



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Азнагулова Мурада Ильгамовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

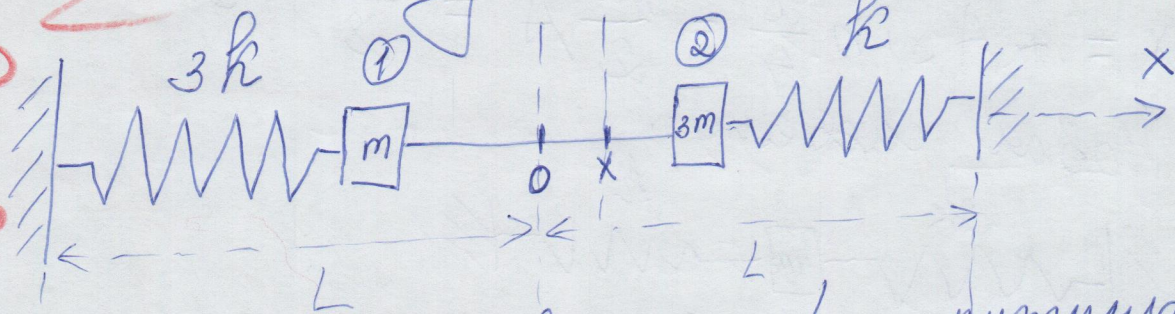
Вызван +1 лист Елевич

Дата
«05» марта 2023 года

Подпись участника
М. Азнагулова

17-68-71-64
(47.1)

Задача № 1.2.1



Пусть через время t пружины склеимся друг с другом, тогда введем систему отсчета, связанную со склеенными за нуль примем положение равновесия пружин. Тогда координаты пружинок в момент времени t будут задаваться уравнениями:

$$x_1(t) = -A \sin(\omega_1 t + \frac{\pi}{2})$$

$$x_2(t) = +A \sin(\omega_2 t + \frac{\pi}{2}),$$

где $\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$, $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$, пусть x - координата скл. пружинок, тогда $x = -A \sin(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}) = A \sin(\omega_2 t + \frac{\pi}{2})$

$$(\omega_2 t + \frac{\pi}{2}) = \omega_1 t + \frac{\pi}{2}$$

$$\pi + \omega_1 t = \omega_2 t + \frac{\pi}{2}$$

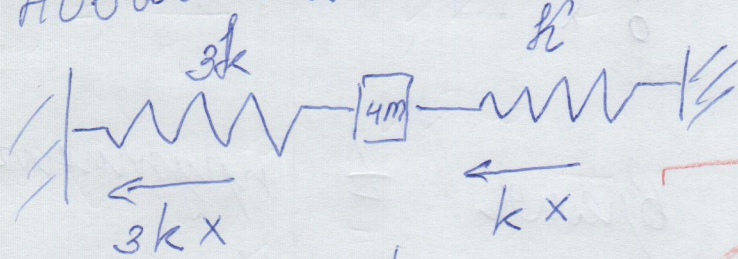
$$t(\omega_1 + \omega_2) = +\frac{\pi}{2}$$

$$t = \frac{+\frac{\pi}{2}}{\sqrt{\frac{k}{m}}(\sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}})}; \quad x = -A \sin\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} \frac{\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}(\sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}})} + \frac{\pi}{2}\right) = -A \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{1}{4}\frac{\pi}{2}\right)$$

Числовик

$$x = +A \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2} A = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10^5 = 5\sqrt{2} \text{ см}$$

Новая схема:



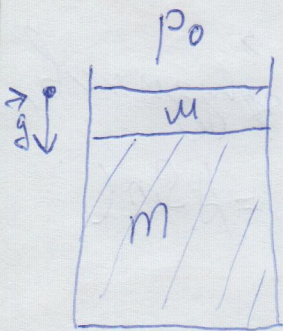
$$-4ma = 4kx$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, т.е. грузик будет колебаться как пружинный маятник с амплитудой x .

Ответ: $5\sqrt{2}$ см.

Задача № 2.9.1



$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$t_1 = 127^\circ \text{C}$$

$$\gamma_{\text{H}_2} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Процесс нагрева можно считать изобарным, тогда давление газа равно $p = p_0 + \frac{mg}{S} =$

$$= 10^5 + \frac{100 \cdot 10}{100} \cdot 10^4 \text{ Па} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Шесовик~~тара...~~

$v = \frac{m}{\rho S}$, при $t = 127^\circ\text{C}$ вода

вода испарится, поэтому

$$\rho S h_2 = \nu R T$$

$$h_2 = \frac{\nu R T}{\rho S h_2} = \frac{9 \cdot 10^2 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot 10^4}{18 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^2} = 831 \text{ м}$$

$$\rho_B = 1 \text{ г/см}^3 \Rightarrow h_1 = \frac{m}{\rho_B S} =$$

$$= \frac{9 \cdot 10^2}{1 \cdot 100} = 9 \cdot 10^2 \text{ м}$$

Ответ: 831 м

~~Решение и ответ~~

~~в ответ~~

~~20 Кня и и~~

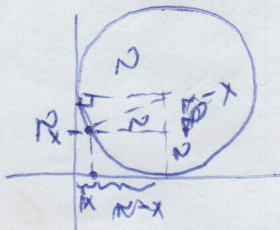
Черновик

Давление насыщенного пара воды будет явно меньше p (при температуре $\leq t$), откуда следует, что пар появиться только при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$ и не будет насыщенным

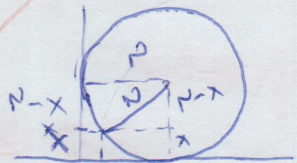
$$p S h_k = \nu R T$$

$$p_{100^\circ\text{C}} S h_0 = \nu R T_{100}$$

$$p = \frac{m}{V} = \frac{p_0 \nu}{p_0 \nu} \quad p \nu = \nu R T$$



$$N - \sqrt{N^2 - N^2 + 2Nx - x^2}$$



$$N - \sqrt{N^2 - N^2 + 2Nx - x^2}$$

$$f_{кл} = 10^{-3}$$

$$f_{mg} = 10^{-3} \cdot 10 = 10^{-2} \quad \left[0; \frac{1}{4}\right]$$

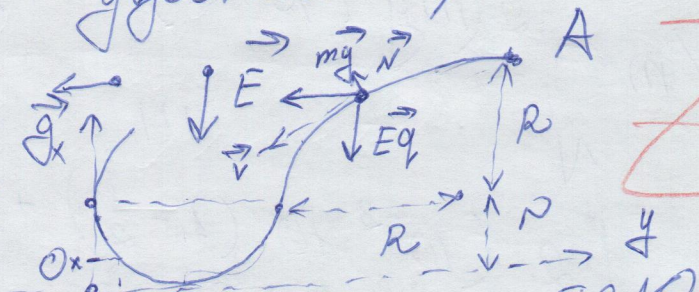
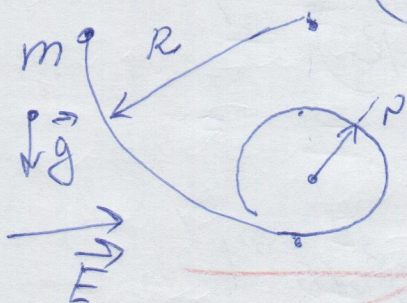
$$10^{-3} x - 10^{-2} \sqrt{\frac{1}{2} x - x^2} = \text{min}$$

$$10^{-3} \cdot \frac{1}{4} - 10^{-2} \cdot \frac{1}{4} \quad x = +\frac{1}{4} \quad \frac{1}{8} - \frac{1}{16} =$$

Чертовик

Задача № 3.9.1

Нарисуем более удобный рисунок:



В процессе движения на тело действуют сила $\vec{F} = E\vec{q}$ и сила тяжести $m\vec{g}$, скорость тела направлена по касательной к траектории в каждый момент времени. Введем себе отсюда, связанную со скоростью v энергию, как на рисунке. Запишем пот. энергию этого тела относительно выбранного нуля:

$$mg(R+2R) + Eq(R+R) = \frac{mv_m^2}{2}$$

$$+ Eqx + mg(R - \sqrt{2Rx - x^2})$$

$$mg(R+2R-x) + Eq(R + \sqrt{2Rx - x^2}) = \frac{mv_m^2}{2}$$

$$mg(R + R + \sqrt{2Rx - x^2}) + Eq(R + R - x) = \frac{mv_m^2}{2}$$

$mg \approx 10^{-3} \cdot 10 = 10^{-2} \text{ Н}$
 $Eq = 10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3} \text{ Н}$, поэтому
 $v_{\max} \Leftrightarrow x = R$, т.е.

Черновик

$$mg(R+2r) + EqR = \frac{mv_m^2}{2}$$

$$v_m = \sqrt{\frac{2(mg(R+2r) + EqR)}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(10^{-3} \cdot 10(4 + \frac{1}{2}) + 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 1)}{10^{-3}}}$$

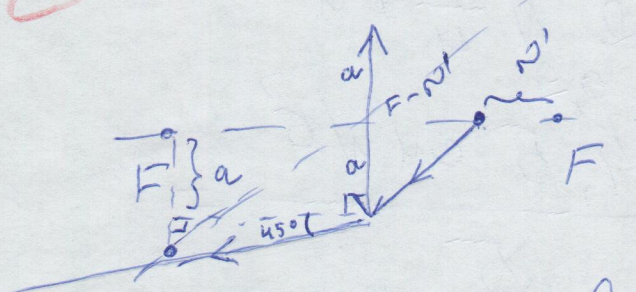
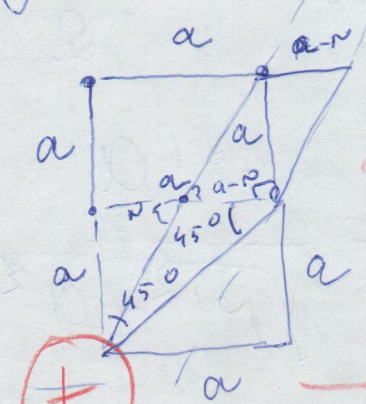
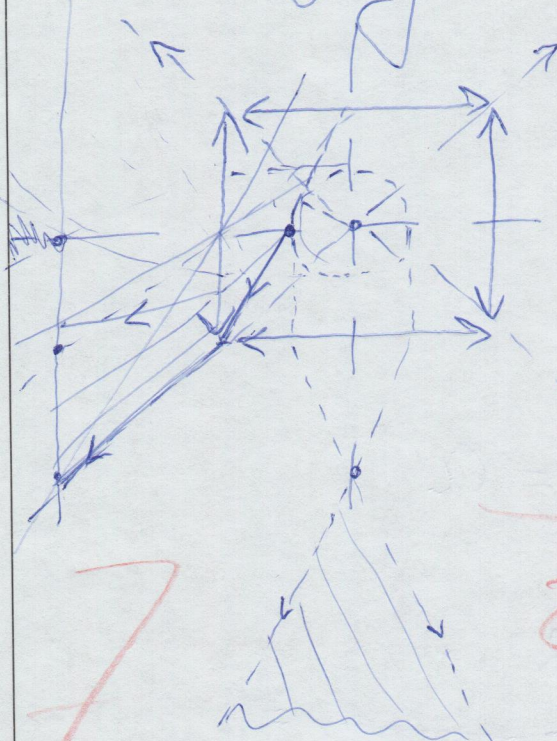
$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{2} + 1} = \sqrt{31} \text{ м/с}$$

17-68-71-64
(47.1)

Числовик

Задача № 5.3.1

Необходимо того
уловия, чтобы
луч, выходящий
по касательной к
сфере высотой в
крайнем положении
под углом 45°



Из подобия Δ -ов:

$$\frac{a}{a} = \frac{a - r}{r}$$

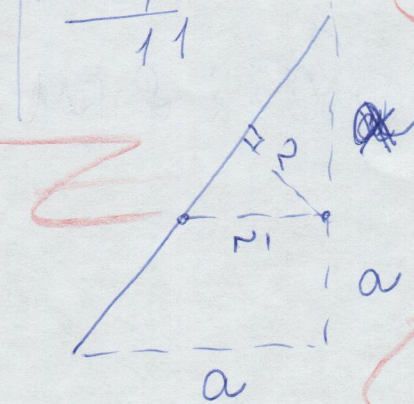
$$r = a - r$$

$$2r = a \quad r = \frac{a}{2}$$

Ответ: $r = \frac{a}{2}$

~~$r = \frac{r \cdot a}{r + 2a} \Rightarrow r = \frac{r \cdot a}{r + 2a}$~~

$$\begin{array}{r|l} 4,5 & 4 \\ -4 & 1,12 \\ \hline 0,5 & \\ -0,4 & \\ \hline 1 & \end{array}$$



Чебоксары

$$\frac{x}{x+a} = \frac{n}{a}$$

$$xa = nx + na$$

$$x(a - n) = na$$

$$x = \frac{na}{a - n} = a$$

$$n = \frac{na}{\sqrt{n^2 + a^2}} = \frac{a^2}{2 \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2}} =$$

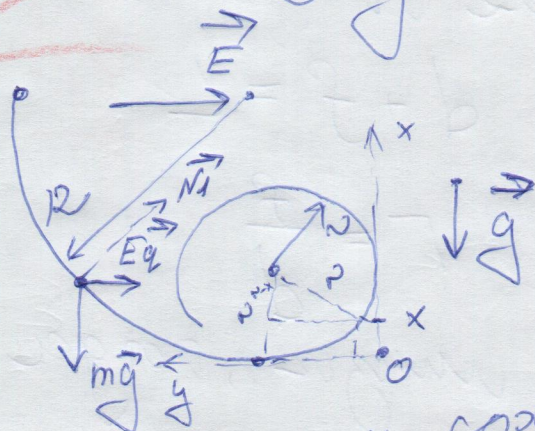
$$= \frac{a^2 \cdot 2}{2 \sqrt{5}} = \frac{4 \cdot 5 \text{ см} \sqrt{5}}{5} =$$

$\approx 2 \text{ см}$ \ominus

~~10 а~~

Ответ: 2 см

Чебоксары
Задача № 3.9.1



Затем з-н сохранения энергии
тела массой m и введем
связь между x и v как на рисунке:

$$Eq(R+x) + mgR = \frac{mv^2}{2} +$$

$$+ Eq(\rho - \sqrt{2\rho x - x^2}) + mgx$$

$$\vec{N}_1 \perp \vec{v}(t) \Rightarrow A(\vec{N}_1) = 0$$

$$mg \approx 10^{-2} \text{ Н}$$

$$Eq = 10^{-3} \text{ Н, т.е.}$$

$$-10^{-3} \sqrt{2\rho x - x^2} + 10^{-2}x = m'v$$

$$x \in [0; \rho], \text{ т.е.}$$

$$v_{\max} \Leftrightarrow x = 0$$

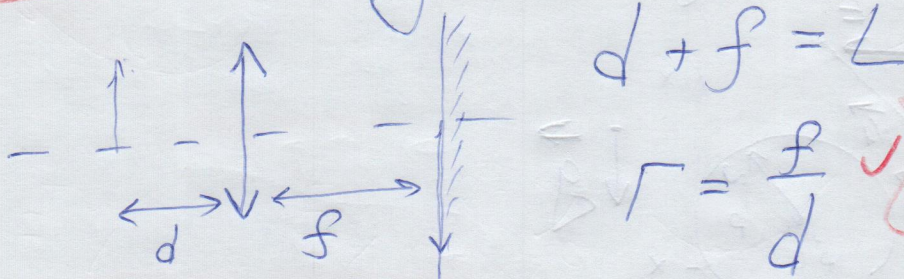
~~неверно!~~
 ~~$x \neq 0$~~

$$\frac{mv^2}{2} = (10^{-3} \cdot 1 + 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1) \cdot e = 21$$

Ответ: $\sqrt{21} \frac{10^{-3}}{\text{с}}$

Чебовик

Задача № 4.5.1

Пусть F - фокус линзы, тогда

$$D = \frac{f}{F}$$

по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad \checkmark$$

$$D = \frac{f \cdot d}{fd} = \frac{\Gamma + f}{f} \quad \left| \cdot \frac{1}{d} \right.$$

$$d = \frac{f}{\Gamma} = L - \cancel{f} \Rightarrow f \left(\frac{1}{\Gamma} + 1 \right) = L$$

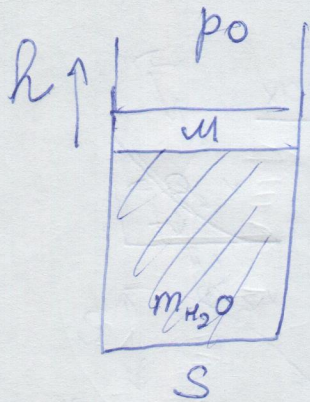
$$f = \frac{L}{1 + \Gamma} \quad \Gamma$$

$$D = \frac{\Gamma + f}{f} \cdot \frac{(1 + \Gamma)}{\Gamma} =$$

$$= \frac{(1 + \Gamma)^2}{L \Gamma} \quad \checkmark = \frac{16^2 \cdot 10^2}{80 \cdot 3} = \frac{20}{3} \text{ диопт.} \quad \checkmark$$

Ответ: $\frac{20}{3}$ д.

Черновик



$t_0 = 0^\circ\text{C} \rightarrow t_2 = 127^\circ\text{C}$
 $p_{\text{н.п.}}(+) = 2.5 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O}} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$

$V_{\pm} = \frac{m}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$ $p_{\text{н.п.}}(100^\circ\text{C}) = p_0$

$p_{\text{н.п.}}^{t_1} S h_1 = \nu R t_1$
 $p_{\text{н.п.}}^{t_2} S h_2 = \nu R t_2$

$h_2 - h_1 = \frac{\nu R t_2}{p_{\text{н.п.}}^{t_2} S} - \frac{\nu R t_1}{p_{\text{н.п.}}^{t_1} S}$

$p = p_0 + \frac{\rho g h}{S}$
 $p = \text{const}$

$(p_0 + \frac{\rho g h_2}{S}) S h_2 = \nu R T_2$

$(p_0 + \frac{\rho g h_1}{S}) S h_1 = \nu R T_1$

$h_0 = \frac{m}{\rho S}$

$p_{\text{н.п.}} \frac{m}{S} = \frac{m}{\rho S} R T$

$\frac{p}{p_{\text{н.п.}}} = \varphi$

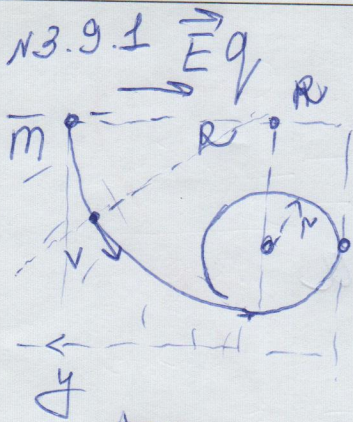
$\frac{10^3}{18} \cdot \frac{83.1 \cdot 400}{2.5 \cdot 10^5}$

$\frac{\sqrt{3} \sqrt{3}}{3+1} = \frac{3}{4}$

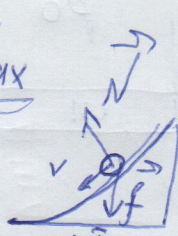
$83.1 \cdot 2 = 166.2$
 $\frac{3}{4} \sqrt{3} + \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{5}{4} \sqrt{3}$

$\frac{166.2}{18.5}$

Черновик

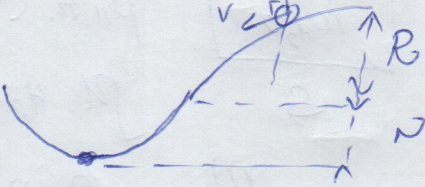


$$E q R = \frac{m v_{\max}^2}{2}$$

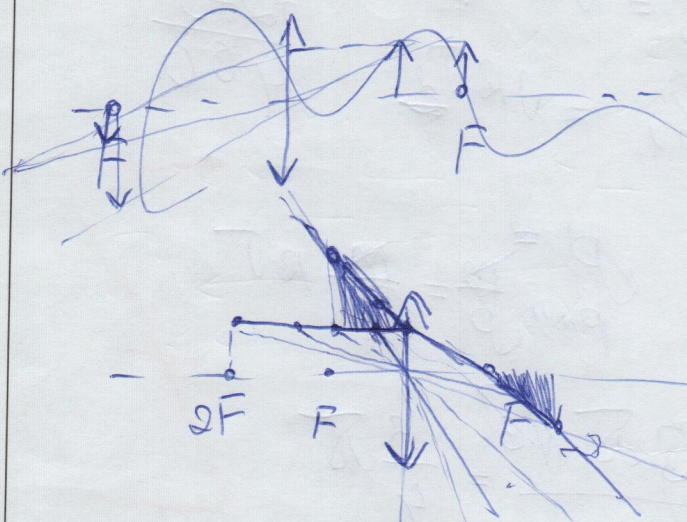
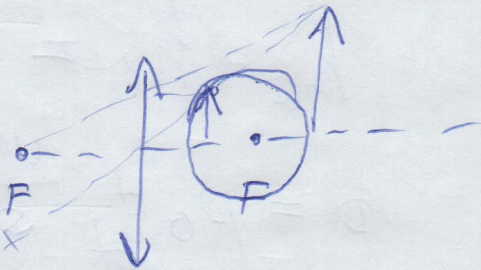
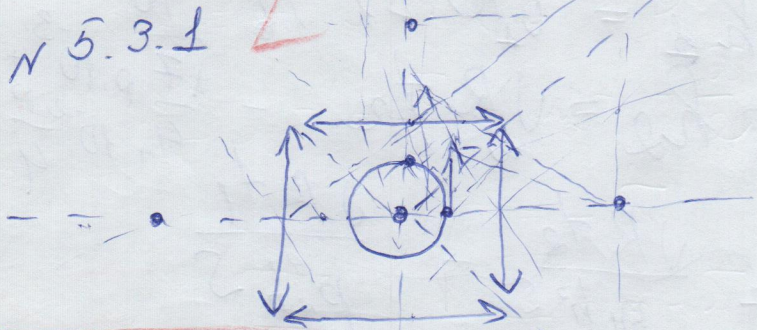


$$E q$$

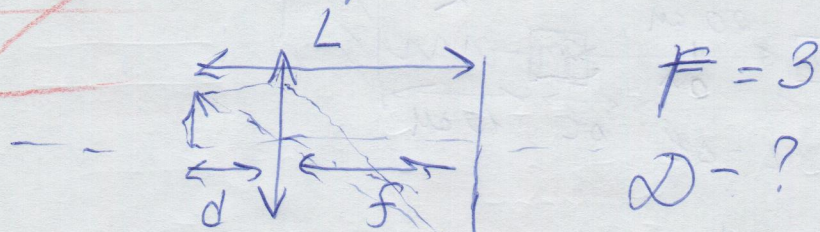
$$E q (R + r) = \frac{m v^2}{2}$$



№ 5.3.1



Черновик



$$F = 3$$

$$D = ?$$

Суть F - фокус линзы, тогда

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

$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{d+f}{df} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{L}{d\Gamma}$$

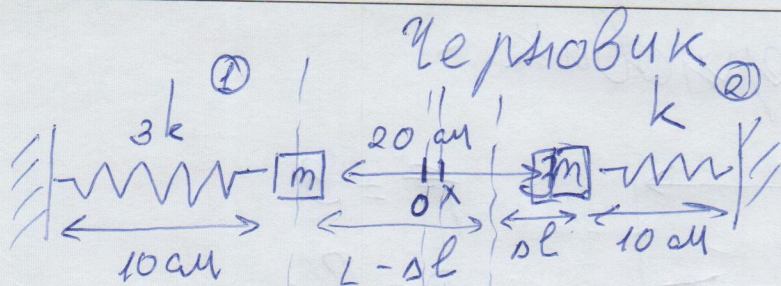
$$d+f = L$$

$$\Gamma d = f = L - d$$

$$\Gamma d = L - d$$

$$d(\Gamma + 1) = L$$

$$D = \frac{L}{\Gamma \cdot d} = \frac{L(\Gamma + 1)}{\Gamma \cdot L} = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma}$$



$$t_1 = t_2 = t$$

$$x_1 = -A \left(\sin \left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2} \right) \right)$$

$$x_2 = A \sin \left(\omega_2 t + \frac{\pi}{2} \right)$$

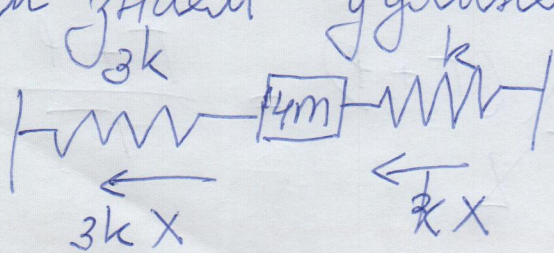
$$-\omega_1 t - \frac{\pi}{2} = \omega_2 t + \frac{\pi}{2}$$

$$\omega_2 t + \omega_1 t = -\pi$$

$$\sqrt{\frac{3k}{m}} t + \sqrt{\frac{k}{3m}} t = -\pi$$

$$t = -\frac{\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} + \sqrt{3} \right)}$$

Найти x_1 или x_2 , откуда мы знаем угловые частоты



$$ma = -kx$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x(t) = 0$$

$$\frac{kx}{m} + \omega^2 x = 0$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$A = X$$