



71-80-62-70
(65.12)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Боринской Ирины Андреевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

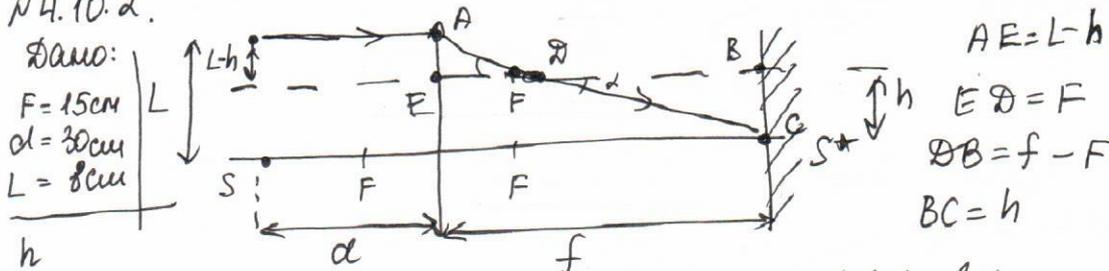
Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

71-80-62-70
(65.12)

№4.10.2.

Дано:
F = 15 см
d = 30 см
L = 8 см



AE = L-h
ED = F
DB = f - F
BC = h

$\triangle ADE \sim \triangle BDC$ как ~~подобные~~ вертикального
 $\triangle AED$ и $\triangle BDC$ - и $\Rightarrow \tan \alpha = \frac{L-h}{F} = \frac{h}{f-F}$

по оптической тонкой линзе: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

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

$$(L-h) \left(\frac{dF}{d-F} - F \right) = hF$$

$$(L-h) \frac{F^2}{d-F} = hF \quad (F \neq 0) \Rightarrow \frac{L-h}{d-F} \cdot F = h$$

$$LF - hF = dh - Fh$$

$$LF = h \xi d.$$

$$h = \frac{LF}{d}; \quad h = \frac{8 \cdot 15}{30} = 4 \text{ см}$$

Ответ: $h = \frac{LF}{d} = 4 \text{ см}$.

Вопросы:

длина, у которой толщина много меньше радиуса кривизны, называют точкой.

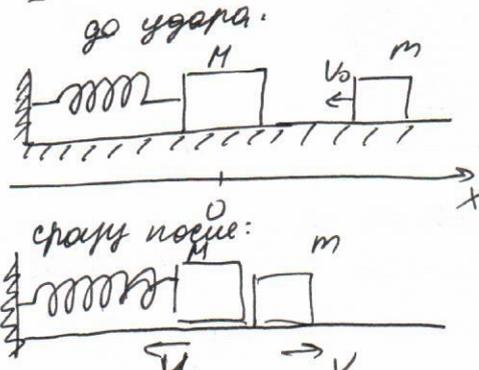
Если пустить параллельный лучей света перпендикулярно линзе, то они или их продолжения соберутся в точке, называемой фокусом. Фокусное расстояние - расстояние от линзы до фокуса.

$\mathcal{D} = \frac{1}{F}$ ($\mathcal{D} < 0$ если линза рассеивающая, $\mathcal{D} > 0$ если линза собир.) \mathcal{D} - оптическая сила линзы.

$$[\mathcal{D}] = \text{диоптр} = \text{м}^{-1}$$

№1.1.2.

Дано:
 $t = \frac{5}{8} T$
 $n = \frac{M}{m} = ?$



закон сохранения импульса по оси OX:
 $-mv_0 = mV - Mu$
 $mv_0 = Mu - mV$
 $m(V_0 + V) = Mu$

т.к. удар упругий, то

выполняется закон сохранения ЭИ-и;
т.к. за время соударения деформация не успевает образовываться, то ее энергии можно не

учитывая: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$

~~$m(V_0 - V)(V_0 + V) = Mu^2$~~

$\begin{cases} m(V_0 - V)(V_0 + V) = Mu^2 \\ m(V_0 + V) = Mu \end{cases}$

$V_0 - V = u$

$V_0 + V = nu$

$V_0 + V = n(V_0 - V)$

$V_0 + V = nV_0 - nV$

$V(n+1) = V_0(n-1)$

$V = V_0 \frac{n-1}{n+1} \Rightarrow V = V_0 \left(1 - \frac{n-1}{n+1}\right) = \frac{2}{n+1} V_0$

$V = V_0 \frac{n-1}{n+1}$

$u = V_0 \frac{2}{n+1}$

за время $t = \frac{5}{8}T$ груз массой m ~~вытеснит~~ по стани имеет координату:

$x = V \cdot \frac{5}{8}T = V_0 T \frac{5}{8} \cdot \frac{n-1}{n+1}$

~~грунт~~ брусок массой M совершает гармонические колебания: $x = A \sin(\omega t)$; ~~$u = A\omega$~~ , т.к. в момент M в положении равновесия

т.к. грузы встретились, то

$-\frac{u}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot \frac{5}{8}T) = V \frac{5}{8}T$

$-\frac{u}{\omega} \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5}{8}\right) = V \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$

$+\frac{2}{n+1} V_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{2\pi \cdot 5\pi}{4} \cdot V_0 \cdot \frac{n-1}{n+1}$

$+\sqrt{2} = \frac{5\pi}{4} (n-1); \quad +\frac{4\sqrt{2}}{5\pi} = n-1$

$n = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}$

$n-1 = \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}$
 $n = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}$

ответ: ~~$n = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}$~~

$n = 1 - \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}$

Вопрос. Колебания называют гармоническими, если они происходят по закону синуса или косинуса.

Амплитуда - максимальное отклонение от положения равновесия.

$x = A \sin(\omega t)$ или $x = A \cos(\omega t) \pm$

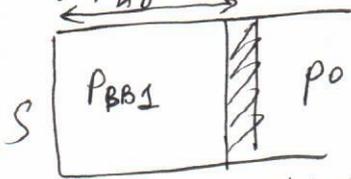
ωt - фаза колебаний

71-80-62-70
(65.12)

2.4.2.

Дано:
 $t = 100^\circ\text{C}$
 $h = 35\text{ см}$
 $\Delta m = 0,1\text{ г}$
 $M = 10\text{ кг}$
 $S = 100\text{ см}^2$
 $p_0 = 10^5$
 $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
 Δh

горизонтальное положение?



$p_{вв1} = p_{п1} + p_{св1}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{давл. сух. возд.} \\ \text{давл. пара} \\ \text{давл. вл. возд.} \end{array} \right.$

т.к. поршень находится в равновесии, то

$p_0 = p_{вв1}$

$p_0 = p_{п1} + p_{св1}$, значит $p_{п1} < p_0 \Rightarrow$

пар конденсируется

$p_0 = \frac{RT}{Sh} (v_{св} + v_{п})$ (1)

вертикальное положение

поршень опустится на высоту Δh

т.к. поршень находится в равновесии, то $Mg + p_0 S = p_{вв2} S$

$p_{вв2} = p_{п2} + p_{св2}$; $Mg + p_0 S = p_{п2} S + p_{св2} S$

по ур-ю Менделеева - Клапейрона:

$p_{св2} = \frac{v_{св} RT}{S(h-\Delta h)}$; т.к. вода конденсировалась, то пар конденсируется, то $p_{п2} = p_0$

$p_{п2} = p_0 = \frac{(v_{п} - \frac{\Delta m}{M}) RT}{S(h-\Delta h)}$; $\rightarrow p_0 S(h-\Delta h) = v_{п} - \frac{\Delta m}{M}$ $(Mg = p_{св2} S)$

$\frac{Mg}{S} = \frac{v_{св} RT}{S(h-\Delta h)}$; $v_{св} = \frac{Mg(h-\Delta h)}{RT}$ $v_{п} = \frac{\Delta m}{M} + \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{RT}$

(1) $p_0 = \frac{RT}{Sh} \left(\frac{Mg(h-\Delta h)}{RT} + \frac{\Delta m}{M} + \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{RT} \right)$

$Sh p_0 = Mg(h-\Delta h) + \frac{\Delta m}{M} RT + p_0 S h - p_0 S \Delta h$

$\Delta h (Mg + p_0 S) = Mg h + \frac{\Delta m}{M} RT$

$\Delta h = \frac{Mg h + \frac{\Delta m}{M} RT}{Mg + p_0 S}$

$\Delta h \approx 5\text{ см}$

Ответ: $\Delta h = \frac{Mg h + \frac{\Delta m}{M} RT}{Mg + p_0 S} \approx 5\text{ см}$

Вопрос: удельная теплота парообразования - как-то теплота, кот. необходимо потратить, чтобы перевести 1 кг в-ва испарить 1 кг в-ва? $T = 100^\circ\text{C}$



155

45

Виды паровобразования:

кипение
испарение

нет развернутого ответа

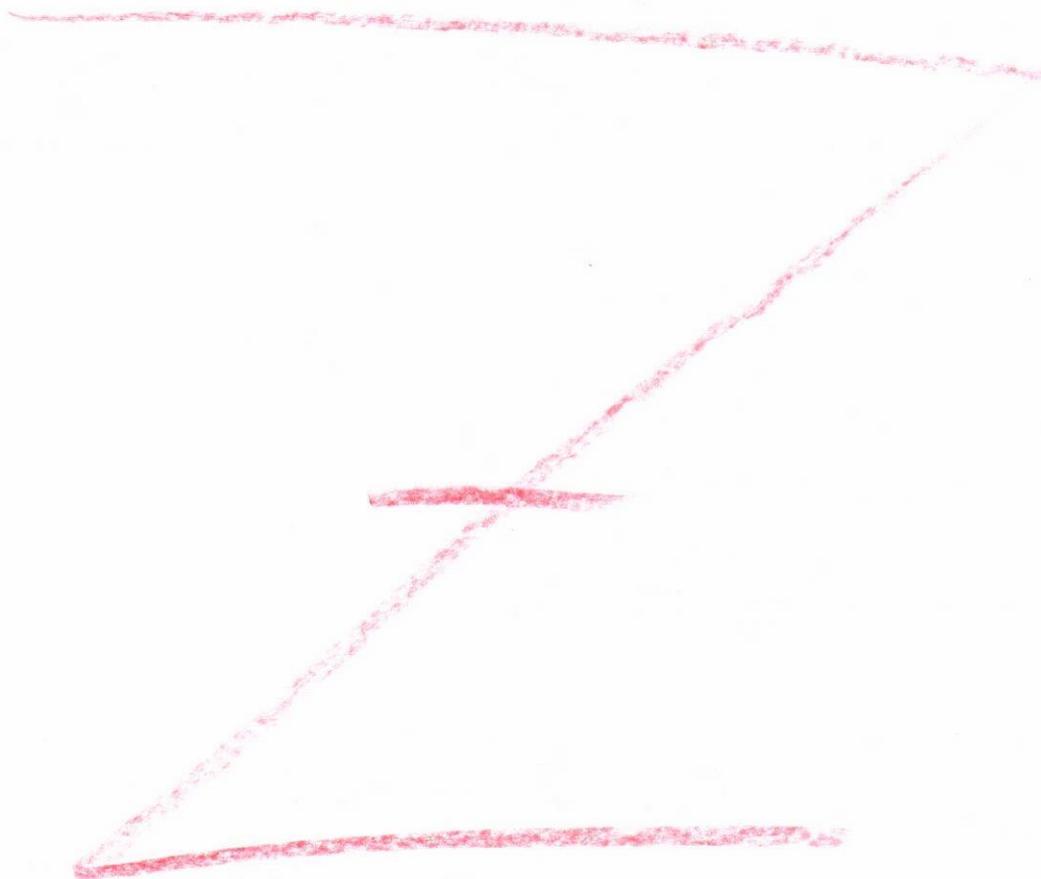


3.7.2.

Вопрос: правильно ли это: в замкнутом контуре возникает такой индукционный ток, чтобы создаваемое им магнитное поле препятствовало изменению магнитного потока через контур.

Закон электромагнитной индукции: $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$

В контуре возникает \mathcal{E}_i , которая по модулю равна ^{отрицанию} изменению магнитного потока к изменению времени (Φ), и которая создаст ток, удовлетворяющий правилу Ленца.



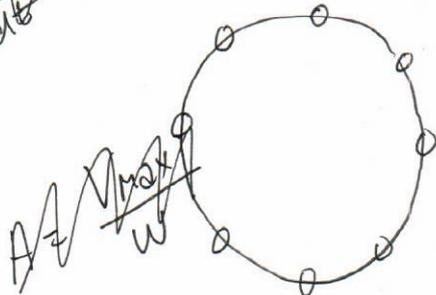
Черновик

$$\frac{6300 + 3096}{11 \cdot 180} = \frac{9396}{11 \cdot 180}$$

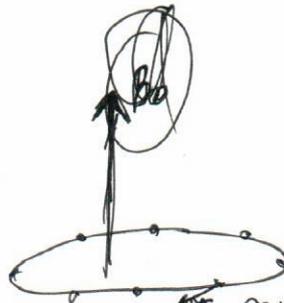
$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 11 \\ \hline 18 \\ 180 \\ \hline 1980 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9396 \\ \hline 1980 \\ 4 \\ \times 1980 \\ \hline 9900 \end{array}$$

~~$B_0 \times R^2 / \omega$~~



$n \cdot 805 / \text{сек}$ - чтобы
показалось
меньше.
 $10 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$



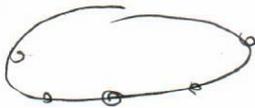
~~$F_c = B \times q = B \omega R q$~~

$$\frac{mv^2}{R} = F_c$$

$$m\omega^2 R = F_c$$

$$mv = B_0 q R$$

$$m\omega R = B_0 q \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$



1 сек - 805
T - 105

~~$m\omega R$~~ $m\omega = B_0 q$

~~$m2\pi n$~~ $m2\pi n = B_0 q$

~~B_0~~

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

$$\frac{1}{n} \cdot B_0 q R m = \frac{2\pi R}{N}$$

$$F_n = B$$

$$\frac{mV}{R} = B_0 q$$

$$V = B_0 q R m$$

$$m\omega^2 R = F_n - F$$

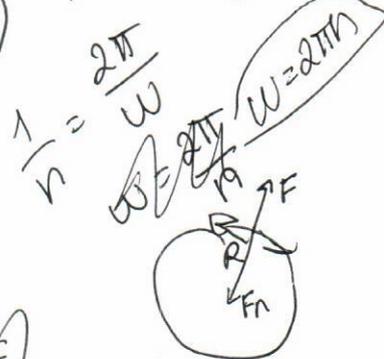
$$m\omega^2 R = B_0 q \omega R -$$

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

$$B_0 = \frac{2\pi \cdot n}{N}$$

$$B_0 = \frac{2\pi \cdot 805}{100 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}$$

равновесие



Черновик:

$$\Delta h = \frac{p_0 s h + \frac{\Delta m}{M} RT}{p_0 s + M g s} \approx \frac{h + \frac{\Delta m RT}{M M g s}}{1 + \frac{p_0}{M g}} =$$

$$= \frac{0,35 + \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,01 \cdot 8,3 \cdot 373}{10 \cdot 10 \cdot 0,01}}{1 + \frac{10^5}{100}} = \frac{0,35 + 83 \cdot 373}{1000}$$

$$= \frac{0,35 + \frac{0,1 \cdot 8,3 \cdot 373}{18 \cdot 10 \cdot 0,04}}{1 + 1000} = \frac{0,35 \cdot 180 + 8,3 \cdot 373}{1001 \cdot 180} =$$

$$= \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,01 \cdot 0,35 + \frac{0,1}{18} \cdot 8,3 \cdot 373}{10^5 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= 0,35 + \frac{8,3 \cdot 373}{180}$$

$$\begin{array}{r} \times 180 \\ \times 35 \\ \hline 90 \\ 54 \\ \hline 6300 \end{array}$$

$$p_0 = \frac{(p_n - \frac{\Delta m}{M}) RT}{s(h - \Delta h)}$$

$$\boxed{\frac{p_0 s h - p_0 s \Delta h}{RT} + \frac{\Delta m}{M} = p_n}$$

$$p_0 s h = RT \left(\frac{p_0 s h - p_0 s \Delta h}{RT} + \frac{\Delta m}{M} + \frac{M g s (h - \Delta h)}{RT} \right)$$

$$p_0 s h - p_0 s h - p_0 s \Delta h + \frac{\Delta m}{M} RT + M g s h - M g s \Delta h$$

$$\Delta h (p_0 s + M g s) = \frac{\Delta m}{M} RT + M g s h$$

$$\Delta h = \frac{M g s h + \frac{\Delta m}{M} RT}{p_0 s + M g s} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 0,35 + \frac{0,1}{18} \cdot 8,3 \cdot 373}{10^5 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= \frac{0,35 + \frac{8,3 \cdot 373}{180}}{1000} = \frac{1}{10} \left(0,35 + \frac{8,3 \cdot 373}{180} \right) \text{ см}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,35 \\ \times 180 \\ \hline 280 \\ 35 \\ \hline 63,00 \end{array} + \frac{3095,9}{63} = \frac{1}{10} (180 \cdot 0,35 + 8,3 \cdot 373)$$

$$= \frac{35 + \frac{3096}{180}}{1100} = \frac{35 \cdot 180 + 3096}{1100 \cdot 180} \text{ м} =$$

$$= \frac{35 \cdot 180 + 3096}{11 \cdot 180}$$

Исходные



$$mV_0^2 = MU^2 + mV^2$$

$$m(V_0 - V)(V_0 + V) = MU^2$$

$$V_0 - V = U$$

$$x = A \sin \omega t$$

$$U = A\omega$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

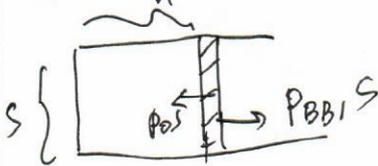
$$\frac{MU^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \quad n < 1$$

$$A = U \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{U}{\omega} \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi U}{\omega T}$$

$$\frac{V_m}{\omega} \sin(\omega t) = \frac{2\pi U}{\omega T} \sin(\omega t) = \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega} \sin(\omega t)$$

2.4.2

① пар мембраны $\Rightarrow P_n < P_0$



$$P_{вв1} = P_n + P_{св1}$$

$$P_n + P_{св1} = P_0$$

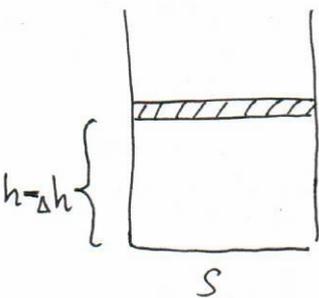
$$(P_n + P_{св1}) RT = P_0 S h$$

$$\frac{5\pi}{8}(n-1) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$n-1 = \frac{8}{5\sqrt{2}\pi}$$

$$n = 1 + \frac{8}{5\sqrt{2}\pi}$$

② пар массы $\Rightarrow P_n = P_0$



$$P_0 S + Mg = P_0 S + P_{вв2}$$

$$Mg = P_{св} RT$$

$$P_{св} = \frac{MgS(h-dh)}{RT}$$

$$P_0 = \frac{(P_{св} - \frac{\Delta m}{M}) RT}{S(h-dh)}$$

$$\frac{P_0 S(h-dh)}{RT} + \frac{\Delta m}{M} = P_0$$

$$P_0 S h = RT \left(\frac{P_0 S(h-dh)}{RT} + \frac{\Delta m}{M} + \frac{MgS(h-dh)}{RT} \right)$$

$$P_0 S h = P_0 S h - P_0 S dh + \frac{\Delta m RT}{M} + MgS(h-dh)$$

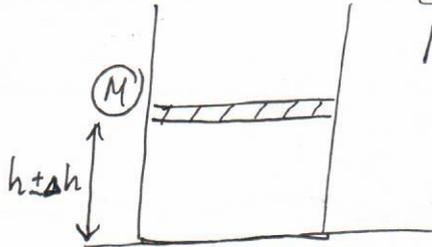
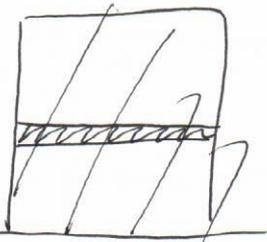
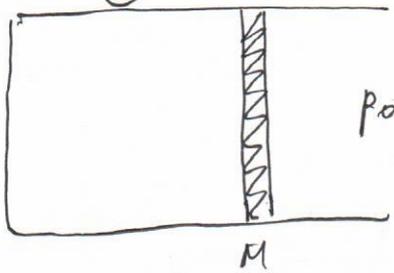
$$P_0 S dh + MgS dh = \frac{MgS h}{M} + \frac{\Delta m RT}{M}$$

$$\Delta h = \frac{\frac{MgS h}{M} + \frac{\Delta m RT}{M}}{MgS + P_0 S} = \frac{1 + \frac{\Delta m RT}{M MgS}}{1 + \frac{P_0 S}{MgS}}$$

Черновик

№2. (W)

(S)



$$P_{\text{ВВ}} = P_{\text{П}} + P_{\text{СВ}}$$

$$P_0 = P_{\text{П}} + P_{\text{СВ}}$$

$$P_{\text{П}} \neq P_0$$

$$P_{\text{СВ1}} = \frac{V_{\text{СВ}} RT}{Sh}$$

$$P_{\text{П1}} = \frac{V_{\text{П}} RT}{Sh}$$

$$P_0 = \frac{RT}{Sh} (V_{\text{СВ}} + V_{\text{П}})$$

$$p_0 S + Mg = (P_{\text{П2}} + P_{\text{СВ2}}) S$$

раз вода сконденсировалась, то

$$P_{\text{СВ2}} = \frac{RT V_{\text{СВ}}}{S(h - \Delta h)}$$

$$Mg = P_{\text{СВ2}} S$$

$$Mg = \frac{RT V_{\text{СВ}}}{S(h - \Delta h)}$$

$$P_{\text{П2}} = P_0$$

$$P_{\text{П2}} = \left(V_{\text{П}} - \frac{\Delta m}{\mu} \right) \frac{RT}{S(h - \Delta h)}$$

$$P_0 = \left(V_{\text{П}} - \frac{\Delta m}{\mu} \right) \frac{RT}{S(h - \Delta h)}$$

$$V_{\text{СВ}} = \frac{Mg S (h - \Delta h)}{RT}$$

$$1 + \frac{0,1 \cdot 8,3 \cdot 373}{18 \cdot 10 \cdot 10^{-0,01}}$$

$$1 + \frac{10^5}{10 \cdot 10}$$

$$\frac{180 + 8,3 \cdot 373 \cdot 0,1}{180 \cdot 1001} \frac{\Delta m}{\mu} RT = P_0 (S - \Delta h)$$

$$V_{\text{П}} = \frac{P_0 (S - \Delta h)}{RT} + \frac{\Delta m}{\mu} \frac{100 \text{ cm}^2}{100 \cdot 10^{-4}} = 0,01$$

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

$$P_0 S (h - \Delta h) = \left(V_{\text{П}} - \frac{\Delta m}{\mu} \right) RT; \quad \left(V_{\text{П}} = \frac{\Delta m}{\mu} + \frac{P_0 S (h - \Delta h)}{RT} \right)$$

$$P_0 S h = RT \left(\frac{Mg S (h - \Delta h)}{RT} + \frac{\Delta m}{\mu} + \frac{P_0 S (h - \Delta h)}{RT} \right)$$

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

$$P_0 S \Delta h = Mg S h - Mg S \Delta h + \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$\Delta h (P_0 S + Mg S) = Mg S h + \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

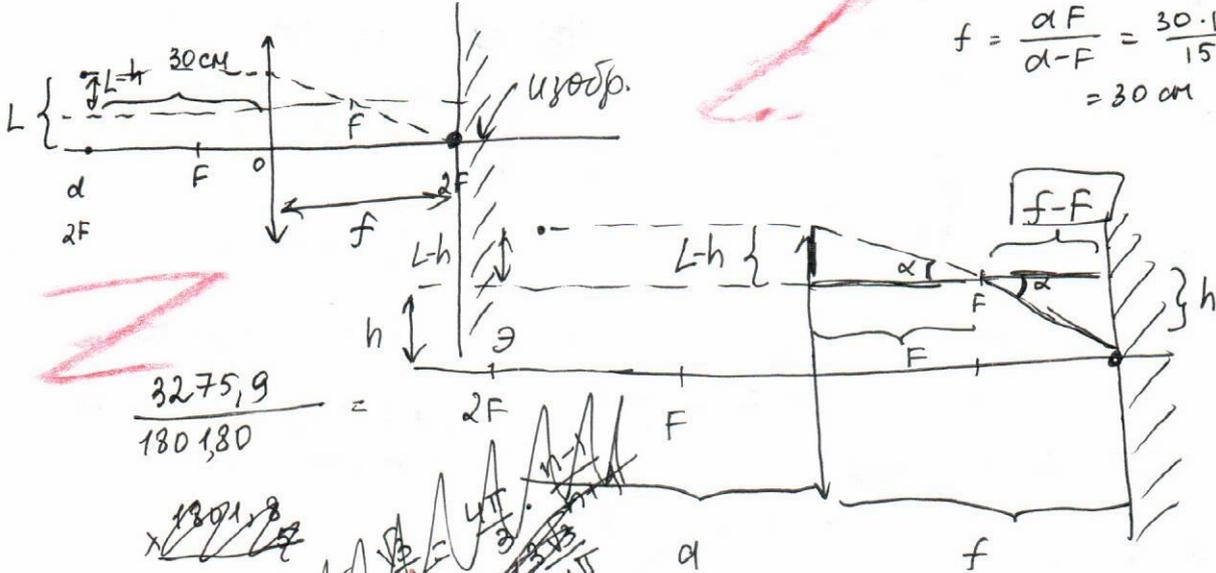
$$\Delta h = \frac{Mg S h + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{P_0 S + Mg S} = \frac{Mg h + \frac{\Delta m RT}{\mu S}}{P_0 + Mg}$$

$$= \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,35 + \frac{0,1 \cdot 8,3 \cdot 373}{18 \cdot 0,01}}{10^5 + 100} = \frac{35 + \frac{8,3 \cdot 373 \cdot 10}{18}}{10^5 + 100} = 35$$

Черновик 4.10.2.

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

$$f = \frac{\alpha F}{\alpha - F} = \frac{30 \cdot 15}{15} = 30 \text{ cm}$$



$$\frac{3275,9}{180,180} =$$

$$f = 2F$$

$$\frac{L-h}{F} = \frac{h}{F}$$

$$\alpha = \frac{L-h}{F} = \frac{h}{f-F}$$

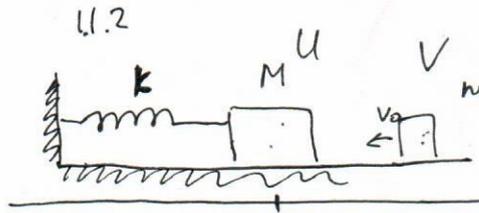
$$\frac{u}{\omega} \sin(\omega \cdot \frac{2}{3}) \cdot \frac{2\pi}{\omega} = Vt$$

$$\frac{u}{\omega} \sin(\frac{4\pi}{3}) = V \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

$$mV_0 = MU - mV; V =$$

$$-mV_0 = -MU + mV$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$



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

$$t = \frac{5}{8}T = \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{5\pi}{4} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$x = S = \frac{V_0 \sqrt{5}}{4} \pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$x = A \sin(\omega t) = V_0 t$$

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

$$-u \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{4\pi}{3} V$$

$$\frac{5\pi}{4} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{5\pi}{4} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$Max = -kx$$

$$ax + \frac{k}{M}x = 0$$

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

$$x = A \sin \omega t + B \cos \omega t + C$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$1) t=0 \quad x=0$$

$$0 = B + C \quad C = -B$$

$$2) t=0; \dot{x} = u \quad V = A\omega \cos \omega t - B\omega \sin \omega t$$

$$V = A\omega \cos \omega t$$

$$u = A\omega; \quad A = \frac{u}{\omega} = \frac{V_0 - V}{\omega}$$

$$V_0 - V = u$$

$$u = V_0 - \frac{V_0}{\frac{5\pi}{4} + 1}$$

$$\left. \begin{aligned} mV_0^2 &= MU^2 + mV^2 \\ mV_0 &= MU - mV \end{aligned} \right\} \begin{aligned} m(V_0 - V)(V_0 + V) &= MU^2 \\ m(V_0 + V) &= MU \end{aligned}$$

$$\frac{V_0 - V}{\omega} = V \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

$$1 + \frac{1}{\frac{5\pi}{4} + 1} = \frac{M}{m} \left(1 - \frac{1}{\frac{5\pi}{4} + 1} \right)$$

$$V_0 = V \left(\frac{5\pi}{4} + 1 \right)$$

$$V = \frac{V_0}{\frac{5\pi}{4} + 1}$$

$$1 = \frac{M}{m} \left(1 - \frac{1}{\frac{5\pi}{4} + 1} \right) - \frac{1}{\frac{5\pi}{4} + 1}$$