0 096302 830001

09-63-02-83
(65.23)

$15^{05} - 15^{15}$ Седых
+1 лист Седых
+1 лист Седых

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вышел $16^{17} - 16^{30}$

Вариант № 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов ~~по физике~~
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Седых Павла Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

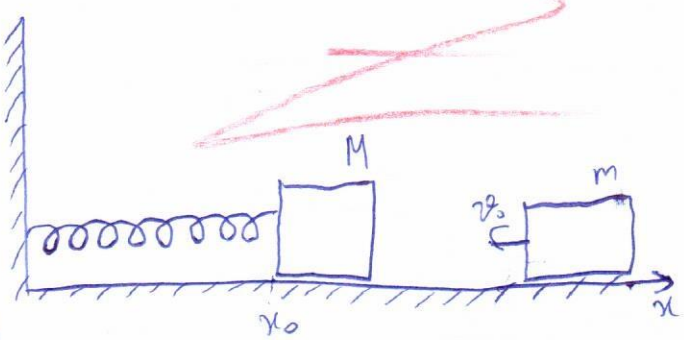
Дата
«21» февраля 2020 года

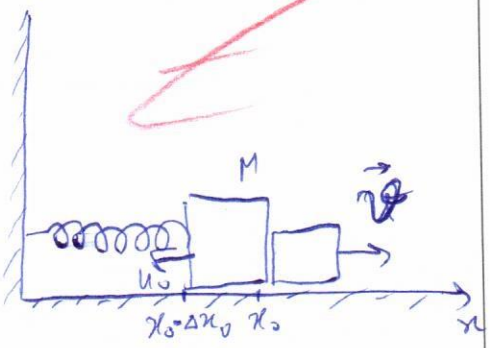
Подпись участника

09-63-02-83
(65.23)

Черновик

№ 1 $l = \frac{5}{8}$; $\tau = lT$





ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu_0^2}{2} + \frac{k\Delta x_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$

колебания без потерь: $\frac{Mu_0^2}{2} + \frac{k\Delta x_0^2}{2} = const$ | ' найдем уравнение гармонических колебаний

$$\frac{M\cancel{2}\dot{x}\cdot\ddot{x}}{\cancel{2}} + \frac{k\cancel{2}x\cdot\dot{x}}{\cancel{2}} = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

Координата бруска m в момент τ после соударения

$$x_m = x_0 - \Delta x_0 + v\tau$$

ЗСЭ в момент через τ посл. удара:

M

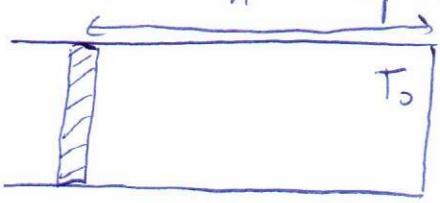
$$\frac{pV}{mg} = \frac{Па\cdot м^3}{Н} = м$$

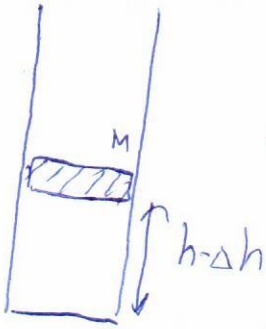
$$Н = Па\cdot м^2$$

$$100 \cdot 100 = 100\,000\ см^2$$

	1	2	3	4	Σ
Т	10	7	8	10	35
З	12	10	7	15	44
Е					

Черновик





нач. сост.:

$$\underset{P_a}{P}\,\underset{h\cdot S}{V} = \nu R T_0 \Rightarrow \cancel{m_{воз} = \frac{PVM}{RT_0}}$$

$$\nu = \frac{P_a V}{RT_0} = \frac{P_a h S}{RT_0}$$

$$\cancel{P_a S} + mg = \underset{P_a}{\cancel{P_{н.п.}}} S + P_{сум.возд.} S$$

$$P_{сум.в.} = \frac{mg}{S}$$

$$PV = \nu' R T_0 \Rightarrow \frac{mg}{S}(h-\Delta h)S = \nu' R T_0$$

$$h - \Delta h = \frac{\nu' R T_0}{mg}$$

$$\Delta h = h - \frac{\nu' R T}{mg}$$

$$\nu_0 = \frac{m_в}{M_в} + \frac{m_{воды}}{M_{воды}}$$

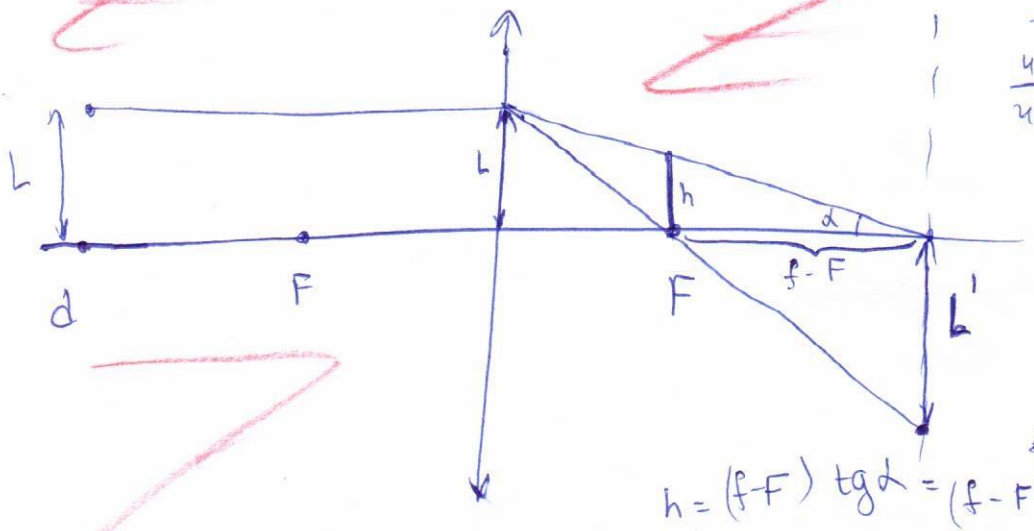
$$\nu' = \frac{m_в}{M_в} + \frac{m_{воды} - \Delta m}{M_{воды}}$$

$$\boxed{\nu' = \nu_0 - \frac{\Delta m}{M_{воды}}}$$

09-63-02-83
(65.23)

Черновик

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 30 \\ \hline 00 \\ 45 \\ \hline 450 \end{array}$$

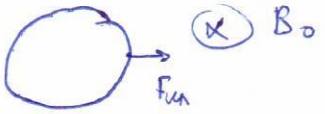


$h = (f-F)\,tg\alpha = (f-F)\frac{L}{f}$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = 30$$

A

$\nu_{вр} = \nu_{счетчик} \Rightarrow$ кольцо неподвижно



$\mathcal{E}_{инд} = \frac{B_0 S}{\Delta t}$

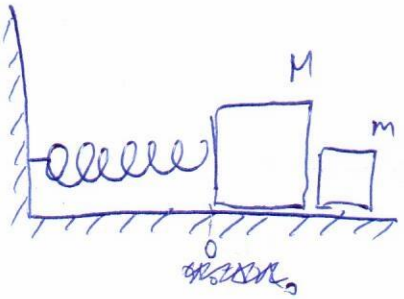
$\omega^2 R = \frac{v^2}{R}$

$F_л = B_0 v q \Rightarrow \omega_{вр} =$

$v = \frac{F_л}{B_0 q} \Rightarrow \omega_{вр} = \frac{F_л}{B_0 q R}$

за $\frac{1}{8}$ с $\frac{1}{100} \cdot 2\pi$

Черновик



$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{k \Delta x_0^2}{2}$$

$$x(t) = \Delta x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\, t\right)$$

09-63-02-83
(65.23)

Чистовик

Вопрос № 1

Колебания называют гармоническими, если колеблющаяся величина (например координата на оси или угол отклонения) изменяется по гармоническому закону (по закону синуса или косинуса)

Стандартный вид зависимости для гармонических колебаний $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$ 5

Амплитуда гарм. колебаний - максимальное отклонение величины от положения равновесия 2

Фаза гармонических колебаний - аргумент гармонической функции в данный момент времени 3

φ_0 - фаза в момент $t=0$

Вопрос № 2

Виды парообразования: испарение, кипение

Испарение - процесс парообразования, происходящий на поверхности жидкости, происходит с выделением теплоты.

Кипение - процесс парообразования, происходящий во всему ~~поверхности~~ объему жидкости. При кипении в ней образуются пузырьки с насыщенным паром данной жидкости. Пузырек, находящийся у пов-ти кипящей жидкости должен иметь давление равное давлению снаружи жидкости, иначе он не дойдет до пов-ти, а лопнет раньше см. далее →

Вопрос №2 продолжение Чистовик

Температура кипения жидкости такая, чтобы $P_{н.п.}$ при данной температуре равнялась давлению снаружи.

Удельная теплота парообразования - скалярная физическая величина, ~~кара~~ определяющая кол-во теплоты, требуемое ~~жидкости~~ для превращения 1 кг жидкости в пар $[L] = \left[\frac{Дж}{кг}\right]$ при пост. T

Вопрос №3

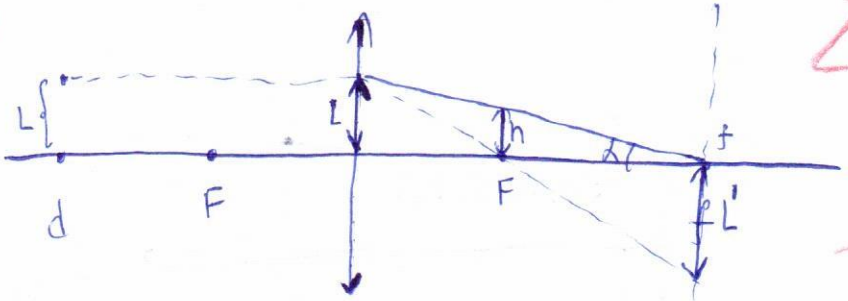
Закон электромагнитной индукции - при изменении потока вектора магнитной индукции через замкнутый контур в нем образуется индукционный ток $\mathcal{E}_{инд} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \Delta S}{\Delta t}$, где $\Delta\Phi$ - изменение потока $\vec{B}$, равное произведению изменения величин $\vec{B}$ и S (площади рамки), а Δt - время, за которое произошло изменение потока.

Правило Ленца - индукционный ток течет в таком направлении, что создаваемое им магнитное поле стремится скомпенсировать породившее его магнитное поле.

Вопрос №4

Тонкая линза - такая линза, ширина которой ~~расстояние от между наиболее удаленными точками на ее час от центров~~ (расстояние между ~~двумя точка~~ двумя ее точками, лежащими на главной оптической оси линзы) значительно меньше радиусов кривизны ее частей.

№4 Чистовик



т.к. $d = 2F$

& из ф-лы тонкой линзы $f = d = 2F$

Нужно переместить линзу так, чтобы ~~прямой~~ после прохождения линзы луч от источника попал на ГОО

h показано на рисунке (расстояние на которое сместится фокус, а следовательно и сама линза)

$$\left.\begin{aligned} h &= (f-F)\,tg\alpha \\ tg\alpha &= \frac{L}{f} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{h = (f-F)\frac{L}{f}}$$

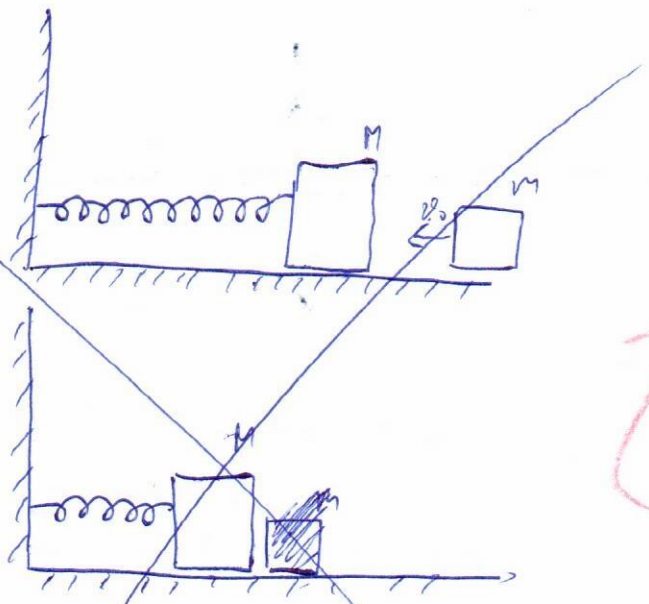
$f = d$

$$\boxed{h = (d-F)\frac{L}{d}}$$

$$h = 15 \cdot \frac{8}{30} = 4\text{ см} = 0{,}04\text{ м}$$

Ответ: $h = 0{,}04$ м

№1 Черновик



В момент максимального сжатия пружины вся энергия

309590 | 18
× 18 | 17199,(4)
129
-126
35
-18
179
-162
170
-162
80
-72

09-63-02-83
(65.23)

Чистовик

№1

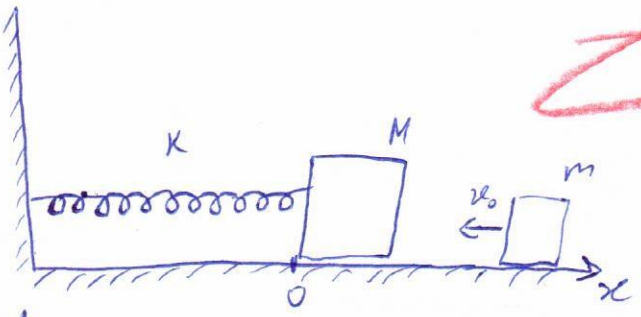
n - ?

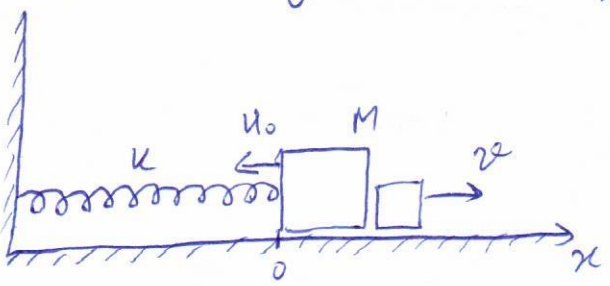
$l = \frac{5}{8}$

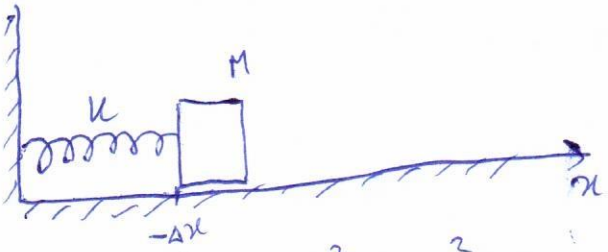
$\tau = lT$

T - период колебаний

скорости указаны на рисунке







ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mu_0^2}{2}$ <=>

ЗСИ: $mv_0 = Mu_0 - mv$

$$\begin{cases} v_0^2 = v^2 + nu_0^2 & (1) \\ v_0 = u_0 n - v & (2) \end{cases}$$

Получим ур-ние гарм. колебаний:

$$\frac{Mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = const$$

$$\frac{M2\dot{x}\ddot{x}}{2} + \frac{k2x\cdot\dot{x}}{2} = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

Координата m через τ от столкновения

$x_m(\tau) = v\tau$

Координата M через τ от столкновения

$x_M(\tau) = \Delta x_0 \cos(\omega\tau)$ ← sin

$x_m(\tau) = x_M(\tau)$ Чистовик

$v\tau = \Delta x_0 \cos(\omega\tau)$ sin

Начальные условия $\Delta x = 0$ должно быть

$\frac{k\Delta x_0^2}{2} = \frac{M u_0^2}{2} \Rightarrow \Delta x_0 = u_0\sqrt{\frac{M}{k}}$

$v\tau = u_0\sqrt{\frac{M}{k}}\cos(\omega\tau)$

Найдем $\frac{v_0}{u_0}$ из (1) и (2) пусть $\frac{v}{u_0} = b$

$\begin{cases} v_0^2 = v^2 + n u_0^2 \\ v_0 = n u_0 - v \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{v_0^2}{u_0^2} = b^2 + n \\ \frac{v_0}{u_0} = n - b \end{cases} \Leftrightarrow$

$n^2 - 2nb + b^2 = b^2 + n$

$\cancel{n^2 - 2nb - n = 2b^2}$

$\cancel{2b^2 + 2nb - n^2 + n = 0}$

$\cancel{b = \frac{-n \pm \sqrt{n^2 + 2n^2 - 2n}}{2}}$

$n^2 - 2nb - n = 0$

$b = \frac{n-1}{2}$

$\frac{n-1}{2} \cdot \ell \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = \sqrt{\frac{M}{k}}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\,\ell 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}\right)$

$\frac{n-1}{2} \cdot \ell \cdot 2\pi = \cos(2\ell\pi)$

$\boxed{n = \frac{\cos(2\pi\ell)}{\ell\pi} + 1}$ ⇒ ошибка в знаке

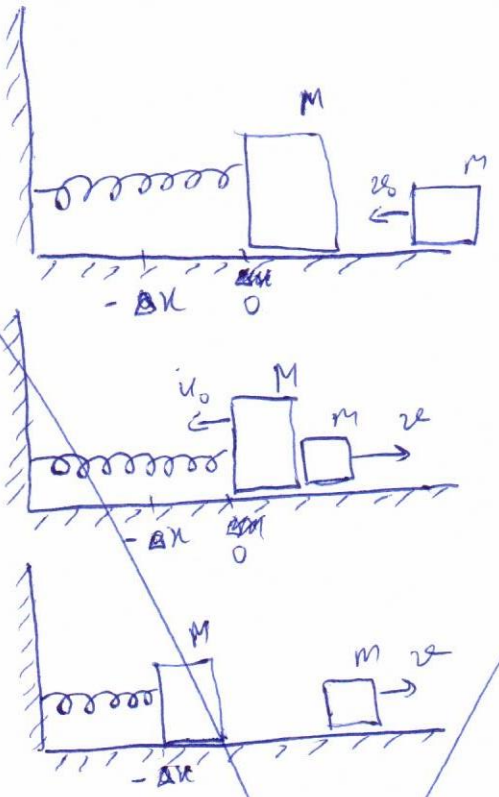
$n = \frac{\cos\left(\frac{5\pi}{4}\right)8}{5\pi} + 1 = 1 - \frac{\sqrt{2}\cdot 8^4}{10\cdot 5\pi} = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi} \approx 1 - \frac{4\cdot 1{,}4}{5\cdot 3{,}4} =$

$= 1 - \frac{5{,}6}{17} \approx 0{,}684$

Отв: $n \approx 0{,}64$

Черновик

N



ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \cancel{k\Delta x_0} \frac{Mu_0^2}{2}$

$mv_0 = Mu_0$ $\Leftrightarrow$

$mv_0^2 = Mu_0^2$

$mv_0 = Mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{mv_0}{M} = \frac{v_0}{n}$

$\cancel{Mu_0^2 = m^2 v_0^2}$

$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{k\Delta x_0^2}{2} \Rightarrow \frac{Mv_0^2}{n^2} = k\Delta x_0^2 \Rightarrow \Delta x_0^2 = \frac{Mv_0^2}{n^2 k}$

Выведем ур-ние гармонических колебаний

$\frac{Mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = const$

$\frac{M2\dot{x}\ddot{x}}{2} + \frac{k2x\dot{x}}{2} = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0$

$\Downarrow$

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

Черновик

$\cancel{x_M(t) = \Delta x_0 \cos \omega t}$

$\cancel{x_m(\tau) = v\tau}$

Фокусное расстояние линзы - расстояние от центра линзы до ее фокуса. $[F] = [M]$

Фокус линзы - точка на главной опт. оси, в которой ~~пересекаются прямые~~ собираются лучи, идущие параллельно главной опт. оси или ~~их~~ прямые, содержащие их.

Оптическая сила линзы - скалярная физ. величина, обратная фокусному расстоянию линзы

$[D] = [Дптр]$ $D = \frac{1}{F}$

№1

m, M, k

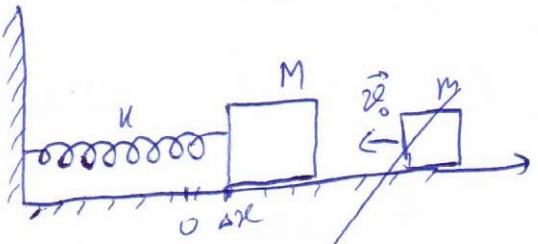
v_0 - скорость ~~бруска~~ бруска m вначале

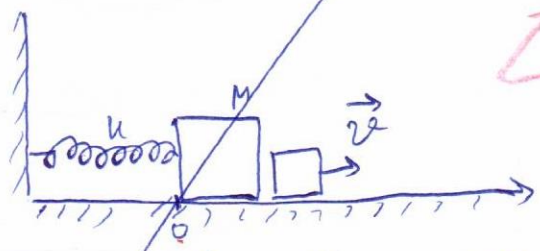
$\tau = \ell T$

τ - время, через которое брусок M догонит брусок m

$\ell = \frac{5}{8}$, T - период возникших колебаний

$\vec{v}$ - скорость бруска m после соударения





Т.к. ~~груз~~ брусок M соединен пружиной со стеной, ~~брусок m остр~~ вся энергия бруска m перейдет в ее сжатие и разгон бруска M, но при отрыве бруска m от M ~~в~~ скорости бруска M будет равна 0

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{k\Delta x_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$ (1)

Найдем ур-ние колебаний:

$\frac{Mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = const$ т.к. колебания без потерь

$\frac{M2\dot{x}\ddot{x}}{2} + \frac{kx\dot{x}}{2} = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$

см. далее

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times\ 4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,4 \\ \times\ 5 \\ \hline 17,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,6 \\ \times\ 3 \\ \hline 16,8 \end{array}$$

Черновик

т.к. И бруска M в начале колебаний = 0

$x_M(t) = \Delta x_0 \sin(\omega t)$

Положение бруска m в момент τ

$x_m(\tau) = 0 + v\tau$

Положение бруска M в момент τ

$x_M(\tau) = \Delta x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\,\tau\right)$

по усл. $x_m(\tau) = x_M(\tau)$

$v\tau = \Delta x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\,\tau\right)$ (2)

$\tau = \ell T = \ell 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ подставим в (2)

$v \ell 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = \Delta x_0 \sin(2\pi\ell)$

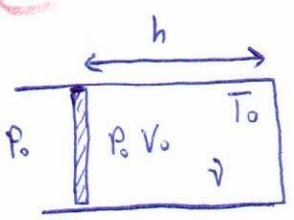
Из ур-ния (1): $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{k\Delta x_0^2}{2} + \frac{m v^2}{2} \Leftrightarrow$

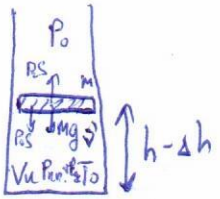
$m v_0^2 = k\Delta x_0^2 + m v^2$

$v^2 = \sqrt{\frac{m v_0^2 - k\Delta x_0^2}{m}}$

Чистовик

№2





$h \cdot S$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0 \Rightarrow \nu = \frac{P_0 V_0}{R T_0} = \frac{P_0 h \cdot S}{R T_0}$$

P_0 (т.к. поршень покоится)

влажн. воздух – два газа

т.к. в сосуде есть вода => пар насыщ

II З.Н.: $P_0 S + Mg = P_{н.п} S + P_{сух.возд} S$

$P_{н.п.} = P_0$ при данной T_0

$$\Downarrow$$

$$Mg = P_{сух.возд} S \Rightarrow P_{сух.} = \frac{Mg}{S}$$

$$P_{сух} V_u = \nu' R T_0 \Leftrightarrow$$

$$\frac{Mg}{S}(h-\Delta h) S = \nu' R T_0 \Rightarrow h - \Delta h = \frac{\nu' R T_0}{Mg}$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta h = h - \frac{\nu' R T_0}{Mg}$$

$$\left.\begin{aligned} \nu &= \frac{m_{возд}}{M_{возд}} + \frac{m_{водн}}{M_{водн}} \\ \nu' &= \frac{m_{возд}}{M_{возд}} + \frac{m_{водн} - \Delta m}{M_{водн}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \nu' = \nu - \frac{\Delta m}{M_{водн}} \Rightarrow$$

$$\boxed{\Delta h = h - \frac{\left(\nu - \frac{\Delta m}{M_{водн}}\right) R T_0}{Mg}}$$

$$\nu = \frac{P_0 h \cdot S}{R T_0} \Rightarrow \Delta h = h - \frac{\left(\frac{P_0 h S}{R T_0} - \frac{\Delta m}{M_{водн}}\right) R T_0}{Mg}$$

см далее →

Чистовик

$$\boxed{\Delta h = h - \frac{P_0 hS - \frac{\Delta m R T_0}{M_{воды}}}{Mg}}$$

$$\Delta h = 0{,}35 - \frac{10^5 \cdot 0{,}35 \cdot 10^{-2} - \frac{0{,}18 \cdot 373}{0{,}018}}{10 \cdot 10} =$$

$$= 0{,}35 - \frac{10^5 \cdot 10^{-4} \cdot 35 - \frac{10^{-1} \cdot 83 \cdot 373}{18 \cdot 10^{-3}}}{10^2} =$$

$$= 0{,}35 - \frac{3{,}50 - \frac{83 \cdot 373}{1{,}8}}{10^2}$$

$$\begin{array}{r} 373 \\ \times\ 83 \\ \hline 1119 \\ 2984 \\ \hline 30959 \end{array}$$

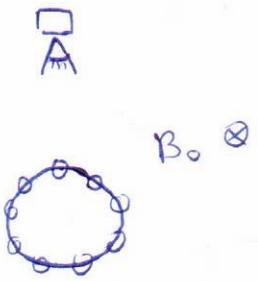
Ответ: $\Delta h = h - \frac{P_0 hS - \frac{\Delta m R (t + 273^{\circ}C)}{\mu}}{Mg}$

№3 Чистовик

$N = 100$

$q = 10^{-7}$ Кл

$n = 8 \frac{к}{с}$



$F_л$ компенсирует ~~сила~~ силу кулоновского взаимодействия между шариками

$\Rightarrow F_л = q v B_0$, где v, скорость, которая была бы, если бы не было $F_л$

$F_л = F_{кл}$

$\Rightarrow$ ~~шар~~ шарики будут двигаться со скоростью $v = \frac{F_л}{q B_0}$

~~после вычисления~~: $F_{кл} = m\frac{v^2}{R} = m\frac{F_л^2}{q^2 B_0^2 R}$

$F_л = m\frac{F_л^2}{q^2 B_0^2 R}$

$1 = m\frac{q v B_0}{q^2 B_0^2 R}$

$F_л = q v B_0 = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow \omega = \frac{q B_0}{m} \Rightarrow \nu = \frac{m}{q B_0}$

Тогда $F_{кл} = m\frac{v^2}{R}$

$F_л = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow q v B_0 = m\frac{v^2}{R} = m\omega$

$\Downarrow$

$\omega = \frac{q B_0}{m}$

$\Downarrow$

$\nu = \frac{m}{q B_0}$

Чтобы кольцо было неподвижно за $t = \frac{1}{n}$, кольцо должно поворачиваться на $\varphi = \frac{2\pi}{N}$

$\Rightarrow$ за 1с $\varphi = \frac{2\pi n}{N} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi n}{N} = \frac{q B_0}{m}$

$\Rightarrow \boxed{B_0 = \frac{2\pi n m}{q N}}$