0 435504 530003

43-55-04-53
(66.12)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Лычевой Екатерины Олеговны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

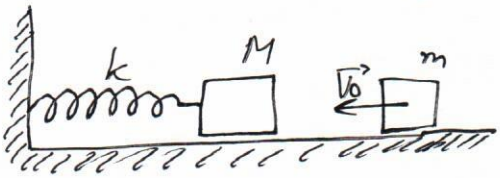
Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

43-55-04-53 (66.12)

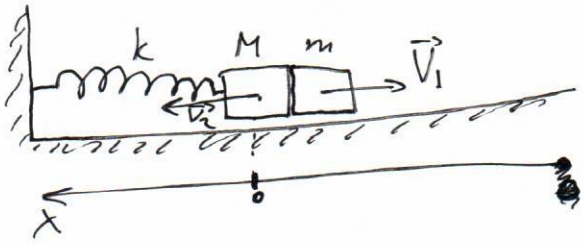
Чистовик.

Задача 1.1.3.



$n = \frac{M}{m}$ – ?

Момент сразу после столкновения:



Запишем ЗСЭ и ЗСИ:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{MV_2^2}{2} \Rightarrow mV_0^2 = mV_1^2 + MV_2^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m(V_0 - V_1)(V_0 + V_1) = MV_2^2$$

$$m\vec{V_0} = m\vec{V_1} + M\vec{V_2} \Rightarrow Ox: mV_0 = MV_2 - mV_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m(V_0 + V_1) = MV_2$$

$$\frac{m(V_0 - V_1)(V_0 + V_1)}{m(V_0 + V_1)} = \frac{MV_2^2}{MV_2} \Rightarrow V_0 - V_1 = V_2 \quad \Bigg| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mV_0 = MV_0 - MV_1 - mV_1 \Rightarrow V_1 = \frac{(M-m)}{M+m} V_0$$

$$V_2 = V_0 - V_1 \quad ; \quad V_2 = V_0 - \frac{M-m}{M+m} V_0 \Rightarrow V_2 = V_0\left(1 - \frac{M-m}{M+m}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = V_0 \cdot \frac{M+m-M+m}{M+m} \Rightarrow V_2 = \frac{2m}{M+m} V_0$$

Пусть X_m – амплитуда колебаний груза M. Так как колебания гармонические, то они совершаются по закону синуса или косинуса.

$$\frac{MV_2^2}{2} = \frac{kX_m^2}{2} \Rightarrow MV_2^2 = kX_m^2 \quad ; \quad M\left(\frac{2mV_0}{M+m}\right)^2 = kX_m^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_m = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2mV_0}{M+m}$$

Заметим, что $X(0) = 0$. Тогда можем сделать вывод, что зависимость $X(t)$ происходит по закону синуса следующим образом: (t – время)

$\cancel{X(t) = X_m \sin(2\pi \frac{t}{T})}$ $X(t) = X_m \sin(\omega t)$; $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow X(t) = X_m \sin(2\pi \frac{t}{T})$

Пусть X_0 – точка, в которой брусок M догнал брусок m.

$X_0 = X_m \sin(\omega \cdot \frac{\frac{2}{3}T}{T}) \Rightarrow X_0 = X_m \sin(\frac{2}{3}\omega)$

В любой момент времени на брусок M действует сила

$\cancel{F = -kx}$ $F = -kx$

$F = Ma$ $\Rightarrow Ma = -kx \Rightarrow a = -\frac{k}{M}x$

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

$\ddot{x} = a$ $\Rightarrow a = -\omega^2 x$ $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{M} \Rightarrow$

$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$

Точка встречи: $x_0 = X_m \sin(\frac{2}{3}\sqrt{\frac{k}{M}})$

$X_m = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2mV_0}{M+m}$ $\Rightarrow X_0 = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2mV_0}{M+m} \sin(\frac{2}{3}\sqrt{\frac{k}{M}})$

$X_0 = X_m \sin(\frac{\frac{2}{3}T}{T} \cdot 2\pi) \Rightarrow X_0 = X_m \sin(\frac{4}{3}\pi) \Rightarrow$

$\Rightarrow X_0 = X_m \cdot (-\sin\frac{\pi}{3}) \Rightarrow X_0 = -X_m \sin\frac{\pi}{3} \Rightarrow X_0 = -\frac{\sqrt{3}}{2} X_m$

$X_m = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2mV_0}{M+m}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow X_0 = -\frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2mV_0}{M+m} \Rightarrow X_0 = -\sqrt{\frac{3M}{k}} \cdot \frac{mV_0}{M+m}$ (1)

Для тела m: $x_0 = -V_1 t$

$V_1 = \frac{M-m}{M+m} V_0$

$t = \frac{2}{3}T$

В любой момент времени на брусок M действует сила

$F = -kx$

$F = Ma$ $\Rightarrow Ma = -kx \Rightarrow a = -\frac{k}{M}x$

$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$
$\ddot{x} = a$ $\Big| \Rightarrow a = -\omega^2 x$; Тогда $\omega^2 = \frac{k}{M} \Rightarrow$

$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$
$T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\Big| \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$

Тогда $X_0 = -\frac{M-m}{M+m} V_0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ (2)

Приравняем правые части выражений (1) и (2), т.к. равны их левые части:

$$-\sqrt{\frac{3M}{k}} \cdot \frac{mV_0}{M+m} = -\frac{M-m}{M+m} V_0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{3}\cancel{\sqrt{\frac{M}{k}}} \cdot \frac{m}{M+m}\cancel{V_0} = \frac{M-m}{M+m} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi\cancel{\sqrt{\frac{M}{k}}}\cancel{V_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}m}{\cancel{M+m}} = \frac{4\pi(M-m)}{3\cancel{(M+m)}} \Rightarrow \sqrt{3}m = \frac{4}{3}\pi(M-m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3\sqrt{3}m = 4\pi(M-m) \Rightarrow 3\sqrt{3}m = 4\pi M - 4\pi m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m(3\sqrt{3} + 4\pi) = 4\pi M \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{3\sqrt{3}+4\pi}{4\pi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{M}{m} = \frac{3\sqrt{3}+4\pi}{4\pi}$$

Ответ: $\frac{3\sqrt{3}+4\pi}{4\pi}$

это не определение

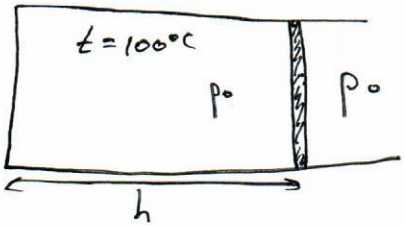
Вопросы: Потенциальная энергия – это энергия, изменение которой зависит от начального и конечного положений тела; не зависит от траектории его движения; на замкнутом контуре равно нулю.

Выражение для потенциальной энергии тела вблизи поверхности Земли: $E_{пот} = mgh$, где m – масса тела; g – ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли; h – уровень подъёма над поверхностью Земли. Стоит отметить, что за нулевой уровень здесь принят уровень $h = 0$

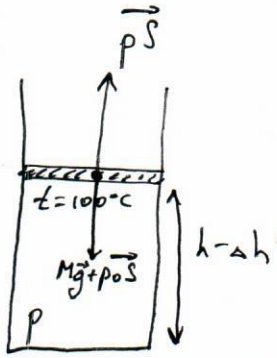
Потенциальная энергия деформированной пружины:
$E_{пот} = \frac{k\Delta l^2}{2}$, где k – жёсткость пружины, Δl – её абсолютное удлинение.

2.4.3 Задача

1)



2)



$T = 373K$

$\Delta m = 0{,}1г$

$S = 100см^2$

$p_0 = 10^5 Па$

$\mu = 18 \frac{г}{моль}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

$R = 8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

Пусть изначально в сосуде m воды и ν воздуха;

$[m]$ – г ; $[\nu]$ – моль.

1) $p_0 = p_{возд} + p_{воды}$

$$\left.\begin{aligned} p_{возд}V &= \nu RT \\ V &= hS \end{aligned}\right| \Rightarrow p_{возд} = \frac{\nu RT}{hS}$$

$$p_{воды}V = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow p_{воды} = \frac{mRT}{\mu hS}$$

$$\Rightarrow p_0 = \frac{\nu RT}{hS} + \frac{mRT}{\mu hS} \Rightarrow p_0 = \frac{RT}{hS}\left(\nu + \frac{m}{\mu}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu + \frac{m}{\mu} = \frac{p_0 hS}{RT}$$

2) $pS = Mg + p_0 S \Rightarrow p = \frac{Mg}{S} + p_0$

$p = p_{возд} + p_{воды}$

$$\left.\begin{aligned} p_{возд}V &= \nu RT \\ V &= (h-\Delta h)S \end{aligned}\right| \Rightarrow p_{возд} = \frac{\nu RT}{(h-\Delta h)S}$$

$$p_{воды}V = \frac{m-\Delta m}{\mu}RT \Rightarrow p_{воды} = \frac{(m-\Delta m)RT}{\mu(h-\Delta h)S}$$

$$\Rightarrow p = \frac{\nu RT}{(h-\Delta h)S} + \frac{(m-\Delta m)RT}{\mu(h-\Delta h)S} \Rightarrow p = \frac{RT}{(h-\Delta h)S}\left(\nu + \frac{m}{\mu} - \frac{\Delta m}{\mu}\right)$$

$$\Rightarrow p = \frac{RT}{(h-\Delta h)S} \cdot \left(\frac{p_0 hS}{RT} - \frac{\Delta m}{\mu}\right) \Rightarrow p = \frac{\cancel{RT} p_0 h \cancel{S}}{(h-\Delta h)\cancel{S}\cancel{RT}} - \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{RT}{(h-\Delta h)S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \frac{p_0 h}{(h-\Delta h)} - \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{RT}{(h-\Delta h)S}$$

$$p = \frac{Mg}{S} + p_0$$

$\Rightarrow$

43-55-04-53
(66.12)

$$\Rightarrow \frac{p_0 h}{(h-\Delta h)} - \frac{\Delta m}{\mu}\cdot\frac{RT}{(h-\Delta h)S} = \frac{Mg}{S} + p_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_0\left(\frac{h}{h-\Delta h} - 1\right) - \frac{\Delta m}{\mu}\cdot\frac{RT}{(h-\Delta h)S} = \frac{Mg}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_0\cdot\frac{\cancel{h}-h+\Delta h}{h-\Delta h} - \frac{\Delta m}{\mu}\cdot\frac{RT}{(h-\Delta h)S} = \frac{Mg}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_0\Delta h}{h-\Delta h} - \frac{\Delta m RT}{\mu(h-\Delta h)S} = \frac{Mg}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{M = \frac{p_0\Delta h S}{(h-\Delta h)g} - \frac{\Delta m RT}{\mu(h-\Delta h)g}}$$

При подсчёте переведу всё в систему СИ.

$$M = \frac{10^5\cdot 5\cdot 10^{-2}\cdot 100\cdot 10^{-4}}{(35\cdot 10^{-2}-5\cdot 10^{-2})\cdot 10} - \frac{0{,}1\cdot 10^{-3}\cdot 8{,}3\cdot 373}{18\cdot 10^{-3}\cdot(35\cdot 10^{-2}-5\cdot 10^{-2})\cdot 10} =$$

$$= \frac{5}{30\cdot 10^{-2}} - \frac{10^{-4}\cdot 8{,}3\cdot 373}{18\cdot 10^{-5}\cdot 300} = \frac{500}{30} - \frac{8{,}3\cdot 373}{18\cdot 300\cdot 10^{-1}} =$$

$$= \frac{50}{3} - \frac{8{,}3\cdot 373}{18\cdot 300} = \frac{50\cdot 1800 - 83\cdot 373}{18\cdot 300} \approx 10{,}9\ (кг)$$

$$\begin{array}{r} \times\ 1800 \\ 50 \\ \hline 90000 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\ 373 \\ 83 \\ \hline +\ 1119 \\ 2984 \\ \hline 30959 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -\ 90000 \\ 30959 \\ \hline 59041 \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} -\ 59041 & 5400 \\ 5400 & 10{,}9 \\ \hline -\ 50410 & \\ 48600 & \\ \hline 1810 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times\ 18 \\ 300 \\ \hline 5400 \end{array}$$

Ответ: 10,9кг.

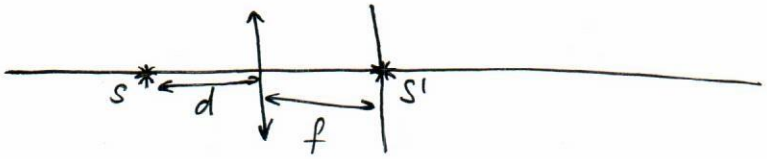
Вопросы: Чем давление ниже, тем ниже температура кипения.

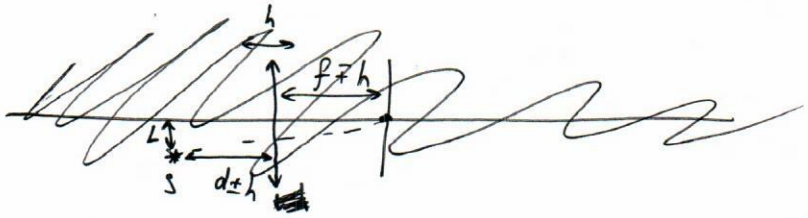
Температура кипения – это температура, при которой процесс испарения происходит по всему объёму жидкости.

Задача 4.10.3

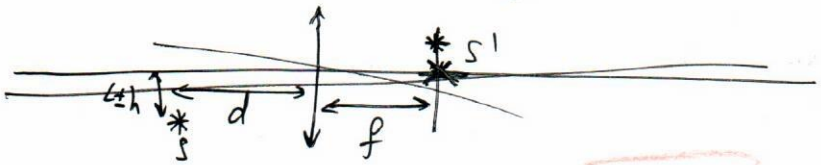
$d = 24$ см
$L = 6$ см
$h = 2$ см
$F - ?$

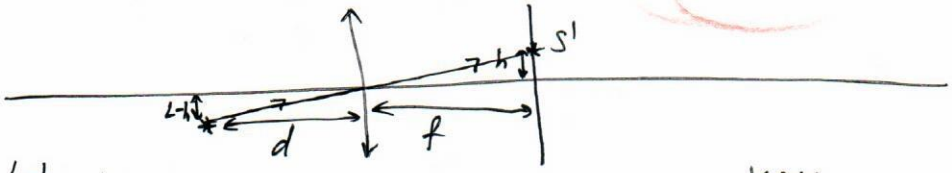
1)





2)

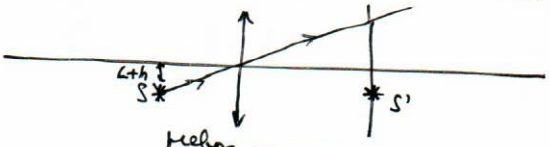




или

$$\frac{L-h}{d} = \frac{h}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{h}{L-h} d$$



невозможно

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{L-h}{hd} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{h+L-h}{hd} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{L}{hd} \Rightarrow F = \frac{hd}{L} \Rightarrow F = \frac{2\text{ см} \cdot 24\text{ см}}{6\text{ см}} = 8\text{ см}$$

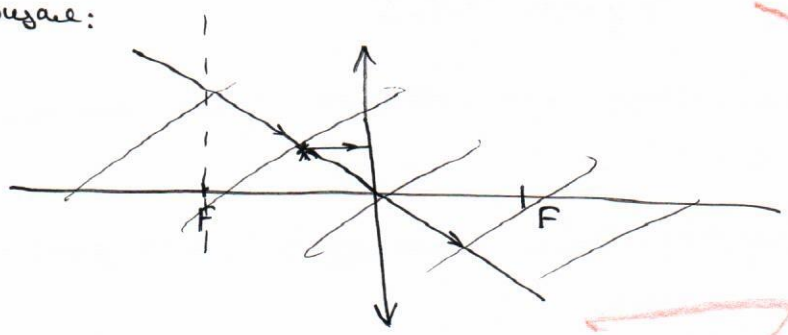
Ответ: 8 см.

Вопросы:

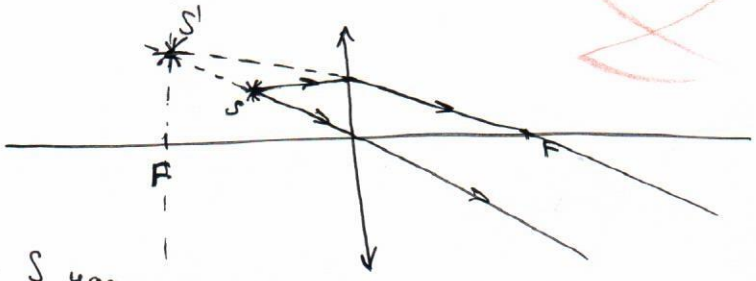
Пример построения изображения

Собирающая:

+2

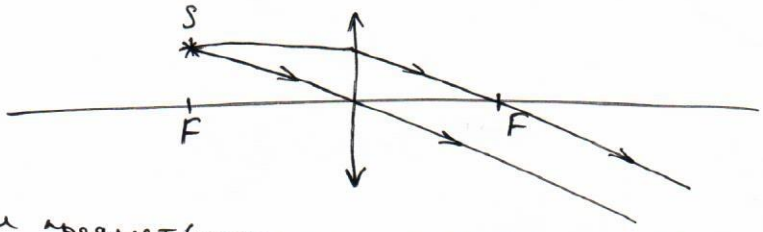


1)



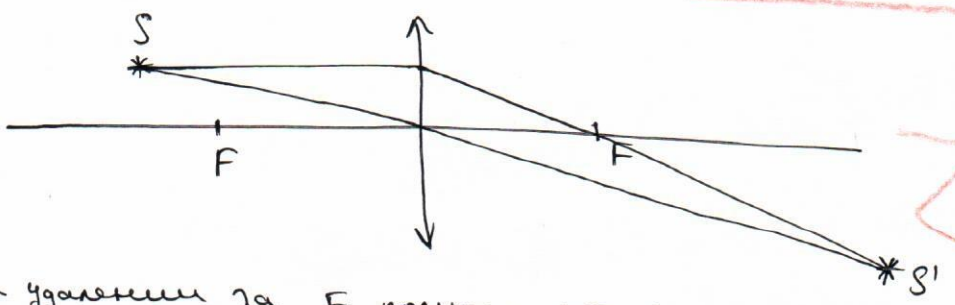
Когда S удалено менее, чем на фокусное расстояние, то получаем мнимое [redacted] изображение

2)



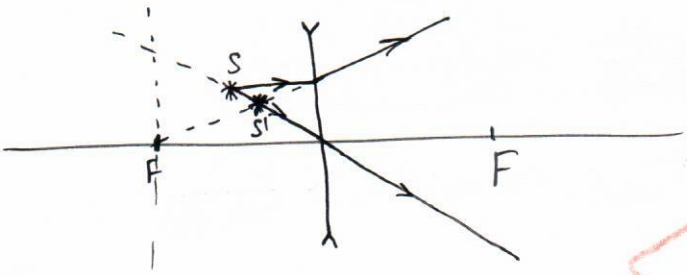
Если предмет/источник находится на фокусном расстоянии, то его изображение не будет получено (или будет получено на бесконечности)

3)



При удалении за F получаем действительное изображение. (при $F<d<2F$ – увеличенное; при $d=2F$ – равное; при $d>2F$ – уменьшенное)

Рассеивающая линза:



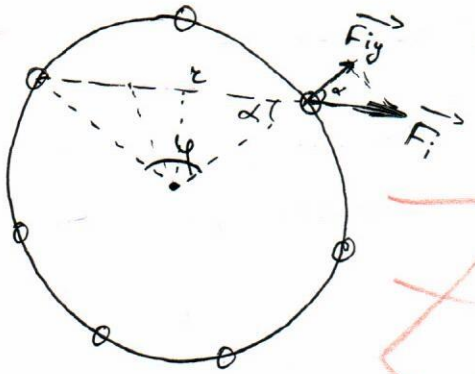
Получим мнимое изображение.

Задача 3.7.3

Вопросы:

Индуктивность – это характеристика проводника по его способности к самоиндукции. (какими именно словами)

$\mathcal{E}_i = -LI_i$ (знак) ← знак не верен, где $\mathcal{E}_i$ – ЭДС самоиндукции; L – индуктивность проводника; I_i – ток самоиндукции.



$VT = \frac{2\pi R}{N}$

$T = \frac{1}{n}$ $\Big| \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \frac{2\pi R n}{N}$

$F_л = BqV$

$a_y = \frac{V^2}{R}$

не учтена сила тяжести

$\pi - 2\alpha = \frac{2\pi i}{N}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi i}{N}$

$m\vec{a_y} = \sum_{i=1}^{N-1} \vec{F_{iy}}$

$F_i = \frac{kq^2}{r^2}$

$r^2 = 2R^2(1-\cos\varphi)$ $\Big| \Rightarrow F_i = \frac{kq^2}{2R^2(1-\cos\varphi)}$ $\Big| \Rightarrow$

$\varphi = \pi - 2\alpha = \frac{2\pi i}{N}$

$\Rightarrow F_i = \frac{kq^2}{4R^2\sin^2\frac{\varphi}{2}} \Rightarrow F_i = \frac{kq^2}{4R^2\sin^2\left(\frac{\pi i}{N}\right)}$

$F_{iy} = F_i\cos\alpha = F_i\cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi i}{N}\right) = F_i\sin\frac{\pi i}{N}$ $\Big| \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{iy} = \frac{kq^2\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)}{4R^2\sin^2\left(\frac{\pi i}{N}\right)} \Rightarrow F_{iy} = \frac{kq^2}{4R^2\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)}$

$ma_y = \sum F_{iy}$

$\cancel{\int_0^N F_{iy}\,di = \int_0^N \frac{kq^2\,di}{4R^2\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)} = \frac{kq^2}{4R^2}\int_0^N \frac{di}{\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)}}$

$\frac{mV^2}{R} = \sum \frac{kq^2}{4R^2\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)} \Rightarrow mV^2 = \sum \frac{kq^2}{4R\sin\left(\frac{\pi i}{N}\right)}$

Черновик.

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{MV_2^2}{2}$$

$$\cancel{V_0 = V_2 - V_1 \Rightarrow}$$

$$\cancel{V_2 = V_0 + V_1}$$

$$mV_0 = MV_2 - mV_1$$

$$m(V_0 - V_1)(V_0 + V_1) = MV_2^2$$

$$m(V_0 + V_1) = MV_2 \quad \Big| \Rightarrow V_0 - V_1 = V_2 \Rightarrow$$

$$mV_0 = M(V_0 - V_1) - mV_1 \Rightarrow mV_0 = MV_0 - MV_1 - mV_1 \Rightarrow$$

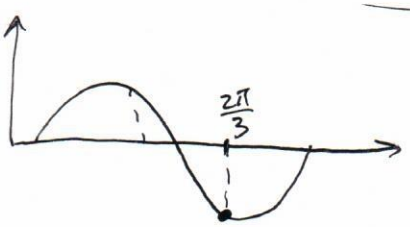
$$\Rightarrow V_1 = \frac{V_0(M-m)}{M+m} \qquad V_2 = V_0 - \frac{V_0(M-m)}{M+m} = V_0\frac{M+m-M+m}{M+m}$$

$$V_2 = \frac{2m}{M+m}V_0$$

$$F = kx = Ma \Rightarrow a = -\frac{k}{M}x \qquad a = -\omega^2 x \Rightarrow$$

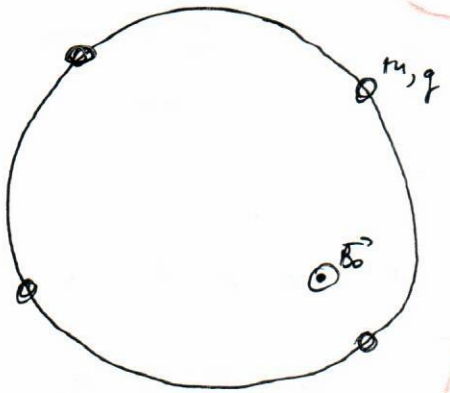
$$\Rightarrow -\frac{k}{M} = -\omega^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{k}{M}} = \omega \; ; \; T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$x = X_m \sin\left(\omega \frac{t}{T}\right) \Rightarrow X_0 = X_m$$



Там чистовик!

Черновик



$a_ц = \frac{V^2}{R}$

$n = 8 \frac{кмр}{с}$

$VT = \frac{2\pi R}{N}$

$T = \frac{1}{n}$ $\Big|$ =>

=> $\frac{V}{n} = \frac{2\pi R}{N}$ =>

=> $V = \frac{2\pi R n}{N}$

$\cancel{F = B_0 q V}$

$\cancel{ma = F}$ $\Big|$ => $\cancel{V = ma}$

Чистовик

$$\frac{4m\pi^2R^2n^2}{N^2} = \sum \frac{kq^2}{4R\sin(\frac{\pi i}{N})} \Rightarrow \frac{16m\pi^2R^3n^2}{N^2} = \sum \frac{q^2}{4\pi\sin(\frac{\pi i}{N})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum \frac{1}{\sin(\frac{\pi i}{N})} = \frac{64m\pi^3R^3n^2}{N^2q^2}$$

При малых углах $\sin\alpha \approx \alpha$

$$\sum \frac{N}{\pi i} = \frac{64m\pi^3R^3n^2}{N^2q^2}$$