



47-80-82-61

(68.3)



+1 член
Ю

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1 (Патентная)

66/Х01
16-44
Ю
6Х08
16-51
Ю

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Юлия Юлия Эдуардовича

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

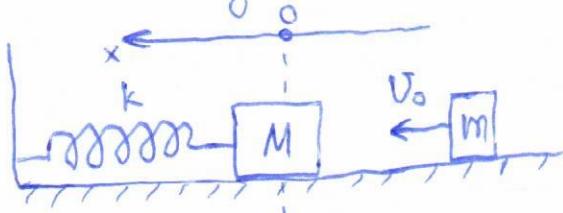
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Юлия

Числовик.

N 1.1.1. Задача.

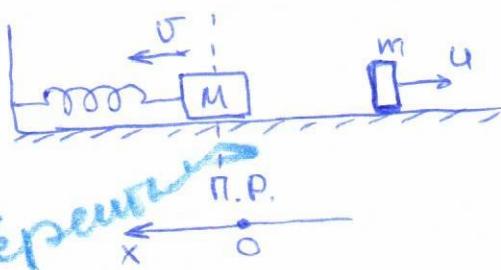


упругое соударение,
после удара бруск "m"
движется в обратном
направлении.

П.к. время соударения очень мало, можно пренебречь изменением импульса системы " $m+M$ " из-за действия силы упругости со стороны пружины:

$$\text{ЗСИ: } mU_0 = MU - mu \quad \rightarrow \quad \frac{M}{m} = \frac{U_0 + u}{U} = n$$

$$+ \quad MU = m(U_0 + u)$$



$$\text{ЗСЭ: } \frac{mU_0^2}{2} = \frac{MU^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$$

$$m(U_0^2 - u^2) = MU^2$$

$$m(U_0 + u)(U_0 - u) = MU \cdot U$$

$$U_0 - u = U \quad \rightarrow \quad U_0 = U + u$$

(закон относительного движения при упругом соударении сохраняется).

Период колебаний бруска: $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$

$w = \sqrt{\frac{K}{M}}$ - частота колебания.

введём начальную координату в начальном положении бруска "M" — это его положение равновесия при колебаниях $\rightarrow \sigma_{max} = U$ начальную координату в П.Р. \rightarrow гармонические колебания, координата меняется по синусу:

$$x = x(t) = A \sin(\omega t), \text{ где } A - \text{ амплитуда колебаний}$$

$$AU = U_{max} = U \Rightarrow A = \frac{U}{\omega} = U \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$\tau = \frac{7}{12} T = \frac{7}{12} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} = \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

Числовик

$$x(\tau) = A \sin(\omega \cdot \tau) = U \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \tau + \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{M}{K}}\right)$$

$$x(\tau) = U \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sin\left(\frac{7\pi}{6}\right) = -\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}} +$$

за время τ брускок „m“ также движется из начальной координат равномерно скользя со скоростью $u_x = -u$, в координате $x(\tau)$ брускок перемещившись $\Rightarrow -\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}} = -u\tau$

$$\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}} = u \cdot \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$U = \frac{7}{3} \pi \cdot u \quad \Rightarrow U_0 = u + U = u \left(1 + \frac{7}{3} \pi\right) +$$

$$n = \frac{M}{m} = \frac{U_0 + u}{U} = \frac{u + u \left(1 + \frac{7}{3} \pi\right)}{\frac{7}{3} \pi \cdot u} = \frac{2 + \frac{7}{3} \pi}{\frac{7}{3} \pi} \approx \frac{9}{7}$$

Ответ: $n = \frac{2 + \frac{7}{3} \pi}{\frac{7}{3} \pi} \approx \frac{9}{7}$ +

Вопросы: Числить материальной точки — «количество движущегося вещества», $\sqrt{\text{половое произведение}}$ то же самое материальной точки на её скорость $\vec{p} = m \vec{v}$. +

Числить систему материальных точек — суммарная вещественная физическая величина, суммарный чисел всех материальных точек, входящих в систему.

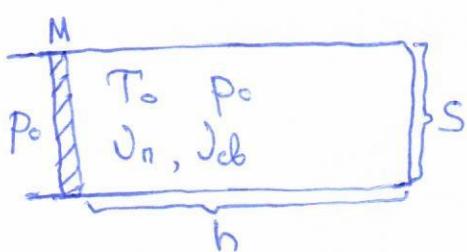
$$\vec{P}_{\text{сум}} = \sum_i (m_i; \vec{v}_i) = \sum_i \vec{p}_i$$

Закон сохранения импульса: Если на

Числовик.

материальную точку (систему материальных точек) не действуют никаких внешних сил или они скомпенсированы (т.е. их равнодействующая равна нулю), то масса мат. точки (системы мат. точек) сохраняется. ЗСИ (закон сохранения импульса) можно спроецировать на ось, тогда если по этой оси на мат. точку или сист. мат. точек не действуют внешние силы или они скомпенсированы, то проекция импульса на эту ось сохраняется.

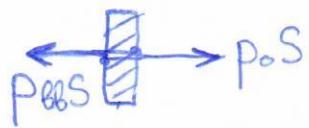
№ 2.4.1. Задача.



J_{db} - концентрация сухого воздуха
 J_n - концентрация пара влаги

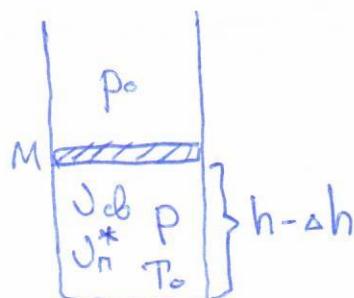
$$T_0 = 373\text{ K}$$

расмотрим паренить:

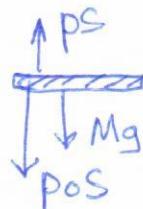


$$p_{ff}S = p_0S \quad +$$

$p_{ff} = p_0$ - давление влаги воздуха в сосуде стакана.



паренить:



$$Mg + p_0S = p_gS$$

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

J_n^* - концентрация пара в новой ум. сост.

Числовик.

$$J_n RT_0 = p_n Sh +$$

$$J_{cb} RT_0 = p_{cb} Sh +$$

$$p_0 = p_n + p_{cb} +$$

стакана



p_{cb} - давление сух. воздуха
 p_n - давление пара

p_{cb}^* - давление сух. воздуха
 в колпаке



$$J_n^* RT_0 = p_{n*} S(h-\Delta h)$$

расширение нара стакана
 равномерно \Rightarrow пар
 в сосуде сплошь
 насыщенный, $T_0 = 373\text{K}$

$$\Rightarrow p_{n*} = p_0$$

$$J_n^* RT_0 = p_0 S(h-\Delta h)$$

$$J_{cb} RT_0 = p_{cb}^* S(h-\Delta h)$$

в колпаке.

$$P = P_0 + \frac{Mg}{S} = P_0 + p_{cb}^*$$



$$J_n - J_n^* = J_b = \left(1 - \frac{J_n^*}{J_n}\right) \cdot J_n - \cancel{\text{ко-бо стакане.}} \text{ паре.}$$

$$J_n^* = \frac{p_0(h-\Delta h)}{p_n h} \cdot J_n, \quad J_n = \frac{p_n Sh}{RT_0}$$

$$J_n^* = \frac{p_0(h-\Delta h)}{p_n h} \cdot \frac{p_n Sh}{RT_0} = \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{RT_0}$$



$$J_n - J_n^* = \frac{p_n Sh}{RT_0} - \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{RT_0} = \frac{S}{RT_0} (p_n h - p_0(h-\Delta h))$$

$$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_0 + p_{cb}^* \Leftrightarrow p_{cb}^* = \frac{Mg}{S}$$

$$p_{cb} h = p_{cb}^* (h-\Delta h) = \frac{Mg}{S} (h-\Delta h)$$

$$P_0 = p_{cb} + p_n \Leftrightarrow (p_0 - p_n) h = \frac{Mg}{S} (h-\Delta h)$$



Числовик

$$p_0 - p_n = \frac{Mg(h-\Delta h)}{Sh} \Leftrightarrow p_n = p_0 - \frac{Mg(h-\Delta h)}{Sh}$$

$$\Delta m = \frac{(J_n - J_n^*)u}{RT_0} = \frac{Su}{RT_0} \left(\left(p_{0h} - \frac{Mg(h-\Delta h)}{S} \right) - p_{0h} + p_{0h} \right)$$

$$\Delta m = \frac{Su}{RT_0} \left(p_{0h} - \frac{Mg(h-\Delta h)}{S} \right)$$

$$\Delta m = \frac{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}}{8,3 (\text{Дж}/\text{к.моль}) \cdot 373 \text{ К} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ моль}} \left(10^5 \text{ Дж} \cdot 0,05 \text{ м} - \frac{10 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м} / \text{с}^2 (0,35 \text{ м} - 0,05 \text{ м})}{100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \right) \approx \frac{\frac{1}{172} \cdot 10^{-5} \text{ кг}}{0,357 \text{ м}} \approx 5,81 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

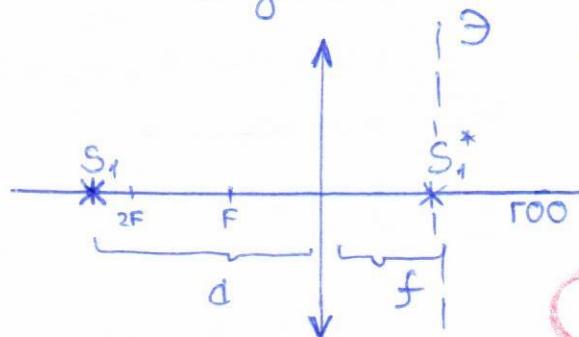
Ответ: ~~0,357 м~~. $5,81 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$.

Вопрос:

Насущенный пар — пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Давление и плотность насыщенного пара возрастают вместе с температурой.
(причем не экспоненциальном законом).

№ 4.10.1. Задача.



S_1 — предмет (скакалка)

S_1^* — изображение (скакалка)

формула тонкой линзы:

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

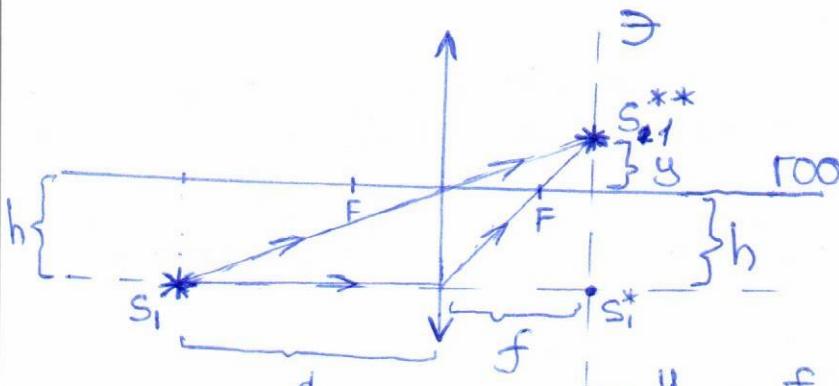
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

Человек.

$$\frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F}$$

расстояние от
изображения до экрана

изображение находится на главной
оптической оси линзы, т.к. предмет
(человек) лежит на ГОО.



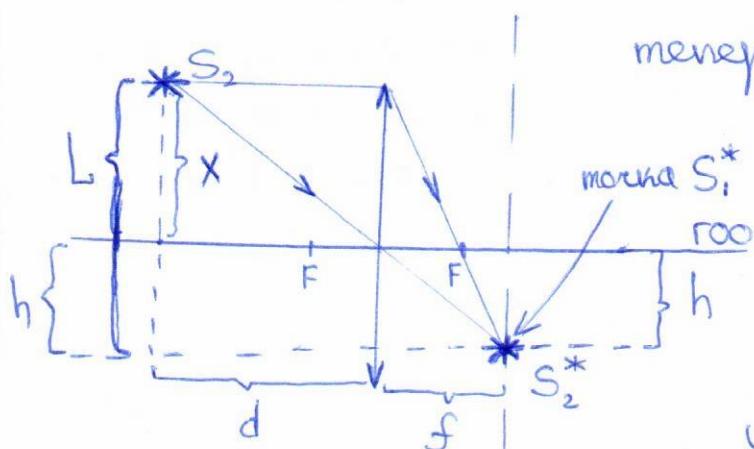
$d > F \Rightarrow$
изображение
перевернутое,
действительное,
уменьшенное.

$$\Gamma = \frac{y}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F}$$

увеличение
изображения

S_1^{**} — новое изображение источника S_1 .

теперь нам нужно передвинуть источник,
так чтобы новое изображение было в
месте S_1^* .



теперь получается,
что h — „вспомогательное“
изображение S_2^* ,
а x — „вспомогательное“
изображение

$$x = h \cdot \frac{d-F}{F}$$

$$L = x + h = h \left(1 + \frac{d-F}{F}\right)$$

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

из подобия треугольников
небходимо:

$$\frac{x}{h} = \frac{d}{f} = \frac{1}{\Gamma} = \frac{d-F}{F}$$

$$= 3 \text{ см} \cdot \frac{25 \text{ см}}{10 \text{ см}} = 7,5 \text{ см} \cdot 6$$

Числовик.

Двигаем мяч вверх, т.к. изображение в собирающей линзе при расстоянии от действием. Упростим до линзы ближней фокусного всегда переворачивающее, т.е. нужно, чтобы изображение новой предмета (источника) было выше ГОО).

расстояние от линзы до источника всегда однаковое $d = 25 \text{ см}$, т.к. нам нужно поместить в ту же самую точку на экране, т.е. И (изображение) должно быть действительное и $f = \text{const} \Leftrightarrow$ из собирающей линзы линз $d = \text{const}$, т.е. мы не можем менять расстояние от источника до линзы.

Ответ: $L = 7,5 \text{ см}$.

Вопрос:

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ где } F - \text{фокусное расстояние линзы: "нос" ставится если линза собирающая, "нос" - если распределяющая.}$$

d - расстояние от источника до линзы:

"нос" ставится, если предмет (источник) действительной, "нос" - если источник

f - расстояние от линзы до изображения:

"нос" - если изображение действительное
"нос" - если изображение линзовое.

Также формулу тонкой линзы можно переписать так:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ где } D - \text{стрик-7.}$$

Чистовик.

Число сине линз: отрицательная, если линза рассеивающая, положительная, если собирающая.

Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{y}{x}$, где

y - высота изображения

x - высота предмета

$\Gamma = \frac{y}{x} = \frac{f}{d}$, где f - расстояние от линзы до изображения

из набора треугольников.

d - расстояние от линзы до предмета

Панке применяв формулу тонкой линзы

получил:

для рассеивающей линзы:

$$\Gamma = \frac{F}{d+F}$$

для собирающей:

$$\Gamma = \frac{F}{|d-F|}$$

F - фокусное расстояние линзы по модулю.



№3.7.1. Вопросы:

Магнитной помехой — физическая величина, равная произведению индукции магнитного поля на площадь поверхности и на косинус угла между вектором индукции магнитного поля и нормалью (вектором единиц) к поверхности; количество линий магнитной индукции, пронизывающих

8.

Читовик.

поверхность излучает в перпендикулярное
поверхностие.

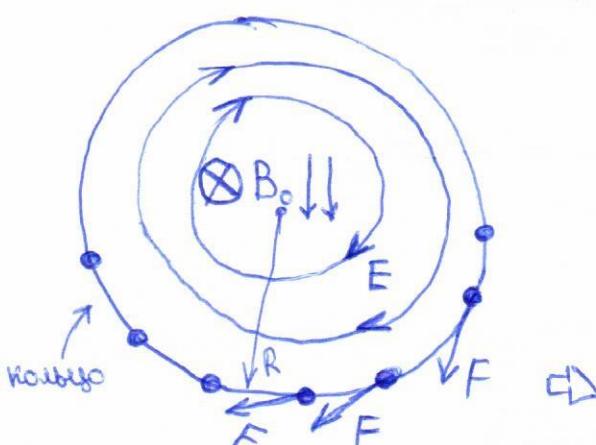
Чт. а?

Явление Электромагнитной индукции —
явление взаимодействия электрического
 поля (внешнего) и электрического тока
в проводниках в изменяющемся во
времени магнитном поле.

Чт. а?

Изменяющееся во времени ^{магнитное}
поле порождает внешнее электрическое
поле, которое действует на заряды в
проводнике, заряды приходят в движение,
появляется электрический ток.

Задача.



изменяющееся магнитное
поле участвует в
→ внешнее электрическое
поле можно
определить (направление)
по правилу буравчика
оно направлено по часовой
стороне.

Значит на положительные заряды q
действует сила $F = E(R) \cdot q$ направлена
по касательной к окружности.

$$\sum \vec{E}(R) \cdot \vec{dl} = \left| -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right|$$

9.

Числовик.

$E(R)$ — напряженность вихревого электрического поля на расстоянии R от центра катушки

одинаково по модулю во всех точках катушки, это можно вывести за здравый смысл; \Rightarrow направлено по касательной к радиусу \Rightarrow составляет угол 0° с \vec{dt}

$$\Rightarrow \sum \vec{E}(R) \vec{dt} = E(R) \cdot \sum dt = E(R) \cdot 2\pi R$$

(м.н. $\cos(0^\circ) = 1$)

$$E(R) \cdot 2\pi R = \left| -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\left(\left| -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \text{ м.н. } \cancel{\text{вокруг катушки поток меняется}} \right)$$

$$E(R) = \frac{-\Phi'(t)}{2\pi R} = \frac{-(B(t) \cdot S)}{2\pi R}$$

$$E(R) = -\frac{B'(t) \cdot \pi R^2}{2\pi R} = -\frac{B'(t)}{2} R$$

расстояние между шарнирами (бусинами):

$$x = \frac{\pi \cdot 2R}{N} = \frac{\pi \cdot 2R}{100} = \frac{\pi R}{50}$$

$$F = E(R) \cdot q = -\frac{B'(t)}{2} \cdot Rq$$

$$ma = F$$

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{1}{2} Rq \quad | \cdot \Delta t$$

Числовик.

$$m \Delta U = - \Delta B \cdot \frac{1}{2} R q \quad (*)$$

предупреждение (*)

$$m \sum \Delta U = - \frac{1}{2} R q \sum \Delta B$$

$$m (U - 0) = - \frac{1}{2} R q (B - B_0)$$

$$m U = \frac{R q B_0}{2}$$

$U = \frac{R q B_0}{2 m}$ — скорость движения заряда.

$$T = \frac{x}{U} = \frac{\pi R \cdot 2m}{50 \cdot R q B_0} = \frac{\pi m}{25 q B_0} \quad \text{— время}$$

проехания
расстояния
шаге бегущими

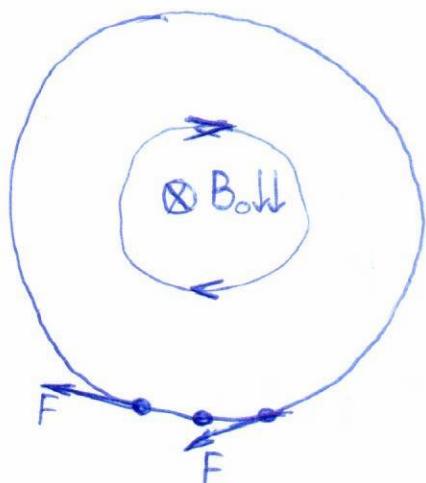
$$n = \frac{1}{T} = \frac{25 q B_0}{\pi m}$$

$$n = \frac{25 \cdot 10^{-7} \text{ ку} \cdot 100 \pi \text{ л} \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,010 \text{ км}} \text{ с}^{-1} = \frac{25}{3,14} \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-5}} \text{ с}^{-1}$$

$$n = \frac{25}{3,14} \approx \frac{25}{3} = 8 \frac{1}{3} \approx 8,33 \quad 25 \sqrt[3]{8,33}$$

Ответ: 8 кадров в секунду

Черновик.



$$\sum \vec{E}_{\text{sl}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

 Σ

E



Черновик.

№1.



$$mU_0 = MU - mu \Rightarrow MU = m(U_0 + u)$$

$$\frac{M}{m} = \frac{U_0 + u}{U}$$

$$\frac{mU_0^2}{2} = \frac{MU^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{U_0 + u}{U}$$

отн. скорость.

$$m(U_0^2 - u^2) = MU^2$$

$$U_0 = U + u$$

$$m(U_0 - u)(U_0 + u) = MU \cdot U \quad | \quad u = U_0 - U$$

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

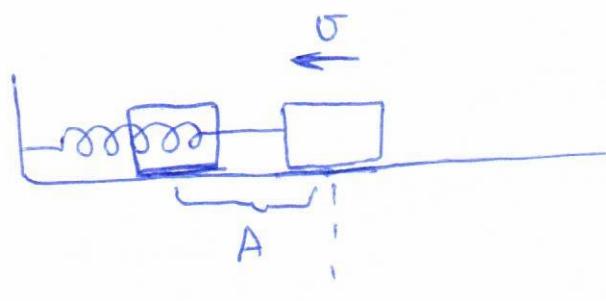
$$F = kx$$

$$k = \frac{H}{m}$$

$$[T] = c \sqrt{\frac{m}{H}}$$

$$\frac{m \cdot kx}{kx \cdot x/c^2}$$

$$H = m/c^2 \cdot kx$$



П.Р.

$$u = U_0 - U$$

$$mU_0 = M$$

$$u = U_0 - U$$

$$\frac{M}{m} = \frac{U_0 + U_0 - U}{U}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{2U_0 - U}{U}$$

$$U_{max} = U$$

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

$$U = Aw \cdot \cos(\omega t)$$

$$Aw = U_{max} = U$$

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

$$A = U \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$U(t) = U \cos(\omega t)$$



13.

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

Чертёжик.

$$\tau = \frac{7}{12} T$$

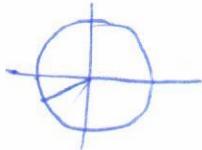
$$A = \frac{U}{\omega}$$

$$x(t) = \frac{U}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$T = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{M}{K}}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{M}{K}}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{M}{K}}}$$

$$x(\tau) = U \sqrt{\frac{M}{K}} \sin\left(\frac{k}{M} \cdot \frac{7}{6}\pi \cdot \sqrt{\frac{M}{K}}\right)$$

$$x(\tau) = U \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sin\left(\frac{7}{6}\pi\right) = -\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}}$$

~~тут~~

$$\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}} = u \cdot \tau$$



$$\frac{1}{2} U \sqrt{\frac{M}{K}} = u \cdot \frac{7}{6}\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$U = \frac{7}{3}\pi u$$



$$\frac{M}{m} = \frac{U_0 + u}{U}$$

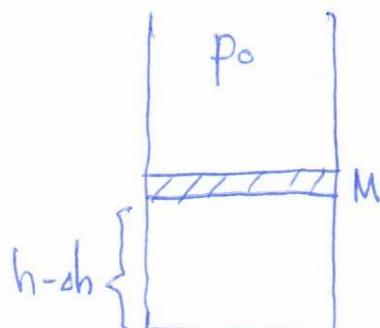
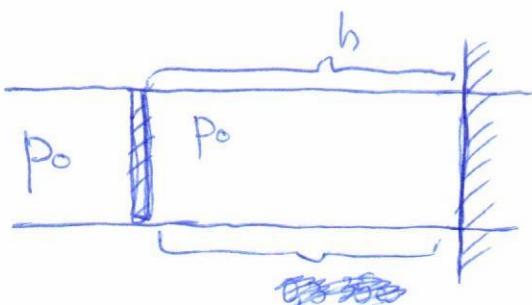
$$U_0 = U + u$$

$$U_0 = u + \frac{7}{3}\pi u = u \left(1 + \frac{7}{3}\pi\right)$$

$$\frac{M}{m} = \frac{u + u \left(1 + \frac{7}{3}\pi\right)}{\frac{7}{3}\pi u} = \frac{2 + \frac{7}{3}\pi}{\frac{7}{3}\pi} \approx \frac{9}{7}$$

примерно!

N2 $t=100^\circ C$



14

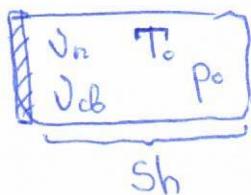
нагана давление в сущ. ро Черновик.

hS₀

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

ухой воздух J_{cb}
напр J_n.

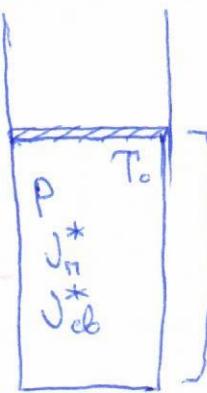
база. б. J_{cb} + J_n



$$J_n R T_0 = p_n S h$$

$$J_{cb} R T_0 = p_{cb}^* S h$$

$$p_n + p_{cb}^* = p_0$$



$$S(h - \Delta h)$$

$$p_0 + p_{cb}^* = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$p_{cb}^* = \frac{Mg}{S}$$

$$(h - \Delta h) S$$

$$J_n^* R T_0 = p_0 S (h - \Delta h)$$

$$J_{cb} R T_0 = p_{cb}^* S (h - \Delta h)$$

~~$$\frac{J_n}{J_n^*} = \frac{p_n (h - \Delta h)}{p_0 (h - \Delta h)}$$~~

$$J_{\text{база}} = J_n - J_n^*$$

$$p_{cb}^* h = p_{cb}^* S (h - \Delta h)$$

$$p_{cb} h = p_{cb}^* (h - \Delta h)$$

$$p_0 = p_{cb} + p_n$$

~~$$p_0 - p_n =$$~~

$$1 - \frac{J_n^*}{J_n}$$

$$p_n - ?$$

$$\frac{100}{10000} = \frac{1}{100}$$

$$1000\phi \cdot \alpha_3 = 3000$$

$$1000\phi\phi \cdot \alpha\phi_5$$

$$5000 - 3000 = \\ = 2000$$

$$\frac{10 \cdot 2000}{8,3 \cdot 18 \cdot 373} = \frac{20000}{1360}$$

$$1 \mid 172$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ - 860 \\ \hline 1400 \end{array} \quad \begin{array}{r} 172 \\ - 860 \\ \hline 5,81 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 83 \\ \hline 54 \\ + 144 \\ \hline 1494 \end{array}$$

$$\times 373$$

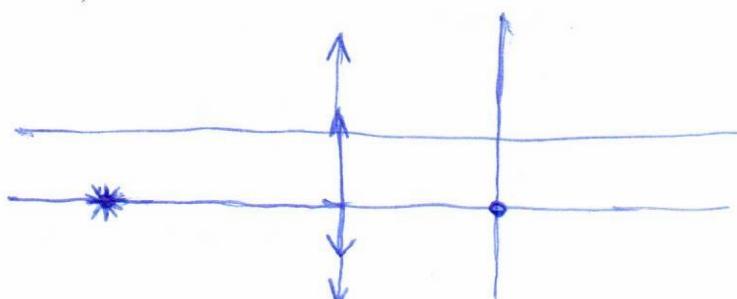
$$\times \underline{149,4}$$

$$\begin{array}{r} 800 + 560 + 16 \\ 1376 \\ \times 150 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 373 \\ \hline 1865 \\ 373 \\ \hline 55950 \end{array}$$

$$\frac{2000}{5595} \approx \frac{2000}{5600}$$

$$2000 \mid \frac{20}{56}$$



$$d_i = 25 \text{ cm}$$

$$f_i =$$

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

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{25 \cdot 10}{15} = \frac{250}{15} = 15$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 0 \\ \hline 50 \\ - 42 \\ \hline 80 \\ - 70 \\ \hline 10 \\ - 10 \\ \hline 0,357 \end{array}$$

$$\frac{100 \cdot 18}{10000 \cdot 1000 \cdot 8,3 \cdot 373} = \frac{10^5}{10^5}$$

$$\begin{array}{r} \times 373 \\ \hline 83 \\ \hline 11119 \\ 2984 \\ \hline 30959 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2096 \\ - 15 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\frac{18}{3096} \cdot 10^{-5}$$

$$1548$$

$$\approx 3100$$

$$\begin{array}{r} 1548 \\ - 9 \\ \hline 64 \\ - 63 \\ \hline 18 \end{array} \quad \begin{array}{r} 9 \\ \hline 172 \end{array}$$

$$\frac{1}{172} \cdot 10^{-5}$$

16