



0 449347 930005

44-93-47-93

(65.4)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по Физике  
профиль олимпиады

Мауренко Улья Михайловна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Мау

44-93-47-93  
(65.4)

1. 1. 2 Задача: Трясок как удар упругий, справедлив закон сохранения энергии.



$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M u_0^2}{2} + \frac{m v^2}{2}, \text{ где } u_0 \text{ и } v - \text{ скорости после удара ков } M \text{ и } m \text{ соответственно.}$$

$$m v_0^2 = M u_0^2 + m v^2$$

$$v_0^2 = v^2 + n u_0^2 \quad (n = \frac{M}{m}) \quad (1)$$

В момент удара на систему тел груз M + груз m действие сторонних сил скомпенсировано, значит, справедлив закон сохранения импульса.

$$m \vec{v}_0 = M \vec{u}_0 + m \vec{v}, \text{ в проекции на } O_x: -m v_0 = -M u_0 + m v$$

$$M u_0 = m v_0 + m v$$



$$n u_0 = v_0 + v \quad (2)$$

Из уравнения 1:

$$n u_0^2 = v_0^2 - v^2 = (v_0 - v)(v_0 + v)$$

Подставляем ф. 2.:

$$n u_0^2 = (v_0 - v) n u_0, \text{ очевидно, что } u_0 \neq 0, \text{ сл-но:}$$

(3)  $u_0 = v_0 - v$ , подставляем это в ур-е 2 получим:

(4)  $n = \frac{v_0 + v}{v_0 - v}$ , причём, очевидно, что  $v_0 \neq v$  (и ЗСЭ).

Трясок как по усл. Грузок M совершает гармонические колебания, его координата определяется уравнением:

$$x = x_0 + A \sin \omega t + B \cos \omega t, \text{ где } x_0 - \text{его начальное положение, } A \text{ и } B - \text{некоторые константы, } \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} - \text{циклическая частота пружинного маятника.}$$

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

$$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin \omega t - B \omega^2 \cos \omega t, \text{ причём в начальный момент времени } t=0 \quad \ddot{x}(0) = -B \omega^2 = 0, \text{ т.к. пружина ещё не сформировалась } \sum \vec{F} = m \ddot{x} = 0 \Rightarrow a=0 (\ddot{x}=0)$$

Очевидно, что  $u_0$  - максимальная скорость груза. сл-но, она равна  $u_0 = A \omega \Rightarrow A = \frac{u_0}{\omega}$ . Пусть  $x_0 = 0$ . Тогда:

Handwritten notes in red and black ink on the left margin, including a circled '94' and some illegible text.

$$x = \frac{U_0}{\omega} \sin \omega t.$$

т.к. за  $t_1 = \frac{T}{2}$  брусок  $M$  вернется в начальное положение, как интересует лишь его координата  $x_1$ , вычислим ее через  $\frac{5T}{8} - \frac{T}{2} = \frac{T}{8}$  после его прохождения через положение равновесия при движении в правую сторону.

$$x_1 = \frac{U_0}{\omega} \sin\left(\omega \cdot \frac{T}{8}\right), \text{ причём } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ т.е.:}$$

$$x_1 = \frac{U_0}{\omega} \sin \frac{\pi}{4} = \frac{U_0 \sqrt{2}}{2\omega}$$

Поскольку поверхность стала гладкой, брусок  $m$  движется равномерно прямолинейно, а-ко  $v \cdot \frac{5T}{8} = x_1$  (т.к.  $M$  и  $m$  движутся вместе, их координаты равны)

$$x_1 = \frac{U_0 \sqrt{2}}{2\omega} = \frac{5vT}{8}$$

$$\frac{U_0 T \sqrt{2}}{4\pi} = \frac{5vT}{8} \Rightarrow \frac{U_0 \sqrt{2}}{\pi} = \frac{5v}{2} \Rightarrow U_0 = \frac{5v \cdot \pi}{2\sqrt{2}}$$

$U_0 = \frac{5\pi v \sqrt{2}}{4}$ , подставляя это в формулу 3, получим:

$$\frac{5\pi v \sqrt{2}}{4} = v_0 - v \Rightarrow v \left( \frac{5\pi \sqrt{2}}{4} + 1 \right) = v_0. \text{ Подставим в ф.4:}$$

$$n = \frac{v \left( \frac{5\pi \sqrt{2}}{4} + 1 \right) + v}{v \left( \frac{5\pi \sqrt{2}}{4} + 1 \right) - v} = \frac{\frac{5\pi \sqrt{2}}{4} + 2}{\frac{5\pi \sqrt{2}}{4}} = 1 + \frac{8}{5\pi \sqrt{2}}$$

$$n = 1 + \frac{8\sqrt{2}}{10\pi} = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi}, \quad \sqrt{2} \approx 1,4, \quad \pi \approx 3,14$$

$$n \approx 1 + \frac{4 \cdot 1,4}{5 \cdot 3,14} = 1 + \frac{5,6}{15,7} = 1 + \frac{5,6}{15,5} = \frac{211}{155}$$

$$n = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi} \approx 1 + \frac{4 \cdot 1,4}{5 \cdot 3} = \frac{5,6}{15} + 1 = \frac{206}{150} \approx 1,37$$

(вычисления - см. Черновик)

$$\text{Ответ: } n = 1 + \frac{4\sqrt{2}}{5\pi} \approx 1,4$$

Вопросы:

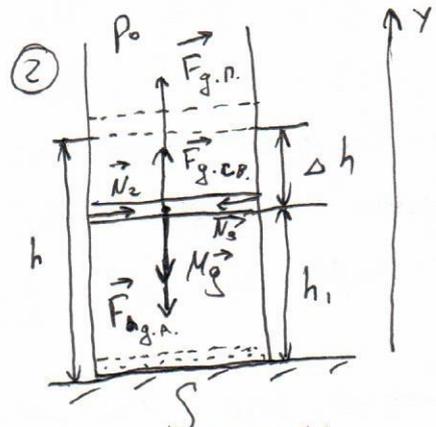
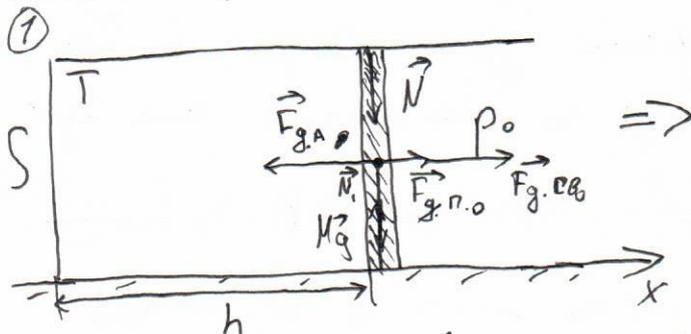
Каледания называются гармоническими, если движение каледующего тела можно описать уравнением  $\ddot{x} + \omega^2 x = \omega^2 x_1$

где  $x$  - колеблющаяся величина (как правило, координата, угол или заряд),  $\dot{x}$  - вторая производная по времени этой величины,  $\omega$  - собственная частота колеблющейся системы,  $x_0$  - начальное значение колеблющейся величины. Решением этого уравнения является следующая зависимость колеблющейся величины от времени:  $x = x(t) = x_0 + A \sin \omega t + B \cos \omega t$ , где  $A$  и  $B$  - некоторые константы. (колеблющаяся величина)

Амплитуда - максимальное отклонение тела от положения равновесия.

Фаза гармонических колебаний - скалярная величина, показывающая, какая часть от периода колебаний прошла с момента начала движения:  $\varphi = \omega t = \frac{2\pi t}{T}$   
 $t$  - время, прошедшее с начала движения,  $T$  - период колебаний.

2.4.2 Задача



$F_{g.a.} = p_0 S$  - сила давления со стороны атмосферы.  
 $F_{g.p.} = p_p S$  - сила давления пара (с индексом 0 - в начале)  
 $F_{g.c.v.} = p_{c.v.} S$  - сила давления сухого воздуха ( $F_{g.c.v.}$  - в конце)  
 $h_1$  - расстояние от поршня до дна в конце.

$T = t + 273 K = 373 K$

По 2-му з-ку Ньютона для 2-го пист.:  
 $N_2 + Mg + F_{g.c.v.} + N_3 + F_{g.a.} + F_{g.p.} = ma$  (где  $a=0$  - ускорение поршня)  
 $N_2$  и  $N_3$  - силы реакции стенок цилиндра

$\sum Y: F_{g.p.} + F_{g.c.v.} = Mg + F_{g.a.}$   
 $p_p S + p_{c.v.} S = Mg + p_0 S$  (\*)

П.к. в сосуде начала конденсироваться вода, пар стал насыщенным, а при  $T = 373 K$   $p_{np} = 10^5 Pa = p_0$

Силы, из ур-я 1:  $p_{св} = \frac{Mg}{S}$ . (2)

П.к.  $T = const$  по ур., для сухого воздуха справедлив закон Бойля-Мариотта:  $p_{св0} V_0 = p_{св} V$ , т.е.

$p_{св0} S h = p_{св} S h_1$ , сил-ко  $p_{св0} = p_{св} \frac{h_1}{h}$ , подставим сюда ф. 2:  $p_{св0} = \frac{Mg h_1}{S h}$  (3)

Для насыщенного пара справедливо ур-е Менделеева Клапейрона:  $p_{нп} V = \frac{m}{\mu} RT$ , где  $m$  - масса водяного пара в камере.

$p_{нп} = p_0$  (сил. выше), сил-ко  $m = \frac{p_0 S h_1 \mu}{RT}$

2-й закон Ньютона для поршня в 1-м ур.:

$Mg + F_{gA_0} + F_{gсв0} + N + F_{gг} + N_1 = m a_0$  (где  $a_0 = 0$  - ускорение поршня в покое)

$O_x: F_{gA_0} = F_{gсв0} + F_{gр0}$   $N, N_1$  - силы реакции опоры со стороны стенок цилиндра и

$p_0 S = p_{св0} S + p_{п0} S \Rightarrow p_0 = p_{св0} + p_{п0} \Rightarrow p_{п0} = p_0 - p_{св0}$  (4)

Для водяного пара справедливо ур-е Менделеева Клапейрона:  $p_{п0} V = \frac{m_0}{\mu} RT$ , где  $m_0$  - начальная масса водяного пара  $\Rightarrow m_0 = \frac{p_{п0} S h \mu}{RT}$ , подставим ф. 4:  $m_0 = \frac{(p_0 - p_{св0}) S h \mu}{RT}$

Очевидно, что  $m_0 - \Delta m = m$ , сил-ко  $\Delta m = m_0 - m$ , тогда:

$\Delta m = \frac{(p_0 - p_{св0}) S h \mu}{RT} - \frac{p_0 S h_1 \mu}{RT} = \frac{S \mu}{RT} (p_0 h - p_{св0} h - p_0 h_1)$

Подставим ф. 3:  $\Delta m = \frac{S \mu}{RT} (p_0 h - \frac{Mg h_1}{S} - p_0 h_1)$

$\frac{\Delta m RT}{S \mu} - p_0 h = -(\frac{Mg}{S} + p_0) h_1$

$h_1 = \frac{p_0 h - \frac{\Delta m RT}{S \mu}}{\frac{Mg}{S} + p_0}$

$\Delta h = h - h_1 = h - \frac{p_0 h - \frac{\Delta m RT}{S \mu}}{\frac{Mg}{S} + p_0} = h - \frac{p_0 h S - \frac{\Delta m RT}{\mu}}{Mg + p_0 S}$

$\Delta h = \frac{h - p_0 h S \mu - \Delta m RT}{\mu (Mg + p_0 S)} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,35 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}^2 \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - 0,1 \text{ м} \cdot 83 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}}{0,35 \text{ м} \cdot (10 \text{ кг} \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} + 10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2)}$

$\cdot 343 \text{ К}$   
 $\cdot (10 \text{ кг} \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} + 10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2) = \frac{35 \cdot 0,18 - 10^{-2} \cdot 83 \cdot 343}{0,10^{-3} \cdot 18 \cdot 1100} \text{ м}$

44-93-47-93  
(65.4)

В задаче не указаны единицы измерения  $\Delta m$ . В аудитории было объявлено, что  $\Delta m = 0,1 \text{ кг}$ . Однако физически такое быть не может ( $\Delta h > h$ ). Скорее,  $\Delta m = 0,1 \text{ г} = 0,0001 \text{ кг}$ .

Тогда:  $\Delta h = 0,35 \text{ м} - \frac{6,3 - 3,095 \text{ г}}{1,8 \cdot 11} \text{ м} \approx 0,35 \text{ м} - \frac{3,205}{198} \text{ м} \approx 0,35 \text{ м} - 0,016 \text{ м} = 0,334 \text{ м}$

$\approx 0,35 \text{ м} - 0,17 \text{ м} = 0,18 \text{ м}$

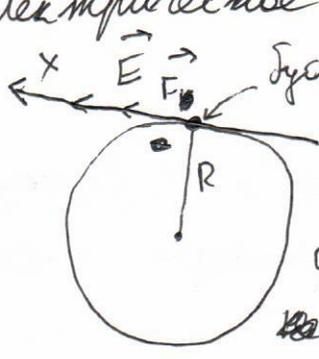
Ответ:  $\Delta h = h - \frac{\rho_0 h S \mu - \Delta m R T}{\mu (M g + \rho_0 S)} \approx 0,18 \text{ м}$

Вопросы. Виды парообразования: испарение и кипение.

Эффективная теплота парообразования - физическая величина, которая характеризует, насколько эффективно передается теплота в паровом состоянии при температуре кипения, чтобы перевести вещество в газообразное состояние  $l$  и это же.

3.4.2 Задача

Переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле, ~~направление которого~~ направлено касательно контура.



Будинка  $E = \frac{\dot{\Phi}}{2\pi R}$ , где  $R$  - радиус кольца,  $\dot{\Phi}$  - ЭДС индукции возникшее в контуре. Если контур проводящий, то заряды будут смещены, а заряды будут смещены под действием электрического поля будут.

раскручивать кольцо. По закону электромагнитной индукции:  $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S_{\perp} = -\frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2$

$$E = \frac{\mathcal{E}_i}{2\pi R} = -\frac{dB}{dt} \cdot \frac{R}{2}$$

$\cos \alpha, \cos \alpha = (\vec{B}, \vec{n}) = 0$   
 $\omega$ -но,  $\cos \alpha = 1$

$2\vec{i} - 3 - n$   $M$  для дугинки:

$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_e = m\vec{a}$  (где  $a$  - её ускорение,  $N$  - сила реакции опоры со стороны поверхности)

$O_x: F_e = m \frac{dV_x}{dt} = qE$  (в ~~качестве~~ ~~направления~~ ~~действия~~ ~~силы~~, с которой электрическое поле действует на заряд  $q$  ( $F = qE$ ))

$$-\frac{dB}{dt} \cdot \frac{qR}{2} = m \frac{dV_x}{dt} \cdot dt$$

$$-dB \cdot \frac{1}{2} qR = m dV_x$$

$$-\frac{1}{2} qR \cdot \int_{B_0}^0 dB = m \int_0^V dV_x$$

$$\frac{1}{2} qR B_0 = mV \Rightarrow B_0 = \frac{2mV}{qR} = \frac{2m\omega}{q}$$

Условная скорость диска быть такой, чтобы за  $\frac{1}{8}$  с (или любой др.) каждая дугинка перешла на место следующей  $V$ , т.е. кольцо повернулось на угол  $\frac{2\pi k}{N}$

$\omega = \frac{2\pi n}{N} k, k \in \mathbb{N}^*$  ( $\mathbb{N}^*$  - множество nat.-х чисел)

$B_0 = \frac{4\pi m n k}{Nq}$ ,  $k \in \mathbb{N}^*$ , но минимальное значение

$B_0$  принимает при  $k = 1$ , т.е.  $B_0 = \frac{4\pi m n}{Nq}$   $\pi \approx 3$

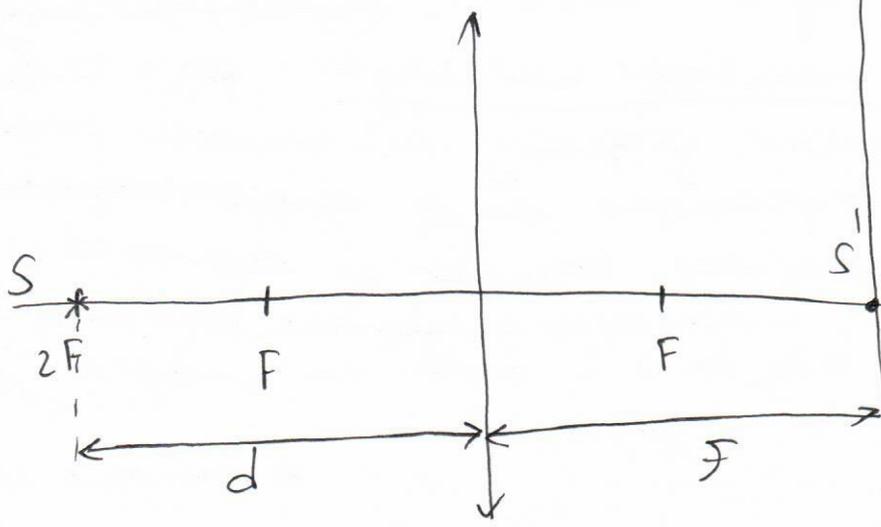
$B_0 = \frac{4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 8 \text{ с}^{-1}}{100 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} = 96 \text{ Тл}$   $\pi = 3.14$

Ответ: 96 Тл.

P.S. Если это задача «с подвохом», то, в принципе, возможен ответ  $B_0 = 0$ , тогда кольцо просто не ~~будет~~ придёт в движение.

Вопросы Закон электромагнитной индукции:  
 ЭДС индукции, возникающая в замкнутой, проводящей контуре при изменении магнитного потока через него, равна скорости изменения (первой производной по времени) магнитного потока через данный контур со знаком минус.  
Правило Ленца - индукционный ток, возникающий в замкнутой проводящей контуре в результате изменения магнитного поля, противодействует изменению магнитного потока, которым был вызван.

Ч. 10.2 Задача



По формуле тонкой линзы:

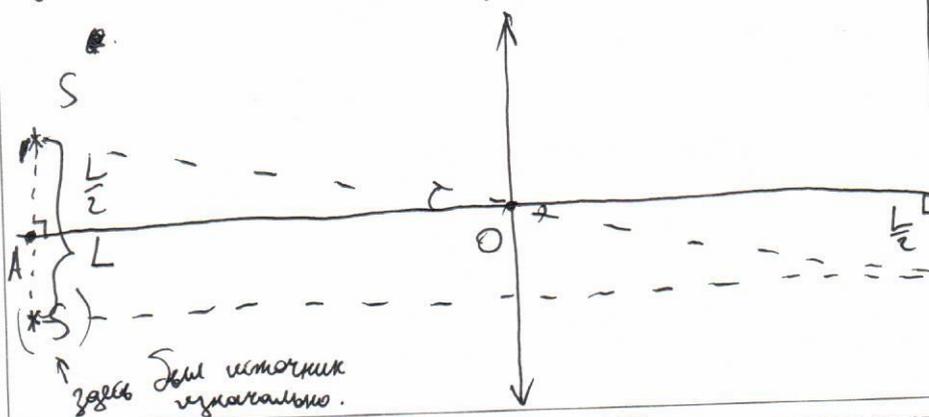
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

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

$$F = 30 \text{ см} = d$$

(Это так же следует из того, что  $F=2F$ )

Пусть источник передвигается вверх (дирекция решения это не важно). Если предмет находится на главной оптической оси линзы, то его изображение находится на  $h^*$  ниже главной оптической оси (это следует из того, что:



$\triangle ASO \sim \triangle BS'O$   
 т.к.  $\angle A = \angle B = 90^\circ$   
 $\angle S'OB = \angle SOA$  - как верт.;  $AO = OB = F = d$   
 $\Rightarrow AS = BS' = h^*$ )

Значит, если предмет сдвинуть на  $L$  вверх, то линзу необходимо сдвинуть на  $h = \frac{L}{2}$ . Вместе с линзой переместится её оптическая ось на  $\frac{L}{2}$ . Предмет будет на  $\frac{L}{2}$  выше неё, изображение на  $\frac{L}{2}$  ниже, т.е. в той же точке, где и было.  $h = \frac{L}{2} = \frac{8 \text{ см}}{2} = 4 \text{ см}$ .

Ответ:  $h = \frac{L}{2} = 4 \text{ см}$  **Sub!**

Вопросы. Плоские линзы - линзы, толщиной которых можно пренебречь по сравнению с остальными их линейными размерами **(1)**

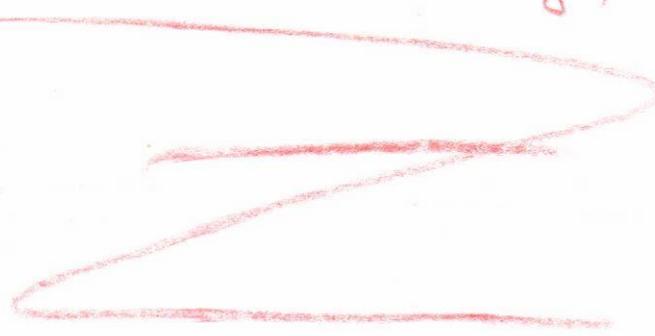
Фокусное расстояние линзы - расстояние от линзы до точки на её главной оптической оси <sup>(или пересечении продолжения)</sup> в которой (о точке) собираются лучи, если на линзу падёт вдоль её главной оптической оси параллельный пучок света. ("собираемая точка" - о собирающей) ("пересекаемая продолжения" - о рассеивающей) **(2)**

Оптическая сила линзы - фокусная величина, обратная фокусному расстоянию линзы. Главная характеристика линзы, определяющая показатель преломления вещества, из которого изготовлена линза, показателем преломления вещества, в котором она находится и радиусами кривизны двух сторон линзы по формуле:

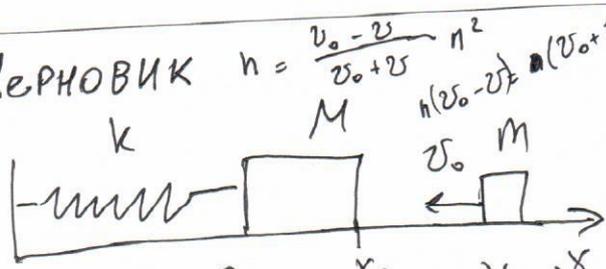
$$D = \frac{1}{F} = \left( \frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{среды}}} - 1 \right) \left( \pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right), \text{ " + " ставится если}$$

**(3)** ~~то~~ радиус кривизны выпуклой поверхности и " - " - если вогнутой.

**eg? (4)**



Черновик

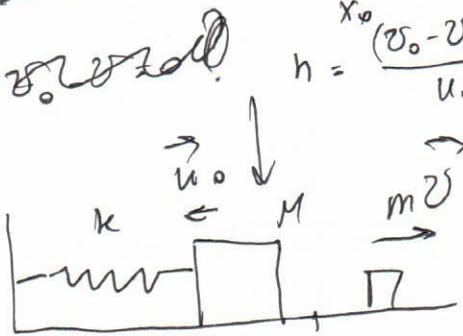


$$h = \frac{v_0 - v}{v_0 + v} n^2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{M U_0^2}{2}$$

$$m v_0^2 = m v^2 + M U_0^2$$

$$v_0^2 = v^2 + n U_0^2 \quad (1)$$



$$h = \frac{(v_0 - v)(v_0 + v)}{U_0^2}$$

$$-m v_0 = -M U_0 + m v$$

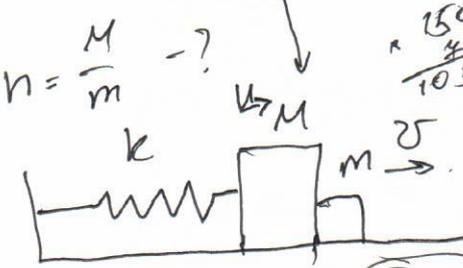
$$M U_0 = m(v_0 + v)$$

$$n U_0 = v_0 + v \quad (2)$$

$$U_0 = \frac{v_0 + v}{n}$$

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

$$t = \frac{5}{8} T$$



$$n = \frac{M}{m} \quad ?$$

$$S(t) = x - x_0 = v t = \frac{5}{8} v T$$

рас-ие

м-е m.

за  $\frac{T}{2}$  M вернется в  $x_0$ .

значит  $x - x_0$  от пружины

за  $\frac{T}{8}$ .

$$U_0 = U_{max}$$

$$x_{max} = \frac{U_0}{\omega} = A$$

$$x = x_0 + A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

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

$$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin \omega t - \omega^2 B \cos \omega t$$

$$\ddot{x}(0) = -\omega^2 B = 0 \Rightarrow B = 0$$

|      |      |
|------|------|
| 206  | 150  |
| -150 | 1,34 |
| -560 |      |
| 450  |      |
| 1100 |      |
| 1050 |      |
| 500  |      |

$$x = x_0 + A \sin \omega t$$

$$\left\{ \begin{aligned} x\left(\frac{5}{8}T\right) &= x_0 + \frac{U_0}{\omega} \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5}{8}T\right) \\ x\left(\frac{5}{8}T\right) &= x_0 + \frac{U_0}{\omega} \sin \frac{5\pi}{4} \\ x\left(\frac{T}{8}\right) &= \frac{U_0}{\omega} \sin \frac{\pi}{4} \\ x\left(\frac{T}{8}\right) - x_0 &= \frac{U_0 \sqrt{2}}{\omega \cdot 2} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{5}{8} v T = \frac{U_0 \sqrt{2}}{\omega \cdot 2}$$

$$\frac{5}{8} v \frac{2\pi}{\omega} = \frac{U_0 \sqrt{2}}{\omega \cdot 2}$$

$$\frac{10}{4} v \pi = U_0 \sqrt{2}$$

$$v = \frac{4 U_0 \sqrt{2}}{10 \pi}$$

$$n U_0 = \frac{2 U_0 \sqrt{2}}{5 \pi} + v$$

$$U_0 \left( n - \frac{2\sqrt{2}}{5\pi} \right) = v$$

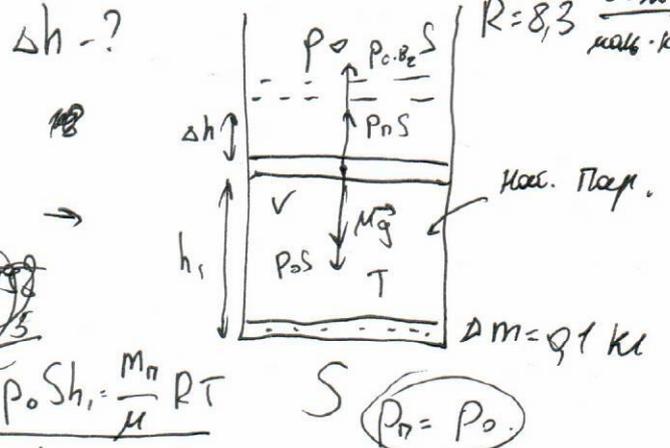
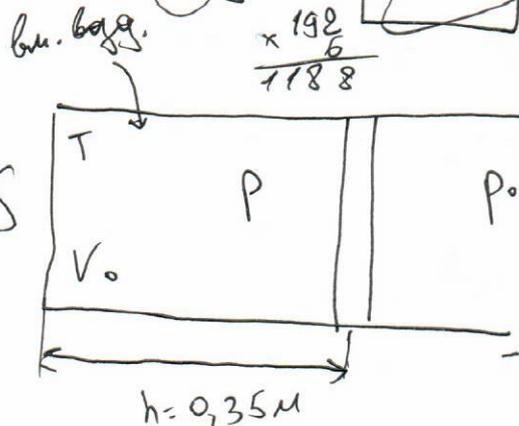
$$n U_0 = \frac{5 v \pi \sqrt{2}}{4} \quad n = v_0 + v$$

$$v_0 = v \left( \frac{5\pi \sqrt{2}}{4} n - 1 \right)$$

24.2



$T = 343 \text{ K}$   $S = 0,001 \text{ м}^2$   
 $M = 10 \text{ кг}$   $p_0 = 10^5 \text{ Па}$   
 $h = 0,35 \text{ м}$   $\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$   
 $\Delta m = 0,1 \text{ кг}$   $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



$p_0 S h_1 = \frac{m_n}{\mu} RT$

$p V_0 = \nu RT$   
 $p_{c.v.1} V_0 = \nu_{c.v.1} RT =$   
 $p_{c.v.1} + p_{n0} = p_0$   
 $p_{c.v.1} = p_0 - p_{n0}$   
 $p_{n0} S h = \frac{m_{n0}}{\mu} RT$

$m_n = \frac{p_0 S h_1 \mu}{RT}$

33 | 198  
 0 | 0,1666  
 330  
 198  
 1320  
 1188  
 1320

$Mg + p_0 S = p_0 S + p_{c.v.2} S$   
 $Mg = p_{c.v.2} S$   
 $p_{c.v.2} = \frac{Mg}{S}$   
 $p_{c.v.2} V = \nu_{c.v.2} RT$   
 $p_{c.v.2} = p_{c.v.1} \frac{V_0}{V} = p_{c.v.1} \frac{h}{h_1}$

$m_{n0} = m_n + \Delta m$   
 $\Delta m = m_{n0} - m_n = \frac{p_{n0} S h \mu}{RT} - \frac{p_0 S h_1 \mu}{RT}$

$\frac{h}{h_1} = \frac{p_{c.v.2}}{p_{c.v.1}} = \frac{Mg}{p_{c.v.1} S}$

$\Delta m = \frac{S \mu}{RT} ((p_0 - p_{c.v.1}) h - p_0 h_1)$   
 $\Delta m = \frac{S \mu}{RT} (p_0 h - \frac{Mg}{S} h_1 - p_0 h_1)$

$p_{c.v.1} = \frac{p_{c.v.2} h_1}{h}$   
 $p_{c.v.1} = \frac{Mg h_1}{S h}$

$\frac{\Delta m RT}{S \mu} - p_0 h = -(\frac{Mg}{S} + p_0) h_1$

$\times \frac{1,8}{11}$   
 $\frac{18}{198}$   
 $\times \frac{35}{0,018}$   
 $\frac{280}{35}$   
 $\frac{6,3}{1}$

$\times \frac{343}{0,001}$   
 $\frac{1119}{2984}$   
 $\frac{3,0959}{1}$

$h_1 = \frac{\frac{\Delta m RT}{S \mu} - p_0 h}{-(\frac{Mg}{S} + p_0)}$



~~$E = 2\pi R \dot{\Phi}$~~   $E = \frac{U}{I}$

~~$E = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2$~~   $E = \frac{\dot{\Phi}}{I}$

~~$E = 2\pi^2 R^3 \frac{dB}{dt}$~~   $E = \frac{d\Phi}{dt \cdot 2\pi R}$

$E = \frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2$

~~$2\pi^2 q R^3 \frac{dB}{dt} = m \frac{d\psi}{dt}$~~

~~$2\pi^2 q R^3 B_0 = m \psi$~~

~~$\psi = \frac{2\pi^2 q R^3 B_0}{m}$~~

$\omega = \frac{2\pi h}{N \hbar}$

$n = 8 \text{ с}^{-1}$

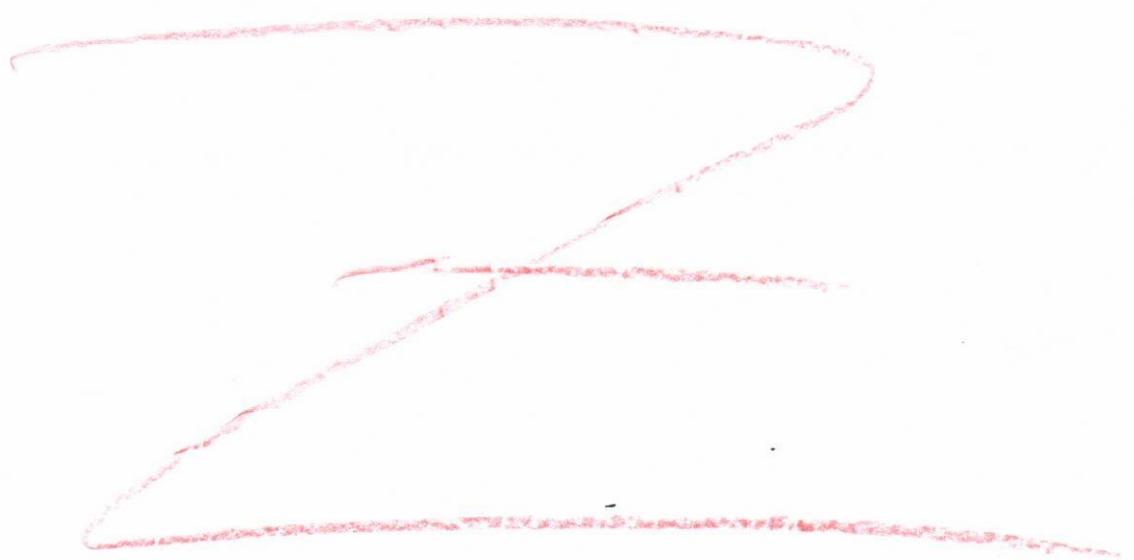
$\sum \frac{1}{\omega} \text{ с}$  *наоборот*  $\frac{2\pi}{N} \Rightarrow \frac{2\pi h}{N} = \frac{\psi}{R}$

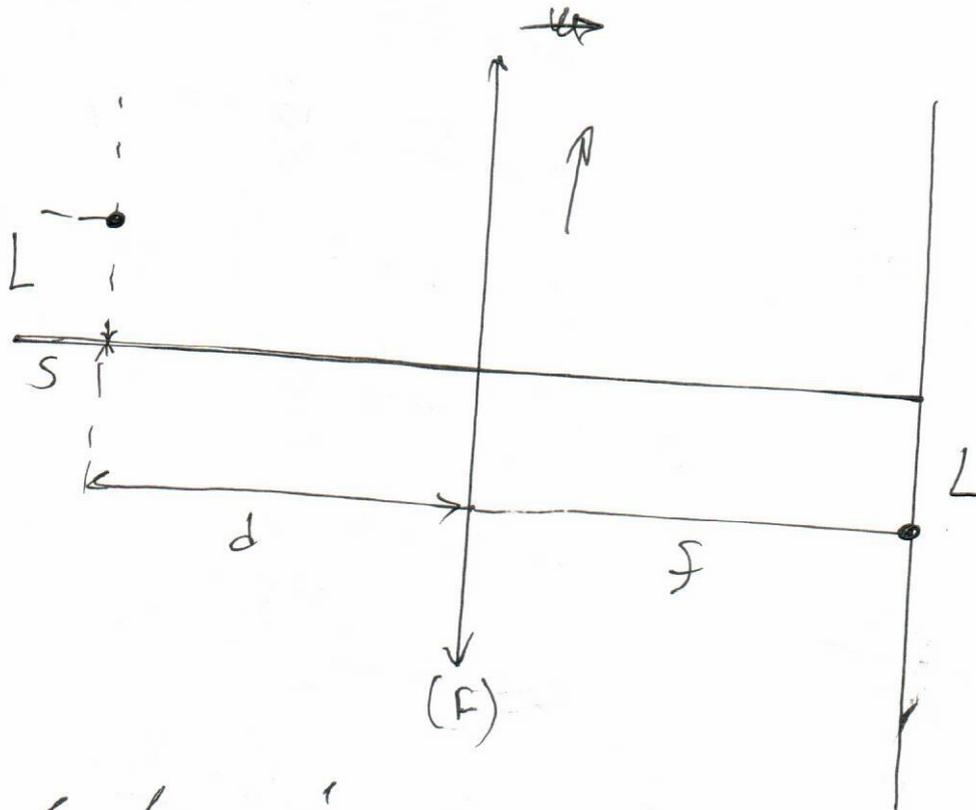
$\omega = \frac{2\pi h}{N}$

~~$\frac{2\pi h}{N} = \frac{2\pi^2 q R^3 B_0}{m}$~~

$B_0 = \frac{h m}{\pi N q R^2}$

~~$B_0 = \frac{2\pi h m}{\pi N q R^2}$~~





$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = 30 \text{ см.}$$

