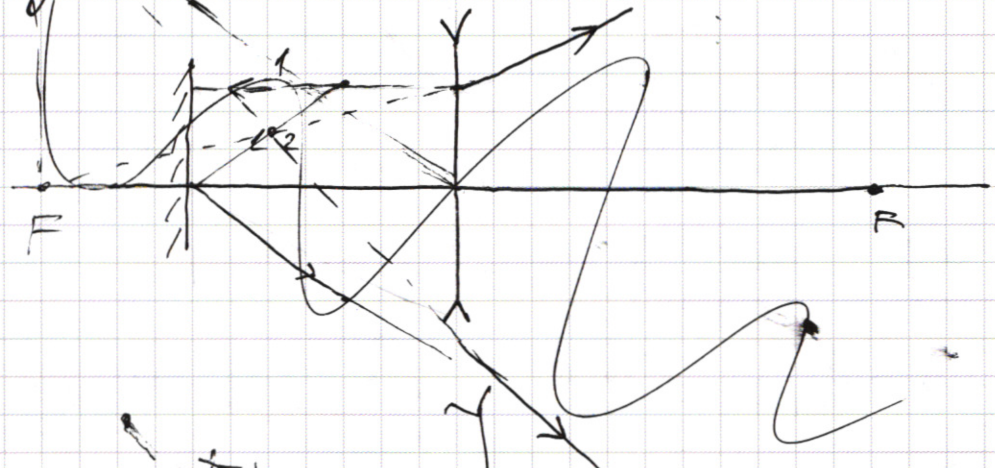
N.5.

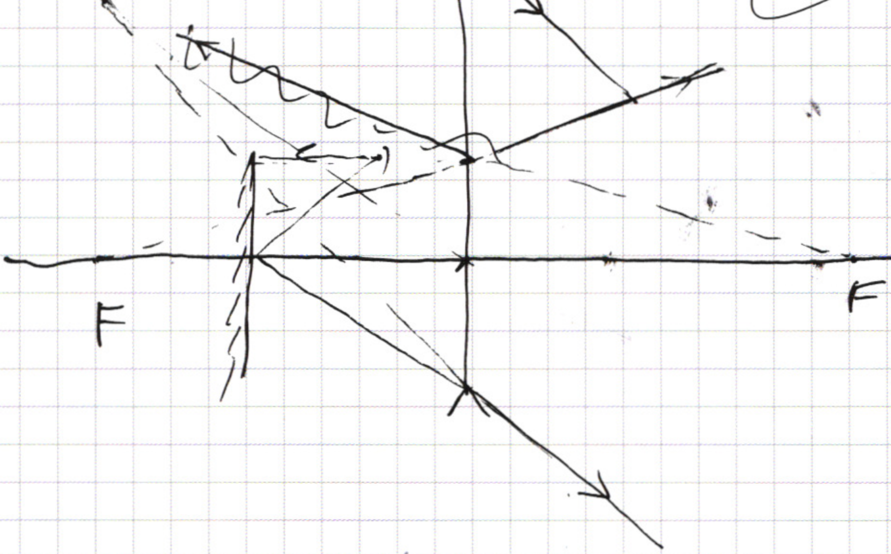


рассмотрим ход 2-х лучей (из предположения для 1-го луча, что отразившись от зеркала он пройдёт сквозь экран:



~~получим что перв~~

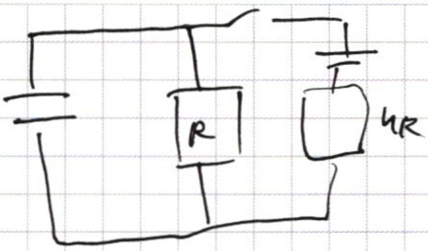




ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

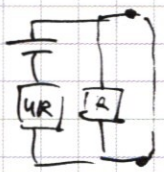
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) ~~$\mathcal{E} = I_1 r + I_2 r$~~ $I_{отр.} = 0$ по 3-ну Кирхгофа на левый контур

2) ~~$W_c = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow (\dot{q^2}) = max \Rightarrow (\ddot{q^2}) = 0$~~

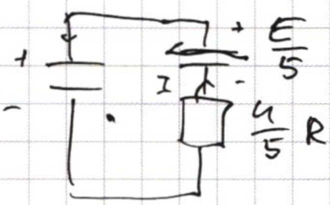
перейдем к U_{xx} и $I_{кз}$



$U_{xx} = IR = \frac{\mathcal{E}}{5R} R = \frac{\mathcal{E}}{5}$

$I_{кз} = I_{4R} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

$R_{новое} = \frac{U_{xx}}{I_{кз}} = \frac{4}{5} R$



~~$\dot{q}\ddot{q} = 0$~~

~~$I^2 = 0$~~

$\frac{q_{max}}{C} = \frac{\mathcal{E}}{5}$

$q_{max} = \frac{\mathcal{E}C}{5}$

~~$\frac{q}{C} + 4R$~~ $\frac{q}{C} + \dot{q} \cdot \frac{4}{5} R = \frac{\mathcal{E}}{5}$

$\ddot{q} + \frac{5}{4} \frac{\dot{q}}{RC} = 0$

$\dot{q} = A \cdot e^{\alpha t}$

$\alpha A \cdot e^{\alpha t} + \frac{5}{4RC} \cdot A e^{\alpha t} = 0$

$\alpha = -\frac{5}{4RC}$ $\dot{q}(0) = \frac{\mathcal{E}}{4R} = A$

$\dot{q} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \cdot e^{-\frac{5}{4RC} t}$

$q = \frac{\mathcal{E}C}{5} - \frac{4RC}{5} \cdot \frac{\mathcal{E}}{4R} e^{-\frac{5}{4RC} t} = \frac{\mathcal{E}C}{5} \left(1 - e^{-\frac{5}{4RC} t}\right)$

$W = \frac{q^2}{2C} =$ $\dot{q} = max$ $\ddot{q} = 0$ $\ddot{q} = -\frac{5\mathcal{E}}{16R^2C} \cdot e^{-\frac{5}{4RC} t}$

$= \frac{CU^2}{2}$

I max когда $t = 0$

$U = 0$

$\dot{W} = \frac{(\dot{q^2})}{2C}$

$\frac{W}{t} =$

$e^{-\frac{5}{4RC} dt} = \alpha$

$q^2 = \left(\frac{\mathcal{E}C}{5}\right)^2 \left(1 - e^{-\frac{5}{4RC} t}\right)^2$

$\alpha << 1$

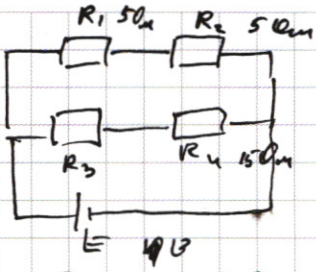
$q^2 - q^2_{dt} = \left(\frac{\mathcal{E}C}{5}\right)^2 \cdot 0 - \cancel{q}\left(\frac{\mathcal{E}C}{5}\right)^2 (1 - 2\alpha)$

$\dot{W} = \frac{W}{dt} = \frac{(q^2)}{dt \cdot 2C} = \frac{1}{2C} \cdot \frac{\left(\frac{\mathcal{E}C}{5}\right)^2 \cancel{1}^{=0}}{dt} - \frac{\left(\frac{\mathcal{E}C}{5}\right)^2 \cancel{2} \cdot e^{\frac{-5}{4RC} dt}}{\cancel{2} C \, dt} =$

$= -\frac{\mathcal{E}^2 \cancel{C}}{25} \cdot -\frac{5}{4R\cancel{C}} \cdot e^{-\frac{5}{4RC} dt} = -\frac{\mathcal{E}^2}{20R}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

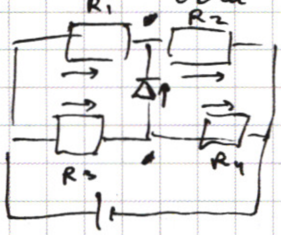


$I_1 \cdot (R_1+R_2) = I_3(R_3+R_4)$

$I_1 + I_3 = \frac{E}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}(R_1+R_2+R_3+R_4)$

$I_1 \frac{(\cancel{R_3+R_4+R_1+R_2})}{\cancel{R_3+R_4}} = E\frac{\cancel{(R_1+R_2+R_3+R_4)}}{(R_1+R_2)\cancel{(R_3+R_4)}} =$

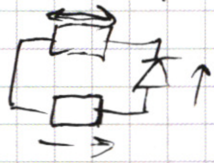
$I_1 = \frac{1В}{10 Ом} = 0{,}1 А$



$R_3 - ?$

~~$I_1R_1 = I_3R_3 + U_0$~~

$I_3R_3 + U_0 = I_1R_1$



$-I_1R_1 + I_3R_3 + U_0 = 0$

$I_2R_2 + U_0 = I_4R_4$

$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

$R_1 = R_2$

$R_3 = \frac{I_1R_1 - U_0}{I_3}$

$I_1 = I_2 + I_4 - I_3 = \cancel{I_3 + I_4 - \frac{I_4R_4 - U_0}{R_2}}$

$I_1R_1 + I_2R_2 = E$

$I_2 = \frac{E - I_1R_1}{R_2}$

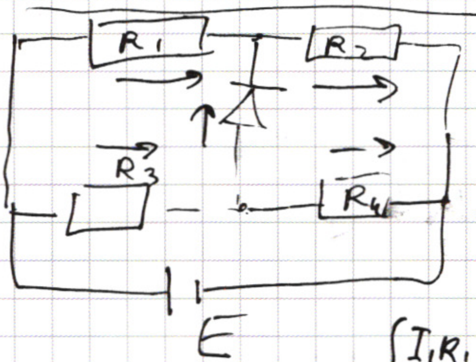
~~$\frac{I_1R_2 + E - I_1R_1}{R_2} = I_3 + I_4$~~

~~$I_3 + I_4 = \frac{E}{R_2} = \frac{E}{R_1}$~~

$I_1R_2 + I_3R_2 = E - I_1R_1 + I_4R_2$

$I_4 = \frac{U_0 + I_2R_2}{R_4} = \frac{U_0 + E - I_1R_1}{R_4}$

$I_1(R_2+R_1) = E + I_4R_2 - I_3R_2$



$$\begin{cases} I_1R_1 + I_2R_2 = E \\ I_1R_1 - U_0 - I_3R_3 = 0 \\ I_2R_2 - I_4R_4 + U_0 = 0 \\ I_1 + I_3 = I_2 + I_4 \\ I_3R_3 + I_4R_4 = E \end{cases}$$

$I_2 = I_1 + I_3 - I_4$

$$\begin{cases} I_1R_1 + I_1R_2 + I_3R_2 - I_4R_2 = E \\ I_1R_1 = U_0 + I_3R_3 \\ I_1R_2 + I_3R_2 - I_4R_2 - I_4R_4 + U_0 = 0 \\ I_3R_3 + I_4R_4 = E \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1R_1 + I_4R_4 - U_0 = E \\ I_1R_1 = I_3R_3 + U_0 \\ I_3R_3 + I_4R_4 = E \end{cases}$$

$I_3R_3 = \cancel{E} + I_1R_1 - U_0 - \cancel{E}$

$R_3 = \frac{I_1R_1 - U_0}{I_3} = \frac{E - I_4R_4}{I_3}$

$R_{общ} = \frac{E}{I_4 + I_3}$

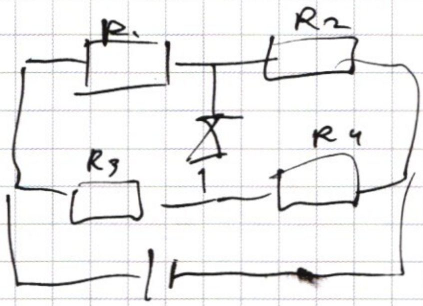
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$I_1R_1 + I_2R_2 = E$

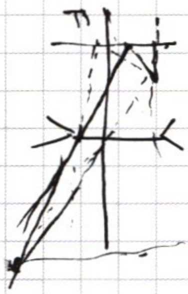
$I_1R_1 = U_0 + I_3R_3$

$I_2R_2 + U_0 = I_4R_4$

~~$I_3 + I_1 = I_2 + I_4$~~

$I_2 = I_1 + \Delta I \qquad \Delta I > 0$

$I_4 = I_3 - \Delta I$



$$\begin{cases} I_1R_1 + I_1R_2 + \Delta I R_2 = E \\ I_1R_1 = U_0 + I_3R_3 \\ I_1R_2 + \Delta I R_2 + U_0 = I_3R_4 - \Delta I R_4 \\ \Delta I > 0 \end{cases}$$

$I_1 = \frac{E - \Delta I R_2}{R_1 + R_2} \qquad I_3 = \frac{I_1R_1 - U_0}{R_3} = \frac{\frac{E-\Delta I R_2}{R_1+R_2}R_1 - U_0}{R_3}$

$\frac{(E - \Delta I R_2)R_2}{R_1 + R_2} + \Delta I R_2 + U_0 = \frac{E - \Delta I R_2}{R_1 + R_2}\frac{R_1R_4}{R_3} - \frac{U_0R_4}{R_3} - \Delta I R_4$

$ER_2 - \cancel{\Delta I R_2^2} + \cancel{\Delta I R_2^2} + \Delta I R_2R_1 + U_0R_1 + U_0R_2 = E\frac{R_1R_4}{R_3} - \frac{\Delta I R_1R_2R_4}{R_3} - U_0\frac{R_4R_1}{R_3} - U_0\frac{R_4R_2}{R_3} - \Delta I R_4R_2 - \Delta I R_4R_1$

$R_3ER_2 + \Delta I R_1R_2R_3 + U_0R_1R_3 + U_0R_2R_3 = ER_1R_4 - \Delta I R_1R_2R_4 - U_0R_4R_1 - U_0R_4R_2 - \Delta I R_4R_2R_3 - \Delta I R_4R_1R_3$

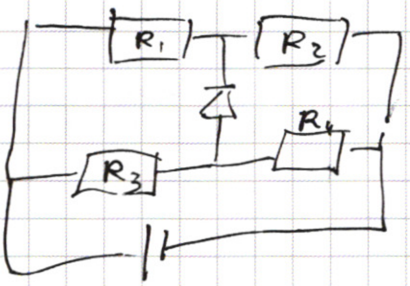
$0 < \Delta I = \frac{E(R_1R_4 - R_2R_3) - U_0(R_1R_3 + R_2R_3 + R_4R_1 + R_2R_4)}{R_1R_2R_3 + R_1R_2R_4 + R_4R_2R_3}$

$ER_1R_4 - ER_2R_3 > U_0R_1R_3 + U_0R_2R_3 + U_0R_4R_1 + U_0R_2R_4$

$R_3(ER_2 + U_0R_1 + U_0R_2) < ER_1R_4 - U_0R_4R_1 - U_0R_2R_4$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

4. 

$U_0 I = P_0$

$I_1R_1 + I_2R_2 = E$

$I_2R_2 - I_4R_4 + U_0 = 0$

$I_1R_1 + I_2R_2 = E$ $\quad I_1R_1 = U_0 + I_3R_3$

$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

$I_4 = I_3 - \Delta I \quad I_2 = I_1 + \Delta I$

$I_1R_1 + I_1R_2 + \Delta I R_2 = E$

$I_1 = \frac{E - \Delta I R_2}{R_1 + R_2}$ $\quad (I_1 + \Delta I)R_2 - (I_3 - \Delta I)R_4 = U_0$

$R_3 = \frac{I_1R_1 - U_0}{I_3} =$ $\quad I_1R_2 + \Delta I R_2 - I_3R_4 + \Delta I R_4 = U_0$

$I_3 = \frac{I_1R_2 + \Delta I(R_2 + R_4) - U_0}{R_4}$

$= \frac{(I_1R_1 - U_0)R_4}{I_1R_2 + \Delta I(R_2 + R_4) - U_0} =$

$\Delta I = 0{,}8 A$

$I_1 = \frac{10В - 0{,}8А \cdot 5Ом}{10Ом} = \frac{10-4}{10} = 0{,}6 A$

$R_3 = \frac{(0{,}6 \cdot 5 - 1)\,15}{0{,}6 \cdot 5 + 0{,}8(20) - 1} = \frac{30}{3+16-1} = \frac{30}{18} = \frac{5}{3} = 1{,}67$

$I_4 < I_3 \quad I_3 = \frac{I_1R_1 - U_0}{R_3} \quad I_4 = \frac{E + U_0 - I_1R_1}{R_4}$

$R_4\frac{(I_1R_1 - U_0)}{\cancel{R_3}} > \frac{(E + U_0 - I_1R_1)}{\cancel{R_4}}R_3$

$I_1R_1R_4 - U_0R_4 > ER_3 + U_0R_3 - I_1R_1R_3$

$\cancel{R_3 < \frac{(I_1R_1 - U_0)R_4}{E + U_0 - I_1R_1}}$

$I_1R_1 = U_0 + I_3R_3$

$\cancel{U_0R_4 + I_3}$

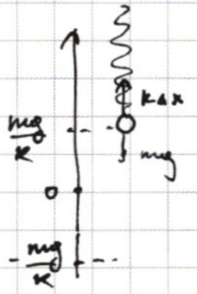
$\frac{(10\cdot5 - 1\cdot10 - 0{,}8\cdot25)\cdot15}{0{,}8(25+75+75) + 1\cdot10 + 10\cdot5} =$

$= \frac{(10\cdot4 - 20)\cdot15}{4(5+15+15)+60} =$

$= \frac{20\cdot15}{4\cdot35+60} = \frac{5\cdot15}{35+15} = \frac{15}{2+3} = 1{,}5 В$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$mg - k\Delta x = ma$

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

$x = A\cdot\cos(\omega t + \varphi_0)$

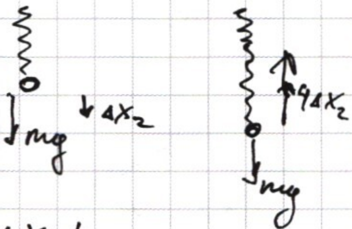
$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $A = \frac{mg}{k}$

в начальный момент $x = \frac{mg}{k}$

$t=0$ $x = \frac{mg}{k}\cos\varphi_0$ $\cos\varphi_0 = 1$

$\varphi_0 = 0$

$x = \frac{mg}{k}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$



$|\Delta x_1| = 4|\Delta x_2|$ $|a_1| = |a_2|$

$ma = mg + \Delta x_2 k$

$ma = 4\Delta x_2 k - mg$

$mg + \Delta x_2 k = 4\Delta x_2 k - mg$

$2mg = 3\Delta x_2 k$

$\Delta x_2 k = \frac{2}{3}mg$

$v = \dot{x} = -\frac{mg}{k}\cdot\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}$

$a = g + \frac{\Delta x_2 k}{m} = \frac{5}{3}g$

$a = \ddot{x} = -\frac{mg}{k}\cdot\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\ \frac{k}{m} = -g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1$

$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = 4 = \frac{\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t_1\right)}{\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right)}$

$-g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1 = g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2$

$\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1 + \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2 = 0$

$\cos(\alpha+\beta) + \cos(\alpha-\beta) = 2\cos\alpha\cos\beta =$

$2\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\frac{t_1+t_2}{2}\right)\cos\sqrt{\frac{k}{m}}\left(\frac{t_1-t_2}{2}\right) = 0$

$\frac{v_1^2}{v_2^2}$ - ?

$-g\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t_1\right) = \frac{5}{3}g = g\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right)$

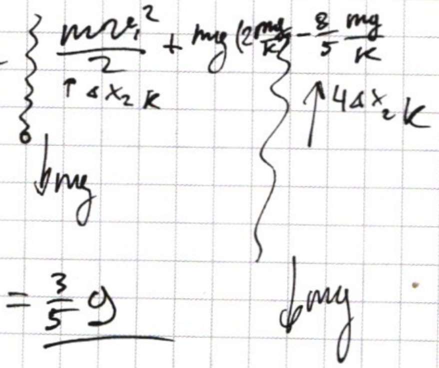
$E_0 = 2mg\Delta x$

$\Delta x_2 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k}$

$\Delta x_1 = \frac{8}{3}\frac{mg}{k}$

$E_1 = \left(\frac{8}{5}\frac{mg}{k}\right)^2\frac{k}{2} + \frac{mv_1^2}{2} + mg\left(2\frac{mg}{k} - \frac{8}{5}\frac{mg}{k}\right)$

$E_2 =$



$mg - \Delta x_2 k = 4\Delta x_2 k - mg$

$\Delta x_2 k = \frac{2}{5}mg$

$\Delta x_2 = \frac{2}{5}\frac{mg}{k}$

$\Delta x_1 = \frac{8}{5}\frac{mg}{k}$

$a = g - \frac{2}{5}g = \frac{3}{5}g$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$E_0 = \frac{2(mg)^2}{k}$ $\quad E_1 = \frac{32}{25}\frac{(mg)^2}{k} + \frac{(mg)^2}{k}\cdot\frac{2}{5} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{2(mg)^2}{k}$

$E_2 = \frac{\left(\frac{2}{5}\frac{mg}{k}\right)^2 k}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{8}{5}\frac{(mg)^2}{k} = \frac{2}{25}\frac{(mg)^2}{k} + \frac{40}{25}\frac{(mg)^2}{k} + E_{k2}$

$\frac{mv_1^2}{2} = \left(2 - \frac{10}{25} - \frac{32}{25}\right)\frac{(mg)^2}{k} = \frac{8}{25}$

$\frac{mv_2^2}{2} = 2 - \frac{42}{25}\left(\frac{mg}{k}\right)^2 = \frac{8}{25}$

$E_{k1} = E_{k2}$

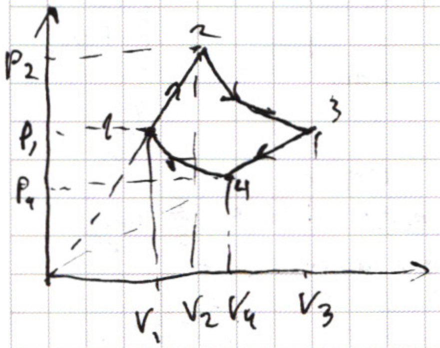
$\frac{E_{max\ кин}}{E_{max\ пруж}} = \frac{E_{мк}}{E_{мп}}$ $\quad E_{мп} = \frac{\left(2\frac{mg}{k}\right)^2 k}{2} = \frac{2(mg)^2}{k}$

~~[illegible]~~ $E_{мк} = \frac{2(mg)^2}{k} - \frac{(mg)^2}{k} - \frac{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 k}{2} =$

$= \frac{(mg)^2}{4k}$ $\quad \frac{E_{мк}}{E_{мп}} = 8$

1 V
2 V
3 V
4
5

2



~~4~~

$p_1V_1 = p_4V_4$ $\quad \frac{p_2V_2}{p_1V_1}$

$p_2V_2 = p_1V_3$ $\quad T_1 = T_4$ $\quad \frac{p_2V_2}{p_4V_4}$

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ $\quad p_1V_2 = p_2V_1$

$\frac{p_1}{V_3} = \frac{p_4}{V_4}$ $\quad p_1V_4 = p_4V_3$

$\Delta Q = -\frac{3}{2}\left(p_1V_1\cdot(1{,}7)^2 - \frac{p_2}{(1{,}7)^2}V_2\right) = -2\cdot\left(\nu RT_1(1{,}7)^2 - \frac{\nu RT_2}{(1{,}7)^2}\right)$

$C = \frac{2R\left(T_1(1{,}7)^2 - \frac{T_1}{(1{,}7)^2}\right)}{\Delta T}$

$\frac{p_1}{p_4} = 1{,}7.$

$$\begin{cases} 1{,}7p_4V_1 = p_4V_4 & 1 \\ p_2V_2 = 1{,}7p_4V_3 & 2 \\ 1{,}7p_4V_2 = p_2V_1 & 3 \\ 1{,}7p_4V_4 = p_4V_3 & 4 \end{cases}$$

$1{,}7 \cdot 1{,}7$: 119, 17, 2,89

$1{,}7p_4V_2 = p_2V_1$

$V_2 = \frac{p_2V_1}{1{,}7p_4}$

$V_4 = 1{,}7V_1$

$(1{,}7)^2p_4V_1 = p_4V_3$ $\quad V_3 = (1{,}7)^2V_1$

$C = 2R\frac{(1{,}7^2 - 1)}{(1{,}7)^2 - 1} = 16{,}62$

$\frac{p_2^2\cancel{V_1}}{1{,}7p_4} = 1{,}7p_4\cdot(1{,}7)^2\cancel{V_1}$ $\quad p_2 = (1{,}7)^2p_4$

$\underline{V_2} = V_3\cdot\frac{1{,}7p_4}{p_2} = (1{,}7)^2V_1\cdot\frac{1{,}7\cdot p_4}{(1{,}7)^2p_4} = 1{,}7V_1 = \underline{V_4}$

$\frac{T_{23}}{T_{14}} = \frac{p_2V_2}{p_4V_4} = (1{,}7)^2.$ $\quad T_{23} = 1{,}7^2T_1 = 2{,}89T_1$

$C = \frac{\Delta Q}{\nu\Delta T}$ $\quad \Delta T = -1{,}89T_1$

$\Delta Q = -\frac{(p_3+p_4)}{2}(V_3 - V_4) - \frac{i}{2}(p_3V_3 - p_4V_4) = -\frac{1}{2}(p_3V_3 + p_4V_3 - p_3V_4 -$
$- p_4V_4 + 3p_3V_3 - 3p_4V_4) = -\frac{1}{2}(4p_3V_3 - 4p_4V_4 + \cancel{p_4}V_3 - \cancel{p_3}V_4)$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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