Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-05

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

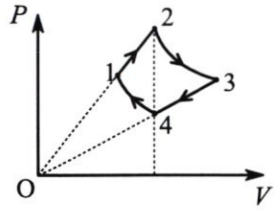
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2 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. В процессе 1-2 давление увеличивается в $k=2$ раза. 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. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.

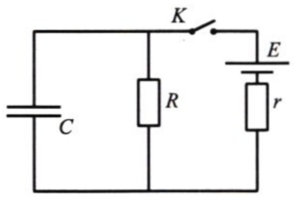


1) Найти температуру газа в процессе 2-3.

2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.

3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

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

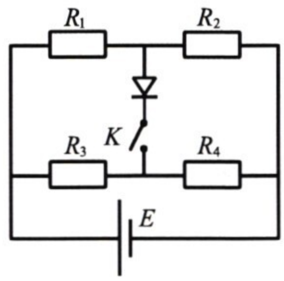


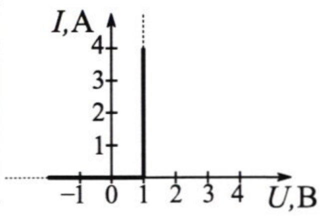
1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.

2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.

3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E=10$ В, $R_2=12$ Ом, $R_3=8$ Ом, $R_4=2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0=1$ В.



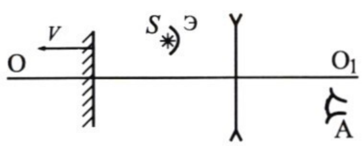


1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе К.

2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе К?

3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 1,25$ 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 OO$_1$. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO$_1$ и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

$v = \frac{dd}{dt}$ $\quad \int dd = \int_0^t v\,dt \quad d(t) = \frac{3F}{2} + vt.$ 9

$$\frac{1}{d(t)} - \frac{1}{f(t)} = -\frac{1}{F}$$

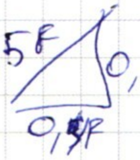
$$\frac{F\cdot d(t)}{F+d(t)} = f(t) = \frac{\frac{3F^2}{2} + Fvt}{\frac{5F}{2} + vt} = F\cdot\left(1 - \frac{F}{\left(\frac{5F}{2}+vt\right)}\right)$$

$= \cancel{F\cdot\left(1 - F\right)}$

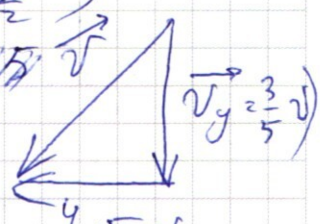
$$f'(t) = v_x(d) = \frac{F^2\cdot v}{\left(\frac{5F}{2}+v(t)\right)^2} = \frac{F^2\cdot v}{\left(\frac{5}{2}F\right)^2} = \cancel{\frac{2}{5}F\cdot v} =$$

$= \frac{4}{25}v.$ $\quad v_x(0) = \frac{4}{25}v$ (когда $d = \frac{3F}{2}$)

$v_y = (123$



$\Leftrightarrow$



$$= \frac{5}{4}\cdot\frac{4}{25}v = \frac{v}{5}.$$

$$\boxed{v_y = \frac{v}{5}}$$

N1.

Дано:

g

$|a_1| = |a_2|$

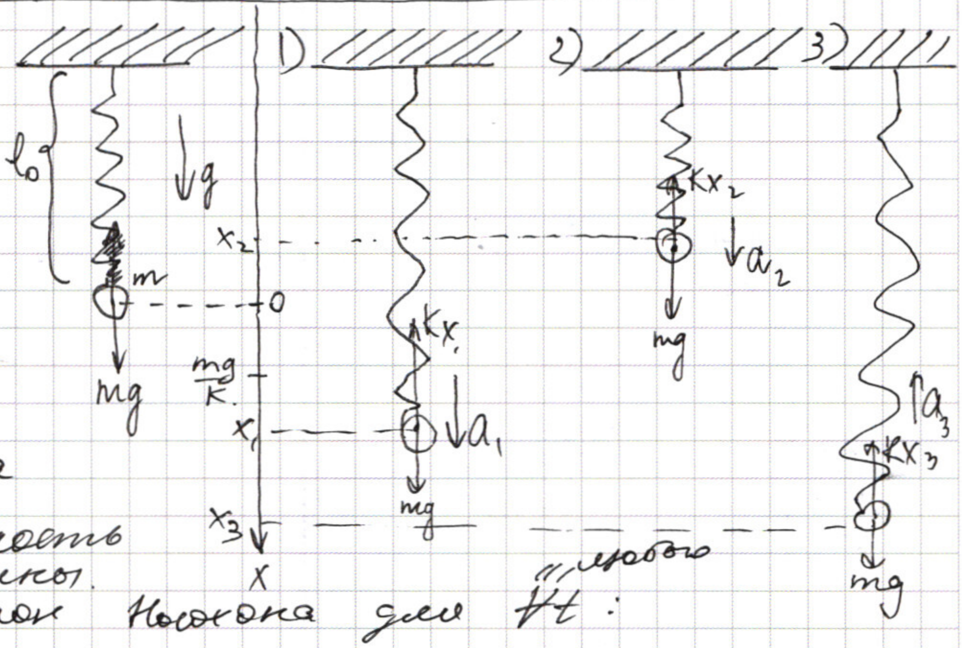
$2\cdot\Delta l_1 = \Delta l_2$

1) $|a_1| = |a_2| \equiv a$ - ?

2) $\frac{K_1}{K_2}$ - ?

3) $\frac{\Pi_{пр}^{max}}{K^{max}_{ш.}}$ - ?

Решение:



Пусть m - масса шарика, k - жесткость пружины.

Рассм. II-й закон Ньютона для любого $\forall t$:

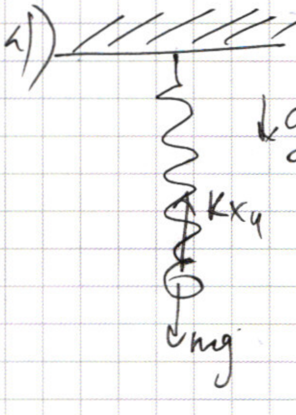
$$ma = -kx + mg \quad |:m \neq 0$$

$$x'' + \frac{k}{m}\underbrace{\left(x - \frac{mg}{k}\right)}_{z} = 0.$$

Заметим:

$z' = x'$, тогда:

$$z'' + \underbrace{\left(\frac{k}{m}\right)}_{\omega^2}\cdot z = 0.$$ - уравнение колебательного движения.



$$z(t) = A\cos\omega t + B\cdot\sin\omega t.$$

$$z(0) = A = -\frac{mg}{k}$$

$$z'(0) = v(0) = -B\cdot\omega = 0. \quad \omega \neq 0 \quad \Big| \Rightarrow B = 0.$$

$$\Rightarrow z(t) = \left(-\frac{mg}{k}\right)\cos\omega t$$

$$x(t) - \frac{mg}{k} = \left(-\frac{mg}{k}\right)\cos\omega t.$$

$$x(t) = (1 - \cos\omega t)\frac{mg}{k}.$$

~~Зн~~ Тогда равновесное положение при $x = \frac{mg}{k}$.

~~Рассмотрим все возможные случаи относительно 1)-го случая~~ (т.к. рассматриваем, когда одно удлинение больше x и когда ~~второе удлинение меньше~~ x').

~~1-ый случай~~: ~~x_1 - удлинение пр~~

Проведем ось ox $\uparrow\uparrow$ (параллельно пружине) по направлению $\vec{g}$, как поставили, ~~когда~~ где ~~пружина так~~ располагается шар при $l = l_0$ - начальная длина пружины.

I-ый случай: $x_1 > \frac{mg}{k}$ и $\vec{a}_1 \uparrow\uparrow \vec{g}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

II-ой случай: шарик на $x_2 < \frac{mg}{k} < x_1$ и $\vec{a_2} \uparrow\uparrow \vec{g}$, $\uparrow\uparrow \vec{a_1}$

III-й случай: шарик на $x_3 > x_1$ и $\vec{a_3} \uparrow\downarrow \vec{a_1} \uparrow\uparrow \vec{g}$.

IV-й случай: шарик на $x_4 < \frac{mg}{k} < x_1$ и $\vec{a_4} \uparrow\downarrow \vec{g}$

Это все случаи (отн-о места равновесия и направления ускорения) иначе было бы 3-ве направления $\vec{a}$ - ~~невоз~~ невозможно или было бы 3-ве местоположения от места равновесия - невозможно $\Rightarrow$.

Запишем II-й з-н Ньютона: $|\vec{a_1}| = |\vec{a_2}| = |\vec{a_3}| = |\vec{a_4}| \equiv a$.

$$\left.\begin{aligned} &1)\ ma = mg - kx_1 \\ &2)\ ma = kx_3 - mg \\ &3)\ ma = kx_2 + mg \\ &4)\ ma = kx_4 - mg \end{aligned}\right| \Rightarrow$$

Рассм. все относительно ~~1-го случая~~ 1-го случая (а так неважно как именно рассматривать, ведь таких случаев ≥ 4 и они равноценны друг другу, т.к. ~~будут~~ а в колебательной системе аналогично).

$$\Rightarrow \begin{cases} ma = mg - kx_1 \\ 2ma = k(x_3 - x_1) \quad (1) \\ \cancel{kx_1 = kx_2} \text{ но } \frac{x_1}{x_2} = 2 \text{ или } \frac{x_2}{x_1} = 2 \Rightarrow \text{невозможно.} \\ 2ma = k(x_4 - x_1) \quad (2). \end{cases}$$

(1) ~~$\Rightarrow x_3 = 2x$~~ $2ma = k(x_3 - x_1) > 0 \Rightarrow x_3 > x_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow x_3 = 2x_1 \Rightarrow \begin{cases} ma = mg - kx_1; \\ ma = 2kx_1 - mg; \end{cases}$ (>0)

$\begin{cases} 2ma = kx_1, \\ 3ma = mg; \end{cases}$ $\begin{cases} a = g/3 \\ x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} \end{cases}$ $x_3 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k}$

(2) $2ma = k(x_4 - x_1) > 0 \Rightarrow x_4 > x_1 \Rightarrow x_4 = 2x_1$.

$\begin{cases} ma = mg - kx_1 \\ ma = kx_4 - mg \end{cases}$; (>0) $\begin{cases} 2ma = kx_1, \\ 3ma = mg \end{cases}$; $\begin{cases} \frac{2ma}{k} = x_1 \\ a = \frac{g}{3} \end{cases}$;

$\begin{cases} \frac{2}{3}\frac{mg}{k} = x_1, \\ a = g/3 \end{cases}$ $x_4 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k}$

Таким образом, ситуации 1 и 4, 1 и 3 аналогичны в плане ускорения и колебания. ($x_3 = x_4 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k}$, $a = g/3$, $x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k}$)

$\Rightarrow$ 1) $\begin{cases} a = g/3 \\ x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} \end{cases}$ $\quad K_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ — кин. энер. 1 случая; $\quad K_2 = \frac{mv_2^2}{2}$ — кин. энергия 3 или 4 случая.

$x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}(1-\cos\omega t)$

$\cos\omega t = \frac{1}{3} \Rightarrow |\sin\omega t| = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$|v_1(t)| = |x_1'(t)| = \left|\sqrt{\frac{m}{k}}\, g \cdot \sin\omega t\right| = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot g \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$x_3 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}(1-\cos\omega t)$

$\cos\omega t = -\frac{1}{3} \Rightarrow \sin\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$|v_2(t)| = |x_3'(t)| = \left|\sqrt{\frac{m}{k}} \cdot g \cdot \sin\omega t\right| = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot g \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$\Rightarrow |v_2(t)| = |v_1(t)| = \sqrt{\frac{m}{k}}\, g\, \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$\Rightarrow \begin{matrix} K_1 = K_2 \\ K_2 \neq 0 \end{matrix} \Big| \Rightarrow$ 2) $\frac{K_1}{K_2} = 1$.

$\Pi_{пр\,max} = \frac{k x_{max}^2}{2}$, $x_{max} = \frac{2mg}{k}$ (из ур-е для $x(t)$)

$K_{ин\,max} = \frac{m v_{max}^2}{2}$, $v_{max} = \sqrt{\frac{m}{k}}\, g$ (из ур-е для $v(t)$)

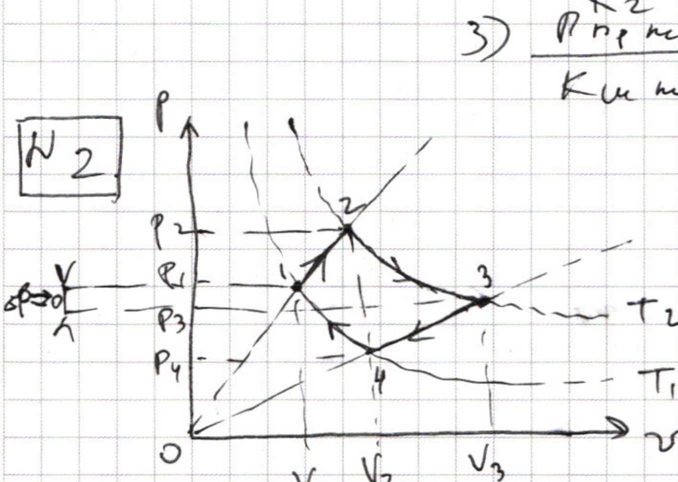
3) $\frac{\Pi_{пр\,max}}{K_{ин\,max}} = \frac{\frac{4m^2g^2}{2k}}{\frac{m^2g^2}{2k}} = 4$.

__Ответ__: 1) $a = g/3$

2) $\frac{K_1}{K_2} = 1$

3) $\frac{\Pi_{пр\,max}}{K_{ин\,max}} = 4$.

$\boxed{№ 2}$



Дано: T_1, идеальн. одноат. газ

$V_2 = 2V_1$, $p_2 = 2p_1$

1) T_2 — ?

2) $\frac{p_1}{p_3}$ — ?

3) C — ?

Решение:

1) ~~по ур-ю Клапейрона-Менделеева:~~

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по уравн-ю Клап. - Менд.:

$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2 = 2p_1V_2$

По ур-ю прямой для $1 \to 2$: $p = k_{12}V$

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot V_1 = 2V_1 = V_4$

$\Rightarrow \nu RT_1 = p_1V_1$
$\nu RT_2 = 4p_1V_1 \Rightarrow 1) T_2 = 4T_1$

~~По уравн-ю К-М:~~
~~$4\nu RT_1 = p_3V_3$~~
~~$\nu RT_1 = p_4V_4 = p_1V_1$~~
~~По ур-ю прямой: $p = k_{34}V$!~~
~~$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4} \Rightarrow V_3 = \frac{p_3}{p_4} \cdot V_4 = 2V_1 \cdot \frac{p_3}{p_4}$~~
~~$\Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{p_4^2}{p_3^2}$, $2p_4 = p_3$ и $p_1 =$~~

По ур-ю К-М:
$4\nu RT_1 = p_3V_3$
$\nu RT_1 = p_4V_4 = p_4 2V_1 = p_1V_1$
По ур-ю прямой:
$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4} \Rightarrow V_3 = \frac{p_3}{p_4} \cdot V_4$

$\frac{1}{4} = \frac{p_4^2}{p_3^2} \Rightarrow 2p_4 = p_3$ и $2p_4 = p_1 \Rightarrow p_3 = p_1$, $p_3 > 0$

$\Rightarrow 2) \frac{p_1}{p_3} = 1.$

Уравнение политр-х процессов: $pV^n = const$, где $n = \frac{C_p - C}{C_v - C}$

Заметим, что в прямой $\frac{p}{V} = const \Rightarrow n = -1$

$\Rightarrow \frac{C_p - C}{C_V - C} = -1$ $\quad C = \frac{C_p + C_v}{2} =$ ~~$\frac{\frac{5}{2}R + \frac{3}{2}R}{2} = 2R.$~~

$= \frac{5/2 R + 3/2 R}{2} = 2R. \Leftrightarrow 3) C = 2R.$

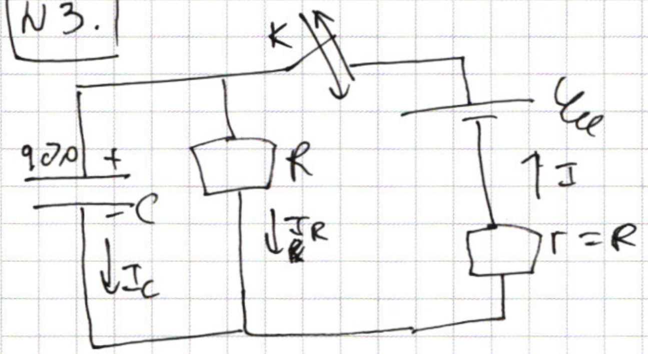
черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Ответ: 1) $T_2 = 4T_1$

2) $\frac{p_1}{p_3} = 1$

3) $C = 2R = \frac{C_v + C_p}{2}$.

N3.



Дано:
$\mathcal{E}$
R
C
$r = R$.
$q_c(0) = 0$.

K размыкают при $E_c'(t) = max$.

1) I_1 – ?
2) I_2 – ?
3) Q – ?

Решение:

1) В самом начале $q_c = 0$, а R соединен || -но конденсатору $\Rightarrow I_R = 0$, $I_C = I = \mathcal{E}/R = I_1$

2) $E_c(t) = \frac{q_c^2(t)}{2C}$.

$E_c'(t) = \frac{1}{2C} \cdot 2 \cdot q_c(t) \cdot \overset{i_c(t)}{q_c'(t)} = \frac{q_c(t) \cdot i(t)}{C}$.

$q_c(t) = CU_c = C I_R R = C\left(\frac{\mathcal{E}}{R} - I_c\right)R = C\mathcal{E} - CRI_c$

↑ соединены ↑ параллельно

$E_c'(t) = (\mathcal{E} - RI_c) I_c = \mathcal{E}I_c - RI_c^2$

~~$E_c''(t) = \mathcal{E} - 2RI_c$~~

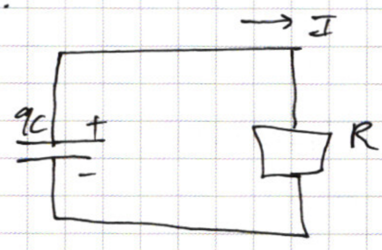
$E_c''(t) = (\mathcal{E} - 2RI_c) I_c'(t) = 0$

$\left[\begin{array}{l} I_c'(t) = 0 \Rightarrow I_c = \mathcal{E}/R. \\ I_c = \frac{\mathcal{E}}{2R} \end{array}\right. \Rightarrow \left[\begin{array}{l} E_c'(t) = 0 \\ E_c'(t) = \frac{\mathcal{E} I_c}{2} > 0. \end{array}\right.$

$\Rightarrow I_c = \frac{\mathcal{E}}{2R}$ – макс. для $E_c'(t)$.

$\Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2R}$.

3) $\Rightarrow I_c = \frac{I}{2} = I_R \Rightarrow q = \frac{C\mathcal{E}}{2}$.



По закону сохр-я энергии:
$A_{ист} = \Delta W + Q$
$W_1 - W_2 = Q$
$W_1 = \frac{q^2}{2C}$
$W_2 = 0$ (конд-р разрядится)

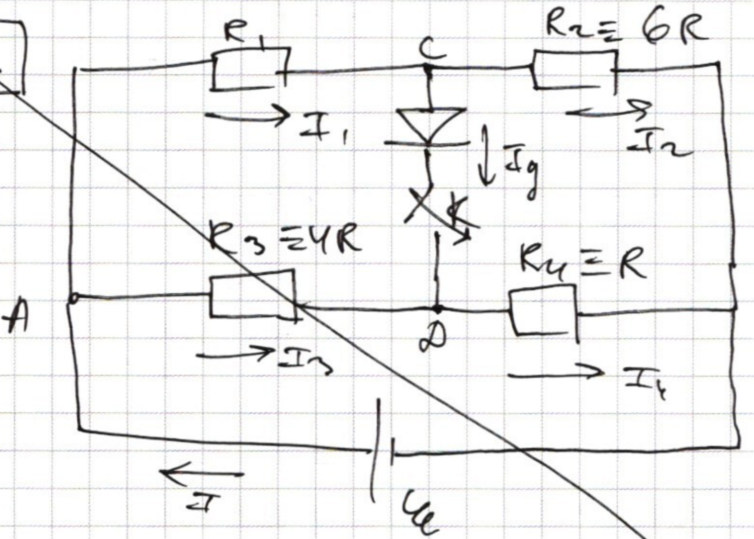
$\Rightarrow Q = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{8}$.

Ответ: 1) $I_1 = \mathcal{E}/R$
2) $I_2 = \mathcal{E}/2R$
3) $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{8} = C\mathcal{E}^2/8$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



Дано:
$\mathcal{E} = 10$ В
$R_2 = 12$ Ом $(= 6R)$
$R_3 = 8$ Ом $(= 4R)$
$R_4 = 2$ Ом $(= R)$
$U_{g\,max} = 1$ В

1) I_3 — ?
2) R_1 — ? $I_g \neq 0$
3) R_1 — ? $P_D = 1{,}25$ Вт

~~Решение~~: Пусть $R_4 = R$, тогда $R_2 = 6R$, $R_3 = 4R$.

(1) $I_3 = I_4$, т.к. $I_g = 0$ и $U_g = 0$

$I_3(R + 4R) = R_{общ} I = \mathcal{E}$ — по з-ну Ома

$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{10}{10} = 1$ (А)

(2) $I_g \neq 0 \Rightarrow U_g = 1$ В $= \varphi_C - \varphi_D$

$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} = R_1 I_1 + U_g + (R(I_3 + I_g))$, где $I_3 + I_g = I_4$

$4R I_3 = R_1 I_1 + U_g$.

$I_1 = I_g$

$\Rightarrow \mathcal{E} = R_1 I_g + U_g + \frac{R_1 I_g}{4} + \frac{U_g}{4} + R I_g \Rightarrow \left(\frac{5}{4}R_1 + R\right) I_g = \frac{35}{4}$ В. $| \cdot 4 \neq 0$.

$I_g = \frac{35}{5R_1 + 8}$ $\Big|$ ⇒ при $I_g \to \infty$ $R_1 \to -\frac{8}{5}$ Ом; при $I_g \to 0$ $R_1 \to \infty$

$I_g \in (0; +\infty)$

$\Rightarrow R_1 \in \left(-\frac{8}{5}\text{ Ом}; +\infty\right)$.

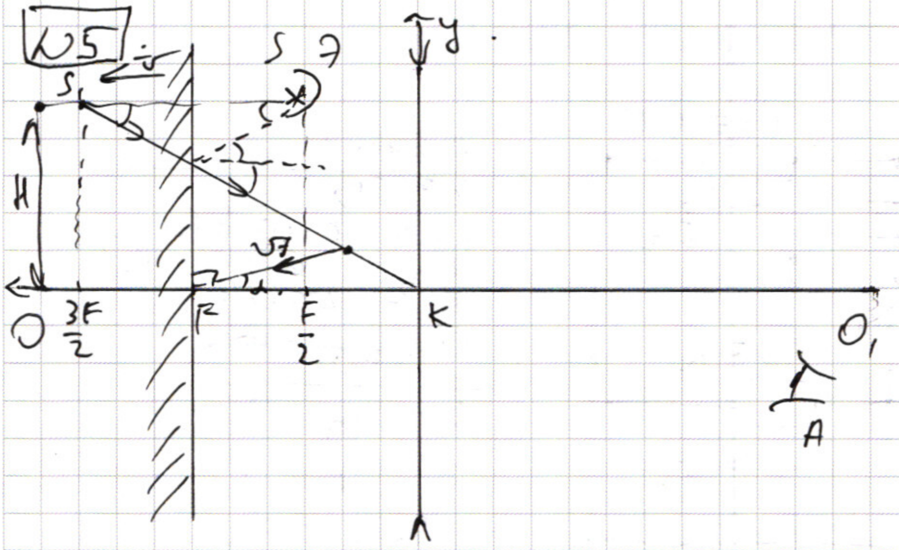
(3) $P_D = U_g \cdot I_g = 1{,}25$ В, где $U_g = 1$ В. $\Big| \Rightarrow I_g = 1{,}25$ А.

$I_g = \frac{35}{5R_1 + 8} = 1{,}25 = \frac{5}{4}$

$R_1 = 4$ Ом.

~~Ответ:~~

~~Ответ: 1)~~ $I_3 = 1$ A
~~2) $R_1 \in (0; +\infty)$~~ $(-\frac{8}{5}$ Ом$; +\infty)$
~~3) $R_1 = 4$ Ом~~



№5

Дано: $H = \frac{3}{4}F$
$d_0 = \frac{F}{2}$
v
$-F$
1) f - ?
2) α - ?
3) v_1 - ?

Решение:

Построим изображение S на зеркале $= S_1$, оно будет располагаться на расстоянии $\frac{3F}{2}$ от плоскости линзы.
Заметим, что теперь, будто бы источник находится на положении S_1, если бы не было экрана.

$\Rightarrow d = \frac{3F}{2}$

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

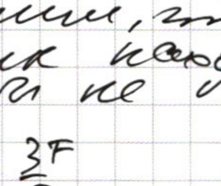
1) $f = \frac{3F}{2+3} = \frac{3}{5}F = 0{,}6F$

$|\Gamma| = \left|\frac{f}{d}\right| = \left|\frac{h}{H}\right|$. $\quad h = \left|\frac{f \cdot H}{d}\right| = \frac{\frac{3}{5}F \cdot \frac{3}{4}F}{\frac{3F}{2}} = \frac{3}{10}F = 0{,}3F$.

h – расстояние от изображения до оси OO_1.

$\vec{v} \uparrow\uparrow \overrightarrow{OO_1}$ $\Rightarrow$ $d \to \infty \Rightarrow f \to F$, $H = const \Rightarrow h = const$, ($v$ на оси $= 0$).

$\Rightarrow$



$h = 0{,}3F$ ← египетский треугольник

2) $\alpha = \arctg \frac{3}{4}$.

$F - 0{,}6F = 0{,}4F$

3) Построим оси Ky и KO ($Ky \perp KO$).

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = \frac{d\,d}{dt} \Rightarrow \int_{\frac{3F}{2}}^{d(t)} d\,d = \int_0^t v\,dt \qquad d(t) = \frac{3F}{2} + vt.$$

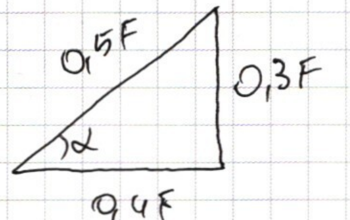
$$\frac{1}{d(t)} - \frac{1}{f(t)} = -\frac{1}{F}$$

$$\frac{F\cdot d(t)}{F+d(t)} = f(t) = \frac{\frac{3F}{2}+vt}{\frac{5}{2}F+vt}\cdot F = F\left(1-\frac{F}{\frac{5}{2}F+vt}\right)$$

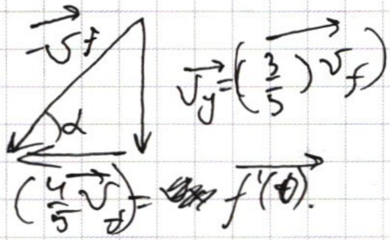
$$f'(t) = \cancel{v_f}(t) = \frac{F^2\cdot v}{\left(\frac{5}{2}F+vt\right)^2}$$

$$\cancel{f'(t)}\ f'(0) = \frac{F^2\cdot v}{\left(\frac{5}{2}F\right)^2} = \frac{4}{25}v.$$

По кинематическим связям:



$\Leftarrow ?$



$$\Rightarrow \frac{5}{4}\cdot f'(0) = v_f$$

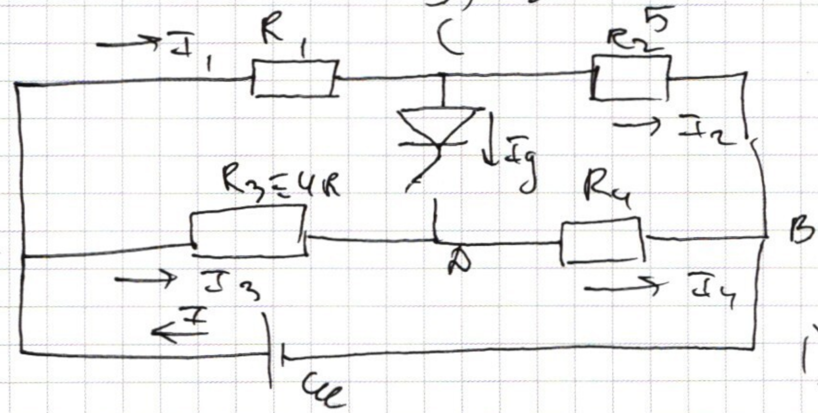
3) $v_f = \frac{5}{4}\cdot\frac{4}{25}v = \frac{v}{5}$

Ответ: 1) $f = 0{,}6F$

2) $\alpha = \operatorname{arctg}\frac{3}{4}$

3) $v_f = \frac{v}{5}$

№4.



1) I_3 – ?

2) R_1 – ?, $I_g \neq 0$

3) $P_D = 1{,}25$ Вт. R_1 – ?

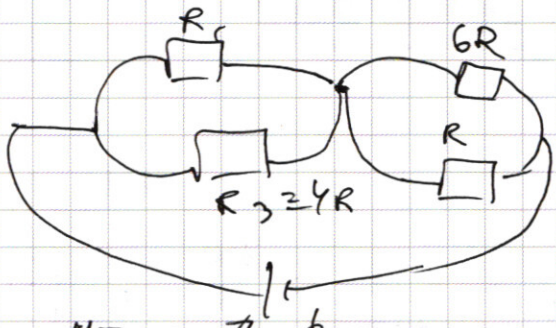
Решение:

1) $I_g = 0$ и $U_g = 0$

1. по I з-ну Кирхгофа:

$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 = I$

по II з-ну 3-ну Кирхгофа:



$I_1 R_1 = I_3 4R$

$6R I_2 = R \cdot I_4$

$I_3 \cdot 4R + R I_4 = \mathcal{E}$

$\frac{\mathcal{E}}{R} = 4 I_3 + I_4$ [redacted] $= \cancel{4I_3 + \frac{6}{7} I}$

$\cancel{4I_3 = \mathcal{E}}$

$6 I_2 = I_4$

$I_2 + I_4 = 6 I_2 + I_2 = 7 I_2 = I = \frac{7}{6} I_4.$

$\frac{\mathcal{E}}{R} = 4 I_3 + \frac{7}{6} I_4. = 4 I_3 + \frac{\mathcal{E}}{R_{общ}} \cdot \frac{7}{6}.$

$R_{общ} = R_{13} + R_{6R\,R}$

$R_{6RR} = \frac{6}{7} R.$

$R_{13} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = \frac{4R_1 R}{R_1 + 4R}.$

$R_{общ} = R\left(\frac{6}{7} + \frac{4R_1}{R_1 + 4R}\right)$

$I_3 = \mathcal{E}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R\left(\frac{6}{7} + \frac{4R_1}{R_1+4R}\right)\frac{6}{7}}\right) = \frac{\mathcal{E}}{R}\left(1 - \frac{7}{\left(\frac{36}{7} + \frac{24 R_1}{R_1 + 4R}\right)}\right)$

2. $I_g \neq 0 \Rightarrow U_g = 1В. \Rightarrow \varphi_C - \varphi_D$

$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} = R_1 I_1 + U_g + R(I_3 + I_g)$

$4R I_2 = R I_1 + U_g$

$\cancel{I_1 = I_g.}$

$\cancel{\Rightarrow \mathcal{E} = R.}$

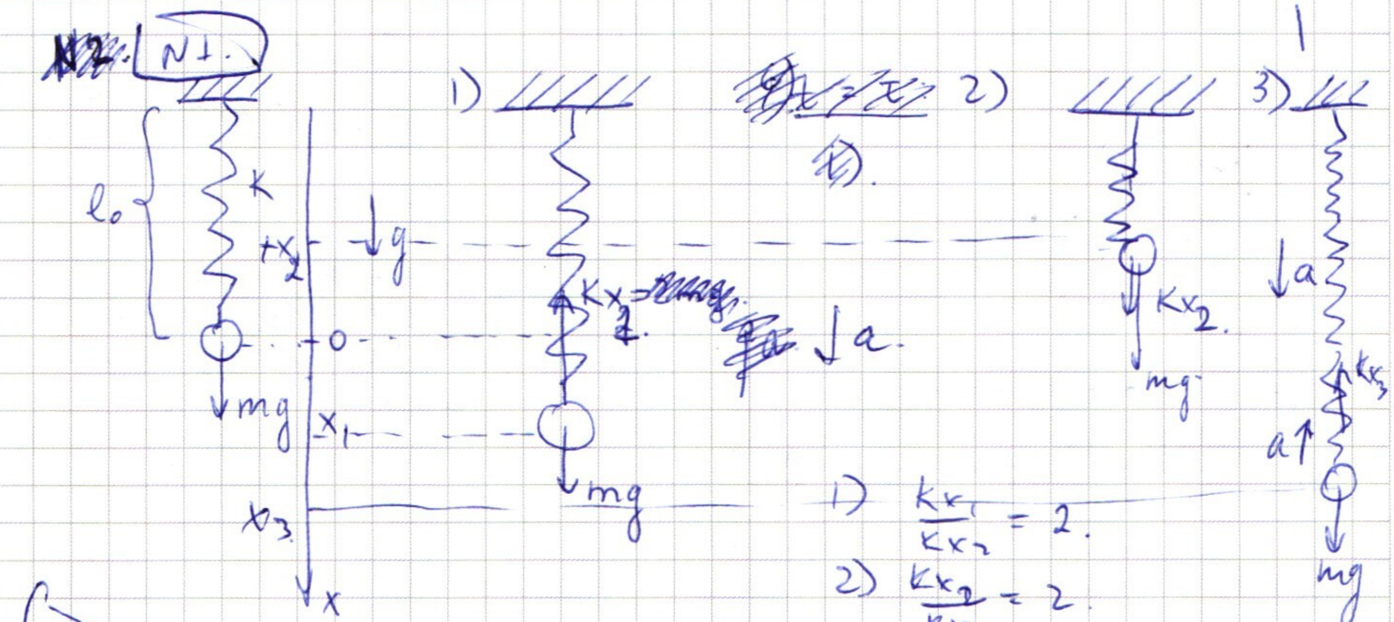
Ответ: 1) $I_3 =$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~№2~~ №1.



1) $\frac{kx_1}{kx_2} = 2.$

2) $\frac{kx_2}{kx_1} = 2.$

$$\begin{cases} ma = kx_1 - mg = 2kx_2 - mg \\ ma = kx_2 + mg = kx_2 + mg \end{cases}$$

$kx_1 - kx_2 = 2mg > 0$

$\Rightarrow kx_1 > kx_2 \Rightarrow \frac{x_1}{x_2} = 2 \quad x_1 = 2x_2$

$kx_1 = 2kx_2$

$$\begin{cases} ma = 2kx_2 - mg \\ ma = kx_2 + mg \end{cases}$$

$2ma = 3kx_2$

$a = \frac{3kx_2}{2m}$

$$\begin{cases} 2ma = 3kx_2 \\ ma = \frac{2}{3}ma + mg \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2}{3}ma = kx_2 \\ |a| = 3g \end{cases} \Rightarrow 1) \quad x_2 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k}$$

$|a| = 3g$

2) $ma = -kx + mg \quad | : m$

$x'' + \frac{k}{m}\left(x - \frac{mg}{k}\right) = 0$

верно

$z'' + \frac{k}{m} z = 0$

$\frac{k}{m} = \omega^2$

$z(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$

$z(0) = A = -\frac{mg}{k}$

$z'(0) = B\omega = 0 \Rightarrow B = 0$

$z(t) = -\left(\frac{mg}{k}\right)\cos\omega t$

$\Rightarrow z(t) = \frac{mg}{k}\cos\omega t$

$x(t) = z(t) + \frac{mg}{k}$ ... $\sin\omega t$

$v(t)$, $a(t) \to \frac{mg}{k}\omega^2\cos\omega t$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

2

~~$a(t) = \frac{mg}{k}\omega^2 \cos\omega t = 3g$~~

~~$-g\cdot\cos\omega t = 3g$~~

~~$x_2'(t) = v(t) = \left(\frac{2mg}{k}\right)'$~~

~~$a = 3g = \frac{dv}{dt}$ $\int_0^v dv = \int_0^t 3g\,dt$~~

~~$v = 3gt$~~

~~$v=0$~~

~~$x(t) =$~~

~~$x(t) = -\frac{2mg}{k}\cdot\cos\omega t$~~

~~$x - \frac{mg}{k} = -\frac{mg}{k}\cos\omega t$~~

~~$x = (1-\cos\omega t)\frac{mg}{k}$~~

~~$\frac{2mg}{k} = \frac{mg}{k}(1-\cos\omega t)$~~

~~$2 = 1-\cos\omega t$~~

~~$\cos\omega t = -1$~~

~~$\sin\omega t = 0$~~

~~$\Rightarrow v = x'(t) = \frac{mg}{k}\cdot\omega\sin\omega t = 0$~~

$\Leftarrow$

~~$K_1 = \frac{mv_1^2}{2}$~~

~~$K_2 = \frac{mv_2^2}{2}$~~

~~$x(t)\ (1-\cos\omega t) = \frac{mg}{k}$~~

~~$x_2 = \frac{2mg}{k} = (1-\cos\omega t)\cdot\frac{mg}{k}$~~

~~$\cos\omega t = -1 \Rightarrow \sin\omega t = 0$~~

~~$v_2 = \sin\omega t \cdot \frac{mg}{k}\omega = 0$~~

~~$x_1 = \frac{4mg}{k} = (1-\cos\omega t)\cdot\frac{mg}{k}$~~

~~$1-4 = \cos\omega t$~~

~~$-3 = \cos\omega t$~~

---

1) $ma = mg - kx_1$

2) $ma = kx_3 - mg$

3) $ma = kx_2 + mg$

$2ma = k(x_3 - x_1)$ (1), $x_3 - x_1 > 0$

$2ma = k(x_2 + x_3)$ (2)

$+kx_1 = kx_2$ — не подходит, $x_1 = x_2$ но $\frac{x_1}{x_2} = 2$ или $\frac{x_3}{x_1} = 2$

(1) $2ma = k(x_3 - x_1) > 0$

$\Rightarrow x_3 = 2x_1$

$\begin{cases} ma = mg - kx_1 \\ ma = 2kx_1 - mg \end{cases}$

$2ma = kx_1$

$\begin{cases} 2ma = kx_1 \\ 3ma = mg \end{cases}$

$\begin{cases} a = \frac{g}{3} \\ x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} \end{cases}$

$x_3 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k}$ — возможно.

(2) $2ma = k(x_2 + x_3)$

Тогда $kx_2 = 2kx_3$ — неважно.

$2ma = 3kx_3$

$\begin{cases} \frac{2}{3}ma = kx_3 \\ ma = \frac{2}{3}ma - mg \end{cases}$

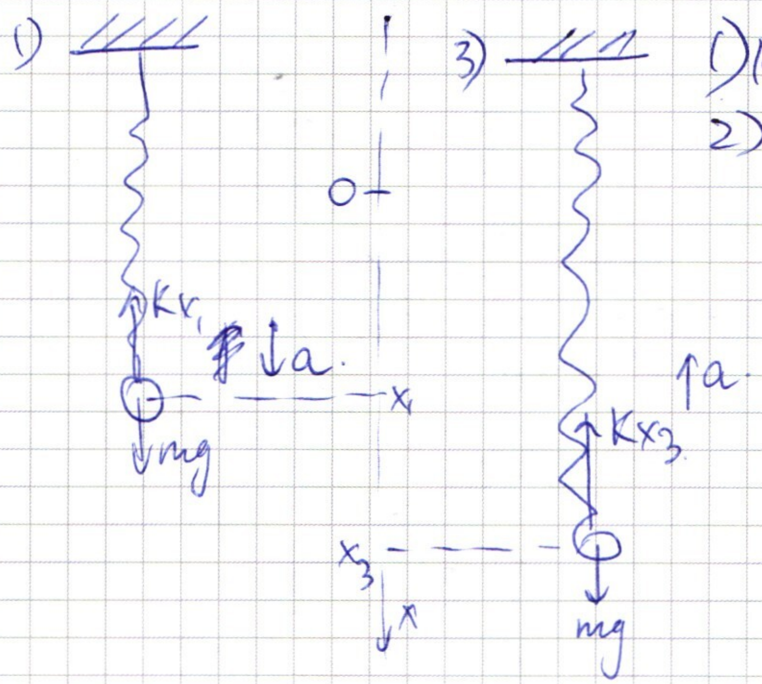
$\begin{cases} \frac{2}{3}ma = kx_3 \\ a = -3g \end{cases}$ — неверно, $a > 0$, $-3g < 0$

$\Rightarrow$ невозможно

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $|a| = \frac{g}{3}$ 3

2) $ma = -kx + mg \;|: m \neq 0.$

$\cancel{ma}\; x'' + \frac{k}{m}\underbrace{\left(x - \frac{mg}{k}\right)}_{z} = 0.$

$z' = x'$

$z'' + \underbrace{\frac{k}{m}}_{\omega^2} z = 0$

$z(t) = A\cos\omega t + B\cdot\sin\omega t$

$z(0) = A = -\frac{mg}{k}.$

$z'(0) = v(0) = B\cdot\omega = 0.$

$\omega \neq 0 \Rightarrow B = 0$

$z(t) = -\frac{mg}{k}\cdot\cos\omega t.$

$x(t) = \frac{mg}{k}(1 - \cos\omega t).$

$x_1 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}(1 - \cos\omega t)$

$\frac{1}{3} = \cos\omega t \Rightarrow |\sin\omega t| = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$|v_1(t)| = |x'(t)| = \left|\frac{mg}{k}\cdot\omega\cdot\sin\omega t\right| = \left|\sqrt{\frac{m}{k}}\cdot g\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}\right|$

$x_3 = 2x_1 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}(1 - \cos\omega t)$

$\cos\omega t = 1 - \frac{4}{3} = -\frac{1}{3} \Rightarrow |\sin\omega t| = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$|v_2(t)| = \sqrt{\frac{m}{k}}\,g\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}$

$K_1 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m}{2}\cdot\frac{m}{k}g^2\cdot\frac{8}{9} = \frac{m^2g^2}{k}\cdot\frac{4}{9}$

$K_3 = \frac{mv_3^2}{2} = \frac{m}{2}\cdot\frac{m}{k}g^2\cdot\frac{8}{9} = \frac{m^2g^2}{k}\cdot\frac{4}{9}$

2) $\frac{K_1}{K_3} = 1$

3) $\cancel{v_{max}} = v(t) = \sqrt{\frac{m}{k}}\,g\cdot\sin\omega t$

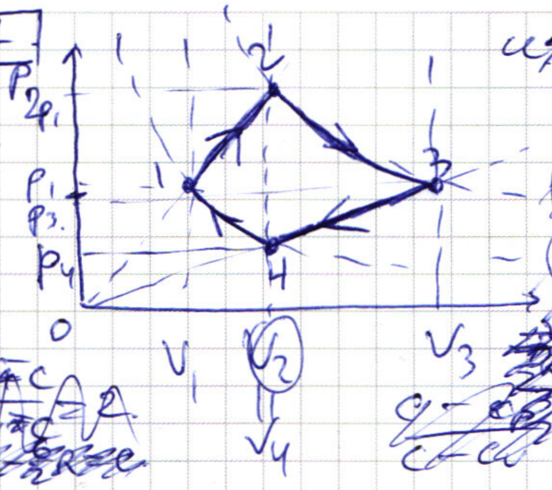
$v_{max} = \sqrt{\frac{m}{k}}\,g.$ $\quad x_{max} = \frac{2mg}{k} \Rightarrow \frac{kx_{max}^2}{2} = \frac{4m^2g^2}{k^2}\cdot\frac{k}{2} = \frac{2m^2g^2}{k} = \Pi_{max}$

$\frac{\Pi_{max}}{K_{max}} = 4.$ $\quad \Leftarrow \left|\; \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{m^2g^2}{2k} = K_{max}\right.$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№2



из графика: T_1 4

1) T_2 - ?

2) $\frac{p_1}{p_3}$ - ?

3) C - ? $(=2R(!))$

$T_2 = T_3 = 4T_1$

$T_1 = T_4$

Решение:

3) $pV = const$

$p = kV$

$$\frac{5}{2}R - C = \frac{6}{2}R - 2C$$

$$C = \frac{1}{2}R$$

$$\frac{5}{2}R - C = 2C - \frac{6}{2}R$$

$$\frac{11}{6} = 3C$$

$$\frac{5}{2}R - C = \frac{6}{2}R - 2C$$

$$C = \frac{1}{2}R$$

к-м:

(1) 1) $p_1 V_1 = \nu R T_1$

2) $p_2 V_2 = \nu R T_2 = 2p_1 V_2 = 4p_1 V_1$

3) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{2p_1}{V_2}$

4) $V_2 = 2V_1$

5) $T_2 = 4T_1$

(2) 1) $4\nu R T_1 = p_3 V_3$

2) $\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4}$, $V_4 = V_2 = 2V_1$

3) $V_3 = \frac{p_3}{p_4} 2V_1$

4) $p_1 V_1 = \nu R T_1 = p_4 V = p_4 2V_1$ $\Rightarrow$ $p_1 = 2p_4$.

5) $4\nu R T_1 = \frac{p_3^2}{p_4} 2V_1$

$$\frac{1}{4} = \frac{p_4^2}{p_3^2}$$

$$p_3^2 = 4 p_4^2$$

$$p_3 = 2p_4 = p_1$$

$$\boxed{\frac{p_1}{p_3} = 1}$$

(3) 1) $pV^k = const$

2) $k = \frac{c_p - C}{c_V - C}$

~~$kV^{k+1} = const$~~

~~$V^{k+1} = \frac{const}{k} = const$~~

2) $p = kV$

$pV^{-1} = k = const$

$$k = -1 = \frac{\frac{5}{2}R - C}{\frac{3}{2}R - C}$$

$$C - \frac{3}{2}R = \frac{5}{2}R - C$$

$$2C = 4R$$

$$C = 2R$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

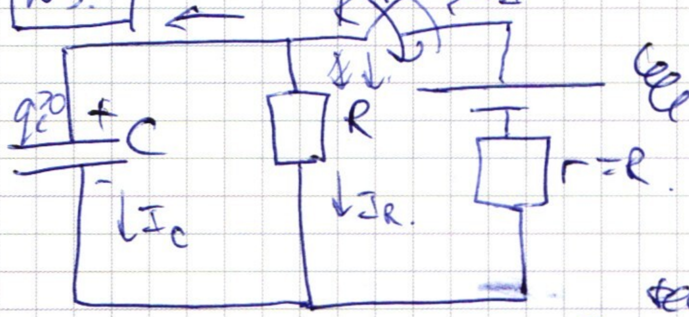
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{№3.}$



Дано:
$\mathcal{E}$, R
C
$r = R$
$q_c(0) = 0$

← незамн. 5

K размыкают при $E_C'(t) = max$.

1). при $t = 0$
$I_R = 0$
$I_C + I_R = I = \frac{\mathcal{E}}{R}$
$I_C = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$f(g(x)) = (g(x))^2$
$g(x) = q(t)$
$(f(g(x)))'$

2). $E_C(t) = \frac{q^2(t)}{2C}$

$E_C'(t) = \left(\frac{q(t)^2}{2C}\right)' = \frac{1}{2C}\cdot 2q(t)q'(t) = \frac{q(t)\cdot \overset{i_C}{q'(t)}}{C}$

$\cancel{E''_C(t) = 0 = \frac{1}{2C} = \frac{q'(t)\cdot q'(t)}{C} + \frac{q(t)\cdot q''(t)}{C}}$

$((5x)^3)' = 3\cdot(5x)^2\cdot(5x)' = 3(5x)^2\cdot 5$

$(f(g(x)))' = f(g(x))'\cdot g(x)'$

$-q(t)\cdot q''(t) = \overset{i_C}{q'(t)}\cdot \overset{i_C}{q'(t)} = i_C^2$.

$q(t) = CU = C I_R\cdot R = C\left(\frac{\mathcal{E}}{R} - I_C\right)R = C\mathcal{E} - CR\cdot I_C$

$E_C'(t) = (\mathcal{E} - RI_C)I_C = \mathcal{E}I_C - RI_C^2$

$E_C''(t) = 0 = (\mathcal{E} - 2RI_C)I_C'(t)$; $I_C = \frac{\mathcal{E}}{2R}$.

$\left[\begin{array}{l} I_C'(t) = 0. \Rightarrow I_C = \frac{\mathcal{E}}{R} \\ \mathcal{E} = 2RI_C \end{array}\right.$

$E_C'(t) = 0$.
$E_C'(t) = \frac{\mathcal{E}}{2R}\cdot RI_C = \frac{\mathcal{E}I_C}{2} > 0$.

~~при $I = 0$; $E_C(t) = \mathcal{E} > 0$.~~

$\Rightarrow$ при $I_C = \frac{\mathcal{E}}{2R}$ E_C max.

$\Rightarrow \boxed{I_C = \frac{\mathcal{E}}{2R}}$.

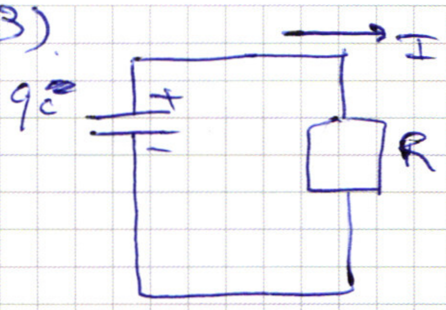
$\Rightarrow I_C = I_R = \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{I}{2}$.

$q = \frac{C\mathcal{E}}{2}$.

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

3)



q_c, ~~q~~ $= \frac{C\mathcal{E}}{2}$ (смотрим по-новому) 6

$\cancel{\frac{Q U^2}{2} = Q}$

$\cancel{\frac{q_c^2}{2C} = Q =}$

$A_{ист} = \Delta W + Q$.

$-\Delta W = Q$

$W_1 - W_2 = Q$

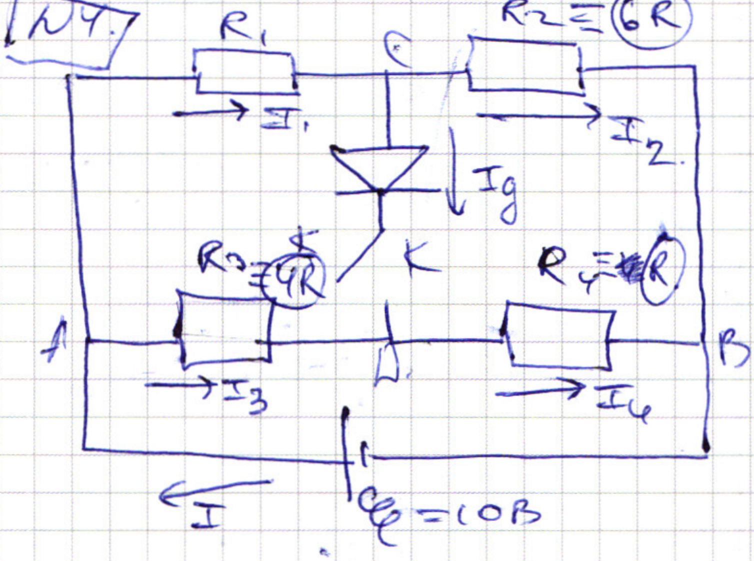
$W_1 = \frac{q_c^2}{2C}$

$W_2 = 0$. (разрядился)

$\Rightarrow \frac{q_c^2}{2C} = Q$

$\frac{\frac{(C\mathcal{E})^2}{4}}{2C} - \boxed{\frac{C\mathcal{E}^2}{8} = Q}$

№4.



Дано:

$\mathcal{E} = 10B$

$R_2 = 12$ Ом $= 6R$.

$R_3 = 8$ Ом $= 4R$.

$R_4 = 2$ Ом. $= R$

$U_0 = 1B$.

1) ~~R_3~~ I_3 -? (один) разомк. K

2) R_1 -? (несколько) $I_g \neq 0$. замк K.

3) R_1 -? (один)

$P_D = 1{,}25$ Вт.

Решение:

(1). $I_3 = I_4$

$I_3 \cdot (R + 4R) = R_{общ} \cdot I = \mathcal{E}$

$\boxed{I_3 = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{10B}{10 \text{ Ом}} = 1(A)}$

(2) $I_g \neq 0 \Rightarrow$ ~~$I_g \neq 1$~~ и $U_g = 1(B) = \varphi_C - \varphi_D$.

$\varphi_A - \varphi_C = R_1 \cdot I_1$

$\varphi_C - \varphi_B = R_2 \cdot I_2 = 6R \cdot (I_1 - I_g)$

$\varphi_A - \varphi_D = 4R \cdot I_3$

$\varphi_D - \varphi_B = R \cdot (I_g + I_g)$.

1). $\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} = R_1 I_1 + \cancel{1B} \; U_g + R(\overset{I_4}{\overset{\shortparallel}{I_3}} + I_g)$

$\cancel{2}\; 4RI_3 = R_1 I_1 + U_g$. и $I_1 = I_g$.

☑ 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

$\mathcal{E} = R_1 I_g + u_g + \frac{R_1 I_g}{4} + \frac{u_g}{4} + R I_g =$ 7

$= \frac{5}{4} R_1 I_g + \frac{5}{4} u_g + R I_g = \mathcal{E} = \cancel{10}$

$(\frac{5}{4} R_1 + R) I_g = (10 - \frac{5}{4})В = \frac{35}{4} \quad / \cdot 4 \neq 0$

$(5R_1 + 8) I_g = 35$. $I_g = \frac{35}{5R_1 + 8}$

$I_g \in (0; +\infty)$. при $I_g \to \infty$ $R_1 \xrightarrow[R_1 \to \infty]{} -\frac{8}{5}$ при $I_g \to 0$

$\Rightarrow \boxed{R_1 \in \left(-\frac{8}{5}; +\infty\right)}$

3). $P_D = \cancel{...}$ $u_g \cdot I_g = 1,25$ Вт (если $P_D \neq 0$, то к замкнут)

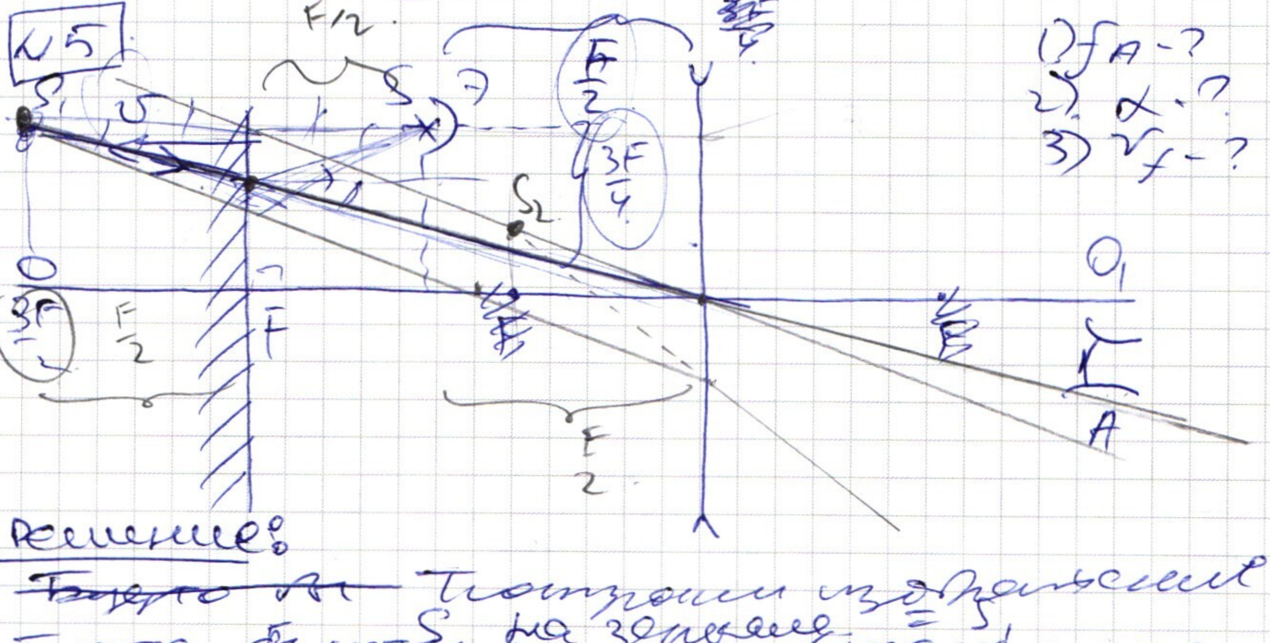
$I_g = 1,25 A$.

$I_g = \frac{35}{5R_1 + 8} = 1,25 = \frac{5}{4}$

$28 - 8 = 5R_1$

$\boxed{R_1 = \frac{20}{5} = 4 Ом}$

№5



1) f_A - ?
2) α - ?
3) v_f - ?

Решение:

~~Будто А1~~ Построим изображение S на зеркале

Будто бы светится S_1 (несимметрично отн-со)

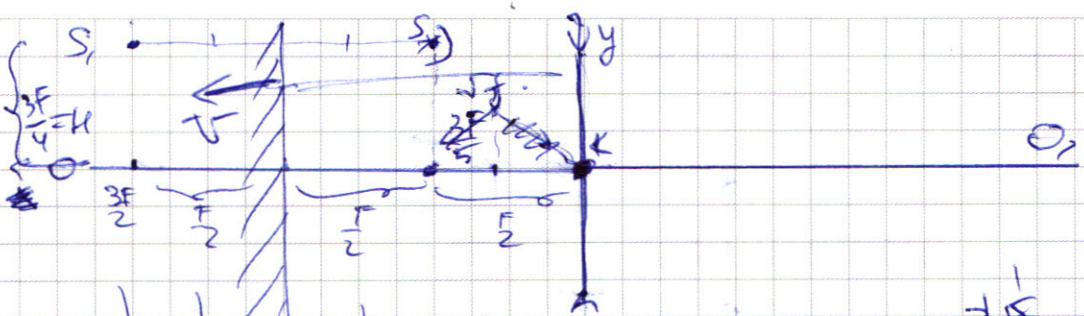
$\Rightarrow$ ~~$\frac{3F}{2} + \frac{5F}{2} - f_A = -F$~~ ~~$\frac{5F}{2} = f_A$~~

$\frac{3F}{2} \neq \Delta A \not\parallel LA$. $\quad -\frac{1}{f_A} + \frac{2}{3F} = \frac{1}{F}$

$\boxed{f_A = \frac{3}{5}F} \Leftarrow \frac{2+3}{3F} = \frac{1}{f_A}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



$|\Gamma| = \left|\frac{f}{d}\right| = \left|\frac{h}{H}\right|$ $\quad |h| = \left|\frac{f \cdot H}{d}\right| = \frac{3/5 F \cdot 3/4}{3/2} = \frac{3}{10}F = 0{,}3F$

$h = 0{,}3F$

$\frac{3F}{5} = 0{,}6F$

$\vec{v} \uparrow\uparrow \vec{OO_1} \Rightarrow d \to \infty \Rightarrow f_A \to F$

$H = const$ (v на главной оси)
$h = \frac{3}{10}F$

Смещение треугольник.

$0{,}5F$ $\quad 0{,}3F$ $\quad \alpha$

$F - 0{,}6F = 0{,}4F$

$tg\,\alpha = \frac{3}{4}$

$\boxed{\alpha = arctg\,\frac{3}{4}}$

3) оси: кусок O ($Ky \perp KO$).

$v = \frac{dx}{dt}$, $\int_F^x dx = \int_0^t v\,dt$ $\quad d(t) = F + vt$

$\frac{1}{d(t)} - \frac{1}{f(t)} = -\frac{1}{F}$

$\frac{F + d(t)}{F \cdot d(t)} = \frac{1}{f(t)}$. $\quad f(t) = \frac{F^2 + vt \cdot F}{2F + vt} = \frac{F + vt}{2 + \frac{vt}{F}}$

$\frac{F+vt}{2F+vt} = F\left(1 - \frac{F}{2F+vt}\right) = F - \frac{F^2}{2F+vt}$

$f'(t) = v_x = \frac{F^2}{(2F+vt)^2}$

$v_y = \frac{5}{3}\frac{F^2}{(2F+vt)^2} = \frac{5}{3 \cdot 2}F = \frac{5}{6}F$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)