Олимпиада «Физтех» по физике, (

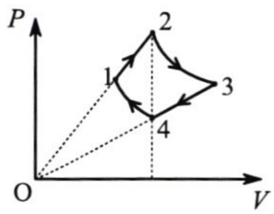
Класс 11 **Вариант 11-07**

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 3 раза, а модули ускорений равны.

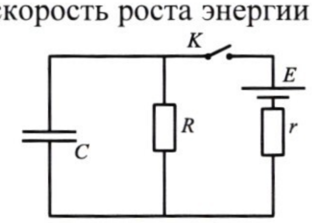
1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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 объем газа увеличивается в $k = 1{,}8$ 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.



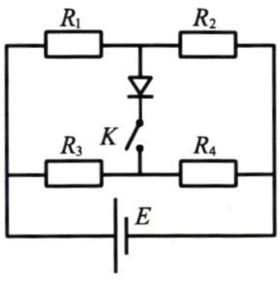
1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

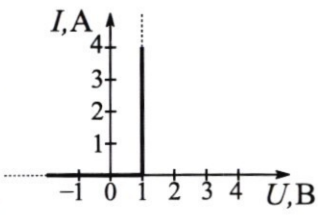
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ К на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



1) Найти ток, текущий через источник, сразу после замыкания ключа.
2) Найти ток, текущий через конденсатор, непосредственно перед размыканием ключа.
3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

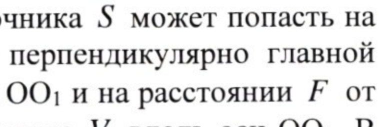
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.





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 $P_D = 2$ 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 $3F/4$ от оси OO₁ и на расстоянии F от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO₁. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ 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

$\boxed{1}$

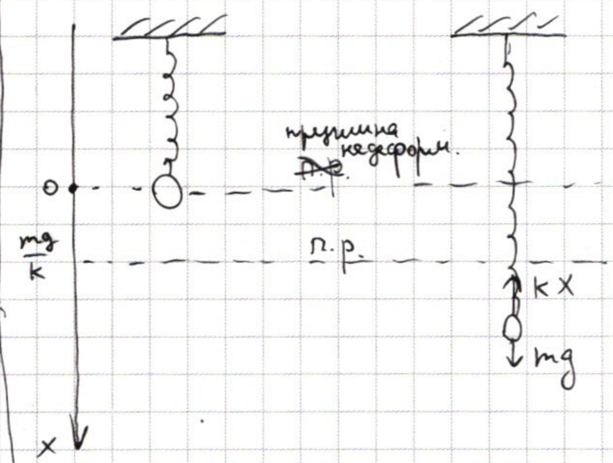
$\frac{F_1}{F_2} = 3$

$|a| = |a_1| = |a_2|$

1) $|a|$ - ?

2) $\frac{k_1}{k_2}$ - ?

3) $\frac{W_{пр\,max}}{K_{max}}$ - ?



Напишем 2 з-н Ньютона для произв. момента времени на ось X:

$$mg - kx = ma_x \quad , \; a_x \text{ - проекция уск. на ось } x$$

$ma_x + kx = mg$

$\underbrace{a_x + \frac{k}{m} x = g}$ - ур-ие гарм. колебаний, где $\frac{k}{m} = \omega^2$ - цикл. частота, $g = \omega^2 x_1$, x_1 - ~~растяжение~~ деформация пружины в положении равновесия (п.р.):

$$mg = kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{mg}{k}$$

~~Пусть~~ Решение дифф. ур-ия колебаний:

$$x(t) = x_1 + A\sin\omega t + B\cos\omega t \quad , \; x_1 = \frac{mg}{k}$$

Найдём A и B из нач. условий:

$x(0) = x_1 + B = 0 \Rightarrow B = -\frac{mg}{k}$

$v(t) = x'(t) = A\omega\cos\omega t - B\omega\sin\omega t$

$v(0) = A\omega - 0 = 0 \rightarrow A = 0$

Выходит, что $\underbrace{x(t) = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t}$

Пусть моменты времени, о к-ых говорится, t_1 и t_2:

$$* \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{kx_1}{kx_2} = \underbrace{\frac{x_1}{x_2} = 3}$$

$$(*) \quad x_1 = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_1 = 3x_2 = 3\frac{mg}{k} - \frac{3mg}{k}\cos\omega t_2$$

$$a_x(t) = x''(t) = -B\omega^2\cos\omega t = \frac{mg}{k}\cdot\frac{k}{m}\cos\omega t = g\cos\omega t$$

$$|a_1| = |a_2| = |a| \Rightarrow |g\cos\omega t_1| = |g\cos\omega t_2| \Rightarrow \cos\omega t_1 = \cos\omega t_2$$

либо

$$(*): 3\cos\omega t_2 = \cos\omega t_2 + 2$$

$$3\cos\omega t_1 = \cos\omega t_1 + 2$$

$$\cos\omega t_1 = -\cos\omega t_2$$

$\boxed{\cos\omega t_1 = \cos\omega t_2 = 1}$ – не удовлетворяет условию, так как это должны быть разные моменты и в эти моменты у шарика должна быть скорость

~~1) тогда $|a| = g\cos\omega t_1 = g\cdot 1 = g$~~

~~2) $\frac{K_1}{K_2} = \frac{1}{2}m v_1^2 : \frac{m v_1^2}{2} / \frac{m v_2^2}{2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$~~

~~$\frac{|v_1|}{|v_2|} =$ ——— $\quad v(t) = x_1\omega\sin\omega t = \sqrt{\frac{m}{k}}\,g\sin\omega t$~~

~~$\frac{|v_1|}{|v_2|} = \frac{\sin\omega t_1}{\sin\omega t_2}$~~

~~$\frac{K_1}{K_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\sin^2(\omega t_1)}{\sin^2\omega t_2} = \frac{1-\cos^2\omega t_1}{1-\cos^2\omega t_2} =$~~

~~т.к. $\cos\omega t_1 = 1$, то это моменты времени, в к-ых пружина недеформирована.~~

~~Т.к. в начале эне~~

Тогда $\cos\omega t_1 = -\cos\omega t_2$:

$$(*) \quad \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_1 = 3\frac{mg}{k} + 3\frac{mg}{k}\cos\omega t_1$$

$$1 - \cos\omega t_1 = 3 + 3\cos\omega t_1$$

$$4\cos\omega t_1 = -2 \Rightarrow \boxed{\begin{aligned}\cos\omega t_1 &= -\frac{1}{2}\\ \cos\omega t_2 &= \frac{1}{2}\end{aligned}}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① 1) $\left(|a| = |g\cos\omega t_1| = \left|g\cdot\left(-\frac{1}{2}\right)\right| = \left|-\frac{g}{2}\right| = \frac{g}{2}\right)$

2) $\frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$

$v_x(t) = \sqrt{\frac{m}{k}}\, g \sin\omega t$

$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(\frac{\sin\omega t_1}{\sin\omega t_2}\right)^2 = \frac{1-\cos^2\omega t_1}{1-\cos^2\omega t_2} = \frac{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2}{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 1$

$\left(\frac{K_1}{K_2} = 1\right)$

3) $W_{пр} = \frac{1}{2}kx^2$

$x_{max} = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cdot(-1) = \frac{2mg}{k}$

$\left(W_{пр\ max} = \frac{1}{2}k x_{max}^2 = \frac{k}{2}\cdot\frac{4m^2g^2}{k^2} = 2\frac{m^2g^2}{k} = \frac{2m^2g^2}{k}\right)$

$\left(v_{max} = \sqrt{\frac{m}{k}}\, g \Rightarrow K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{m}{2}\cdot\frac{m}{k}g^2 = \frac{m^2g^2}{2k}\right)$

$\left(\frac{W_{пр\ max}}{K_{max}} = \frac{2\frac{m^2g^2}{k}}{0{,}5\frac{m^2g^2}{k}} = \frac{2}{0{,}5} = 4\right)$

Ответ: 1) $|a| = \frac{g}{2}$

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

3) $\frac{W_{пр\ max}}{K_{max}} = 4$

2

$i = 3$

T_1, $k = 1{,}8$

$2-3: \ T_{23} = const$

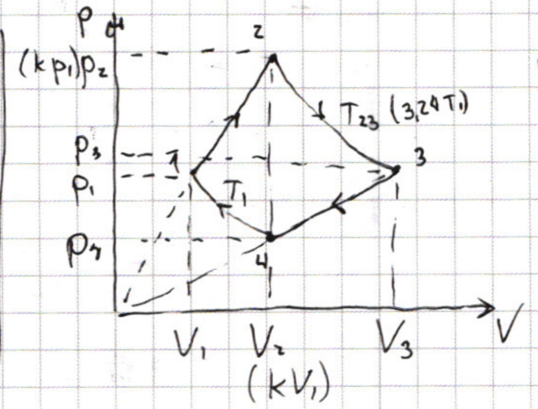
$4-1: \ T_{41} = const$

$V_2 = V_4$

1) T_{23} - ?

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

3) C_{12} - ?



из подобия: $p_2 = kp_1$

Ур-ие Менделеева - Клапейрона: (точки 1 и 2):

$p_1V_1 = \nu R T_1$, ν - кол-во вещества

$p_2 V_2 = \nu R T_{23}$

$p_2 V_2 = kp_1 \cdot kV_1 = k^2 p_1 V_1 = k^2 \nu R T_1$

$\cancel{\nu} R T_{23} = k^2 \cancel{\nu} R T_1 \Rightarrow \boxed{T_{23} = k^2 T_1}$ $\quad k^2 = 3{,}24$

1) $\boxed{T_{23} = 3{,}24\, T_1}$

2) $p_3 V_3 = \nu R T_{23} = k^2 p_1 V_1$

(*) $\dfrac{p_1}{p_3} = \dfrac{V_3}{k^2 V_1}$

~~дел~~ $1-4: \ T_{41} = const: \quad p_1V_1 = p_4V_4 = kp_4V_1 \Rightarrow \boxed{p_4 = \dfrac{p_1}{k}}$

из ~~геом.~~ подобия: $\dfrac{p_4}{p_3} = \dfrac{kV_1}{V_3}$

$\dfrac{p_4}{p_3} = \dfrac{p_1}{kp_3} = \dfrac{kV_1}{V_3}$ (**)

(*) и (**): $\quad \dfrac{p_1}{p_3} = \dfrac{V_3}{k^2V_1} \Rightarrow \boxed{k^2 p_1 V_1 = p_3 V_3} \Rightarrow V_3 = \dfrac{k^2 p_1}{p_3} V_1$

$\dfrac{p_1}{kp_3} = \dfrac{kV_1}{V_3} \Rightarrow \boxed{p_1 V_3 = k^2 p_3 V_1} \Rightarrow$

$\Rightarrow p_1 \cdot \dfrac{k^2 p_1}{p_3} \cancel{V_1} = k^2 p_3 \cancel{V_1}$

$k^2 \dfrac{p_1^2}{p_3} = k^2 p_3 \Rightarrow p_1^2 = p_3^2 \Rightarrow \left(\dfrac{p_1}{p_3} = 1\right)$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{2}$ 3) $C_{12} = \dfrac{Q_{12}}{\nu \Delta T_{12}}$

площадь под графиком

I начало термод.:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \cancel{\tfrac{3}{2}}\ \frac{3}{2}\nu R(T_{23} - T_1) + \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) =$$

$$= \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 2(p_2V_2 - p_1V_1) =$$

$$= 2(k^2\nu RT_1 - \nu RT_1) = \underline{2(k^2-1)\nu RT_1}$$

$$\nu\Delta T_{12} = \nu T_{23} - \nu T_1 = k^2\nu T_1 - \nu T_1 = \underline{(k^2-1)\nu T_1}$$

$$\left(C_{12} = \frac{Q_{12}}{\nu\Delta T_{12}} = \frac{2\cancel{(k^2-1)}\cancel{\nu}R\cancel{T_1}}{\cancel{(k^2-1)}\cancel{\nu T_1}} = 2R\right)$$

Ответ:
1) $T_{23} = 3{,}24\,T_1$
2) $\dfrac{p_1}{p_3} = 1$
3) $C_{12} = 2R$

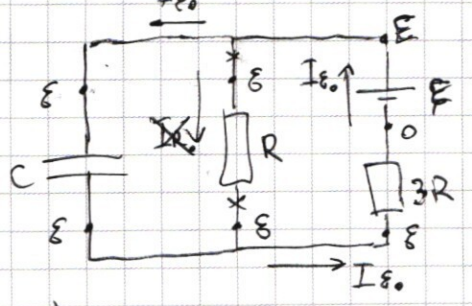
$\boxed{3}$

$\mathcal{E}$, R, C

$r = 3R$

$\dfrac{\Delta W_C}{\Delta t}$

1) $I_{\mathcal{E}_0}$ – ?
2) I_{C_1} – ?
3) Q' – ?



Используем метод узловых потенциалов

1) Сразу после замыкания ключа напр. на ~~конд~~ C скачком не изменится ⇒

⇒ $U_{C_0} = 0$

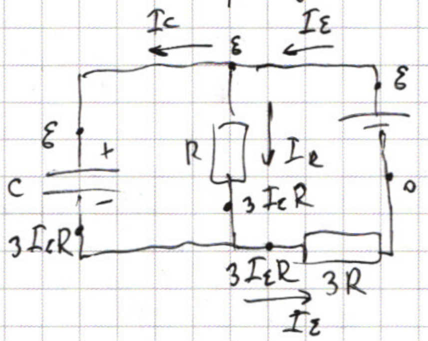
Выходит, что ток через R не течёт:

$$\left(I_{\mathcal{E}_0} = \frac{\mathcal{E}}{3R}\right)$$ по закону Ома

2) Скорость изм. энергии на C это мощность P_c

[3] $P_c = I_c U_c$

Рассм. произвольный момент времени с $\overset{k}{-\!\bullet\!-\!\bullet\!-}$:



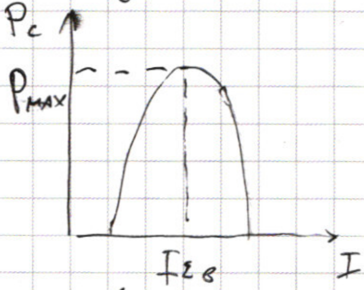
$U_c = \mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R$ закон сохр. заряда

$I_\mathcal{E} = I_R + I_c$ (из ЗСЗ)

$\mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R = I_R \cdot R \Rightarrow \underline{I_R = \frac{\mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R}{R}}$

$$P_c = I_c U_c = (I_\mathcal{E} - I_R)(\mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R) = \left(I_\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{R} + 3I_\mathcal{E}\right) \times$$
$$\times (\mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R) = \left(4I_\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{R}\right)(\mathcal{E} - 3I_\mathcal{E}R) =$$
$$= 4I_\mathcal{E}\mathcal{E} - 12I_\mathcal{E}^2R - \frac{\mathcal{E}^2}{R} + \frac{\mathcal{E}}{\cancel{R}} \cdot 3I_\mathcal{E}\cancel{R} =$$
$$= -12R\,I_\mathcal{E}^2 + 7\mathcal{E} \cdot I_\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}^2}{R}$$

тогда $P_c(I_\mathcal{E})$ ~~ск~~ схематично выглядит так:



$$\left(I_{\mathcal{E}в} = \frac{-7\mathcal{E}}{-24R} = \frac{7\mathcal{E}}{24R}\right)$$

~~$P_{MAX} = P_c\left(\frac{7\mathcal{E}}{24R}\right) = -12R \cdot \frac{49\mathcal{E}^2}{}$~~

дискриминант

$$P_{MAX} = \frac{-D}{-48R} = \frac{D}{48R} = \frac{49\mathcal{E}^2 - 4 \cdot 12\cancel{R} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{\cancel{R}}}{48R} =$$
$$= \frac{49\mathcal{E}^2 - 48\mathcal{E}^2}{48R} = \frac{\mathcal{E}^2}{48R}$$

2) $I_{c_1} = I_{\mathcal{E}в} - I_{R_1}$

$I_{\mathcal{E}в} = \frac{7\mathcal{E}}{24R}$, $I_{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R} - 3I_{\mathcal{E}в} = \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{\cancel{3} \cdot 7\mathcal{E}}{_8\cancel{24}R} =$

$$= \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{7}{8} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = \left(1 - \frac{7}{8}\right)\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{8R}$$

$$\left(I_{c_1} = \frac{7\mathcal{E}}{24R} - \frac{\mathcal{E}}{8R} = \frac{7\mathcal{E} - 3\mathcal{E}}{24R} = \frac{4\mathcal{E}}{24R} = \frac{\mathcal{E}}{6R}\right)$$

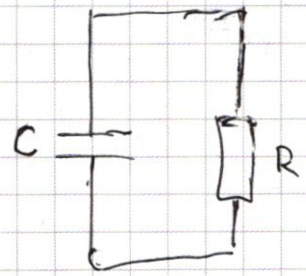
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 3) Напр. на $\overset{C}{-||-}$ перед размыканием:

$$U_{C_1} = \mathcal{E} - 3 I_{\mathcal{E}_8} R = \mathcal{E} - 3R\cdot\frac{7\mathcal{E}}{24R} = \mathcal{E} - \frac{7}{8}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{8}$$

$$\left(W_{C_1} = \frac{1}{2} C U_{C_1}^2 = \frac{C}{2}\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{64} = \frac{C\mathcal{E}^2}{128}\right)$$

~~Энер.~~ Сразу после замыкания ключа энергия на $\overset{C}{-||-}$ скачком не изменится (как и напр.): после размыкания:



ЗСЭ: $Q' = -\Delta W_C = -(0 - W_{C_1}) = W_{C_1}$

$$\left(Q' = \frac{C\mathcal{E}^2}{128}\right)$$

Ответ: 1) $I_{\mathcal{E}_0} = \frac{\mathcal{E}}{3R}$

2) $I_{C_1} = \frac{\mathcal{E}}{6R}$

3) $Q' = \frac{C\mathcal{E}^2}{128}$

~~5~~ 4

$\mathcal{E} = 8$ В

$R_2 = 3$ Ом

$R_3 = 6$ Ом

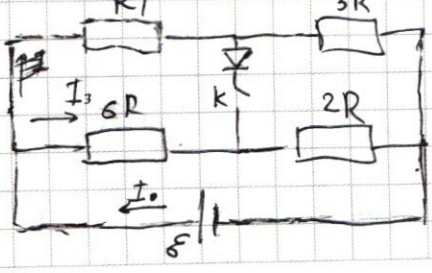
$R_4 = 2$ Ом

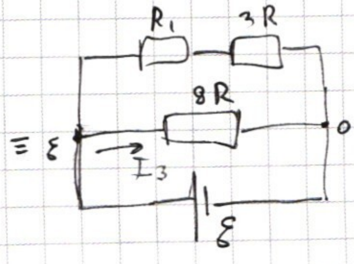
$U_0 = 1$ В

~~1)~~ Пусть $R = 1$ Ом, тогда

$R_2 = 3R$, $R_3 = 6R$, $R_4 = 2R$

1)





4) 1) I_3 – ?

2) R_1 – ? ток через диод течет

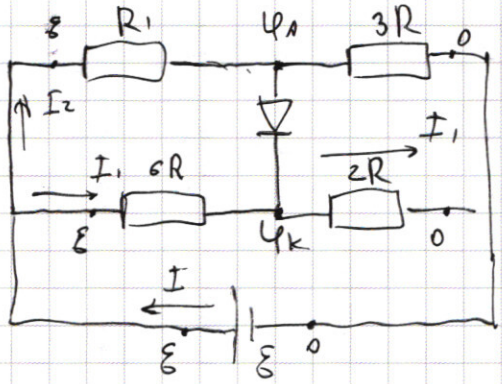
3) $P_D = 2$ Вт

R_1 – ?

1) по з-ну ома: $I_3 = \dfrac{\mathcal{E}}{8R}$

$\left(I_3 = \dfrac{8}{8\cdot 1} = 1\ \text{А}\right)$

2)



Рассм. пороговый момент!

Используем метод узловых потенциалов:

ток через $-\triangleright|-$ течёт если $\varphi_K - \varphi_A \geq U_0$

$\varphi_K = 2I_1R \Rightarrow I_1 = \dfrac{\varphi_K}{2R}$

$\varphi_A = 3I_2R \Rightarrow I_2 = \dfrac{\varphi_A}{3R}$

$\mathcal{E} - 3I_2R = I_2R_1 \Rightarrow \mathcal{E} - \varphi_A = \dfrac{\varphi_A}{3R}R_1 \Rightarrow \left(\varphi_A = \dfrac{\mathcal{E}}{1+\dfrac{R_1}{3R}} =\right.$

$\left.= \dfrac{3\mathcal{E}R}{3R+R_1}\right)$

$\mathcal{E} - \varphi_K = 6I_1R = \overset{3}{\cancel{6}}R\cdot\dfrac{\varphi_K}{\cancel{2}R} = 3\varphi_K \Rightarrow \left(\varphi_K = \dfrac{\mathcal{E}}{4}\right)$

$\varphi_K - \varphi_A = \dfrac{\mathcal{E}}{4} - \dfrac{3\mathcal{E}R}{3R+R_1} \geq 0$

$\dfrac{\mathcal{E}}{4} \geq \dfrac{3\mathcal{E}R}{3R+R_1}$

$\dfrac{3R}{3R+R_1} \leq \dfrac{1}{4} \quad \Big| \cdot \left(4\,(3R+R_1)\right)$

$3R\cdot 4 \leq 3R + R_1$

$12R \leq 3R + R_1$

$9R \leq R_1$

$\boxed{R_1 \geq 9R}$ 2) при $R_1 \geq 9$ Ом

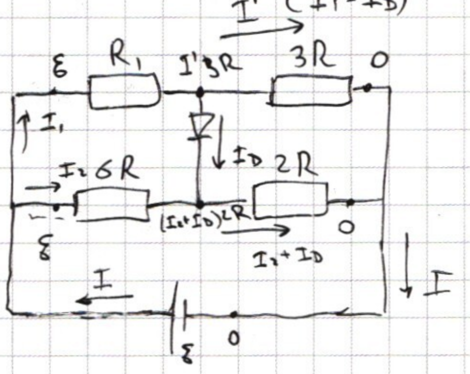
$9R = 9$ Ом

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{4}$ 3) $P_D = U_0 I_D \Rightarrow \left(I_D = \frac{P_D}{U_0} = \frac{2}{1} = 2\,A\right)$



$\cancel{I'} = \cancel{33}$ ЗСЗ: $I_1 = I_D + I'$

$I' = I_1 - I_D$

$\varepsilon - (I_2 + I_D)\cdot 2R = 6 I_2 R$

$\varepsilon - 2 I_2 R - 2 I_D R = 6 I_2 R$

$\varepsilon - 2 I_D R = 8 I_2 R$

$\left(I_2 = \frac{\varepsilon - 2I_D R}{8R} = \frac{8-2}{8} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}\,A\right)$

$\varepsilon - 3I'R = \varepsilon - 3(I_1 - I_D)R = \varepsilon - 3I_1R + 3I_DR$

$\varepsilon - I'\cdot 3R = I_1 R_1$

$\varepsilon - 3I_1R + 3I_DR = I_1R_1$

$\varepsilon + 3I_DR = I_1(R_1 + 3R) \Rightarrow \left(I_1 = \frac{\varepsilon + 3I_DR}{R_1 + 3R}\right)$

ток через диод течёт, поэтому $\varphi_K - \varphi_A = U_0$

$\left(\varphi_K = (I_2 + I_D)\cdot 2R = 2I_2R + I_D 2R = \right.$

$= \cancel{2}\cancel{R}\cdot\frac{\varepsilon - 2I_DR}{4\cancel{8}\cancel{R}} + I_D\cdot 2R = \frac{\varepsilon}{4} - \frac{I_DR}{2} + 2I_DR =$

$\left. = \frac{\varepsilon}{4} + I_DR\left(2 - \frac{1}{2}\right) = \frac{\varepsilon}{4} + \frac{3I_DR}{2}\right)$

$\varphi_A = 3I'R = 3R\cdot\frac{\varepsilon + 3I_DR}{R_1 + 3R}$, пусть $R_1 = \alpha R$:

$\varphi_A = 3\cancel{R}\cdot\frac{\varepsilon + 3I_DR}{(\alpha+3)\cancel{R}}$

$\left(\varphi_A = \frac{3\varepsilon + 9I_DR}{\alpha + 3}\right)$ $\quad \varphi_K - \varphi_A = \frac{\varepsilon}{4} + \frac{3}{2}I_DR - \frac{3\varepsilon + 9I_DR}{\alpha + 3} = U_0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

[4] $\frac{\varepsilon}{4} + \frac{3}{2} I_D R - \frac{3\varepsilon + 9 I_D R}{\alpha + 3} = U_0$

$$\frac{3\varepsilon + 9 I_D R}{\alpha + 3} = \frac{\varepsilon}{4} + \frac{3}{2} I_D R - U_0$$

$$\alpha + 3 = \frac{3\varepsilon + 9 I_D R}{\frac{\varepsilon}{4} + \frac{3}{2} I_D R - U_0}$$

$$R_1 = \left(\frac{3\varepsilon + 9 I_D R}{\frac{\varepsilon}{4} + \frac{3}{2} I_D R - U_0} - 3\right) R = \left(\frac{12\varepsilon + 36 I_D R}{\varepsilon + 6 I_D R - 4U_0} - 3\right) R,$$

где $R = 1$ Ом, $I_D = 2$ A

$$\left(R_1 = \left(\frac{24 + 9 \cdot 2}{2 + 1{,}5 \cdot 2 - 1} - 3\right) \cdot 1 = \frac{42}{4} - 3 = 10{,}5 - 3 = \right.$$

$$\left. = 7{,}5 \text{ Ом}\right)$$

Ответ: 1) $I_3 = 1$ A

2) $R_1 \geq 9$ Ом

3) $R_1 = 7{,}5$ Ом

[5]

$|F| = F$, λ

$h = \frac{3F}{4}$

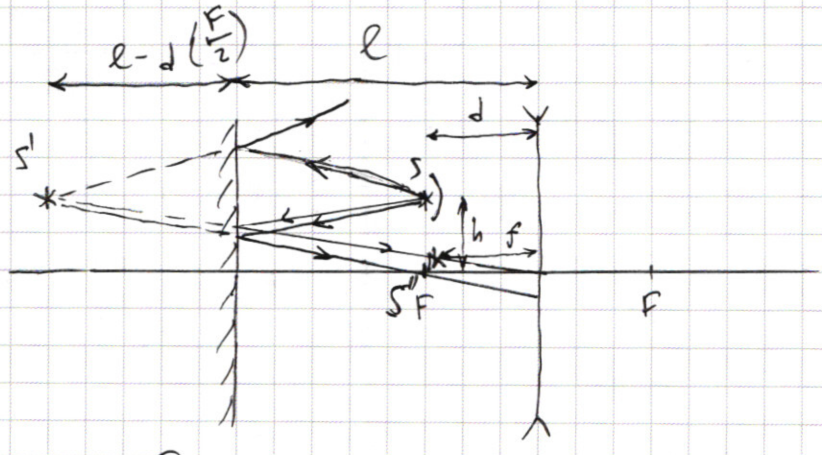
$d = F$

V, $l = \frac{3F}{2}$

1) f − ?

2) α − ?

3) u − ?



1) изобр. предмета S в зеркале будет находиться на расстоянии $(l - d)$ от зеркала: $l - d = \frac{3}{2}F - F = \frac{F}{2}$

тогда S' − действ. предмет для линзы

ф-ла тонкой линзы для S':

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

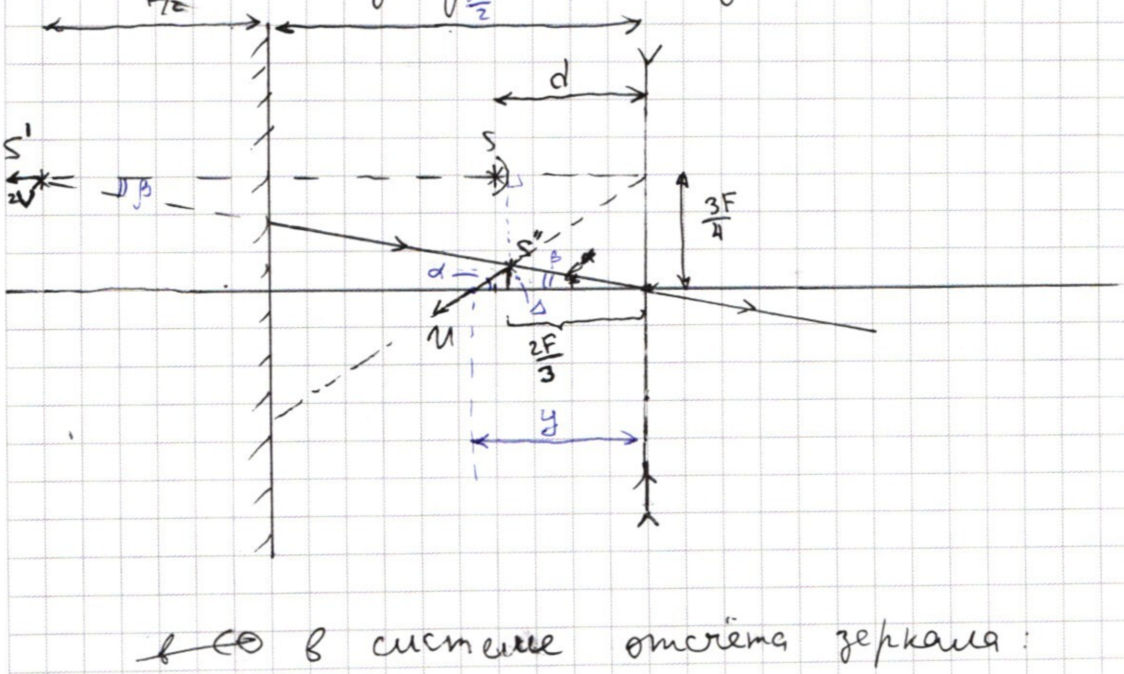
$\boxed{5}$ 1) $\dfrac{1}{\frac{F}{2}+l} - \dfrac{1}{f} = -\dfrac{1}{F}$

$$\frac{F}{2}+l = \frac{F}{2}+\frac{3F}{2} = 2F$$

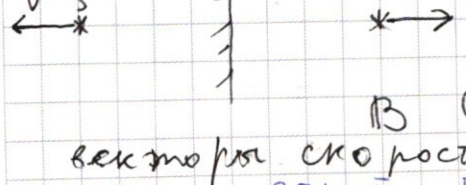
$$\frac{1}{2F} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{1+2}{2F} = \frac{3}{2F}$$

$$\left(f = \frac{2F}{3}\right)$$

Выходит, что изобр. в системе S'' находится на расстоянии $f = \frac{2F}{3}$ от линзы. Это изображение и увидит наблюдатель



~~в СО~~ в системе отсчёта зеркала:



выходит, что в СО земли ~~изобр~~ изобр. S' движется со скоростью $2V$ влево

В СО линзы прямые, содержащие вектора скоростей S' и S'' пересекаются в одной точке на линзе

$\boxed{5}$ 2) ~~перпендикуляра~~ длина перпендикуляра из S'' на главную опт. ось – Δ

~~скорости и~~ продольные скорости S' и S'' ~~сонаправлены~~ направлены в одну сторону

из подобия: $\dfrac{\Delta}{3F/4} = \dfrac{2F/3}{2F}$

$\dfrac{4\Delta}{3F} = \dfrac{\cancel{2F}}{3} \cdot \dfrac{1}{\cancel{2F}} = \dfrac{1}{3}$

$12\Delta = 3F$

$\left(\Delta = \dfrac{3F}{12} = \dfrac{F}{4}\right)$

из подобия: $\dfrac{y}{2F} = \dfrac{\Delta}{\frac{3F}{4} - \Delta}$

$\dfrac{y}{2F} = \dfrac{\frac{F}{4}}{\frac{3F}{4} - \frac{F}{4}} = \dfrac{F}{3F - F} = \dfrac{F}{2F}$

$\dfrac{y}{2F} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \underbrace{y = F}$

тогда $\left(\operatorname{tg} \alpha = \dfrac{3F/4}{y} = \dfrac{3F}{4y} = \dfrac{3F}{4F} = \dfrac{3}{4}\right)$

$\alpha = \operatorname{arctg} \dfrac{3}{4}$

3) продольные скорости ~~v~~ S' и S'' относятся как Γ^2:

(*) $\underbrace{\dfrac{u\cos\alpha}{2V} = \Gamma^2}$; $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{3}{4} \Rightarrow \underbrace{\cos\alpha = \dfrac{4}{5}}$

$\Gamma = \dfrac{f}{d'}$, где $d' = \dfrac{F}{2} + \dfrac{3F}{2} = 2F$ (расст. от S' до линзы)

$f = \dfrac{2F}{3} \Rightarrow \Gamma = \dfrac{\frac{2F}{3}}{2F} = \dfrac{\cancel{2F}}{3 \cdot \cancel{2F}} = \dfrac{1}{3}$

(*) $u \cdot \dfrac{4}{5} = 2V \cdot \left(\dfrac{1}{3}\right)^2$

$\dfrac{\overset{2}{\cancel{4}}u}{5} = \dfrac{\cancel{8}V}{9} \Rightarrow 18u = 5V \Rightarrow \left(u = \dfrac{5}{18}V\right)$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{5}$ Ответ:

1) $f = \frac{2F}{3}$

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

3) $u = \frac{5}{18} V$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$mg\,x_{max} = \frac{1}{2} k\,x_{max}^2$

$mg = \frac{k x_{max}}{2}$

$x_{max} = \frac{2mg}{k}$

$\frac{2m^2g^2}{k} \cdot \frac{2k}{m^2g^2} = 4$

☑ 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

$W_{пр\,max} = \frac{1}{2} k x^2_{max}$

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

$x_{max} = 2\frac{mg}{k}$

$0 =$

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

$= \sqrt{\frac{m}{k}}\, g$

$\times \begin{array}{r} 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 3{,}24 \end{array}$

$p_3V_3 = 3{,}24\,\nu RT_1 = 3{,}24\,p_1V_1$

$p_1 V_1 = p_4 V_4 = k p_4 V_1$

$p_1 = k p_4 \Rightarrow p_4 = \frac{p_1}{k}$

$\frac{p_1}{p_3} = \frac{V_3}{k^2 V_1}$

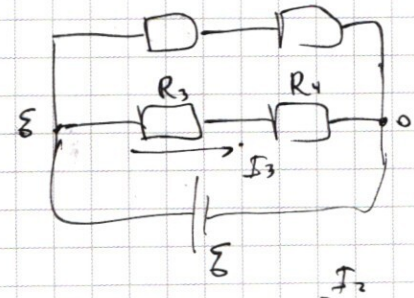
$\frac{p_4}{p_3} = \frac{p_1}{k p_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{kV_1}{V_3}$

$\frac{p_1}{kp_3} = \frac{kV_1}{V_3}$

$\frac{12R}{3R+R_1} \leq 1$

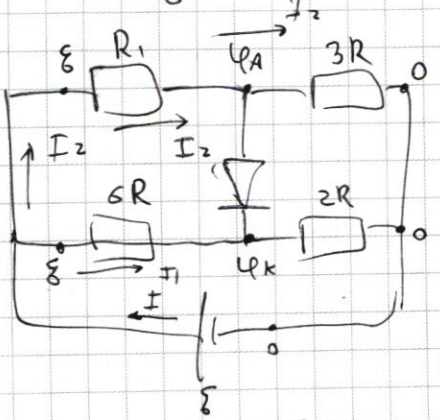
$12R \leq 3R + R_1$

$9R \leq R_1$



$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R_3+R_4}$

$R = 1$ Ом



$\varphi_K = 2I_1R$

$\varphi_A = 3I_2R$

$\varphi_K - \varphi_A \geq U_0$

$\mathcal{E} - 3I_2R = I_2R_1 = \mathcal{E} - \varphi_A$

$\mathcal{E} - \varphi_A = \frac{\varphi_A}{3R} R_1$

$\mathcal{E} - \varphi_K = 6I_1R$

$\varphi_A = \frac{\mathcal{E}}{1+\frac{R_1}{3R}}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

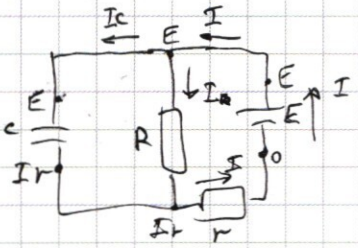
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$I = I_R + I_C$ $\qquad \frac{4}{3}+\frac{1}{3}=$

$\mathcal{E} = Ir + 3I_R r \Rightarrow I_R = \frac{\mathcal{E} - Ir}{3r}$

$U_c = E - Ir$

$I_c = I - I_R = I - \frac{\mathcal{E}}{3r} + \frac{I}{3} = \frac{4}{3}I - \frac{\mathcal{E}}{3r}$

$\frac{\Delta W_c}{\Delta t} = P_c = I_c U_c$

$\left(\frac{1}{2}CU_c^2\right)' = \frac{1}{2}C \cdot 2U_c \cdot U_c' = q$

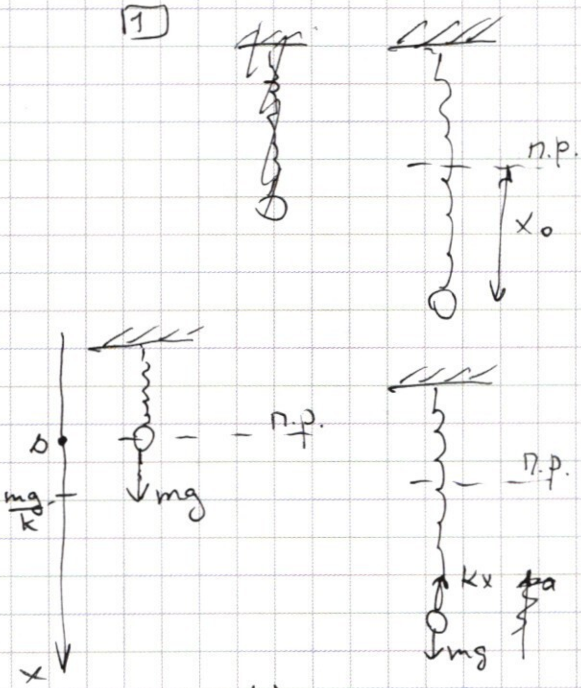
$P_c = (\mathcal{E} - Ir)\left(\frac{4}{3}I - \frac{\mathcal{E}}{3r}\right) = \frac{4}{3}\mathcal{E}I - \frac{\mathcal{E}^2}{3r} - \frac{4}{3}rI^2 + \frac{\mathcal{E}}{3}I =$

$= -\frac{4}{3}rI^2 + \frac{5}{3}\mathcal{E}I - \frac{\mathcal{E}^2}{3r}$

$\cancel{-12R}$ $\qquad \cancel{x_1 + x_2 = \frac{7\mathcal{E}}{12R}}$

$\cancel{mg - kx}$ $\qquad \cancel{x_1 x_2 =}$

1



$y = ax^2 + bx + c$

$y_m = a\left(-\frac{b}{2a}\right)^2 - b \cdot \frac{b}{2a} + c =$

$= -\frac{ab^2}{4a^2} - \frac{b^2}{2a} + c = - \frac{3b}{4a} + c$

$mg - kx = ma_x$ $\qquad \omega^2 x_1 = g$

$ma_x + kx = mg$ $\qquad \frac{kx_1}{m} = g$

$a_x + \frac{k}{m}x = g$ $\qquad x_1 = \frac{mg}{k} = x_0$

$x(t) = x_1 + A\sin\omega t + B\cos\omega t$

$\cancel{x(0) = x_1 + B}$ $\qquad x(0) = x_1 + B = 0$

$B = -x_1$ $\qquad \boxed{x(t) = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t}$

$v(0) = \dot{x} = A\omega\cos\omega t - \cancel{B\omega\sin\omega t} = 0$

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{x_1}{x_2} = 3$

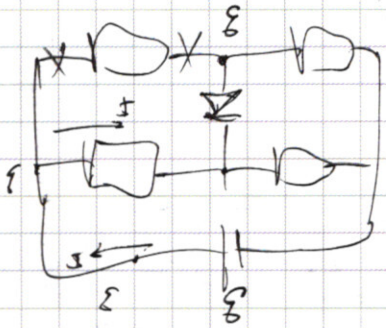
$a(t) = \ddot{x} = -\overset{0}{A}\omega^2\sin\omega t - B\omega^2\cos\omega t = -B\omega^2\cos\omega t$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$x_1 = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_1 = 3x_2$

$x_2 = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_2$



$\frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_1 = \frac{3mg}{k} - \frac{3mg}{k}\cos\omega t_2$

$\frac{mg}{k}(3\cos\omega t_2 - \cos\omega t_1) = \frac{2mg}{k}$

$\boxed{3\cos\omega t_2 = \cos\omega t_1 + 2}$

$|a| = |B\omega^2\cos\omega t| = |-\frac{mg}{k}\cdot\frac{k}{m}\cos\omega t| = g\cos\omega t$

$|a_1| = |a_2|$

$\boxed{\cos\omega t_1 = \cos\omega t_2}$

$v(t) = x_1\omega\sin\omega t = \frac{mg}{k}\cdot\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}} = \frac{\sqrt{m}g}{\sqrt{k}} = \sqrt{\frac{m}{k}}g$

$\begin{array}{r} 10{,}5 \\ -\ 3{,}0 \\ \hline 7{,}5 \end{array}$

$3\cos\omega t_1 = \cos\omega t_1 + 2$

! $\boxed{\cos\omega t_1 = 1}$

$\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{k}k}\cdot\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}} = \sqrt{\frac{m}{k}}$

$\frac{42}{4} = 10{,}5$

$mg - kx = mg$

$x = 0$

$1 - \cos\omega t_1 = 3 - 3\cos\omega t_2$

$3\cos\omega t_2 - \cos\omega t_1 = 2$

$a\frac{b^2}{4a^2} - \frac{b^2}{2a} + c = \frac{b^2}{4a} - \frac{b^2}{2a} + c = \frac{-b^2}{4a} + c = \frac{-D}{4a}$

$x_1 = -3x_2$

$\frac{mg}{k} - \frac{mg}{k}\cos\omega t_1 = -\frac{3mg}{k} + \frac{3mg}{k}\cos\omega t_2$

$1 - \cos\omega t_1 = -3 + 3\cos\omega t_2$

$4 = 3\cos\omega t_2 + \cos\omega t_1 = 4\cos\omega t_1$

$\cos\omega t_1 = 1$

$\cos\omega t_2 = -1$

$\cos\omega t_1 = -\cos\omega t_2$

$\begin{array}{r} 24 \\ +\ 18 \\ \hline 42 \end{array}$

$\frac{mg}{k}\cdot\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}} = \frac{\sqrt{m}g}{\sqrt{k}}$ $v_{1x} = \sqrt{\frac{m}{k}}g$

$1 - \cos\omega t_1 = 3 - 3\cos\omega t_2$

$1 - \cos\omega t_1 = 3 + 3\cos\omega t_1$

$4\cos\omega t_1 = -2$

$\cos\omega t_2 = -\frac{1}{2}$

$2R \cdot \frac{\mathcal{E} -}{}$

$\frac{24+18-3}{4} = \cancel{(6+4{,}5)} - 3$

$\vec{V_1} = \vec{V} + \vec{V} = 2\vec{V}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)