0 817643 360008

81-76-43-36
(64.18)

15¹⁰ – 15¹⁵

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения _____
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шарапова Алексея Евгеньевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

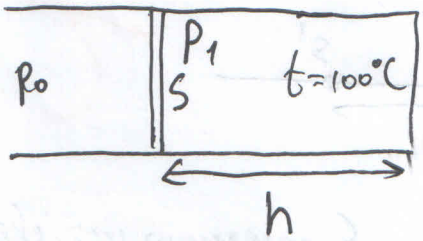
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

81-76-43-36 (64.18)

Задача 2.4.1

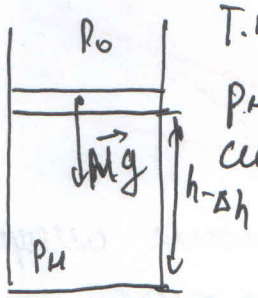
Чистовик



Пусть в горизонтальном сосуде давл p_1, кол-во пара ν_1, тогда ($T = 373$ K (перевод t из °C в K))

$p_0 S - p_1 S = Ma \Rightarrow$ поршень неподвижен $p_0 S = p_1 S \Rightarrow p_0 = p_1 = 10^5$

После того, как цилиндр поставили вертикально и поршень занял положение равновесия:



Т.к. p_M при $t=100°C$ (давл. нас. паров) равно $p_M = 10^5$ Па, при этом условие равновесия поршня: $p_M \cdot S = Mg + p_0 S$, пусть при p_1 было ~~давл~~ кол-во пара ν_1, то $p_1 S h = \nu_1 RT$,

после смещения

$$p_M \cdot S(h-\Delta h) = \nu_2 RT \text{ и } \nu_2 = \frac{p_0 S + Mg}{S \cdot RT} \cdot (h-\Delta h) \cdot S$$

$$\nu_1 = \frac{p_0 S h}{RT} \qquad \Delta\nu = \nu_1 - \nu_2 = \frac{p_0 S \Delta h + Mg(\Delta h - h)}{RT}$$, но этот ответ не верен т.к. здесь предполагается, что $p_M = \frac{Mg}{S} + p_0 > p_1 = p_0$, то т.к. $p_M = p_0$ такого быть не может → значит поршень опускался вниз до тех пор, пока не сконденсировалась вся вода т.к. до этого момента силы, действ. на него нельзя не могли скомпенсировать силу тяжести и силу атм. давления. Поршень остановился из-за несжимаемости воды → найдем объем воды $V = (h-\Delta h)S$, $\rho_{воды} = 1000 \frac{кг}{м^3}$ (табличная величина)

т.е. $\Delta M = \rho_{воды} V - 0 = (h-\Delta h) S \cdot \rho_{воды}$

$\Delta M = 30 см \cdot 100 см^2 \cdot 1000 \frac{кг}{м^3} = 3000 \cdot 1000 \cdot 10^{-9} = \cancel{3 \cdot 10^{-3}}$ кг. $3 \cdot 10^{-3}$

Ответ: $\Delta M = 3 \cdot 10^{-3}$ кг

	1	2	3	4	Σ
Т	10	9	10	10	39
3	10	8	10	8	36

Николаева, Фальковс, Комиссар, Бзыров

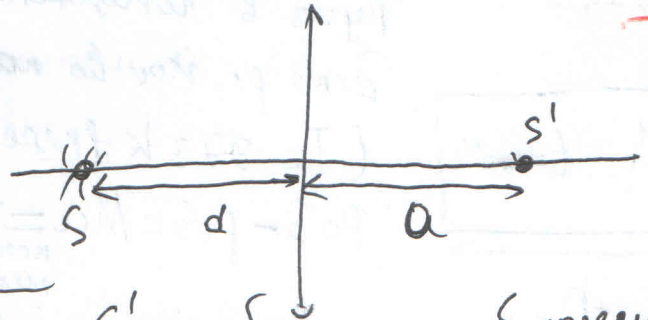
№ 4.10: 1 Чистовик

Задача:

Дано: $F = 10$ см
$d = 25$ см
$h = x$ см

$L - ?$

До перемещения линзы

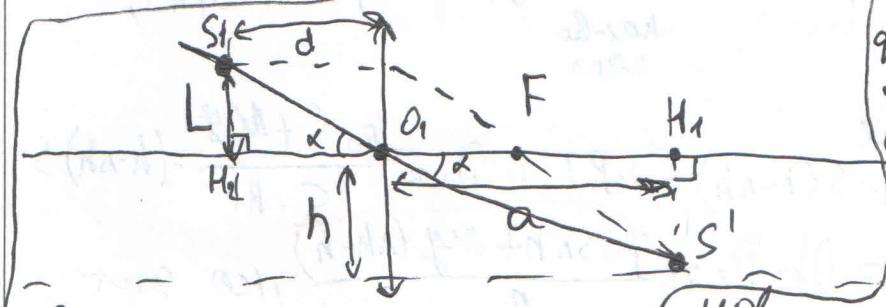


S' - изображение S, точечного ист. света.

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Rightarrow a = \frac{dF}{d-F}$

$a = \frac{25 \cdot 10}{15}$ см $= \frac{50}{3}$ см $> F = 10$ см.

После смещения линзы



Т.к. после смещения формула тонкой линзы все еще будет работать, то если a сохр, то и d расст. от нового смещенного ист. до линзы сохр, значит смещение источника должно пройти ⊥ бывш. гл. опт. оси.

бывшая главная опт. ось.

Пусть имеем новый точечный источник S_1'', тогда этот источник, точка O_1 пересечения линзы с ее гл. опт. осью и изображение S' будут лежать на одной прямой т.к. лучи, проходящие через O_1 не преломляются. тогда $\angle M_1O_1S' = \angle S_1O_1H_2$ (вертикальные) $= \alpha$. из $\triangle M_1O_1S' \rightarrow$

$\rightarrow tg\alpha = \frac{h}{a}$, тогда из $\triangle S_1O_1H_2$: $tg\alpha = \frac{L}{d} = \frac{h}{a} \Rightarrow L = \frac{h \cdot d}{a}$

ход вычислений правильный

$L = \frac{h \cdot d}{dF} \cdot (d-F) = \frac{h \cdot (d-F)}{F}$; $L = \frac{3 \cdot 15 \text{ см}}{10} = 4{,}5$ см

Ответ: $L = 4{,}5$ см.

№4.10.1 Чистовик

Вопрос: • Формула тонкой линзы: $\pm\frac{1}{d}\pm\frac{1}{a}=\pm\frac{1}{F}$, где d – расстояние от линзы до ист. (тела, изобр. которого мы получим), a – расстояние от изобр до линзы, а F – фокусное расстояние линзы, а знаки расст. в соотв. с мнимостью величин.

Фокусное расстояние линзы – расстояние от линзы до фокальной плоскости (пл-ть, в которой пер все парал. лучи после преломления в линзе)

Мнимым изобр считается, если оно появл при пересечении продолжения лучей ~~сам~~, прох через линзу, а не самих этих лучей. Если линза соб, то перед $\frac{1}{F}$: +, расс: –.

Увеличение, даваемое линзой – отношение линейных размеров изобр. объекта к линейным размерам самого этого объекта. +

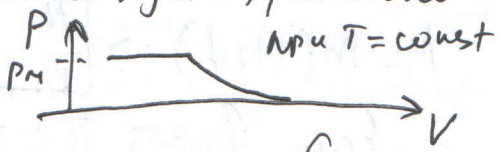
~~№4.9.1~~

№2.4.1

Вопросы:

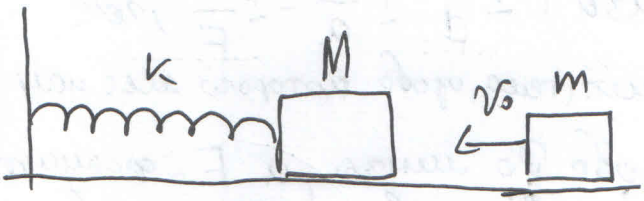
~~Насыщенный пар – состояние, когда пар находится в дин. равновесии с жидкостью, т.е. сколько вещества пара сконденсируется в жидкость за dt, столько и перейдет~~ время

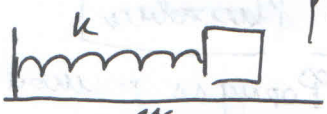
Нас. пар – сост, когда пар находится в динамическом равновесии с жидкостью, т.е. сколько м-л. перейдет из пара в жидкость за dt (сконденсируется), столько перейдет из жидкости в пар.



С ростом температуры, растет давление нас. пара и плотность. т.к. чем больше темп, тем больше кин. энергия м-л => больше и самих этих м-л в паре. как именно растет?

№ 1.1.1. Чистовик





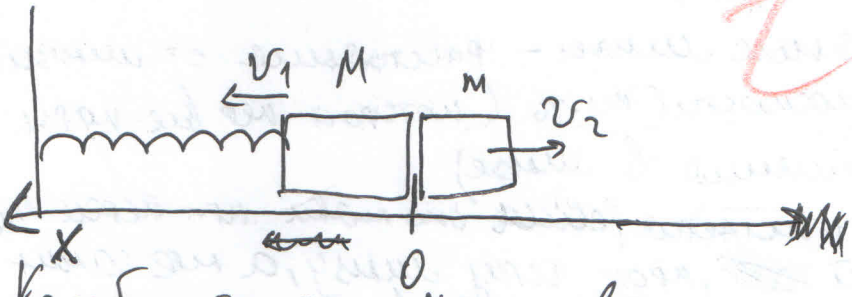
$m\vec{a} = -kx$

$m\ddot{x} + kx = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

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

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



Колебания груза M описываются уравнением (коорд от вр.)

$x_1(t) = A \cdot \sin(\omega t)$, $\frac{kA^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot v_1$

$x_1(t) = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot v_1 \cdot \sin(\omega t)$

Движение (коорд по x) груза малой m оп. ур-м

$x_2(t) = -v_2 t$, известно, что через время $t_0 = \frac{7}{12}T = \frac{7}{6}\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ коорд. грузов равны (рассм. их, как мат. точки) т.е. $x_1(t_0) = x_2(t_0)$

$\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot v_1 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{7}{6}\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\right) = -v_2 \cdot \frac{7}{6}\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

$v_1 \cdot \sin\left(\frac{7}{6}\pi\right) = -v_2 \cdot \frac{7}{6}\pi \Rightarrow \frac{v_1}{2} = \frac{v_2 \cdot 7}{6}\pi \Rightarrow v_1 = \frac{7}{3}\pi \cdot v_2$

ЗСИ на OX: $\begin{cases} Mv_0 = Mv_1 - mv_2 \\ Mv_0^2 = Mv_1^2 + mv_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (Mv_0)^2 = M^2v_1^2 - 2Mmv_1v_2 + m^2v_2^2 \\ (m^2v_0^2) = Mmv_1^2 + m^2v_2^2 \end{cases}$ $v_1 = \alpha v_2$ $\Rightarrow$

Закон сохранения энергии? $\alpha = ?$

$\Rightarrow Mmv_1^2 + m^2v_2^2 = M^2v_1^2 - 2Mmv_1v_2 + m^2v_2^2 \Rightarrow M^2v_1^2 = Mmv_1^2(1+2\alpha)$

$M = m(1+2\alpha) \Rightarrow \boxed{\frac{M}{m} = 1+2\alpha = 1 + \frac{7}{3}\pi = \frac{3+7\pi}{3}} = n$

Если взять $\pi \approx 3$ то $\frac{M}{m} = 8$

~~Ответ: $n = \frac{M}{m} = \frac{3+7\pi}{3} \approx 8$~~

$\boxed{\text{Ответ: } n = \frac{M}{m} = \frac{3+7\pi}{3} \quad n \approx 8}$

ответ неверный

№ 1.1.1. Вопросы: Чистовик

• Определение импульса мат точки — векторная величина равная произведению массы этой мат. точки и модуля скорости этой точки, сонаправленная с вектором скорости этой мат. точки. +

• Импульс системы мат. точек — векторная сумма импульсов материальных точек, составляющих эту систему. +

Закон. сохранения импульса: импульс системы материальных точек остается неизменным в течением времени, если на эту систему не действуют внешние силы, или действие внешних сил скомпенсировано. +

№ 3.7.1.

Вопросы: Магнитный поток: Если мы имеем магнитное поле с индукцией $\vec{B}$, то магнитный поток этого поля через область пространства с площадью поверхности S есть $\Phi = \oint \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot dS$, где $\vec{n}$ - вектор нормали к поверхности, dS - элементарная площадь. +

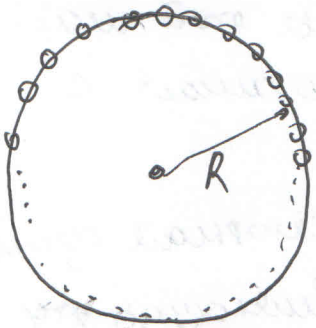
Явление электромагнитной индукции:

При изменении потока вектора магнитной индукции появляется $\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt}$ (з-н. Фарадея)

Если при этом возникает инд. ток, то поток вектора магнитной индукции, созд. этим током направлен так, чтобы компенсировать изменение потока, породившего инд. ток (правило Ленца) +

№3.7.1. Чистовик

Задача: При выключении магнитного поля создается $\mathcal{E}_{ind} = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$ при этом все заряды приобретут энергию



Дано
$N = 100$
$m = 10$ мг
$q = 10^{-7}$ Кл
$B_0 = 100$ Тл

$$\mathcal{E}_{ind} \cdot N \cdot q = \frac{N J \cdot \omega^2}{2} = N \cdot \frac{mR^2 \cdot \omega^2}{2R^2} = N \cdot \frac{mv^2}{2}$$

Т.е. бусинки начнут вращаться с угл. скоростью ω или, v - скорость каждого заряда (бусинки)

~~Тогда~~ $\frac{1}{n} = T$ - период системы - минимален, тогда между подрамами каждая бусинка пройдет расст. до соседней бусинки, т.е. если скорость бусинки v, то $T \cdot v = \frac{2\pi R}{N} \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{NT}$, тогда

$$-\frac{d\Phi}{dt} \cdot \cancel{N} \cdot q = \cancel{N} \cdot m \cdot \frac{4\pi^2 R^2}{N^2 \cdot T^2}$$?

$$-d\Phi = \frac{m \cdot 4\pi^2 \cdot R^2}{N^2 \cdot q} \cdot \frac{dt}{T^2} \Rightarrow -\int_0^{\Delta\Phi} d\Phi = \frac{m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R^2}{N^2 \cdot q} \int^{T_{min}} \frac{dt}{T^2}$$

$$-\Delta\Phi = \frac{m \cdot 4\pi^2 R^2}{N^2 \cdot q} \cdot \frac{-1}{T_{min}} \Rightarrow T_{min} = \frac{m \cdot 4\pi^2 R^2}{N^2 \cdot \Delta\Phi \cdot q} \Rightarrow n_{max} = \frac{N^2 \cdot \Delta\Phi \cdot q}{m \cdot 4\pi^2 \cdot R^2}$$

$$\Delta\Phi = B \cdot \pi R^2 \Rightarrow n_{max} = \frac{N^2 \cdot B \cdot \pi R^2 \cdot q}{m \cdot 4\pi^2 \cdot R^2} = \frac{N^2 \cdot B \cdot q}{4m \cdot \pi}$$

$$n_{max} = \frac{10000 \cdot 100 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14} = \frac{1}{4 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14} = \frac{10}{4 \cdot 3{,}14}$$

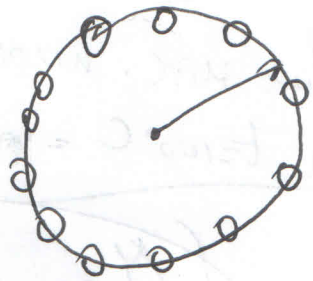
$$\begin{array}{r} 3{,}14 \\ \times\ 4 \\ \hline 12{,}56 \end{array}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } n_{max} = \frac{N^2 B \cdot q}{4m \cdot \pi}; \quad n_{max} \approx \frac{10}{4 \cdot 3{,}14} \approx \frac{10}{12{,}56} \approx \frac{10}{12{,}6} \approx 0{,}71 \frac{1}{c}}$$

−

∓

Черновик



$\uparrow B$

$IBL = F$

$\frac{кг \cdot м}{с^2} = \frac{Кл}{с} \cdot Тл \cdot м$

$Тл = \frac{кг}{Кл}$

$\frac{1}{C} = n \quad \frac{1}{n} = T$

$10,0000 \,|\, 12,$

$10000,0000 \,|\, 1256$

$0,71$

$1,3,4$

-10000

8792

2088

$T \cdot V = \frac{2\pi R}{N} \Rightarrow \frac{1}{n} \cdot V = \frac{2\pi R}{N} \Rightarrow$

$\Rightarrow n = \frac{NV}{2\pi R}$

$\begin{array}{r} 244 \\ \times\ 1256 \\ 8 \\ \hline 10\,048 \end{array}$

$-\frac{d}{dt} = \mathcal{E}_{ind.}$

$\mathcal{E}_{ind} N q = ma$

$\frac{d\varphi}{dt} N q = \frac{m\,dV}{dt}$

$d\varphi \cdot Nq = m\,dV$

$T \cdot V = \frac{2\pi R}{N}$

$\mathcal{E} \cdot N \cdot q = \frac{NmV_1^2}{2} + \frac{m \cdot u^2}{2} =$

$J = \frac{N \cdot mR^2}{2} \cdot \frac{V_1^2}{R^2}$

$\mathcal{E} \cdot N \cdot q = N \cdot m \cdot V_1^2$

$\mathcal{E}' \cdot N \cdot q = Nm \cdot 2V_1 \cdot V_1'$

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

$\mathcal{E} q = N \cdot \frac{mV^2}{2} \Rightarrow \mathcal{E} q = \frac{m\, 4\pi^2 R^2 \cdot N}{N \cdot n^2}$

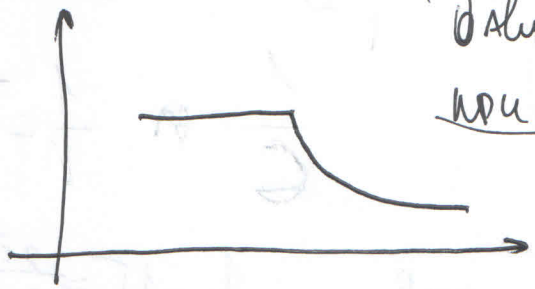
$\frac{d\varphi}{dt} q = \frac{m \cdot 4\pi^2 R^2}{N \cdot T^2} \Rightarrow \frac{N\, dt}{T^2} \cdot m\, 4\pi^2 R^2 = d\varphi$

$\int_0^T T^{-2} = \frac{T^{-1}}{-1}$

Насыщенный пар – пар, находящийся в дин. равн. с жидкостью, т.е. за время dT сколько из жидкости испарилось столько же сконд. в пар.

Черновик

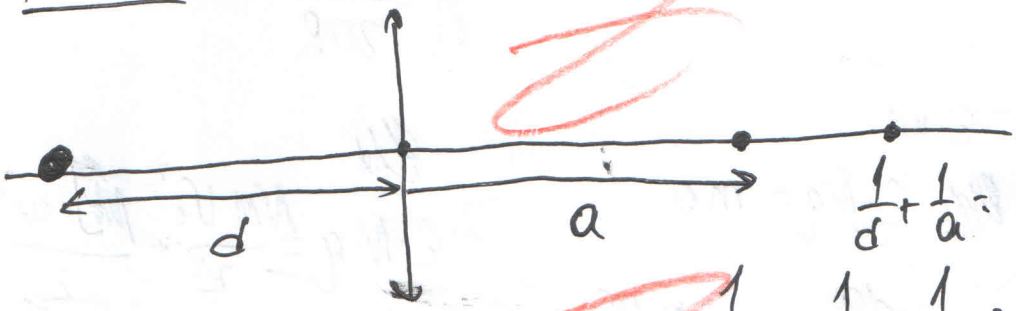
$\rho = \frac{PM}{RT}$



Давл нас. пара при $t = 100°C = 10^5$ Па?

Черновик!

№4.10.1



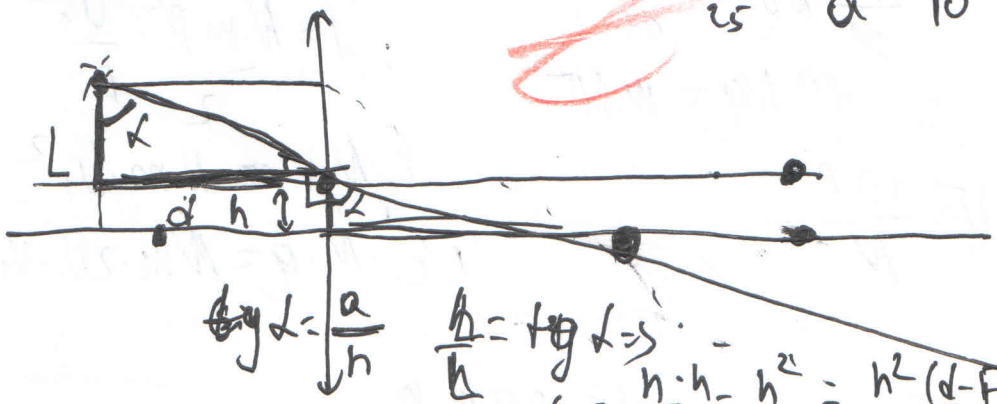
$\frac{1}{d} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Rightarrow a = \frac{d-F}{dF}$

$a = \frac{dF}{d-F}$

$\frac{1}{25} + \frac{1}{a} = \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{a} = \frac{5}{10} - \frac{2}{10} =$

$\frac{1}{a} = \frac{3}{10}$

$a = \frac{10}{3}$

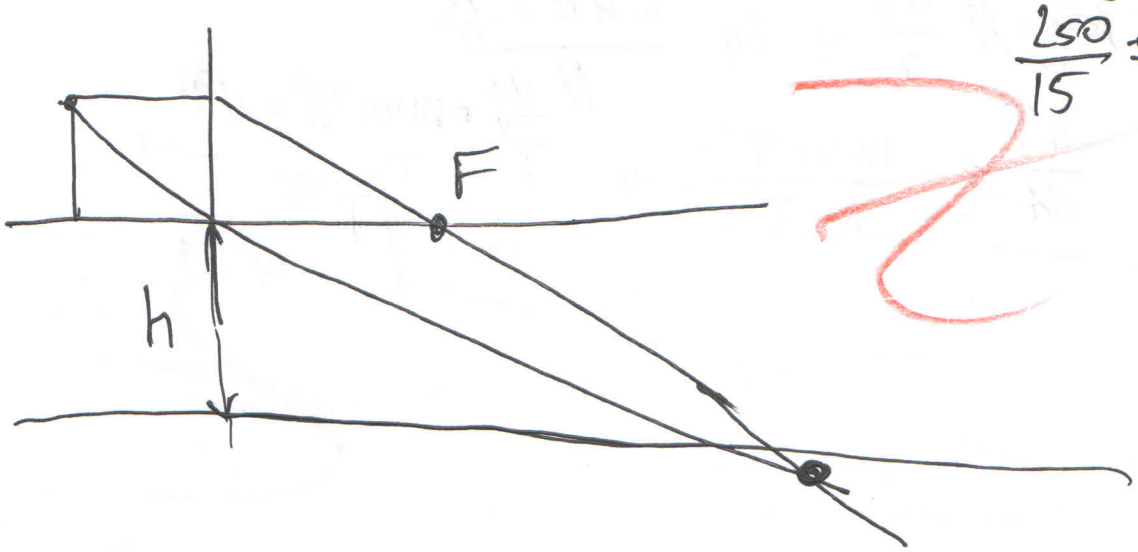


$\cancel{a = \frac{25 \cdot 10}{25 \cdot 10} = \frac{15}{25 \cdot 10} = \frac{3}{50}}$

$\tg \alpha = \frac{a}{h}$ $\frac{h}{L} = \tg \alpha \Rightarrow$

$L = \frac{h \cdot h}{a} = \frac{h^2}{a} = \frac{h^2(d-F)}{dF}$

$\frac{250}{15} = \frac{50}{3}$



Черновик.

Импульс - векторная физическая величина, равная произв m на $\vec{v}$, система: сумма сист.

~~№2.4.1~~

$$m\left(1+2\cdot\frac{3}{7}\cdot\pi\sqrt{\frac{M}{m}}\right)=M$$

$$1+2\cdot\frac{3}{7}\pi\sqrt{\frac{M}{m}}=\frac{M}{m} \Rightarrow h^2+\frac{6}{7}\pi h+1=0$$

$$D=\frac{36}{49}\pi^2-4$$

$$h=\frac{-\frac{6}{7}+\sqrt{\frac{36}{49}\pi^2-4}}{2}$$

$$\frac{4\sqrt{\frac{41}{49}}-\frac{6}{7}}{2}$$

49 × 4 = 196

360 − 196

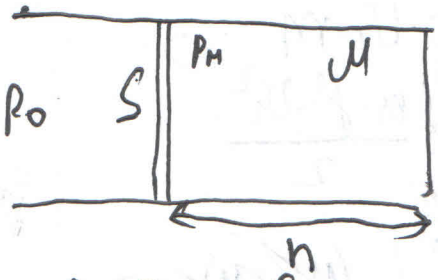
360 − 196 = 164

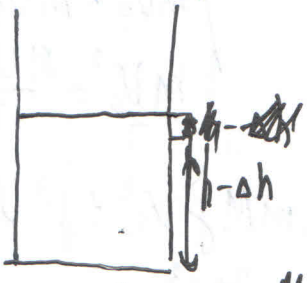
№2.4.1.

№3.7.1

$$\sqrt{\frac{36\cdot9-4\cdot49}{49}}\,(6\cdot3-2\cdot7)=\sqrt{\frac{4\cdot32}{49}}=\frac{2\cdot4\sqrt{2}}{7}=\frac{8}{7}\sqrt{2}$$

18 + 14 = 32





$$p_M\cdot S=p_0\cdot S$$

$$p_M\cdot S\cdot h=\nu_1RT$$

$$\frac{\nu_1RT}{h}=p_0S$$

$$\nu_1=\frac{p_0\cdot Sh}{RT}$$

$$p_M\cdot S=p_0S+Mg$$

$$p_M=\frac{p_0S+Mg}{S}$$

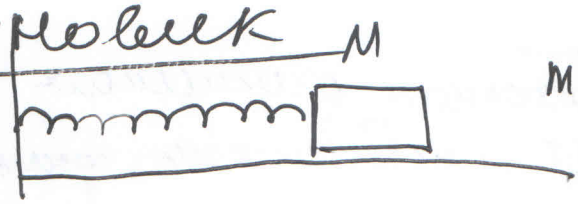
$$p_M\cdot(h-\Delta h)S=\nu_2RT$$

$$\nu_2=\frac{p_0S+Mg}{S}\cdot\frac{(h-\Delta h)\cdot S}{RT}=\frac{(p_0S+Mg)(h-\Delta h)}{RT}$$

$$\Delta\nu=\nu_1-\nu_2=\frac{p_0Sh-p_0Sh+p_0S\Delta h-Mgh+Mg\Delta h}{RT}\Rightarrow\nu_2=\frac{p_0S\Delta h-Mg(\Delta h-h)}{RT}$$

3,14 × 3,14 = 9,8596

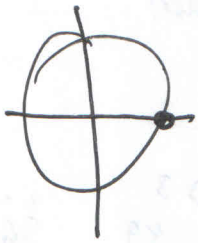
$\frac{pM}{RT} = \rho$ Черновик

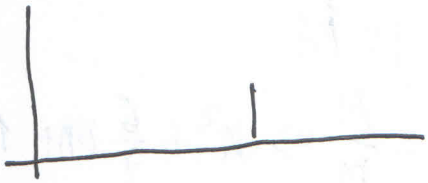


$m\ddot{a} = -kx \quad \frac{H}{м} = \frac{кг \cdot \frac{м}{с^2}}{м}$

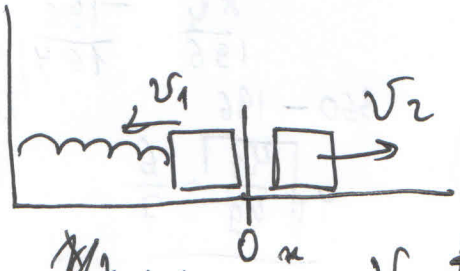
$m\ddot{x} + kx = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$





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



$\cancel{MV_1 = mV_2}$ $\quad mV_0 = MV_1 - mV_2$

$\cancel{mV_0}$ $\quad \frac{mV_0^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$

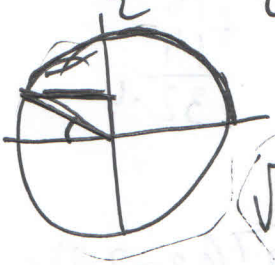
X_2: $x_2 = V_2 \cdot t_0$; X_1: $x_1 = A \cdot \sin(\omega t)$

$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} \Rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot V_1$

$\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot V_1 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{7}{12}\right) =$

$= \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot V_1 \cdot \sin\left(\frac{7}{6}\pi\right) =$

$= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot V_1 = V_2 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{7}{6}$



$\sqrt{M} \cdot V_1 \cdot \frac{1}{2} = \sqrt{m} \cdot V_2 \cdot \frac{7}{3} \cdot \pi$

$V_2^2 = \frac{M}{m} \cdot \frac{9}{49} \cdot \pi^2 \cdot V_1^2 = \alpha V_1^2 \Rightarrow V_2 = \sqrt{\alpha} V_1 = \gamma V_1$

$\cancel{MV_0^2 = M^2V_1^2}$

$$\begin{cases} mV_0 = MV_1 - \gamma V_1 \cdot m \\ \frac{mV_0^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} + \frac{m \cdot \gamma^2 \cdot V_1^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$\Rightarrow m^2V_0^2 = M^2V_1^2 - 2mM\gamma V_1^2 + \gamma^2 V_1^2 m^2$

$mV_0^2 = MV_1^2 + m\gamma^2 V_1^2$

$\Rightarrow Mmv_1^2 + \cancel{m^2\gamma^2 V_1^2} = M^2V_1^2 - 2mM\gamma V_1^2 + \cancel{\gamma^2 V_1^2 m^2}$

$\cancel{3mM}$ $\quad Mm(1+2\gamma) = M^2$

$tg\,\alpha =$ $\quad \cancel{n = \frac{M}{m} = 1 + 2\gamma = 1 + 2\sqrt{\alpha} = 11}$