0 574830 060003

57-48-30-06
(64.10)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Гибисовой Марии Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 лист

Сдала 16-56

Подпись участника

Дата

«21» февраля 2020 года

57-48-30-06 (64.10)

4.10.1

Дано:

$F = 10$ см

$d = 2{,}5F = 25$ см

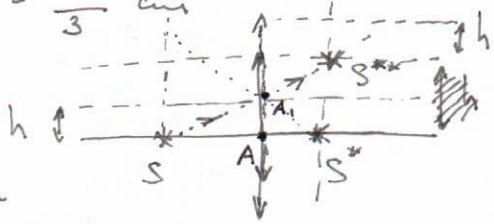
$h = 3$ см

$L_1 - ?$

Решение:

1) запишем формулу тонкой линзы, т.к. изображение получено на экране => оно действительное, формула тонкой линзы принимает вид: $+\frac{1}{F} = +\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = +\frac{1}{2{,}5F} + \frac{1}{f} =>$

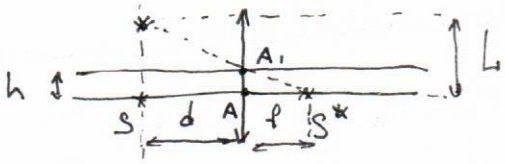
$=> \frac{5}{5F} - \frac{2}{5F} = \frac{1}{f}$; $f = \frac{5}{3}F$; $f = \frac{50}{3}$ см



2) после сдвига расположения изображений не по главной оптической оси не поменялось, т.е. $d = d_1 = d_2$; но т.к. геометрический центр линзы сместился, а луч, проходящий через него проходит без преломления, то изображение сместится по высоте; S - источник, S^* - его первоначальное изображение, S^{**} - изображение после сдвига линзы.

3) чтобы изображение осталось в той же точке, необходимо поместить источник так, чтобы d осталось первоначальным, и он лежал на прямой, соединяющую A_1 (новый центр линзы) и S^*; из подобия

$\frac{L}{h} = \frac{d+f}{f} => \boxed{L = \frac{h(d+f)}{f}}$



	1	2	3	4	Σ
Т	10	10	9	10	39
З	15	14	6	15	50
П			4		

$$L = \frac{h(2{,}5F + \frac{5}{3}F)}{\frac{5}{3}F} = \frac{h\frac{25}{6}F}{\frac{5}{3}F} = h\cdot\frac{5}{2} \Rightarrow L = \frac{5}{2}\cdot 3\,см = 7{,}5\,(см)$$

Ответ: 7,5 см

2.4.1

Дано:

$T = 373\,K$

$h = 35\,см$

$\Delta h = 5\,см$

$S = 100\,см^2$

$P_0 = 10^5\,Па$

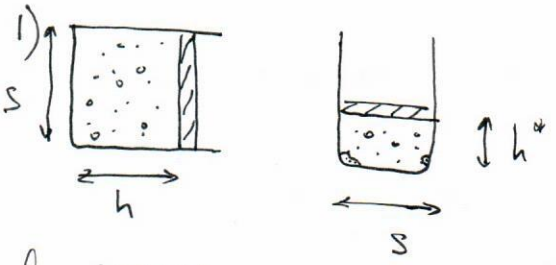
$M = 18\,\frac{г}{моль}$

$g = 10\,\frac{м}{с^2}$

$R = 8{,}3\,\frac{Дж}{моль\cdot К}$

Δm - ?

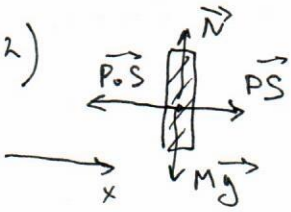
Решение:



в ~~поршне~~ сосуде находятся сухой воздух и пар вначале и сухой воздух, пар, вода вконце.

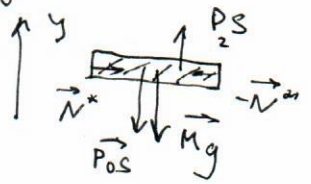
т.к. $T = const$ во время процесса, то запишем закон Бойля-Мариотта для сухого воздуха вначале и вконце: $P_{св_1}\cdot Sh = P_{св_2}\cdot Sh^*$, т.

2)



в начале поршень покоится => сумма сил скомпенсирована, откуда по 2-ому закону Ньютона на x: $P_1 S = P_0 S \Rightarrow$

$\Rightarrow P_1 = P_0$, где P - сумма парциальных давлений газа, $P_1 = P_{св_1} + P_{п_1}$; в конце на ось y:



$P_2 S = P_0 S + Mg$, $P_2 = P_{св_2} + P_{п_2}$

подставим в уравнение из 1):

$(P_0 - P_{п_1})Sh = (P_0 + \frac{Mg}{S} - P_{п_2})Sh^*$, откуда видно, что

57-48-30-06
(64.10)

можно найти связь $P_{п_1}$ и $P_{п_2}$

3) Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для пара вначале и вконце:

$P_{п_1} S h = \frac{m_0}{\mu} R T$; $P_{п_2} S h^* = \frac{m}{\mu} R T$, предположим, что уровень поршня понизился, тогда $h^* = h - \Delta h$, вычтем одно уравнение из другого:

$$\underline{P_{п_1} S h - P_{п_2} S (h - \Delta h)} = \frac{m_0 - m}{\mu} R T = \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

4) раскроем скобки в уравнении из 2):

$$P_0 \cancel{S} h - P_{п_1} S h = P_0 \cancel{S}(h - \Delta h) + \frac{Mg}{S} \cancel{S}(h - \Delta h) - P_{п_2} \cancel{S}(h - \Delta h)$$

$$+ P_0 \Delta h S - \frac{Mg S}{S}(h - \Delta h) = \underline{P_{п_1} h S - P_{п_2}(h - \Delta h) S}$$, заметим, что в 3) и 4) в уравнениях есть равные части, приравняем:

$$\frac{\Delta m}{\mu} R T = P_0 S \Delta h - Mg(h - \Delta h)$$

$$\boxed{\Delta m = \frac{(P_0 S \Delta h - Mg(h - \Delta h))\mu}{R T}}$$

$$\Delta m = \frac{(10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}05 - 10 \cdot 10(0{,}35 - 0{,}05))18 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 373} =$$

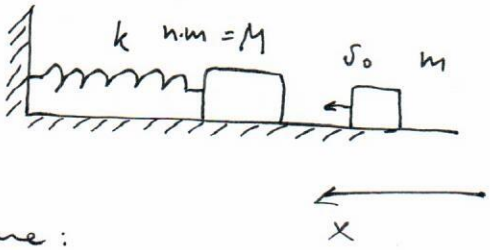
$$= \frac{(50 - 30) \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 373} = \frac{20 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 373} = \frac{360 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 373}; \Delta m \approx \frac{0{,}9}{8{,}1} \cdot 10^{-3}$$

$\Delta m \approx 1{,}1 \cdot 10^{-4}$ кг $\approx$ 11 (г); заметим, что если посчитать, что $h^* = h + \Delta h$, то ответ отрицательный, т.е. наше предположение верно.

Ответ: 11 г

14

1.1.1



Дано:

$t = \frac{7}{12}\pi$

$n = \frac{M}{m}$ – ?

Решение:

1) т.к. удар упругий, то работает ЗСЭ (закон сохранения энергии):

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$; ($E_{упругости}$ нет, т.к. стол гладкий, а брусок M покоится => $F_{упр}(0) = 0$ => нет растяжения или сжатия)

2) Сразу после удара брусок M не успевает сдвинуться => $F_{упр} = 0$ => ~~на~~ для системы двух брусков работает закон сохранения импульса на ось x: $m v_0 = M v_{1x} + m v_{2x}$

$$\frac{m^2 v_0^2}{2m} = \frac{M^2 v_1^2}{2M} + \frac{m^2 v_2^2}{2m}$$; $M = n \cdot m$

$$\begin{cases} v_0 = n v_{1x} + v_{2x} \\ \frac{v_0^2}{2} = \frac{n v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} v_0 = n \cdot v_{1x} + v_{2x} \\ v_0^2 = n v_1^2 + v_2^2 \end{cases}$$ т.е.

$v_0^2 = n v_1^2 + (v_0 - n v_{1x})^2$; v_{1x} влево по оси => $v_{1x} = v_1$

$\cancel{v_0^2} = n v_1^2 + \cancel{v_0^2} + n^2 v_1^2 - 2 v_0 n v_1$; $v_1 \neq 0$

$0 = n v_1 + n^2 v_1 - 2 v_0 \cdot n \Rightarrow \boxed{v_1 = \frac{2 v_0 n}{n(1+n)} = \frac{2 v_0}{1+n}}$

v_{2x} вправо по оси => $v_{2x} = -v_2$

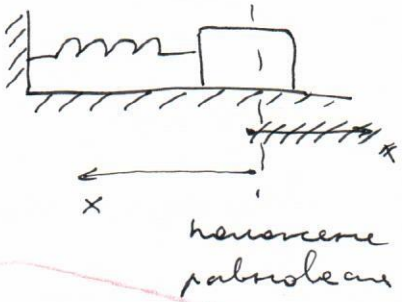
$v_0 = n \frac{2 v_0}{1+n} - v_2 \Rightarrow v_2 = v_0 \left(\frac{2n}{1+n} - 1\right) = v_0 \left(\frac{2n - 1 - n}{1+n}\right)$

$$\boxed{v_2 = v_0 \frac{n-1}{n+1}}$$

57-48-30-06
(64.10)

3) рассмотрим колебания бруска M

докажем, что $x(t) = A \cdot \sin(\omega t)$, где $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$



$x(0) = 0$

$\dot{x}(0) = v_1 = \frac{2v_0}{1+n}$

$x(t) = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

$0 = A \cdot \sin(0) + B \cdot \cos(0)$

$B = 0$

$\dot{x}(t) = A\omega\cos(\omega t) - B\omega\sin(\omega t)$

$\frac{2v_0}{1+n} = A\omega \cdot \cos(0) - 0$

$A = \frac{2v_0}{(1+n)\omega} \Rightarrow x(t) = \frac{2v_0}{(1+n)\omega}\sin(\omega t)$, где

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m \cdot n}}$

4) $v_2 \cdot t = -x(t)$

$-x(t) = -\frac{2v_0}{(1+n)}\sqrt{\frac{M}{k}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{n \cdot m}} \cdot \frac{7}{12} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}}\right)$

$-x(t) = -\frac{2v_0}{1+n}\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}} \cdot \sin\left(\frac{7\pi \cdot 2}{12}\right)$

$-x(t) = -\frac{2v_0}{1+n}\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}} \cdot (-\sin 30^\circ)$

$-x(t) = \frac{2v_0}{1+n}\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{v_0}{1+n}\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}} \Rightarrow$

$v_0 \frac{n-1}{n+1} \cdot \frac{7}{12} 2\pi\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}} = \frac{v_0}{1+n}\sqrt{\frac{n \cdot m}{k}}$

$\frac{n-1}{n+1} \cdot \frac{7}{6} \cdot \pi = \frac{1}{n+1}$; $(n-1)\frac{7}{6}\pi = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow n = \frac{6}{7\pi} + 1$; $\boxed{n = \frac{6+7\pi}{7\pi}}$

Ответ: $n = \frac{6+7\pi}{7\pi}$

Вопросы:

① Импульс материальной точки – произведение её массы на скорость, векторная величина

$\vec{p} = m\vec{v}$

Импульс системы материальных точек – векторная сумма импульсов всех точек в системе, приложен к центру масс системы.

$\vec{P}_{сис} = \sum m_i \vec{v}_i$

Так же импульс системы выражается, как произведение скорости центра масс, на массу всей системы

$\vec{P}_{сис} = \vec{v}_{ц.м} \cdot \sum m_i$

Закон сохранения импульса:

Если сумма всех (внешних для системы) сил равна нулю на определённое направление (или векторно), либо силы отсутствуют, то импульс тела (системы) сохраняется на это направление (множество направлений)

② Насыщенный пар – пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью. Количество молекул, вылетающих из неё в единицу времени, равно количеству вытекающих.

57-48-30-06
(64.10)

2) $\int \frac{\Delta B}{\Delta t} \pi R^2 = \int E_{(t)} \cdot \frac{2\pi R}{N}$

$B_0 \pi R^2 = \int E_{(t)} \cdot \frac{2\pi R}{N}$

$B_0 R = \sum E \cdot \frac{2}{N}$

2-ой закон Ньютона для одной бусинки:

+ $\boxed{Eq = ma} = \frac{mv^2}{R}$ т.к. $a_\tau = 0$

? $\Delta t = \frac{\Delta S}{\Delta v}$ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2\pi N}{\Delta t}$

$\Delta t = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{EqR}{m}}} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{qR}{m} \cdot \frac{B_0 R \cdot 2}{N}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{B_0 q \cdot 2}{m \cdot N}}}$

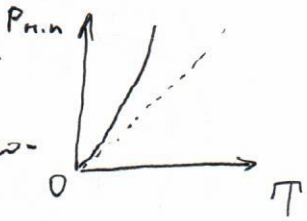
$\boxed{\Delta t = \frac{\pi \sqrt{2mN}}{\sqrt{B_0 q}}}$

3) $n = \frac{1}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{n_{max} = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{B_0 q}{2mN}}}$ $n_{max} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}}$

Ответ: $n_{max} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{B_0 q}{2mN}}$

$n_{max} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{10^{-7}}{2 \cdot 10^{-5}}} \Rightarrow \boxed{n_{max} = \frac{5\sqrt{2}}{\pi}}$

Давление насыщенного пара зависит от температуры нелинейно, график идёт круче прямой пропорциональности.

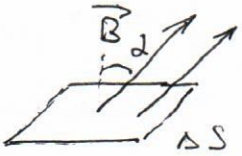


Из уравнения Менделеева - Клапейрона $P_{н.п.}V = \frac{m}{\mu}RT$; $P_{н.п.} = \frac{\rho_{н.п.}}{\mu}RT$

При определённой температуре $P_{н.п} \sim \rho_{н.п}$, плотность от температуры $\rho_{н.п}(T)$ тоже зависит нелинейно. 10

③ Магнитный поток - количество вектора ???
магнитной индукции на площадку, которую он пронизывает перпендикулярно.

5б. $\Phi = \sum B \cdot \Delta S \cos\alpha$ +



Явление электромагнитной индукции состоит в возникновении ~~неоднородного электрического поля~~ в неподвижных замкнутых проводниках электродвижущей силы, вследствие появления неоднородного ~~магнитного~~ электрического поля, порождаемого переменным магнитным; а также в появлении ЭДС в движущихся в магнитном поле проводниках, как составляющей силы Лоренца.

4б. частный случай +

4 Формула тонкой линзы:

$$\pm\frac{1}{|F|} = \pm\frac{1}{|d|} \pm \frac{1}{|f|}$$, где

- зависит от типа линзы, „+" – собирающая, „–" – рассеивающая
- зависит от типа предмета, „+" для действительного и „–" для мнимого
- зависит от характеристики полученного изображения, „+" – действительное, „–" – мнимое

F – фокусное расстояние линзы, ~~точка~~ длина расстояния до точки, где собирается параллельный пучок лучей, падающий на линзу (или продолжение преломлённого пучка)

d – кратчайшее расстояние от точечного предмета до плоскости линзы

f – кратчайшее расстояние от изображения точечного предмета до плоскости линзы.

Поперечное увеличение линзы (Г) – отношение поперечного размера изображения к поперечному размеру источника

~~$\Gamma = \frac{f}{d}$~~ $\Gamma = \frac{y}{x}$, из подобия

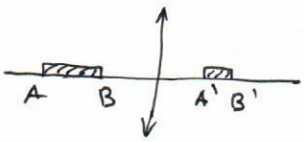
$\Gamma = \left(\frac{d}{f}\right)^{-1}$, тогда из формулы тонкой линзы

$$\begin{cases} \Gamma = \dfrac{F}{|F-d|} \text{ для собирающей линзы} \\ \Gamma = \dfrac{F}{F+d} \text{ для рассеивающей} \end{cases}$$

(для действительных предметов)

Продольное увеличение (β) – отношение продольных размеров изображения к продольным размерам источника.

$$\beta = \Gamma_A \cdot \Gamma_B = \frac{A'B'}{AB}$$



$\boxed{3.7.1}$

Дано:

$N = 100$ шт

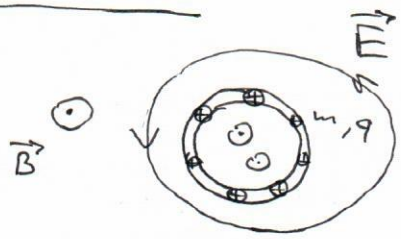
$m = 10$ мг

$q = 10^{-7}$ Кл

$B = 100$ Тл

n_{max} – ?

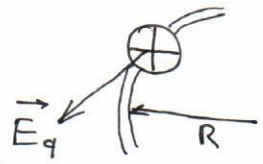
Решение:



1) после выключения магнитного поля, оно менялось от значения B до 0

вследствие явления ЭМИ, переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое, которое действует на заряды.

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \pi R^2 = \sum E \cdot \Delta S$$



n_{max} должно быть таким, чтобы $\Delta S = \frac{2\pi R}{N}$

на кольцо действует вращающая сила от электрического поля на все заряды

$$n_{max} = \frac{1}{T_{min}} = \nu_{max}$$

Черновик

$p = m \cdot 5$

$$(P_0 - P_{n_1})h = \left(P_0 + \frac{Mg}{S} - P_{n_2}\right)(h \pm \Delta h)$$

$$P_{n_1} S h = \frac{m_0}{\mu} R T \qquad -P_{n_1} h \qquad -P_{n_1}(h - \Delta h)$$

$$P_{n_2} S(h \pm \Delta h) = \frac{m_n}{\mu} R T \qquad \frac{360}{373 \cdot 8{,}3} \qquad \frac{0{,}9}{8{,}3} \approx \frac{0{,}9}{81}$$

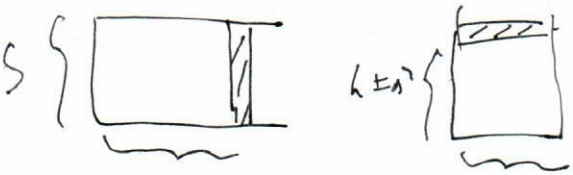
$$-P_{n_1} h + P_{n_2} h - P_{n_2}\Delta h + Mg$$

$$\cancel{P_0 h} - P_{n_1} h = \cancel{P_0 h} \pm P_0 \Delta h + \frac{Mg}{S} h \pm \frac{Mg\Delta h}{S} - P_{n_2} h \pm (-P_{n_2})\Delta h$$

$$= \frac{360}{373} \qquad 360 \cdot 373 \qquad 0{,}9$$

$$(P_{n_2} - P_{n_1}) h = \pm \cancel{\Delta h}\left(\frac{Mgh}{S} \pm \frac{Mg\Delta h}{S} \pm P_0 \Delta h - P_2 h \pm (-P_2)\Delta h\right.$$

$$1{,}8 \qquad 20$$



$$P_0 = P_{n_1} + P_{CB_1} \qquad 360$$

$$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_{n_2} + P_{CB_2}.$$

$$\frac{9}{81} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-3} \approx \frac{10}{9} \cdot 10^{-4} = 1{,}1 \cdot 10^{-4}$$

$$(P_0 - P_{n_1}) \cancel{S} h = \left(P_0 + \frac{Mg}{S} - P_{n_2}\right) \cancel{S}(h - \Delta h)$$

$$-P_{n_1} \cancel{S h} = m$$

$$\Delta m = m_0 - m \qquad 11 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{cases} P_{n_1} S h = \frac{m_0}{\mu} R T \\ P_{n_2} S(h - \Delta h) = \frac{m}{\mu} R T \end{cases} \qquad \frac{(m_0 - m) R T}{\mu} = -\frac{Mg}{S}(h - \Delta h) + P_0 \Delta h$$

$$\Delta h =$$

$$(m_0 - m)\frac{RT}{\mu} = P_{n_1} S h - P_{n_2} S(h - \Delta h)$$

$$\frac{1}{\sqrt{1}}\sqrt{\frac{100}{2}} = \frac{5}{\pi}\sqrt{2}$$

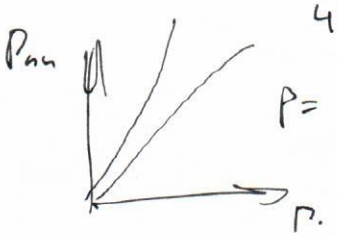
$$\cancel{P_0 h} - P_{n_1} h = \cancel{P_0 h} - P_0 \Delta h + \frac{Mg}{S} h - \frac{Mg\Delta h}{S} - P_{n_2} h + P_{n_2}\Delta h$$

$$-P_{n_1} h + P_{n_2} h - P_{n_2}\Delta h = P_{n_2}(h - \Delta h) - P_{n_1} h = \frac{Mg}{S}(h - \Delta h) -$$

$$- P_0 \Delta h$$

ЧЕРНОВИК

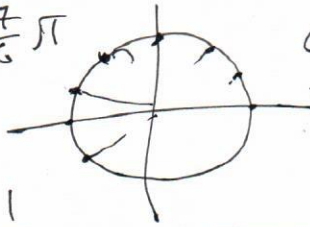
F, d действ, ↑



h ↓00

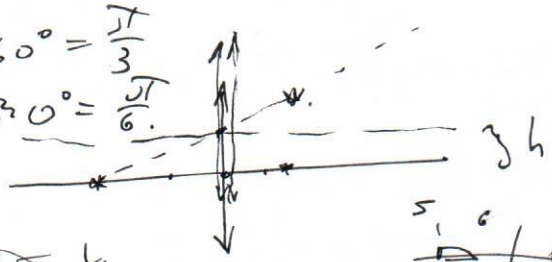
L - ?, смещение изображения (изображение мнимое)

$\sin \frac{7}{6}\pi$



$60° = \frac{\pi}{3}$

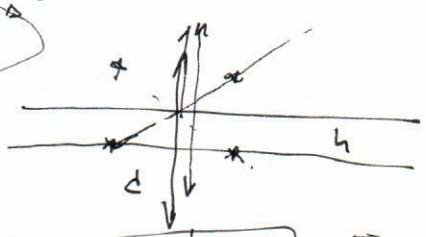
$30° = \frac{\pi}{6}$.



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

$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BL\Delta$

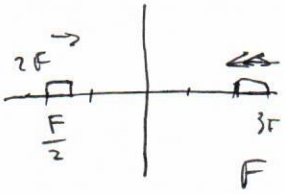
$d = 2,5F =$



$\frac{5}{5F} - \frac{2}{5F} = \frac{3}{5F} = \frac{1}{f}$

$f = \frac{5F}{3}$

$\boxed{\frac{h}{S} = \frac{d}{d+f}}$



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

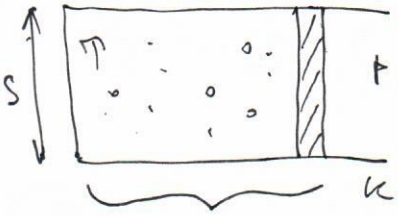
$f = \frac{Fd}{d-F}$

$\boxed{S = \frac{h(d+f)}{d}}$

$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F}$

$\frac{3}{\frac{3}{2}} = 2.$

$1 \cdot 2$



$T = 373$ K

$\nu = \frac{1}{t} = \frac{n}{\Delta t_{min}}$?

$n = \frac{k}{min}$

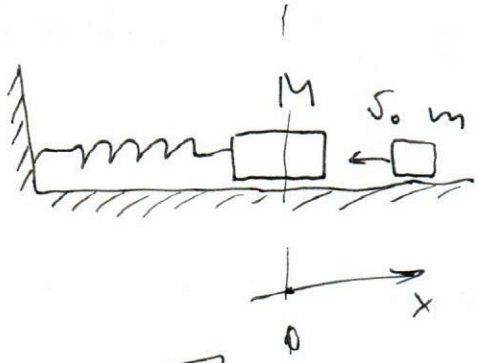
$P_0 S h =$

$T = const \Rightarrow PV = const$ для воздуха.

$(P_0 - P_{п1}) S h = (P_0 + \frac{Mg}{S} - P_{п2}) S (h \pm \Delta h)$

$$\begin{cases} (P_0 - P_{п1}) h = (P_0 + \frac{Mg}{S} - P_{п2})(h \pm \Delta h) \\ P_{п1} S h = \frac{m_0}{\mu} R T \quad P_0 h - P_{п1} h = \ldots \\ P_{п2} \cdot S(h \pm \Delta h) = \frac{m_k}{\mu} R T \end{cases}$$

ЧЕРНОВИК



1) ЗСИ:

$$\begin{cases} -mv_0 = Mu_{1x} + mu_{2x} \\ \text{ЗСЭ:} \\ \dfrac{m^2v_0^2}{2m} = \dfrac{M^2u_1^2}{2M} + \dfrac{m^2u_2^2}{2m} \end{cases}$$

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ п.р.

$x = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

$A\omega = u_1$ --

$\dot{x} = A\omega\cos(\omega t) - B\omega\sin(\omega t)$

$\dot{x}(0) = u_1$; $x(0) = 0$

$u_1 = A\omega - B\cdot 0 \Rightarrow A = \dfrac{u_1}{\omega}$

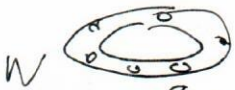
$A\sin(\omega\cdot 0) + B\cos(\omega\cdot 0) = 0$

$B = 0$; $x = \dfrac{u_1}{\omega}\sin(\omega t) \Rightarrow$ при $t = \dfrac{7}{12}T$

$t = \dfrac{7}{12}\cdot 2\pi\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

$x = \dfrac{u_1}{\omega}\sin\left(\omega\dfrac{7}{12}\cdot 2\pi\sqrt{\dfrac{M}{k}}\right)$

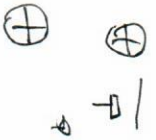
$u_2 t = x$.



$\vec{B_0}$

$B v_0 q = m\dfrac{v^2}{R}$

$Bq = m\dfrac{v}{R} \Rightarrow$



$$\frac{3\cdot\left(25 + \frac{50}{3}\right)}{\frac{50}{3}} = \frac{9\left(\frac{75+50}{3}\right)}{50} = \frac{3\cdot 125}{50} = \frac{3\cdot 5}{2} =$$

$\frac{5}{2} + \frac{5}{3} = \frac{15}{6} + \frac{10}{6} = \frac{25}{6}$

$n = \dfrac{k}{\tau_{мм}}$

$k = k =$