0 460746 600009

46-07-46-60
(2.7)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"

по физике

Гардиной Елизаветы Тарасовны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик

$x(t) = \frac{mg}{k} + A\sin(\omega t + \varphi)$

$\begin{cases} x(0) = \frac{mg}{k} + A\sin\varphi = \frac{mg}{k} \Rightarrow A\sin\varphi = -\frac{mg}{k} \ (1) \\ \dot{x}(0) = A\omega\cos\varphi = v \ (2) \end{cases}$

$\frac{(1)}{(2)} = \frac{\sin\varphi}{\omega\cos\varphi} = -\frac{mg}{kv} \rightarrow \operatorname{tg}\varphi = -\frac{mg\omega}{kv} = -\frac{mg}{k}\cdot\sqrt{\frac{k}{2m}}\cdot\frac{1}{v} =$

$= -\sqrt{\frac{2}{gh}}\cdot\sqrt{\frac{k}{2m}\cdot\frac{m^2g^2}{k^2}} = -\sqrt{\frac{mg}{hk}}$

$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{mg}{hk}}} = \sqrt{\frac{hk}{hk+mg}}$

$A = \frac{v}{\omega}\cdot\frac{1}{\cos\varphi} = \sqrt{\frac{gh}{2}\cdot\frac{2m}{k}}\cdot\sqrt{\frac{hk+mg}{hk}} = \frac{\sqrt{mg(hk+mg)}}{k}$

$(k+\frac{1}{2})-(k-\frac{1}{2}) = k+\frac{1}{2}-k+\frac{1}{2}$ $\quad$ $Ом = \frac{B}{A} = \frac{Ом}{Кл\cdot A}$

$B = \frac{\sqrt{P\cdot R}}{v\ell} = \frac{\sqrt{Вт\cdot Ом}}{\frac{м}{c}\cdot м} = \frac{\sqrt{\frac{Ом}{c}\cdot\frac{Ом}{Кл\cdot A}}}{м^2/c}$ $\quad$ $U = \frac{A}{q} = \frac{Ом}{Кл}$

$Тл = \frac{H}{A\cdot м} = \frac{Ом}{A\cdot м^2} = \frac{\sqrt{\frac{Ом^2}{Кл^2}}}{м^2/c} = \frac{Ом}{Кл}\cdot\frac{c}{м^2}$

— — — —

$1 > \left|2 - \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}\right|$

I $\ 2 > \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}$ $\qquad$ II $\ 2 < \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}$

$1 > 2 - \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}$ $\qquad$ $1 > -2 + \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}$

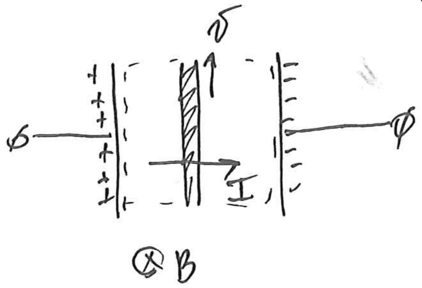
$\sqrt{\frac{kh}{mg}+1} > 1$ $\qquad$ $3 > \sqrt{\frac{kh}{mg}+1}$

$\frac{kh}{mg}+k > k$ $\qquad$ $9 > \frac{kh}{mg}+1 \Rightarrow \frac{kh}{mg} < 8$

$\cancel{h < \frac{mg}{k}}$ $\ h > 0$

$\eta_1 = \frac{A}{Q_{12}+Q_{23}}$ $\qquad$ $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{Q_{12}+Q_{23}}{Q_{13}} = \frac{\frac{9}{2}+20}{\frac{43}{2}} =$

$\eta_2 = \frac{A}{Q_{13}}$ $\qquad$ $= \frac{49}{43}$



$R = \rho\frac{\ell}{S}$ $\quad$ $R = \frac{U}{I}$

$U = E\ell$

$\frac{\rho\ell}{S}I = E\ell \Rightarrow \frac{I}{S} = \frac{1}{\rho}E$

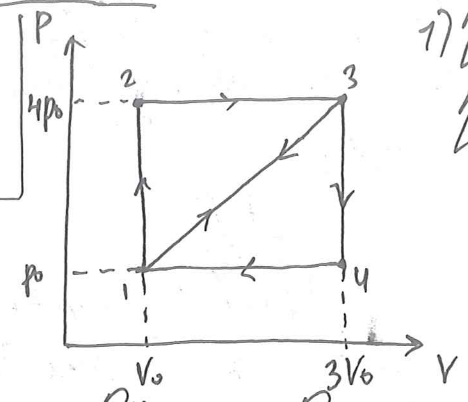
46-07-46-60 (2.7)

	1	2	3	4	5
	20	20	12	20	19

Задача 2.2.2.

$i = 3$

$\frac{\eta_2}{\eta_1} - ?$



1) $\eta_{1231} = \eta_1$ $\qquad$ $C_V = \frac{i}{2}R = \frac{3}{2}R$

$\eta_{1341} = \eta_2$ $\qquad$ $C_p = C_V + R = \frac{5}{2}R$

$\eta_1 = \frac{A_{\Sigma_1}}{Q_{H_1}} = \frac{A_\Sigma}{Q_{12}+Q_{23}}$ $\qquad$ $A_{\Sigma_1} = A_{\Sigma_2} = A_\Sigma$

$\eta_2 = \frac{A_{\Sigma_2}}{Q_{H_2}} = \frac{A_\Sigma}{Q_{13}}$

$\eta_1 = 1 - \frac{Q_{X_1}}{Q_{H_1}} = 1 - \frac{Q_{31\,отв}}{Q_{12}+Q_{23}}$; $\eta_2 = 1 - \frac{Q_{X_2}}{Q_{H_2}} = 1 - \frac{Q_{34\,отв}+Q_{41\,отв}}{Q_{13}}$

2) $Q_{12} = C_V\nu(T_2-T_1) = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{3}{2}(4p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{9}{2}p_0V_0$

$Q_{23} = C_p\nu(T_3-T_2) = \frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2) = \frac{5}{2}(12p_0V_0 - 4p_0V_0) = \frac{5}{2}\cdot 8p_0V_0 = 20p_0V_0$

$Q_{34} = C_V\nu(T_4-T_3) = \frac{3}{2}\nu R(T_4-T_3) = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - 12p_0V_0) = -\frac{27}{2}p_0V_0$

$Q_{34\,отв} = \frac{27}{2}p_0V_0$

$Q_{41} = C_p\nu(T_1-T_4) = \frac{5}{2}\nu R(T_1-T_4) = \frac{5}{2}(p_0V_0 - 3p_0V_0) = -5p_0V_0$

$Q_{41\,отв} = 5p_0V_0$

$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} = \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_1) + \frac{1}{2}(p_0+4p_0)2V_0 = \frac{3}{2}(12p_0V_0 - p_0V_0) + 5p_0V_0 = \frac{33}{2}p_0V_0 + 5p_0V_0 = \frac{33+10}{2}p_0V_0 = \frac{43}{2}p_0V_0$

$Q_{13} = -Q_{31}$; $Q_{31} = -Q_{31\,отв} \Rightarrow Q_{31\,отв} = Q_{13} = \frac{43}{2}p_0V_0$

3) $\eta_1 = 1 - \frac{\frac{43}{2}p_0V_0}{\frac{9}{2}p_0V_0 + 20p_0V_0} = 1 - \frac{\frac{43}{2}}{\frac{49}{2}} = 1 - \frac{43}{49} = \frac{6}{49}$

$\eta_2 = 1 - \frac{\frac{27}{2}p_0V_0 + 5p_0V_0}{\frac{43}{2}p_0V_0} = 1 - \frac{\frac{37}{2}}{\frac{43}{2}} = 1 - \frac{37}{43} = \frac{6}{43}$

$\boxed{\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{6}{43}\cdot\frac{49}{6} = \frac{49}{43}}$ $\qquad$ Ответ: $\frac{49}{43}$

Задача 3.3.2.

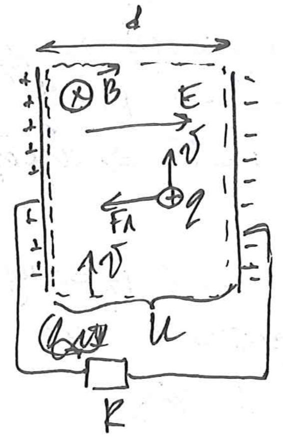
$R = 0{,}4\ Ом$

$d = 40\ см$

$v = 10\ см/с$

$P_м = 1\ мВт$

$B - ?$



Рассмотрим полож. частицу, которая движется в потоке. На нее будет действовать сила Лоренца $F_л = Bqv$ ⇒ будет перераспределение зарядов, такое что все полож. частицы сместятся к левой пластине, а отриц. к правой. ⇒ возникнет электрическое поле. Перераспр. зарядов будет происходить до тех пор, Сила Лоренца, действ на каждую частицу, не сравняется с эл. силой. Считаем, что создается однородное электр. поле

$\Rightarrow \cancel{q} vB = \cancel{q} E$

$E = vB$ $\qquad U = Ed = vBd$

$P = \cancel{I^2} R = \frac{U^2}{R} = \frac{v^2B^2d^2}{R} \rightarrow B = \sqrt{\frac{PR}{v^2d^2}}$

нет рисунка

$B = \frac{\sqrt{PR}}{vd} = \frac{\sqrt{10^{-3} \cdot 0{,}4}}{10 \cdot 10^{-2} \cdot 40 \cdot 10^{-2}}$

$= \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}}}{4 \cdot 10^{-2}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{\cancel{4}_2 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2} \cdot \cancel{100} = \cancel{50 Тл} = 0{,}5 Тл$ 12

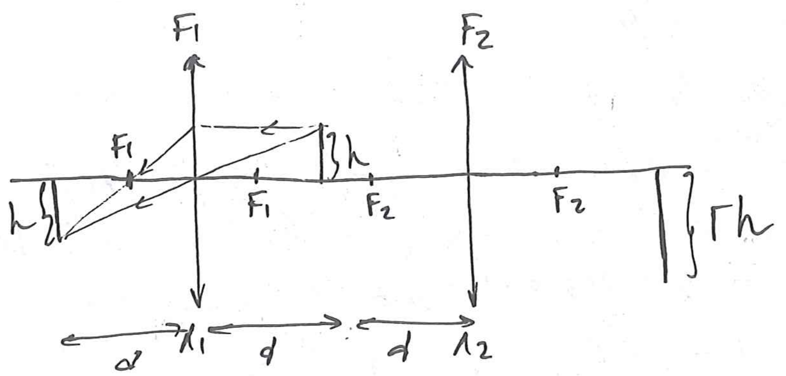
Ответ: ~~50Тл~~ 0,5Тл

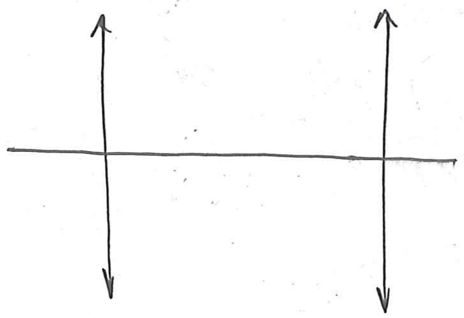
Задача 4.8.2

$\Gamma = 3$

$x = 5 см$

$d - ?$





1) $Л_1$ даст изобр в натур величину $\Rightarrow$ предмет нах. на двойном фокусе $\Rightarrow 2F_1 = d \rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$ (+)

$Л_2$ даст увелич. изобр $\Rightarrow$ 1) $d < F_2 \Rightarrow$ изобр. мнимое прямое увелич.

2) $F_2 < d < 2F_2 \Rightarrow$ изобр. действ перевер. увелич.

Т.к ~~как~~ по условию изобр. действ., то подходит только 2). $\Rightarrow F_2 < d < 2F_2$

$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \rightarrow f_2 = \frac{F_2 d_2}{d_2 - F_2} \rightarrow \Gamma_2 = \Gamma = \frac{F_2}{d_2 - F_2} = \frac{F_2}{d - F_2}$

$\Gamma d - \Gamma F_2 = F_2 \rightarrow F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$

46-07-46-60 (2.7)

2) ~~Если~~ Пусть сместили ~~ы~~ предмет влево ~~=> d~~

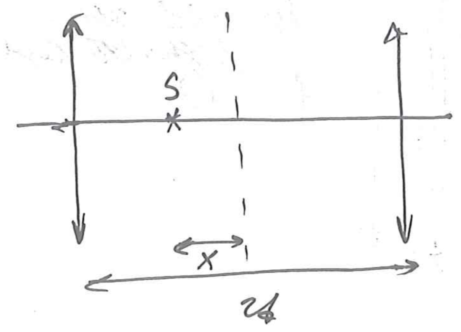
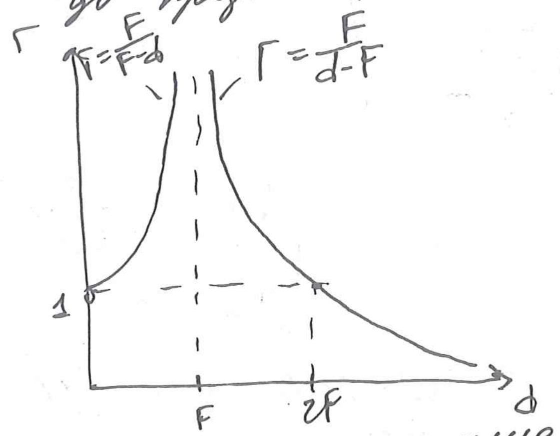


график зависимости поперечного увеличения от расс-ия от линзы до предмета



Пам смещения влево изобр. в Л, могло стать только увеличенным

$Г^*_2=$ ~~F~~ А в $Л_2$ ~~изоб~~ увеличение стало меньше $Г=3$, оно действ.

$$Г_2^*=\frac{F_2}{(d+x)-F_2}=\frac{\frac{Гd}{Г+1}}{d+x-\frac{Гd}{Г+1}}=\frac{\frac{3d}{4}}{d+x-\frac{3d}{4}}=\frac{\frac{3d}{4}}{\frac{d}{4}+x}$$

Изобр. в $Л_1$ может быть как действ, так и мнимое

• И действ в $Л_1$ $\Rightarrow Г_1^*=\frac{F_1}{(d-x)-F_1}=\frac{\frac{d}{2}}{d-x-\frac{d}{2}}=\frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2}-x}$

$Г_1^*=Г_2^*$

$$\frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2}-x}=\frac{\frac{3d}{4}}{\frac{d}{4}+x}\rightarrow\frac{d^2}{8}+x\cdot\frac{d}{2}=\frac{3}{8}d^2-\frac{3d}{4}\cdot x$$

$$\frac{2}{8}d^2=x\,\frac{d}{2}+\frac{3d}{4}x$$

$$\frac{1}{4}d^{\cancel{2}}=x\,\frac{5}{4}\cancel{d}\rightarrow \cancel{x=\frac{d}{5}}\quad d=5x=25\,см$$

Нет буквенного ответа

• И мнимое в $Л_2$ $\Rightarrow Г_1^*=\frac{F_1}{F_1-(d-x)}=\frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2}-d+x}=\frac{\frac{d}{2}}{x-\frac{d}{2}}$

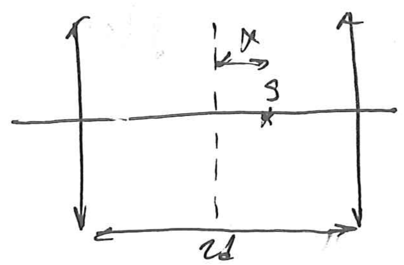
$$Г_1^*=Г_2^*\rightarrow\frac{\frac{d}{2}}{x-\frac{d}{2}}=\frac{\frac{3d}{4}}{\frac{d}{4}+x}\rightarrow\frac{d^2}{8}+\frac{d}{2}x=\frac{3d}{4}\cdot x-\frac{3}{8}d^2$$

$$\frac{4}{8}d^{\cancel{2}}=\frac{1}{4}\cancel{d}\cdot x$$

$$2d=x\rightarrow d=\frac{x}{2}$$

получилось, что $d<x$, что противоречие, этот вариант не подх.

3) Пусть сместили предмет вправо



Изобр в $Л_1$ действ., уменьшенное $Г_1^*<1$

Изобр в $Л_2$ могло стать только еще более увелич $\Rightarrow Г_2^*>Г=3$

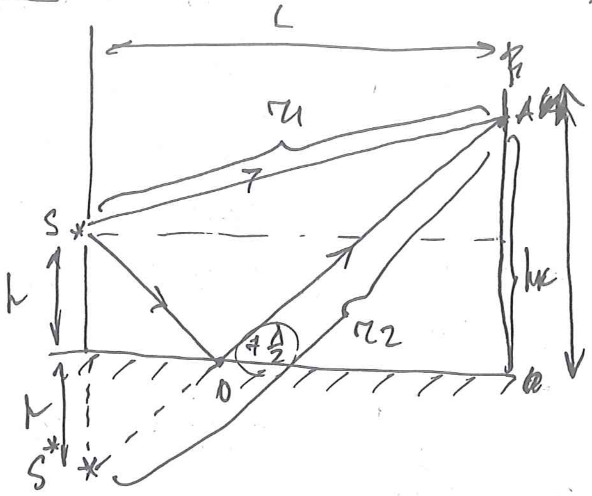
$\Rightarrow$ противоречие

$\Rightarrow$ Ответ: 25 см

Задача 5.3.2

$\lambda = 0{,}5$ мкм
$h = 1$ мм
$H = 5$ см
$N = 200$
$h \ll L$

$L - ?$



Зеркало = оптически более плотная среда => при отражении от нее доп. разность хода

$H \qquad +\frac{\lambda}{2}$

$$\Delta = (\underset{S^*O}{SO} + OA + \frac{\lambda}{2}) - (SA) = (r_2 - r_1) + \frac{\lambda}{2}$$

$$r_1 = \sqrt{L^2 + (h_k - h)^2} \quad r_2 = \sqrt{L^2 + (h_k + h)^2}$$

$$\Delta = \left(\sqrt{L^2 + (h_k + h)^2} - \sqrt{L^2 + (h_k - h)^2}\right) + \frac{\lambda}{2}$$

домножим числитель и знаменатель на сопряженное

$$r_2 - r_1 = \frac{L^2 + (h_k + h)^2 - L^2 - (h_k - h)^2}{\sqrt{L^2 + (\underbrace{h_k + h}_{0})^2} + \sqrt{L^2 + (\underbrace{h_k - h}_{0})^2}} = \frac{\cancel{h_k^2} + 2h_k h + \cancel{h^2} - \cancel{h_k^2} + 2h_k h - \cancel{h^2}}{2L}$$

$$= \frac{4h_k h}{2L} = \frac{2h_k h}{L} \Rightarrow \Delta = \frac{2h_k h}{L} + \frac{\lambda}{2}$$

интерф. максимум $\Rightarrow \Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$

$$\frac{\lambda}{2} + \frac{2h_k h}{L} = k\lambda \rightarrow \cancel{h_k = \frac{k\lambda L}{2h}\ (1)} \quad \frac{2h_k h}{L} = \lambda(k - \frac{1}{2})$$

$$\cancel{h_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda L}{2h}\ (2)} \quad h_k = \frac{L\lambda}{2h}(k - \frac{1}{2})\ (1)$$

$$h_{k+1} = \frac{L\lambda}{2h}(k + \frac{1}{2})\ (2)$$

$(2)-(1) = \Delta h = \frac{\lambda L}{2h}$ – расстояние между полосами

всего полос поместится на экране

$$N = \frac{H}{\Delta h} = \frac{H \cdot 2h}{\lambda L} \rightarrow \boxed{L = \frac{2Hh}{\lambda \cdot N}}$$

$$L = \frac{\cancel{2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{\underset{10^{-1}}{\cancel{0{,}5}} \cdot 10^{-6} \cdot \cancel{2} \cdot 10^2} = \frac{10^{-5}}{10^{-5}} = 1\ м$$

Ответ: 1 м

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

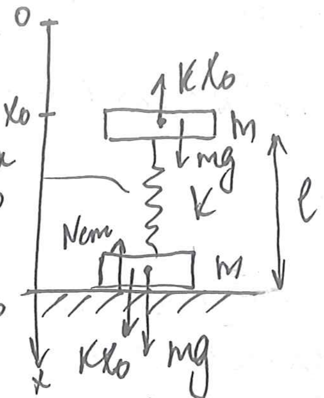
46-07-46-60
(2.7)

Задача 1.1.2

$m = 100\,г$
$K = 100\, Н/м$

h_{max} — ?
колебания гармонические

снята на x_0



$mg = Kx_0$; $l = l_0 - x_0$ длина недеформ. пружины

$\frac{mu^2}{2} = mgh$

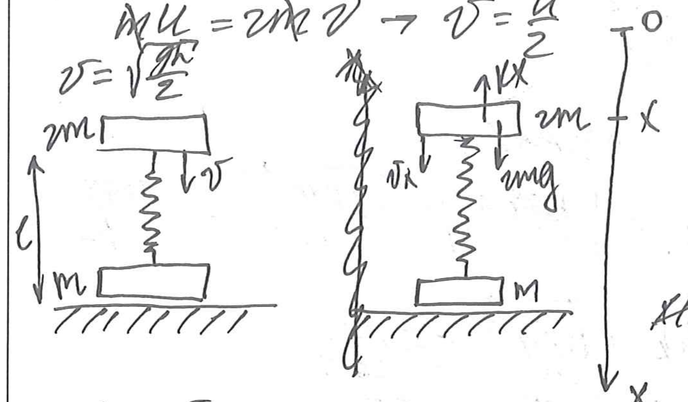
$u = \sqrt{2gh}$ — скорость шарика перед ударом

т.к. шарик прилип удар неупругий.

ЗСИ:

$mu = 2m v \to v = \frac{u}{2}$

$v = \sqrt{\frac{gh}{2}}$



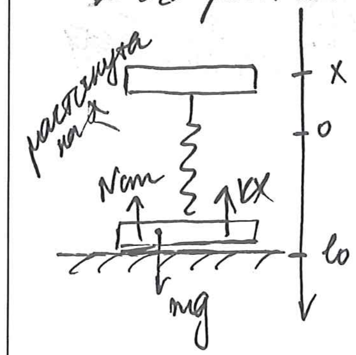
$2m\ddot{x} = 2mg - KX$

$\ddot{x} + \frac{K}{2m} \cdot X = g \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{2m}}$

$\frac{K}{2m} \cdot x_1 = g \to x_1 = \frac{2mg}{K}$ координата положения равновесия.

$\cancel{x(t) = x_1 + A\sin(\omega t + \varphi)}$

Колебания будут гармоническими, если: во время колебаний нижний брусок не будет отрываться от поверхности. А это может произойти, когда пружина в ~~недеформ~~ ~~макс~~ растянутом положении.



$N_{ст} = mg - KX \geq 0$

$\Rightarrow$ при макс растяжении пружины должно выполн. это неравенство

$\cancel{x(t) = \frac{2mg}{K} + A\sin(\omega t + \varphi)}$

$\cancel{x(0) = x_0 = \frac{mg}{K}}$

$\cancel{\frac{2mg}{K} + A\sin(\omega 0 + \varphi) = \frac{mg}{K}}$

$\cancel{A\sin\varphi = -\frac{mg}{K}}$

$\cancel{\dot{x}(t) = A\omega\cos(\omega t + \varphi)}$

$\cancel{\dot{x}(0) = A\omega\cos\varphi = v}$

$x(t) = \frac{2mg}{K} + A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

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

$x(0) = \frac{2mg}{K} + B = x_0 = \frac{mg}{K} \to B = -\frac{mg}{K}$

$\dot{x}(0) = A\omega = v \to A = \frac{v}{\omega} = v \cdot \sqrt{\frac{2m}{K}} = \sqrt{\frac{gh}{2} \cdot \frac{2m}{K}} = \sqrt{\frac{mgh}{K}}$

$x(t) = \frac{2mg}{K} + \frac{v}{\omega}\sin(\omega t) - \frac{mg}{K}\cos(\omega t)$

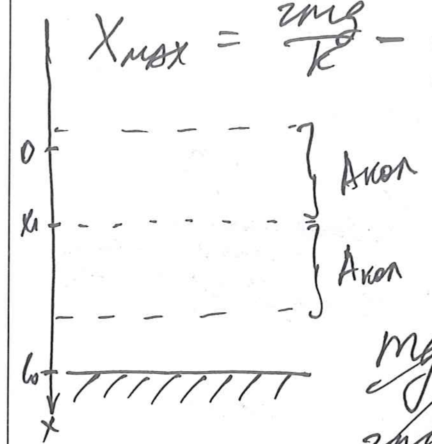
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

$x(t) = x_1 + A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t) = x_1 + \sqrt{A^2+B^2}\Big(\underbrace{\frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}}}_{\sin\varphi_0}\sin(\omega t) + \underbrace{\frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}}_{\cos\varphi_0}\cos(\omega t)\Big) = x_1 + \sqrt{A^2+B^2}\cos(\omega t - \varphi_0)$

$x(t)_{max} = x_1 \pm \sqrt{A^2+B^2}$

т.к. при растяжении $x = l_0 - l(t) < 0$
нам подходит вариант с минусом

$x_{max} = \frac{2mg}{k} - \sqrt{\frac{mgh}{k} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2}$



$mg > k|x_{max}|$

~~$|x_{max}| = \sqrt{\frac{mgh}{k} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2} - \frac{2mg}{k}$~~

~~$mg > \sqrt{mghk + m^2g^2} - 2mg$~~

~~$3mg > \sqrt{mghk + m^2g^2}$~~

~~$9m^2g^2 > mghk + m^2g^2$~~

~~$8m^2g^2 > mghk$~~

~~$h < \frac{8mg}{k} = \frac{8\cdot0{,}1\cdot10}{100} = \frac{8}{100} = 8см$~~

~~$mg > k\left(\frac{2mg}{k} - \sqrt{\frac{mgh}{k} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2}\right)$~~

~~$mg > 2mg - \sqrt{mghk + (mg)^2}$~~

~~$\sqrt{mghk + (mg)^2} > mg$~~

$x_{max} = \frac{2mg}{k} - \sqrt{(mg)^2\left(\frac{h}{k}\cdot\frac{1}{mg} + \frac{1}{k^2}\right)} = mg\left(\frac{2}{k} - \sqrt{\frac{1}{k}\left(\frac{h}{mg} + \frac{1}{k}\right)}\right)$

$mg > k|x_{max}|$

$\cancel{mg} > k\,\cancel{mg}\left|\frac{2}{k} - \sqrt{\frac{1}{k}\left(\frac{h}{mg} + \frac{1}{k}\right)}\right|$

$1 > \left|2 - \sqrt{k\left(\frac{h}{mg} + \frac{1}{k}\right)}\right|$

$1 > \left|2 - \underbrace{\sqrt{\frac{kh}{mg} + 1}}_{f(x)}\right|$

$\sqrt{\frac{kh}{mg}+1} \geq 0$

I) $2 \geq \sqrt{\frac{hk}{mg}+1}$

$1 > 2 - \sqrt{\frac{hk}{mg}+1}$

$\sqrt{\frac{hk}{mg}+1} > 1$

$\frac{hk}{mg} + \cancel{1} > \cancel{1} \Rightarrow h > 0$

Ответ: 8см

II) $2 < \sqrt{\frac{hk}{mg}+1}$

$1 > -2 + \sqrt{\frac{hk}{mg}+1}$

$3 > \sqrt{\frac{hk}{mg}+1}$

$9 > \frac{hk}{mg} + 1$

$8 > \frac{hk}{mg} \rightarrow h < \frac{8mg}{k}$

$\Rightarrow \boxed{h_{max} = \frac{8mg}{k}}$

$h_{max} = \frac{8\cdot0{,}1\cdot10}{100} = 0{,}08м$

т.к. в условии сказано, что при любых деформациях пружины выполняется закон Гука, то колебания малые, что явл. одним из условий для гармон. движения.

11

Оценка не изменена

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников „Ломоносов"
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по профилю „Физика"
Гардиной Елизаветы Тарасовны

Апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 91 балл, поскольку считаю, что в задаче 5.8. должно быть выставлено 20 баллов, вместо 19, так как была получена верная итоговая формула и правильный численный ответ, а также в самой работе не было указания причины, из которой идёт снижение на один балл.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников „Ломоносов" и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов

07.03.25 (Гардина Е.Т.)