0 616452 860002

61-64-52-86
(1.13)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Разиной Владиславы Валентиновны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

фал.9 13-54

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик.

$x'' + \omega x = 0$

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

$v(t) = A\omega\cdot\sin(\omega t + \varphi_0)$

$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$

$v_0 = \sqrt{2gh}$

$\sqrt{2gh} = A\omega\sin(\varphi_0) \Rightarrow \sin(\varphi_0) = \frac{\sqrt{2gh}}{A\omega}$

ЗСЭ: $\cancel{mg}\ \frac{mv_0^2}{2} + 2mg(x - x_0) = $

$= \frac{kA^2}{2} + 2mg(x - A)$

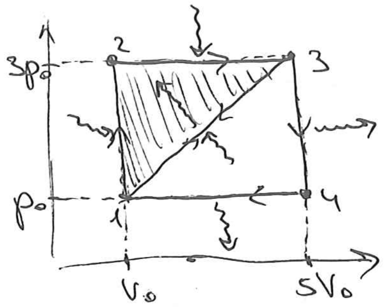
$2mx'' = 2mg - k(x - x_0)$

$2mx'' = 3mg - kx$

$2mx'' - 3mg + kx = 0$ $= \frac{mg}{k}$

$mgh - 2mgx_0 =$

$= \frac{kA^2}{2} - 2mgA$



$\eta_1 = 1 - \frac{Q_x}{Q_н} = \frac{A_1}{Q_{н1}}$

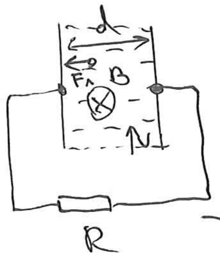
$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_{н2}}$

$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\frac{A_1}{Q_{н1}}}{\frac{A_2}{Q_{н2}}} = \frac{Q_{н2}}{Q_{н1}} = \cancel{\frac{3}{2}\cdot(2p_0V_0 + 12p_0V_0)+}$

$= \frac{\frac{3}{2}(14p_0V_0) + 12p_0V_0}{\frac{3}{2}\cdot 14p_0V_0 + 8p_0V_0} = \frac{21+12}{21+8} = \boxed{\frac{33}{29}}$

$kA^2 - 4mgA + \frac{4m^2g^2}{k} - 2mgh = 0$

$A = \frac{4mg \pm \sqrt{16m^2g^2 - 4k\ldots}}{\ldots}$



$P_m = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{P_mR}$

~~$\frac{\varepsilon_0 S}{d} = C \Rightarrow \Delta q = UC$~~

$\cancel{\Delta q}\cdot v\cdot B = \cancel{\Delta q}\cdot E$. При этом $\Delta\varphi = Ed$

$Bvd = Ed = \sqrt{P_mR}$

$d = \frac{\sqrt{P_m\cdot R}}{Bv}$

$A = \frac{4mg \pm \sqrt{16m^2g^2 - 16m^2g^2 + 8kmgh}}{2k} = \frac{4mg \pm \sqrt{8\frac{m^2g^2}{x_0}h}}{2k} =$

$= \frac{4mg \pm mg\cdot\sqrt{\frac{8h}{x_0}}}{2k} = \cancel{mg}\left(\frac{mg}{k} \pm \frac{mg}{k}\cdot\sqrt{\frac{2h}{x_0}}\right)$

$2x_0 \pm \sqrt{2hx_0}$

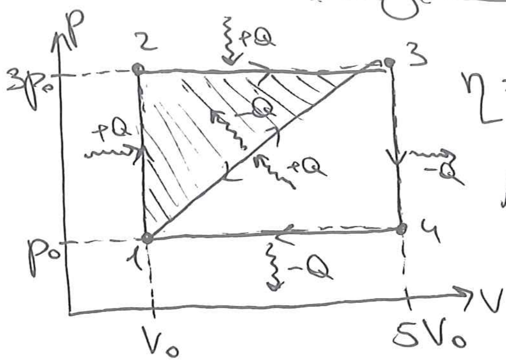
61-64-52-86
(1.13)

N1	N2	N3	N4	N5	Σ
8	20	12	20	20	80

Карпунов
9 шт
Соловьёв
Воронцов
Проценко
Воскобойников

Задача 2.2.1. Чистовик.

20 б



$\eta = \frac{A_{цикла}}{Q_{подведённое}}$.

$A_{цикла}$ пропорциональна площади под графиком $p(V)$. 1-2-3-4 – прямоугольник, 1-3 – его диагональ $\Rightarrow S_{\Delta(1-2-3)} = S_{\Delta(1-3-4)} \Rightarrow$

$\Rightarrow A_{(1-2-3-1)} = A_{(1-3-4-1)}$

$\Rightarrow \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\left(\frac{A_{(1-2-3-1)}}{Q_{подв.1}}\right)}{\left(\frac{A_{(1-3-4-1)}}{Q_{подв.2}}\right)} = \frac{Q_{подв.2}}{Q_{подв.1}}$. На рисунке обозначено, подводится или отводится тепло в каждом пр-се.

1-е начало термодинамики

$\Rightarrow \boxed{\frac{\eta_1}{\eta_2}} = \frac{Q_{подв.2}}{Q_{подв.1}} = \frac{\Delta U_{(1-3)} + A_{(1-3)}}{\Delta U_{(1-2)} + \Delta U_{(2-3)} + \underbrace{A_{(1-2)}}_{=0,\ т.к.\ V=const} + A_{(2-3)}} =$

$= \frac{\frac{3}{2}\cdot(3p_0\cdot 5V_0 - p_0\cdot V_0) + \frac{3p_0+p_0}{2}\cdot 4V_0}{\frac{3}{2}(3p_0\cdot 5V_0 - 3p_0\cdot V_0 + 3p_0\cdot V_0 - p_0\cdot V_0) + 3p_0\cdot 4V_0} = \frac{21p_0V_0 + 8p_0V_0}{21p_0V_0 + 12p_0V_0} =$

$= \frac{21+8}{21+12} = \boxed{\frac{29}{33}}$

Ответ: $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{29}{33}$.

Задача 3.3.1

Жидкость течёт параллельно пластинам ⇒ выбрав в ней произвольный маленький участок ~~dc~~ с зарядом dq, убедимся, что для него векторная сумма сил, действующих на него, равна нулю (по второму закону Ньютона, т.к. он имеет нулевое ускорение).

На него действуют две силы (обе направлены ~~параллельно~~ перпендикулярно обкладкам): сила со стороны эл. поля, создаваемого на обкладках, и сила Кулона, создаваемая магнитным полем:

$$F_к = dq\cdot E \Leftrightarrow \underbrace{dq\cdot v\cdot B}_{т.к.\ v\perp B} = dq\cdot E \Rightarrow v\cdot B = E.$$

Для поля внутри конденсатора верно $\Delta\varphi = E\cdot d$, где $\Delta\varphi$ – разность потенциалов на обкладках. $\Rightarrow v\cdot B = \frac{\Delta\varphi}{d}$.

$P_m = U_m\cdot i = \frac{U_m^2}{R} = \frac{(\Delta\varphi)^2}{R} \Rightarrow \Delta\varphi = \sqrt{P_m\cdot R}$. Подставим:

$$v\cdot B = \frac{\sqrt{P_m\cdot R}}{d} \Rightarrow \boxed{d = \frac{\sqrt{P_m\cdot R}}{v\cdot B}} = \frac{\sqrt{10^{-3}\cdot 0,4}}{0,1\cdot 1} = \frac{2\cdot 10^{-2}}{10^{-1}} = 0,2\,м = \boxed{20\,см}$$

Ответ: $d = \frac{\sqrt{P_m\cdot R}}{v\cdot B} = 20\,см$.

Не учтено внутр.

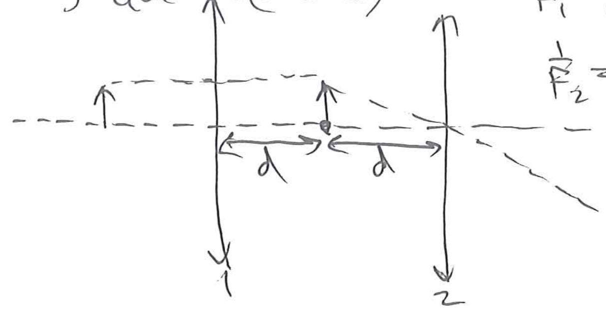
Сопротивление r!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик.

$(\Gamma_0+1)\cdot\frac{d}{2} = \Gamma_0(d-\Delta x)$

$(\Gamma_0+1)\cdot\frac{3}{4}d = \Gamma_0(d+\Delta x)$

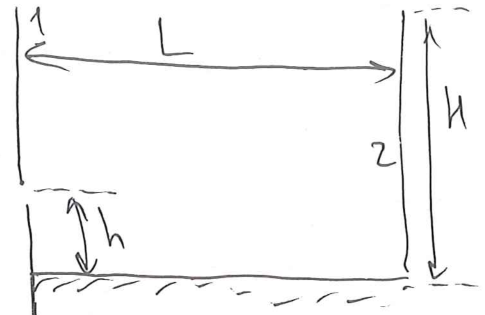


$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\underbrace{\Gamma_1}_{=1} d} \Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{2}{d}$

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma_2 d} \Rightarrow \frac{1}{F_2} = \frac{4}{3d} \Rightarrow$

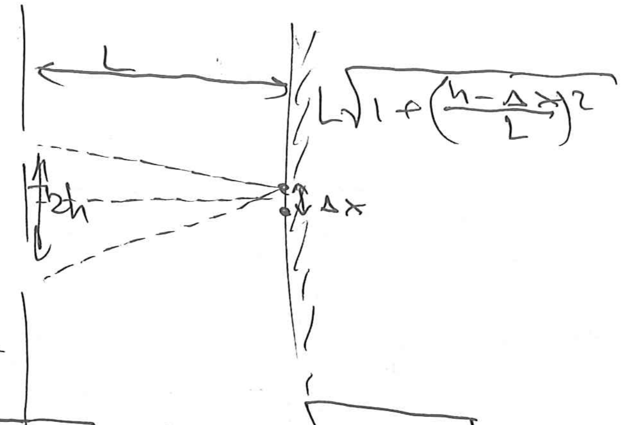
$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-\Delta x} + \frac{1}{\Gamma_0(d-\Delta x)} = \frac{\Gamma_0+1}{\Gamma_0(d-\Delta x)}$

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+\Delta x} + \frac{1}{\Gamma_0(d+\Delta x)} = \frac{\Gamma_0+1}{(d+\Delta x)\Gamma_0}$



$N = \frac{H}{\Delta x}$

$\Delta x =$



Усл. max:

$\Delta = \frac{\lambda}{2}\cdot 2n,\ n=1,2,\ldots$

min:

$\Delta = \frac{\lambda}{2}\cdot(2n+1),\ n=1,2,\ldots$

$\sqrt{(h-\Delta x)^2+L^2} - \sqrt{(h+\Delta x)^2+L^2} = -\lambda$

$\sqrt{1+x} \approx 1+$

$2L^2 + (h-\Delta x)^2 + (h+\Delta x)^2 - 2\sqrt{L^4 + L^2\left((h-\Delta x)^2+(h+\Delta x)^2\right)+\ldots} = \lambda^2$

$-2\Delta x h = \lambda^2 + 2h\Delta x + 2\lambda\sqrt{(h+\Delta x)^2+L^2}$

$= 4\lambda^2\left((h+\Delta x)^2+L^2\right) = \lambda^4 + 16\Delta x^2 h^2 + 8\lambda^2\Delta x h$

$4\lambda^2h^2 + \cancel{8\lambda^2 h\Delta x} + 4\lambda^2\Delta x^2 + 4\lambda^2L^2 = \lambda^4 + 16\Delta x^2h^2 + \cancel{8\lambda^2\Delta x h}$

$4\lambda^2h^2 + 4\lambda^2L^2 - \lambda^4 = \Delta x^2(16h^2 - 4\lambda^2)$

$\Delta x^2 = \lambda^2\cdot\frac{4h^2+4L^2-\lambda^2}{(4h-2\lambda)(4h+2\lambda)} = 4\lambda^2\cdot\frac{(2h-\lambda)(2h+\lambda)+4L^2}{(2h-\lambda)(2h+\lambda)} =$

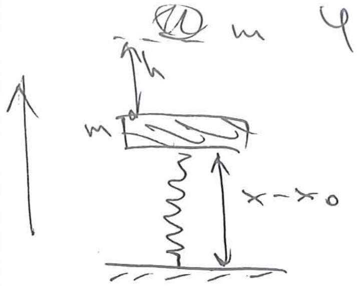
$= 4\lambda^2\left(1+\frac{4L^2}{4h^2-\lambda^2}\right)$

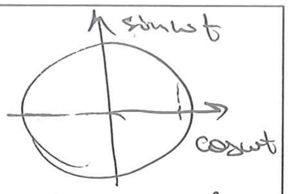
$L\left(\cancel{\lambda} + \frac{1}{2}\left(\frac{h+\Delta x}{L}\right)^2 - \cancel{\lambda} - \frac{1}{2}\left(\frac{h-\Delta x}{L}\right)^2\right) = \frac{\lambda}{2}\cdot\frac{2h\Delta x}{L^2} = \lambda$

$\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$

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

10 из Черновик.





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

$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$ $30° < \varphi_0 < 45°$

$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$ $\frac{1}{\sqrt{2}} \lessgtr \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ $\sqrt{3} \lessgtr 2$

$mg(h + x - x_0) + mg(x - x_0) + \frac{kx_0^2}{2} =$ $mg = kx_0$

$= 2mg(x - A) + \frac{kA^2}{2}$

$mgh + \cancel{2mgx} - 2mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} = \cancel{2mgx} - 2mgA + \frac{kA^2}{2}$

$mgh - 2mgx_0 + \frac{k}{2}\cdot\frac{m^2g^2}{k^2} = \cancel{mgx} - 2mgA + \frac{mg}{2x_0}\cdot A^2$

$h - 2x_0 + \frac{mg}{2k} = \frac{A^2}{2x_0} - 2A$ $\frac{\sqrt{3}}{2} \lessgtr \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ $\frac{3}{2} \gtrless \sqrt{2}$

$A^2 - 4Ax_0 - 2x_0h + 4x_0^2 - \frac{mgx_0}{2k} = A^2 - 4Ax_0 - 2x_0h + 3x_0^2$

$A = \frac{4x_0 \pm \sqrt{16x_0^2 + 8x_0h - 12x_0^2}}{2} = \frac{4x_0 \pm 4x_0\sqrt{1 + \frac{h}{2x_0} - \frac{3}{4}}}{2} =$

$= \frac{4x_0 \pm 4x_0\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{h}{2x_0}}}{2}$

$v_0 = -A\omega(\sin\varphi_0) = -\frac{\sqrt{2gh}}{2}$

$= \left(\frac{\sqrt{2gh}}{2}\right)^2$

$\cos(\omega t + \varphi_0) = 1$

$\omega t + \varphi_0 = 2\pi$

$v^2(t) + \left(\frac{a(t)}{\omega}\right)^2 = A^2 \Rightarrow A = \ldots$ 1

$\frac{6}{9}\sin^2\omega t + \frac{3}{9}\cos^2\omega t + \frac{2\sqrt{18}}{9}\sin\omega t\cos\omega t = \cancel{\sin^2\omega t + \cos^2\omega t}$

$\frac{2\cdot 5\cdot \sqrt{0{,}2}}{\sqrt{4\cdot 5^2\cdot 0{,}2 + 10}} = \frac{10\sqrt{0{,}2}}{\sqrt{30}} =$

$= \frac{10\sqrt{2}}{10\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}}{3} = \cos\varphi$

$\sin(\omega t + \varphi_0) = 1$ $\sin\omega t\cos\varphi_0 + \cos\omega t\sin\varphi_0 = 1$

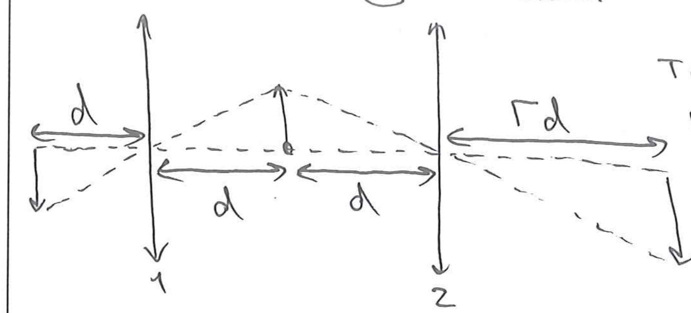
$\frac{\sqrt{6}}{3}\sin\omega t + \frac{\sqrt{3}}{3}\cos\omega t = 1$

$\frac{\sqrt{6}}{3}\sin\omega t + \frac{\sqrt{3}}{3}\cos\omega t = \sin^2\omega t + \cos^2\omega t$

$\sin\omega t\left(\sin\omega t - \frac{\sqrt{6}}{3}\right) + \cos\omega t\left(\cos\omega t - \frac{\sqrt{3}}{3}\right) = 0.$

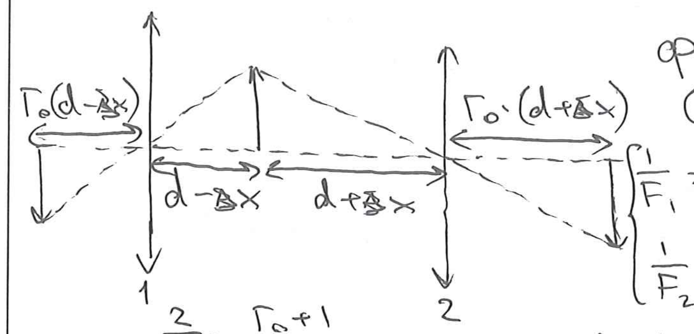
61-64-52-86 (1.13)

Задача 4.8.1 F_1, F_2 – фокусные расстояния



Запишем формулу тонкой линзы (ФТЛ) для каждой линзы в первом случае:

$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d} \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} \Rightarrow F_2 = d\cdot\frac{\Gamma}{\Gamma+1} \end{cases}$



ФТЛ во втором случае (Δx – смещение, Γ_0 – увеличение):

$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-\Delta x} + \frac{1}{\Gamma_0(d-x)} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_0(d+x)} \end{cases}$

$\Rightarrow \begin{cases} \frac{2}{d} = \frac{\Gamma_0+1}{\Gamma_0(d-x)} \\ \frac{\Gamma+1}{\Gamma d} = \frac{\Gamma_0+1}{\Gamma_0(d+x)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Gamma_0 d + d = 2\Gamma_0 d - 2\Gamma_0 x \quad (1) \\ \Gamma\Gamma_0 d + \Gamma d = \Gamma\Gamma_0 d + \Gamma\Gamma_0 x + \Gamma_0 d + \Gamma_0 x \quad (2) \end{cases}$

Из (1) $\Rightarrow d = \Gamma_0(d - 2x) \Rightarrow \Gamma_0 = \frac{d}{d-2x}$. Подставим в (2).

$\Gamma d = \Gamma_0(\Gamma x + d + x) \Rightarrow \Gamma d^2 - 2\Gamma dx = \Gamma dx + d^2 + dx$

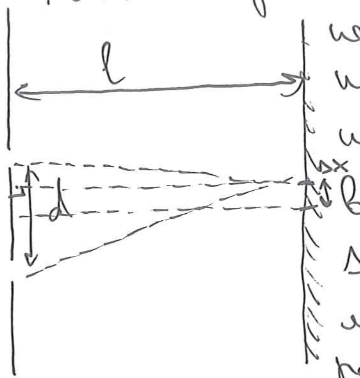
$\Rightarrow d^2(\Gamma - 1) = x(3\Gamma d + d) \Rightarrow \boxed{x = \frac{d^2(\Gamma-1)}{3\Gamma d + d} = \frac{d(\Gamma-1)}{3\Gamma+1} = 5\text{см}}$

Ответ: $x = d\cdot\frac{\Gamma-1}{3\Gamma+1} = 5$ см. Сдвигать в сторону первой линзы.

+

Задача 5.8.1

Рассмотрим опыт Юнга и выведем из него ширину интерференционных полос. Для каждого интерференционного максимума верно, что $\Delta = \lambda \cdot n$, $n = 0, 1, 2, \dots$



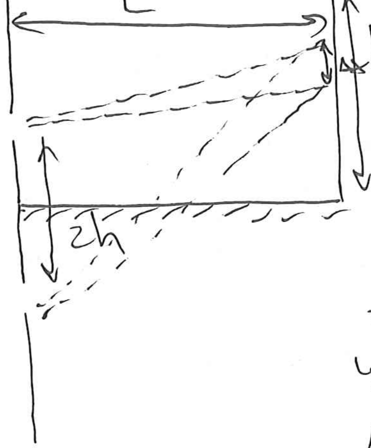
Δ - разность хода. Тогда нулевой максимум посередине. Найдём расстояние до первого:

$$\Delta = \sqrt{l^2+\left(\frac{d}{2}+\Delta x\right)^2} - \sqrt{l^2+\left(\frac{d}{2}-\Delta x\right)^2} = \lambda$$

$$l\left(\sqrt{1+\left(\frac{\frac{d}{2}+\Delta x}{l}\right)^2} - \sqrt{1+\left(\frac{\frac{d}{2}-\Delta x}{l}\right)^2}\right) \simeq l\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\frac{d}{2}+\Delta x}{l}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{\frac{d}{2}-\Delta x}{l}\right)^2\right)$$

$$= l \cdot \frac{\cancel{2} d \Delta x}{\cancel{2} l^{2}} = \lambda \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda l}{d}$$

Вернёмся к исходной задаче:



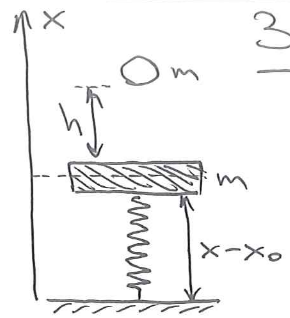
Система ведёт себя так, как два источника света: исходная щель и её изображение в зеркале $\Rightarrow$ ситуация аналогична опыту Юнга $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ расстояние м/у интерференционными полосами равно $\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$.

$$\Rightarrow \boxed{N} = \frac{H}{\Delta x} = \frac{H \cdot 2h}{\lambda L} = \boxed{2\frac{h \cdot H}{\lambda \cdot L}} = 2 \cdot \frac{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-7} \cdot 1} = 2 \cdot 10^{2} = \boxed{200}$$

Ответ: $N = 200$ полос $= 2\frac{hH}{\lambda L}$.

61-64-52-86
(1.13)



Задача 1.1.1.

Пусть k – жёсткость пружины.

Найдём скорость шарика прямо перед ударом, записав ЗСЭ:

$$mgh=\frac{mv_0^2}{2}\Rightarrow v_0=\sqrt{2gh}.$$ +

$\Rightarrow$ т.к. удар неупругий, сразу после удара скорость бруска и шарика равна v_1:

$$\frac{mv_0^2}{2}=\frac{2mv_1^2}{2}\Rightarrow v_1=\frac{v_0}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{2}v_0}{2}.$$ — нужно З.С.И

Колебания гармонические $\Rightarrow$ можем записать уравнения в общем виде:

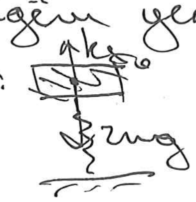
$$\begin{cases} x(t)=A\sin(\omega t+\varphi_0) \\ v(t)=A\omega\cos(\omega t+\varphi_0) \\ a(t)=-A\omega^2\sin(\omega t+\varphi_0) \end{cases}$$

, где A – амплитуда колебаний, φ_0 – фаза в мом. удара.

$$\Rightarrow\left(\frac{v(t)}{\omega}\right)^2+\left(\frac{a(t)}{\omega^2}\right)^2=A^2\left(\cos^2(\omega t+\varphi_0)+\sin^2(\omega t+\varphi_0)\right)=A^2.$$

Найдём ускорение системы сразу после удара:

2ЗН:



$$2mg-\underbrace{kx_0}_{=mg}=2ma_1$$

$$\Rightarrow mg=2ma_1\Rightarrow a_1=\frac{g}{2}.$$

$$\Rightarrow A^2=\left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2+\left(\frac{a_1}{\omega^2}\right)^2=\frac{v_0^2}{2\omega^2}+\frac{g^2}{4\omega^4}=\frac{2\omega^2v_0^2+g^2}{4\omega^4}=\frac{4\omega^2gh+g^2}{4\omega^4}.$$

$$\Rightarrow A=\frac{\sqrt{4\omega^2gh+g^2}}{2\omega^2}\Rightarrow\cos\varphi_0=\frac{v_1}{A\omega}=\frac{\sqrt{gh}\cdot 2\omega^{\cancel{2}}}{\sqrt{4\omega^2gh+g^2}\cdot\cancel{\omega}}$$

Искомое время – $\tau\Rightarrow$

$$A=A\sin(\omega\tau+\varphi_0)\Rightarrow\cancel{\omega\tau+\varphi_0}\ \omega\tau+\varphi_0=2\pi$$ +

$$\Rightarrow\omega\tau=2\pi-\arccos\left(\frac{2\omega\sqrt{gh}}{\sqrt{4\omega^2gh+g^2}}\right)$$

$$\Rightarrow\boxed{\tau}=\frac{2\pi}{\omega}-\frac{1}{\omega}\arccos\left(\frac{2\omega\sqrt{h}}{\sqrt{4\omega^2h+g}}\right)=\frac{2\pi}{5}-\frac{\arccos\left(\frac{\sqrt{6}}{3}\right)}{5}\simeq$$

$$\simeq\frac{1}{5}\left(2\pi-\frac{\pi}{5}\right)=\boxed{\frac{9\pi}{25}с}$$

Ответ: $\tau=\frac{1}{\omega}\left(2\pi-\arccos\left(\frac{2\omega\sqrt{h}}{\sqrt{4\omega^2h+g}}\right)\right)\simeq\frac{9\pi}{25}с.$