Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

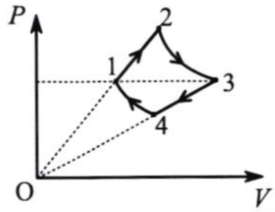
Вариант 11-06

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

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 2,5 раза, а модули ускорений равны.

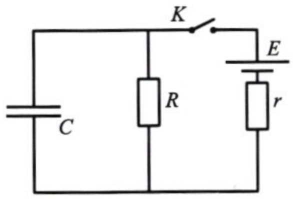
1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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 объем газа уменьшается в $k = 1{,}9$ раза. Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.



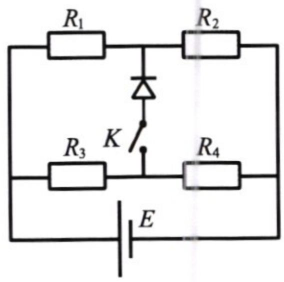
1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

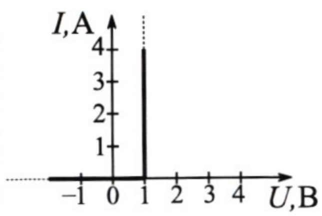
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ К на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.

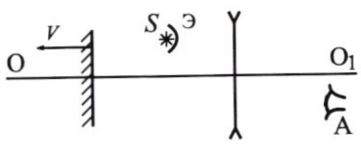
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.





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 $P_D = 3$ 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 $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO₁. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ 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 OO₁ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{dW_c}{dt} = \frac{d\left(\frac{Cu^2}{2}\right)}{dt} = \frac{\frac{C}{2}\cdot 2u(t)\cdot u'(t)\,dt}{dt} = \frac{Cuu'\,dt}{dt} = Cuu' = qu'$$

$$\frac{Cu^2}{2} = \frac{C\left(\frac{q}{C}\right)^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$\frac{dW_c}{dt} = \frac{d\left(\frac{q^2}{2C}\right)}{dt} = \frac{2q(t)\cdot\frac{1}{2C}\cdot q'(t)\,dt}{dt} = \frac{q(t)\,q'(t)}{C} = \frac{Iq}{C}$$

$$\cancel{E=}\quad E - \mathcal{E} = u_R \Rightarrow \cancel{u_R}\quad \mathcal{E} = \cancel{u_R}\ E - u_R$$

$$\cancel{I_R = \frac{u_R}{R+r}} \qquad I_c + I_R = I$$

$$\cancel{I_c + I_R} \qquad I_R = \frac{u_R}{R} \quad \Rightarrow \frac{E-u_R}{r} = \frac{dq_c}{dt} + \frac{u_R}{R}$$

$$I = \frac{E-u_R}{r}$$

$$I_c = \frac{dq_c}{dt} \qquad I_c = u_c' C \qquad \frac{E-u_c}{r} = u_c' C + \frac{u_c}{R}$$

$$N = q_c u_c' \qquad N = \left[\frac{Om}{c}\right] \qquad \frac{Кл\cdot В}{c} = \frac{В\cdot Ф\cdot В}{c} = \frac{В^2 Ф}{c} = \frac{Om}{c}$$

$$\frac{E-u_c^{\cdot R}}{r} - \frac{u_c^{\cdot r}}{R} = u'C \Rightarrow \frac{ER - u_cR - u_cr}{rRC} = u'$$

$$\forall \quad В\cdot Ф = \frac{В\cdot Ом\cdot Ом}{Ф} \Rightarrow Ф^2 = Ом^2 \ ?$$

$$\frac{i}{2}R + \frac{R}{2} = \frac{R(i+1)}{2} = \frac{R\cdot 4}{2} = 2R$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times\ 19 \\ \hline 171 \\ 19\ \ \\ \hline 361 \end{array}$$

$$22\cdot 6 + 5 + 22 = 110 + 5 + 22 = 132 + 5 = 137$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times\ 12 \\ \hline 44 \\ 22\ \ \\ \hline 264 \end{array}$$

$$\frac{11-\mathcal{E}_1}{R_3} = \frac{137\,\mathcal{E}_1 + 5 - 264}{110}$$

учесть

$$I_{R_1} + I_\partial = I_{R_2} \Rightarrow I_{R_1} + I_{R_3} - I_{R_4} = I_{R_2}$$

$$I_{R_3} = I_\partial + I_{R_4} \Rightarrow I_\partial = I_{R_3} - I_{R_4}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

~~$\varphi_1 =$~~ $E - \varphi_1 = I_{R_1} \cdot R_1 = 2 \cdot 5 = 10$ В

$E - \varphi_2 = I_{R_3} \cdot R_3 = \frac{12 R_3}{R_3 + 22}$

$I_{R_3} = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{12}{R_3 + 22}$

$\frac{12 R_3}{R_3 + 22} + 10 < 1$

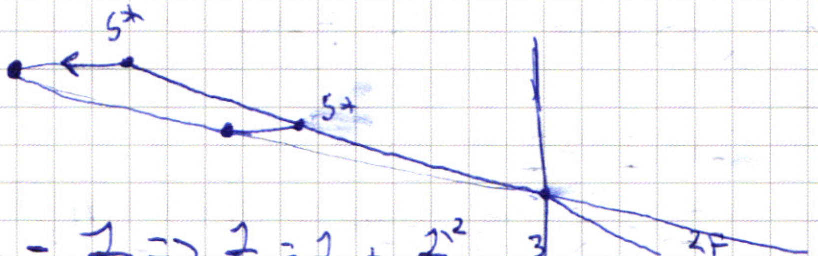
$22 \cdot 9 = 198$

$198 : 3 = 66$
-18
18

$137 \times 9 = 1233$

$1233 - 518 = 715$

$2420 - 990 = 1430$



$-\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{2F} + \frac{1^{\cdot 2}}{F} = \frac{3}{2F} \Rightarrow f = \frac{2F}{3} \Rightarrow \Gamma = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow 0 = (d^{-1})' - (f^{-1})' \Rightarrow -d^{-2}\dot{d} + f^{-2}\dot{f} = 0 \Rightarrow$

$\dot{d}\, d^{-2} = \dot{f}\, f^{-2} \Rightarrow \cancel{\frac{v}{d^2} = f} \quad \frac{v}{d^2} = \frac{u}{f^2} \Rightarrow \frac{f^2 v}{d^2} = u \Rightarrow$

$\frac{u}{v} = \frac{f^2}{d^2}$

$\frac{15}{35} = \frac{3}{7}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4 (продолжение)

$137 I_1 R_3 + 110 I_1 = 1210 + 259 R_3 \Rightarrow I_1(137R_3 + 110) = 1210 + 259R_3 \Rightarrow$

$$I_1 = \frac{1210 + 259R_3}{137R_3 + 110}$$

$$I_д = \frac{\frac{(1210 + 259R_3)6}{137R_3 + 110} - 12\cdot 1}{5}$$

$P_д = I_д \cdot U_д = I_д \cdot 1 \Rightarrow P_д = \dfrac{\frac{(1210 + 259R_3)6}{137R_3 + 110} - 12}{5}$ $\quad P_д = 3 \Rightarrow$

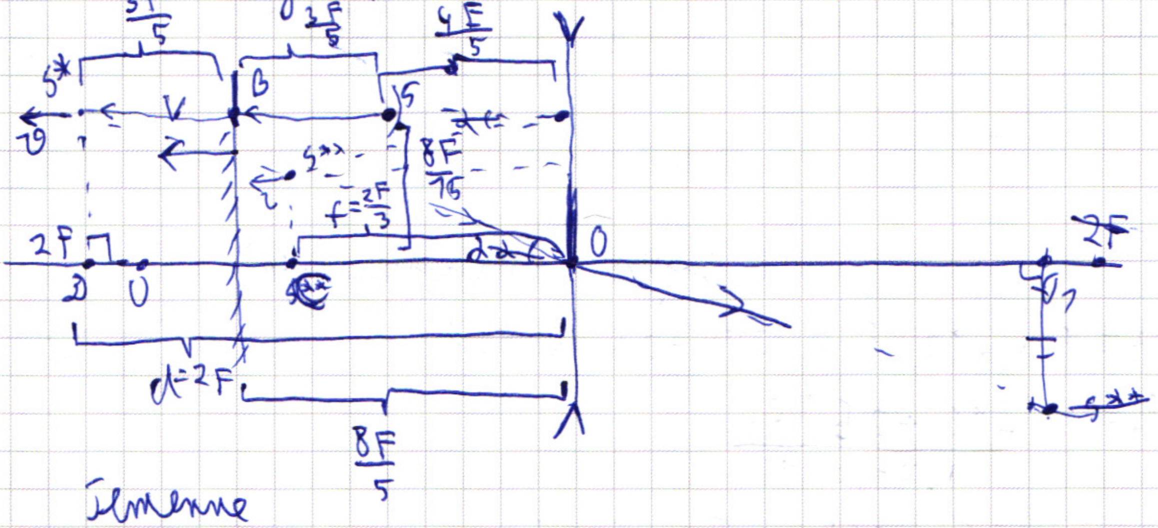
$15 = \dfrac{(1210 + 259R_3)6}{137R_3 + 110} - 12 \Rightarrow 27 = \dfrac{6(1210 + 259R_3)}{137R_3 + 110} \Rightarrow$

$9 = \dfrac{2(1210 + 259R_3)}{137R_3 + 110} \Rightarrow 1233R_3 + 990 = 2420 + 518R_3 \Rightarrow$

$715R_3 = 1430 \Rightarrow R_3 = 2$ Ом < 6 Ом $\Rightarrow$ ни при каком R_3

Ответ: 1) $I_{R_1} = 2$ А 2) $R_3 \geq 6$ Ом 3) ни при каком.

Задача 5



Решение

1. Изображение в системе источник-зеркало будет предметом для линзы. И в системе П-зеркало симметрично.

$OS = \frac{8F}{5} - \frac{4F}{5} = \frac{3F}{5} \Rightarrow d = \frac{3F}{5} + \frac{3F}{5} + \frac{4F}{5} = \frac{10F}{5} = 2F \Rightarrow$

~~изобр. S** в линзе~~ $Г = 1$ $\frac{1}{-F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$. Т.к. рассеивающая линза даёт мнимые изображение $\Rightarrow -\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} - \frac{1}{f} \Rightarrow$

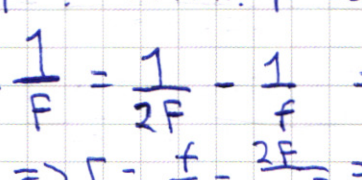
$\frac{1}{f} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{2F} \Rightarrow f = \frac{2F}{3} \Rightarrow Г = \frac{f}{d} = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$

В силу подобия $\frac{OD}{OC} = 3 \Rightarrow OC = \frac{2F}{3} = f$

S** - изображение в системе (лучи идущие из линзы дальше не пересекаются)

2. ~~$S^*D = \frac{8F}{15}$; $DO = 2F \Rightarrow$~~ Зеркало движется параллельно $OO_1 \Rightarrow v_\perp = 0 \Rightarrow u_\perp = 0$, где $u_\perp$ - поперечная скорость изображение $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin\alpha = 0$

3. перейдём в С.О. зеркала:



тогда $v_{0отн} = V \Rightarrow \vartheta_{отн} = v_{0отн} = V$

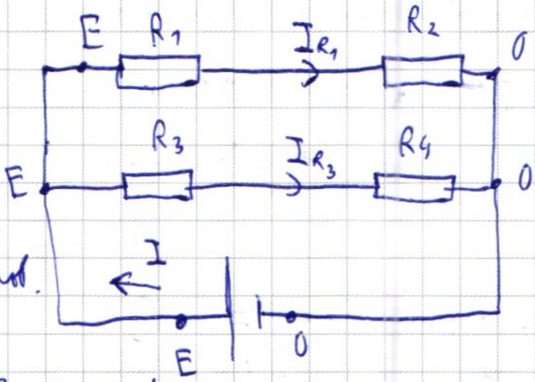
по закону сложения скоростей $\vartheta = v_{отн} + V = 2V$ - скорость изображения S*. Направления продольных скоростей совпадают. Поскольку изображение S* имеет только продольную скорость, то

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом; $R_4 = 22$ Ом; $U_0 = 1$ В   Задача 4



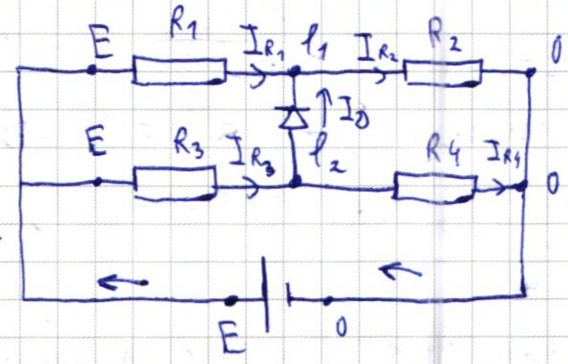
1. Рассмотрим цепь при разомкнутом ключе.

Используем метод узловых потенциалов.

$I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{E-0}{R_1+R_2} = \frac{E}{R_1+R_2}$ по закону Ома

$= \frac{12}{1+5} = 2$ A

2. Рассмотрим цепь при замкнутом ключе, если диод открыт. Тогда $U_0 = \varphi_2 - \varphi_1 = 1$ В.



$I_{R_1} = \frac{E-\varphi_1}{R_1}$; $I_{R_3} = \frac{E-\varphi_2}{R_3}$

$I_{R_2} = \frac{\varphi_1 - 0}{R_2} = \frac{\varphi_1}{R_2}$; $I_{R_4} = \frac{\varphi_2 - 0}{R_4} = \frac{\varphi_2}{R_4}$

ЗСЗ: $I_{R_1} + I_{R_3} = I_{R_2} + I_{R_4} \Rightarrow \frac{E-\varphi_1}{R_1} + \frac{E-\varphi_2}{R_3} = \frac{\varphi_1}{R_2} + \frac{\varphi_2}{R_4}$

$\varphi_2 = U_0 + \varphi_1 \Rightarrow \frac{E-\varphi_1}{R_1} + \frac{E-U_0-\varphi_1}{R_3} = \frac{\varphi_1}{R_2} + \frac{U_0+\varphi_1}{R_4} \Rightarrow$

$$\frac{E-U_0-\varphi_1}{R_3} = \frac{\varphi_1}{R_2}^{\backslash R_4R_1} + \frac{U_0+\varphi_1}{R_4}^{\backslash R_1R_2} - \frac{E-\varphi_1}{R_1}^{\backslash R_2R_4}$$

$$\frac{E-U_0-\varphi_1}{R_3} = \frac{\varphi_1 R_4 R_1 + U_0 R_1 R_2 + \varphi_1 R_1 R_2 - (E R_2 R_4 - \varphi_1 R_2 R_4)}{R_1 R_2 R_4}$$

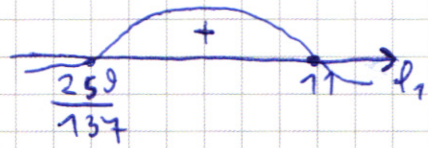
$$\frac{E-U_0-\varphi_1}{R_3} = \frac{\varphi_1(R_4R_1 + R_1R_2 + R_2R_4) + U_0R_1R_2 - ER_2R_4}{\cancel{R_1+R_2}\ R_1R_2R_4}$$

$$\frac{12-1-\varphi_1}{R_3} = \frac{\varphi_1(22\cdot5 + 5\cdot1 + 1\cdot22) + 1\cdot1\cdot5 - 12\cdot1\cdot22}{22\cdot5\cdot1}$$

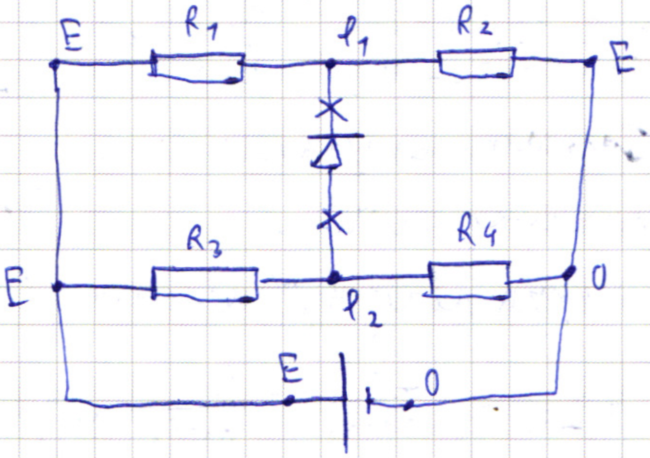
☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$\frac{11-\varphi_1}{R_3} = \frac{137\varphi_1 + 5 - 264}{110} \Rightarrow R_3 = \frac{110(11-\varphi_1)}{137\varphi_1 - 259}$$

$$\frac{259}{137}В < \varphi_1 < 11В$$



Рассмотрим случай, когда диод закрыт: тогда $I_д = 0$ и вычисляется расчёт цепи при разомкнутом ключе.



$E - \varphi_1 = I_{R_1} \cdot R_1 = 2 \cdot 5 = 10В$

$E - \varphi_2 = I_{R_3} \cdot R_3 = \frac{ER_3}{R_3+R_4} = \frac{12R_3}{22+R_3}$

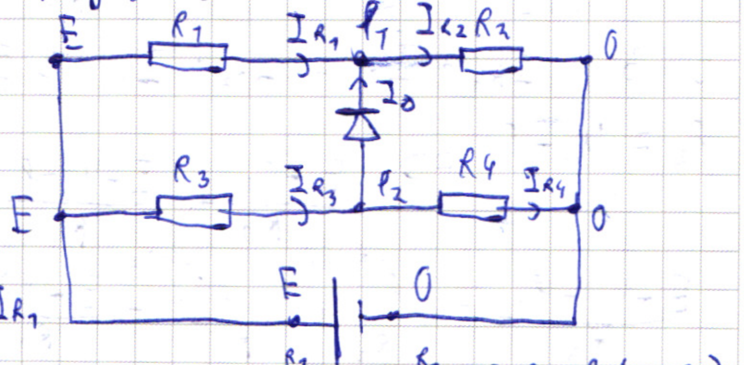
$$E - \varphi_1 - (E - \varphi_2) = 10 - \frac{12R_3}{22+R_3} \Leftrightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = 10 - \frac{12R_3}{22+R_3}$$

диод закрыт, если $\varphi_2 - \varphi_1 < U_0 = 1 \Rightarrow 1 < 10 - \frac{12R_3}{22+R_3} \Leftrightarrow$

$\frac{12R_3}{22+R_3} < 9 \Leftrightarrow 12R_3 < 198 + 9R_3 \Leftrightarrow 3R_3 < 198 \Rightarrow R_3 < 66 Ом$

то есть при $R_3 < 66$ Ом диод закрыт $\Rightarrow$ при $R \geq 66$ Ом диод открыт, а значит при $R_3 \geq 66$ Ом через диод потечёт ток.

3. $P_д = I_д U_д$. Если диод открыт, то $U_д = \varphi_2 - \varphi_1 = U_0 = 1В$



$\cancel{I_{R_3} = I_д + I_{R_4}}$

$I_д + I_{R_1} = I_{R_2} \Rightarrow I_д = I_{R_2} - I_{R_1}$

$I_{R_2} = \frac{\varphi_1 - 0}{R_2}$; $I_{R_1} = \frac{E - \varphi_1}{R_1} \Rightarrow I_д = \frac{\varphi_1 - 0}{R_2} - \frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1 R_1 - R_2(E - \varphi_1)}{R_1} =$

$= \frac{\varphi_1 R_1 - ER_2 + \varphi_1 R_2}{R_1} = \frac{\varphi_1(R_1 + R_2) - ER_2}{R_1}$

$R_3 = \frac{110(11-\varphi_1)}{137\varphi_1 - 259} \Rightarrow 137\varphi_1 R_3 - 259R = 1210 - 110\varphi_1 \Rightarrow$

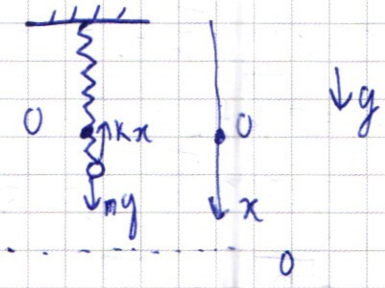
$137\varphi_1 R_3 + 110\varphi_1 = 1210 + 259R_3$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



1. Введём ось x с $x=0$ в точке равновесия в отсутствии силы тяжести (когда пружина не деформирована)

пусть 0 потенциальной энергии в точке, где пружина максимально растянута.

~~3(?)~~: $m\ddot{x} = -kx + mg$

пусть $x = \lambda + y$, где $\lambda = const$. $m(\ddot{y}+\ddot{\lambda}) = -k(y+\lambda) + mg \Rightarrow$

$m\ddot{y} = -ky - k\lambda + mg$. пусть $-k\lambda + mg = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{mg}{k}$

$m\ddot{y} = -ky$. $\lambda^2 m = -k \Rightarrow \lambda^2 = -\frac{k}{m} \Rightarrow w = \sqrt{\frac{k}{m}}$ - частота колебаний

$y = A\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t + B\sin\sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow x = A\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t + B\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{mg}{k}$

при $t=0$ $x=0 \Rightarrow 0 = A + 0 + \frac{mg}{k} \Rightarrow A = -\frac{mg}{k}$

$v = -A\sqrt{\frac{k}{m}}\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t + B\sqrt{\frac{k}{m}}\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t$

при $t=0$ $v=0$ (шарик отпускают без скорости) $\Rightarrow 0 = 0 + B\sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow$

$B\sqrt{\frac{k}{m}} = 0 \Rightarrow B = 0 \Rightarrow x = -\frac{mg}{k}\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{mg}{k}$ - уравнение движения шарика

$|F_y| = |kx| = k\left|\frac{mg}{k}\left(1 - \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)\right| \Rightarrow F_y = k\frac{mg}{k}\left(1 - \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$

$F_y = mg\left(1 - \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$, где F_y - сила действующая со стороны пружины.

$v(t) = -\left(-\frac{mg}{k}\sqrt{\frac{k}{m}}\right)\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t = g\sqrt{\frac{m^2k}{k^2m}}\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t = g\sqrt{\frac{m}{k}}\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t$

$a(t) = g\sqrt{\frac{m}{k}}\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t = g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t$

$F_y = mg\left(1 - \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$; $a = g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t$

пусть t_1 и t_2 - моменты времени из условия, тогда

$g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1 = -g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2 \Rightarrow \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1 = -\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2$ (ускорения в разные стороны)

$mg\left(1-\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_1\right) = 2{,}5mg\left(1-\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right)$

$mg\left(1+\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right) = 2{,}5mg\left(1-\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right)$

$1+\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2 = 2{,}5 - 2{,}5\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2$

$3{,}5\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2 = 1{,}5 \Rightarrow \cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2 = \frac{15}{10} : \frac{35}{10} = \frac{15}{35} = \frac{3}{7} \Rightarrow$

$|a_1| = |a_2| = \left|g\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right| = \frac{3}{7}g$

2. $v(t) = g\sqrt{\frac{m}{k}}\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t$; $\left|\sin\sqrt{\frac{k}{m}}t_2\right| = \left|\sqrt{1-\frac{3^2}{7^2}}\right| = \left|\sqrt{\frac{49-9}{49}}\right| = \frac{\sqrt{40}}{7}$

$\sin^2\sqrt{\frac{k}{m}}t_1 = 1 - \frac{3^2}{7^2} = \frac{40}{49}$

$\cancel{m}\, v^2(t_1) = g^2\frac{m}{k}\cdot\frac{40}{49}$; $v^2(t_2) = g^2\cdot\frac{m}{k}\cdot\frac{40}{49} \Rightarrow v(t_1) = v(t_2) \Rightarrow$

$E_{k1} = E_{k2} \Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$

3. $E_k \to max$, когда $v^2 \to max$. $v^2(t) = g^2\frac{m}{k}\sin^2\sqrt{\frac{k}{m}}t \Rightarrow$

$v_{max} = \frac{mg^2}{k}\cdot 1 = \frac{mg^2}{k} \Rightarrow E_{k\,max} = \frac{m\cdot mg^2}{2k} = \frac{m^2g^2}{2k}$

$\frac{kx^2}{2} = E_{упруг} \to max$, когда $x^2 \to max$. $x(t) = \frac{mg}{k}\left(1-\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$

$x^2(t) = \frac{m^2g^2}{k^2}\left(1-\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)^2 \Rightarrow x^2_{max} = \frac{m^2g^2}{k^2}\cdot 2^2 = \frac{4m^2g^2}{k^2} \Rightarrow$

$E_{упруг\,max} = \frac{k\cdot 4m^2g^2}{k^2\cdot 2} = \frac{2m^2g^2}{k}$

$\frac{E_{упруг\,max}}{E_{k\,max}} = \frac{2m^2g^2}{k} : \frac{m^2g^2}{2k} = \frac{2m^2g^2\cdot 2k}{k\cdot m^2g^2} = 4$

Ответ: 1) $|a| = \frac{3}{7}g$ 2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$ 3) 4.

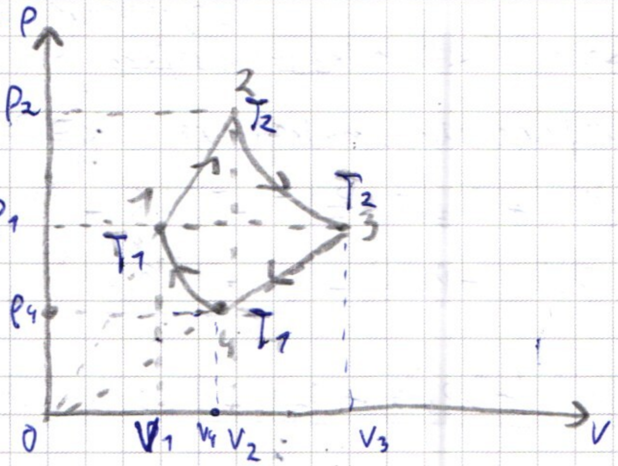
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2



1. $1\to2$: $p=\alpha V$, где $\alpha=const$

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

$p_2V_2=\nu RT_2 \Rightarrow \frac{V_2^2 p_1}{V_1}=\nu RT_2$

$p_1V_1=\nu RT_1=$

2. $4\to1$ - изотерма $\Rightarrow T_1=T_4$; $2\to3$ - изотерма $\Rightarrow T_2=T_3$

$3\to4$: $p=\alpha V \Rightarrow \frac{p_1}{V_3}=\frac{p_4}{V_4}$. По условию $V_3=1{,}9V_4$

$\cancel{p_1V_3=\nu RT_2}$

$\cancel{p_4V_4=\nu RT_1}$

$\cancel{\frac{p_2}{p_1}=\frac{V_2}{V_1} \Rightarrow p_2=\frac{V_2p_1}{V_1}}$

$\cancel{\frac{p_1}{p_4}=\frac{V_3}{V_2} \Rightarrow p_4=\frac{p_1V_2}{V_3}}$

$\cancel{V_3=1{,}9V_4}$

$\cancel{p_1V_3=p_2V_2} \Rightarrow \cancel{p_4V_4=p_1V_4}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{p_1}{p_4}\cdot\frac{V_3}{V_4}=\frac{p_2}{p_1}\cdot\frac{V_2}{V_1}\Rightarrow}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{V_3}{V_2}\cdot\frac{V_3}{V_4}=\frac{V_2}{V_1}\cdot\frac{V_2}{V_1}}$

$\frac{p_1}{V_3}=\frac{p_4}{V_4} \Rightarrow \frac{p_1}{p_4}=\frac{V_3}{V_4} \Rightarrow \frac{p_1}{p_4}=1{,}9 \Rightarrow$

$p_1=1{,}9p_4$

3. $\begin{cases} p_2V_2=\nu RT_2 \\ p_1V_3=\nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow p_2V_2=p_1V_3$

$\begin{cases} p_1V_1=\nu RT_1 \\ p_4V_4=\nu RT_1 \end{cases} \Rightarrow p_1V_1=p_4V_4 \Rightarrow 1{,}9p_4V_1=p_4V_4 \Rightarrow 1{,}9V_1=V_4 \Rightarrow$

$V_4=1{,}9V_1$ $\Rightarrow V_3=1{,}9\cdot1{,}9V_1=3{,}61V_1$

$p_2V_2=p_1V_3 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1}=\frac{V_3}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1}=\frac{V_3}{V_2} \Rightarrow V_2^2=V_3V_1=3{,}61V_1^2 \Rightarrow$

$V_2=1{,}9V_1=V_4 \Rightarrow \frac{V_2}{V_4}=1$

$V_4 = 1,9V_1$; $V_3 = 3,61V_1$; $V_2 = 1,9V_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$p_1V_1 = \nu RT_1$ $\Rightarrow \frac{p_2V_2}{p_1V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{(1,9V_1)^2}{(V_1)^2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 3,61 \Rightarrow$

$\Rightarrow T_2 = T_3 = 3,61T_1$

$i=3$ у одноатомного газа.

4. $3\to 3$: $A<0$ во всём процессе, т.к. $V\downarrow$, $\Delta U<0$, т.к. $T\downarrow \Rightarrow$ во всём процессе тепло отводится. ~~$Q_{34} = \nu R(+$~~ $Q_{34} = c_{34}\nu(T_4 - T_3)$

$Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = \frac{3}{2}(T_4 - T_3)\nu R - (V_3 - V_4)\frac{p_3+p_4}{2} =$

$= \frac{3}{2}(p_4V_4 - p_3V_3) - \frac{(V_3-V_4)(p_3+p_4)}{2} = \frac{3p_4V_4 - 3p_3V_3 - (p_3V_3 + V_3p_4 - p_3V_4 - p_4V_4)}{2} =$

$= \frac{3p_4V_4 - 3p_3V_3 - p_3V_3 - V_3p_4 + p_3V_4 + p_4V_4}{2} = \frac{4p_4V_4 - 4p_3V_3 - p_4V_3 + p_3V_4}{2}$

$c_{34}\nu(T_4 - T_3) = c_{34}(\nu T_4 - \nu T_3) = c_{34}\left(\frac{p_4V_4}{R} - \frac{p_3V_3}{R}\right)$

$c_{34}(p_4V_4 - p_3V_3) = \frac{p_4(4V_4 - V_3) + p_3(V_4 - 4V_3)}{2}\cdot R$

$p_3 = 2V_3$

$p_4 = 2V_4 \Rightarrow c_{34}(2V_4^2 - 2V_3^2) = \frac{2V_4(4V_4 - V_3) + 2V_4(V_4 - 4V_3)}{2}\cdot R \Rightarrow$

$c_{34}(V_4^2 - V_3^2) = \frac{4V_4^2 - V_3V_4 + V_4^2 - 4V_3V_4}{2}\cdot R$

$c_{34}(V_4^2 - V_3^2) = \frac{5V_4^2 - 5V_3V_4}{2}\cdot R$

$c_{34}(V_4 - V_3)(V_4 + V_3) = \frac{5V_4(V_4 - V_3)}{2}R$

$Q_{34} = \frac{3}{2}(T_4 - T_3)\nu R - \frac{(V_3 - V_4)(p_3 + p_4)}{2} = \frac{3}{2}(T_4 - T_3)\nu R - \frac{(V_3p_3 + V_3p_4 - V_4p_3 - V_4p_4)}{2}$

$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4} \Rightarrow p_3V_4 = p_4V_3 \Rightarrow Q_{34} = \frac{3}{2}(T_4 - T_3)\nu R - \frac{(V_3p_3 - V_4p_4)}{2} =$

$= \frac{3}{2}\nu R(T_4 - T_3) - \frac{\nu RT_3 - \nu RT_4}{2} = \frac{3\nu R(T_4 - T_3) - \nu R(T_3 - T_4)}{2} =$

$= \frac{3\nu R(T_4 - T_3) + \nu R(T_4 - T_3)}{2} = \frac{4\nu R(T_4 - T_3)}{2} = 2\nu R(T_4 - T_3) \Rightarrow$

$\nu c_{34}(T_4 - T_3) = 2\nu R(T_4 - T_3) \Rightarrow c_{34} = 2R$

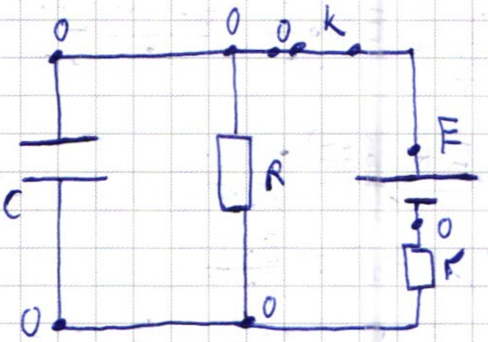
Ответ: 1) $T_2 = T_3 = 3,61T_1$ 2) $\frac{V_2}{V_4} = 1$ 3) $c_{34} = 2R$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

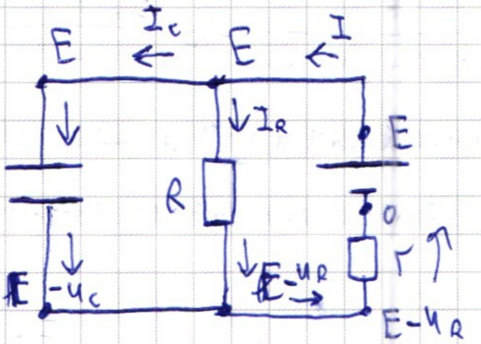
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



1. В цепи до замыкания ключа $q_c = 0 \Rightarrow U_c = 0 \Rightarrow I_c = 0$. Тока нет.

Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа. Напряжение на —||— скачком не изменится $\Rightarrow U_c(0) = 0$. Используем метод узловых потенциалов. тогда $U_{R(0)} = U_{c(0)} = 0$.



2. Рассмотрим процессы в цепи от $t=0$ до времени перед размыканием ключа (по условию когда скорость роста энергии —||— максимальна) $N_c = \frac{dW_c}{dt}$ - скорость роста энергии

$$W_c = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow \frac{dW_c}{dt} = \frac{d\left(\frac{CU^2}{2}\right)}{dt} = \frac{2U(t)\cdot\frac{C}{2}\cdot U'(t)dt}{dt} = U(t)CU'(t) =$$

$$= \frac{q_c}{C}\cdot C\cdot U_c'(t) = q_c U_c'(t) \Rightarrow N_c = q_c U_c'$$

$$I_R = \frac{E-(E-U_R)}{R} = \frac{U_R}{R}; \quad I_c = U_c' C; \quad I = \frac{E-U_R-0}{r} = \frac{E-U_R}{r}$$

ЗСЗ: $I = I_R + I_c$; $U_c = U_R \Rightarrow \frac{E-U_R}{r} = U_c'C + \frac{U_R}{R} \Rightarrow$

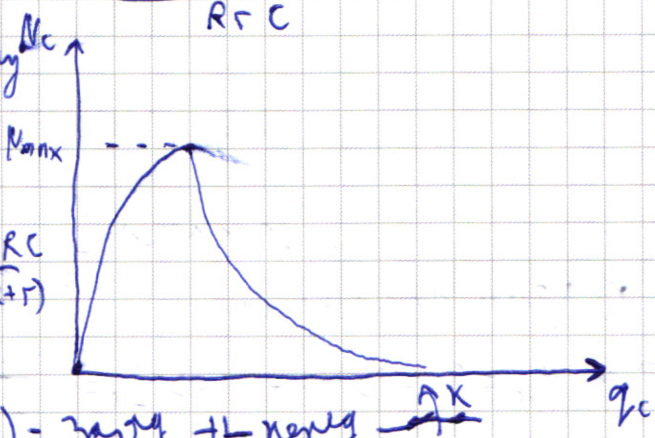
$$\frac{E-U_c}{r} - \frac{U_c}{R} = U_c'C \Leftrightarrow \frac{ER-U_cR-U_cr}{Rr} = U'C \Leftrightarrow \frac{ER-U_c(R+r)}{rR} = U'C$$

$U_c = \frac{q_c}{C} \Rightarrow \frac{ER-\frac{q_c}{C}(R+r)}{RrC} = U'$ - это выполняется в каждый момент времени при замкнутом ключе

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$N_c = q_c U_c' = \frac{q_c\left(ER - \frac{q_c}{C}(R+r)\right)}{RrC} = \frac{-\frac{q_c^2(R+r)}{C} + q_c ER}{RrC}$$

$N_c(q_c)$ представляет собой параболу с ветвями вниз, достигает max значения, когда в вершине



$$q_{0c} = \frac{-ER}{-2\frac{(R+r)}{C}} = ER\cdot\frac{C}{2(R+r)} = \cancel{\frac{ER(R+r)}{C}}\ \frac{ERC}{2(R+r)}$$

~~$q_c(t_0) = \frac{ER(R+r)}{C}$~~, где $q_c(t_0)$ - заряд к-р перед ~~max~~

$$q_c(t_0) = \frac{ERC}{2(R+r)}$$

$$N_c(t_0) = \frac{-\frac{\left(\frac{ERC}{2(R+r)}\right)^2(R+r)}{C} + \left(\frac{ERC}{R+r}\right)ER}{RrC} = \frac{\frac{-E^2R^2C^2\cancel{(R+r)}}{4(R+r)C} + \frac{E^2R^2C}{R+r}}{RrC}$$

$$N_c(t_0) = \frac{3E^2R^2C^2}{4(R+r)CRrC} = \frac{3E^2R^2}{4(R+r)Rr} = \frac{3E^2R}{4(R+r)r}$$

После размыкания ключа к-р начнёт разряжаться на ~~R~~ r и его энергия будет только уменьшаться => $N_c(t_0)$ - max ~~энерг~~ скорость роста.

~~Ответ: 1) $U_R(0)=0$ 2) $q_c(t_0)=\frac{ERC}{2(R+r)}$ 3) $N_c(t_0)=N_{c\,max}=\frac{3E^2R}{4(R+r)r}$~~

$$q_c(t_0) = \frac{ERC}{2(2R+R)} = \frac{ERC}{6R} = \frac{EC}{6} \qquad N_c(t_0) = \frac{3E^2R}{4\cdot 3R\cdot R} = \frac{3E^2}{12R} =$$

$$= \frac{3E^2}{12R} = \frac{E^2}{4R}$$

Ответ: 1) $U_R(0)=0$ 2) $q_c(t_0) = \frac{EC}{6}$ 3) $N_c(t_0) = \frac{E^2}{4R}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5 (продолжение)

$$\frac{u_{11}}{v_{11}} = \frac{u}{v} = \Gamma^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow u_{11} = \frac{v_{11}}{9} = \frac{2V}{9}$$ – изображение S^{**}

Ответ: 1) $f = \frac{2F}{3}$ 2) $\sin 0° = 0$ 3) $\frac{2V}{9}$ ~~вправо~~ влево (от линзы).