



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Андрей Кирилл Кимирович

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

601208 14:56 Андрей

601208 14:59 Андрей

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

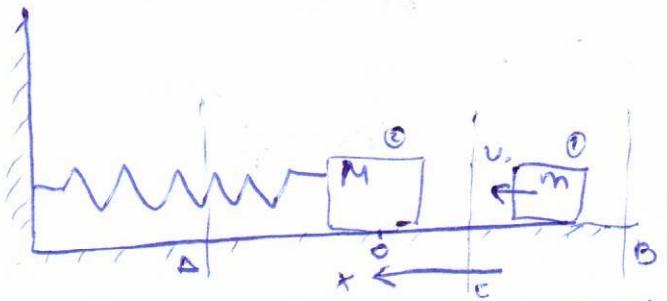
Андрей

N1.1.3 (задача)

 m M

$$t_0 = \frac{2}{3} T$$

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



3

1) Пружина, начальное не равнодействует $\Rightarrow \Delta x_0 \neq 0$

2) Поскольку соударение упругое, выполняется ЗСИ и ЗСГ

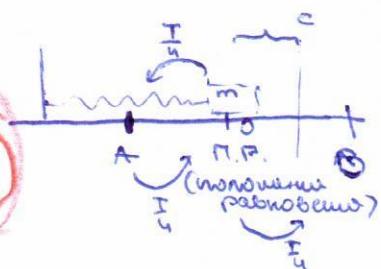
3) ЗСИ: (Ox) [Внешних сил в момент удара нет, сумма внутренних сил равна нулю]

$$m v_0 + M \cdot 0 = m u_1 + M u_2 \Leftrightarrow v_0 = u_1 + n \cdot u_2$$

4) ЗСГ:

$$\frac{m u_0^2}{2} = \frac{M u_2^2}{2} + \frac{m u_1^2}{2} \Leftrightarrow \left| \frac{2}{m} \right| \Leftrightarrow u_0^2 = u_1^2 + n u_2^2$$

$$\begin{cases} u_0 = u_1 + n u_2 \\ (u_0 - u_1)(u_0 + u_1) = n u_2^2 \end{cases}$$

5) Первое гармоническое колебание пружины массой M с ее начальным движением к определению следующей формулы: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ 

Замечаем, что из положения равновесия (напоминание оно же обратно в Р.Р. зажато) выходит время $t_0 - T = T = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$; за оставшее время $t - t_0 = \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6}$ другое перемещение выравнивается Р.Р. А это значит, что через u_1 направление выравнивания относительно Ox ,

(здесь же размножаются в пространстве)

6) Найдем скорость другого в точке $C (x(t_0))$

$$x(t) = A \sin(\omega t) \Rightarrow v(t) = A \omega \cos(\omega t)$$

$$v_{max} = u_2 = A \cdot \omega \Rightarrow A = \frac{u_2}{\omega} = \frac{u_2}{\frac{2\pi}{T}} = \frac{\sqrt{m}}{k} \cdot u_2 \quad \left(\begin{array}{l} u_{max} = u_2, \text{ поскольку} \\ u_2 \text{ в Р.Р.} \end{array} \right)$$

$$x(t_0) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2\pi}{3}\right) = A \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2} A$$

$$x(t_0) = u_1 + t_0 \approx u_1 + \frac{2}{3} T \quad (\text{T ограничено с момента удара})$$

$$-\frac{\sqrt{3}}{2} A = u_1 + \frac{2}{3} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Leftrightarrow -\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot u_2 = u_1 + \frac{4\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow u_1 = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \cdot u_2$$

$$\begin{cases} u_0 = u_1 + n u_2 \Leftrightarrow \\ u_0^2 = u_1^2 + n u_2^2 \end{cases} \quad \begin{cases} u_0^2 = u_1^2 + 2n u_1 u_2 + n^2 u_2^2 \\ u_0^2 = u_1^2 + n u_2^2 \end{cases} \quad \begin{cases} n u_2^2 = 2n u_1 u_2 + n^2 u_2^2 \\ u_1 = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \cdot u_2 \end{cases}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Минимум

н1 (продолжение)

$$\begin{cases} n u_1^2 = \alpha n u_1 u_2 + \alpha_2 u_2^2 / : u_2^2 \\ u_1 = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} u_2 / : u_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = 2n \cdot \alpha + n_2 \\ \alpha = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \end{cases} \quad \begin{cases} n^2 + n(2\alpha - 1) = 0 \\ \alpha = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} n(n+2\alpha-1) = 0 \\ \alpha = -\frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow n = \begin{cases} 0 & \leftarrow \text{этот случай исключаем} \\ 1-2\alpha = 1-2 \cdot \left(-\frac{3\sqrt{3}}{8\pi}\right) = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \end{cases} \rightarrow$$

$$\therefore n = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi}$$

Ответ: $n = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi}$ +

NL.1.3 (вопросы)

1) Выражение Еп винца по второму закону:

на вынссе h и ^{зак. в. подъема m} т.е. максимум $E_p = mgh$
пружинки! Пружинка имеет деформацию
перемещения расчета от положения
 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ на x ; конф. упругости k ?

3) Как определить E_p ?

E_p определение работы погружения или же по
перемещению тела из точки A в точку B.

Значит, во сна 1) не засчит \Rightarrow физически движение
2) работа погружения или же из точки A в точку B равна нулю.

10

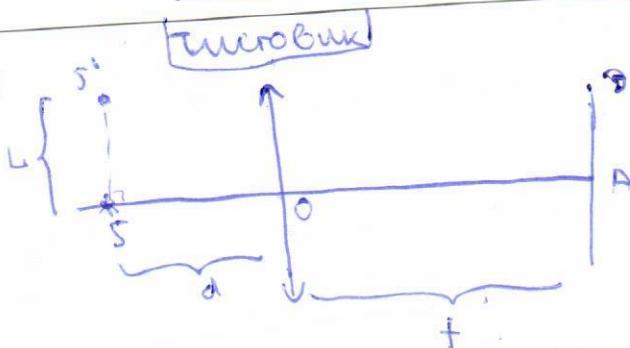
Но точки A и B идентичны:

$$\Delta_{\text{погр.}} = W_A - W_B = -\Delta W_{AB} \rightarrow \text{стюде определение } W.$$

W_{AB} - это же движение, движение которых в начальной
и конечной точках ($W_1 - W_2$) равна работе консервативной
(погружения) или же по перемещению из A в B .

№4.10.3 Задача

$$\begin{aligned} d &= 2 \text{ см} \\ L &= 6 \text{ см} \\ h &= 2 \text{ см} \\ F &=? \end{aligned}$$



Ответ: $OA = f$

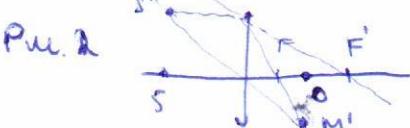
Рис. 1

- 1) Пусть изображение сформули в точку S' (в направлении, $\perp 100$ и выше не тан L)
- 2) Изображение изображение S' находится в г. А (черт. Экран) г. 5 см ГОС
- 3) „Между сформули на расстояние $h = 2 \text{ см}$. Основание, в каком направлении.

① Основное, что между не сформули бывает или выше тан h ,
или f :
На экране должно быть одно изображение

изображение S' .

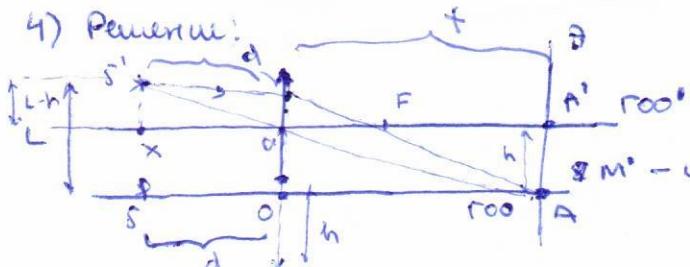
Если танка не лежит тан 100 метров,
то ее изображение дальше не будет



лемко тан 100 метров (но построено изображение) [таки таны M и M' на рис. 1]
Г. 2. Основные 2 направления: вверх и вниз. Постановку S' выше 100 , то между тан не можем сформули ниже 100 , т.к.
 $100'$ будет дальше 100 , а действительное изображение создается ниже 100 .

③ Основа ог 1 вариант: между сформули вверх тан O .
Прич.: заметим, что существует вариант симметрический вариант:
могут сформули на L и h соответственно. Окно, основа
сформули и отверстия ог это не могут.

4) Решение:



$$\begin{aligned} 1. 00^\circ &= AA' = h & OA' = OA = f \\ xS' &= L - h, SS' = L \end{aligned}$$

$$2. \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{AA'}{xS'} = \frac{AA'}{L-h} - \text{поправка смещение опоры } xS'$$

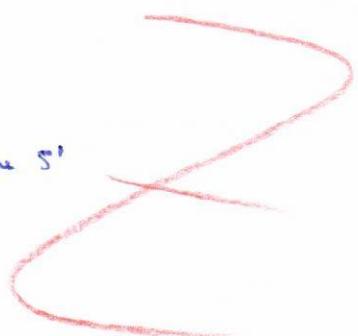
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{h}{L-h}; \quad \text{Формула танки: } \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{L-h} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{L-h} - \frac{1}{d} = \frac{d-L}{d(L-h)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{d(L-h)}{d-L} \Rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{d(L-h)}{d(d-L)} = \frac{L-h}{d-d+L} = \frac{L-h}{L} \Rightarrow$$

$$\frac{h}{L-h} = \frac{F}{d-F} \Rightarrow \frac{d-F}{F} = \frac{L-h}{h} \Rightarrow \frac{d}{F} - 1 = \frac{L-h}{h} \Rightarrow \frac{d}{F} = \frac{L-h+1}{h} = \frac{L}{h} \Rightarrow F = \frac{dh}{L}$$

$$F = \frac{dh}{L} = \frac{2 \times 2}{6} = 8 \text{ см}$$

Ответ: $F = 8 \text{ см}$



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

N4.10.3 (вопросы)

(чтобы)

Примеры изображения изобр. в вид. и рас. линиях

① Содираточная

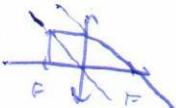
d -расстояние от
предмета до
линзы

1) $d < F$

2) $F < d < 2F$

3) $d > 2F$

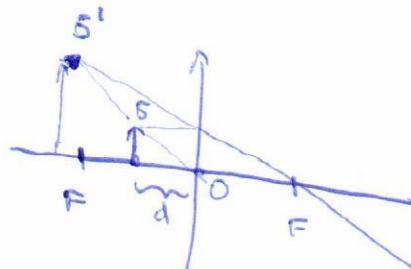
4) $d = F$:



② Равнобокая

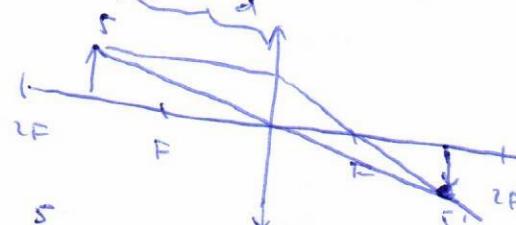
1) $d < F$

2) $d > F$

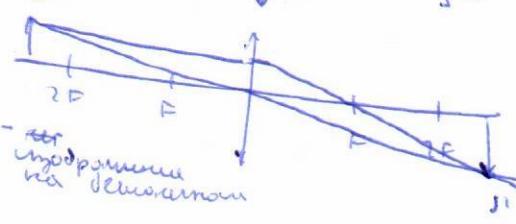


1 линз // рис \rightarrow 2 F
2 линз // верн Г. О (центр
линзы) - т.е. прямое изображение.
Эти принципы
имеют значение для всех
изображений

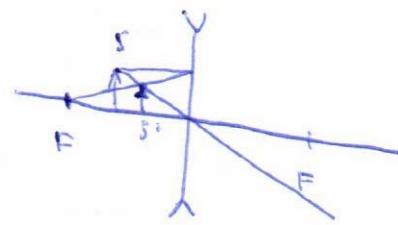
мнимое, прямое, уменьшенное



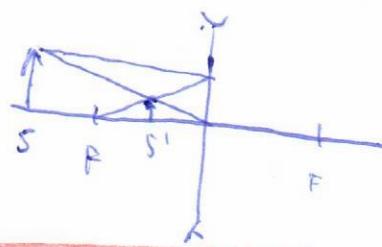
действительное,
перевернутое



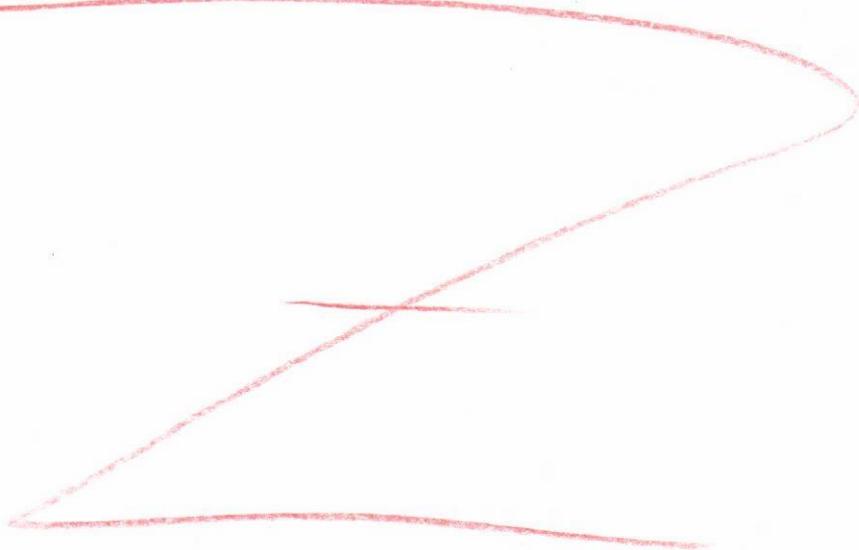
действительное,
перевернутое



10
прямое, мнимое,
уменьшенное



прямое, мнимое,
уменьшенное



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

N2.4.2

Задача

$$t = 100^\circ\text{C} = 373\text{ K}$$

$$h = 35\text{ cm}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta h = 5\text{ cm}$$

$$\Delta m = 0,1\text{ g}$$

$$M = ?$$

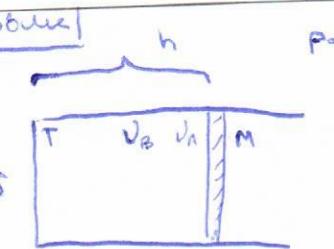
$$S = 100\text{ cm}^2$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$$



исп - бар. в бар.

 V_B - сухого воздуха V_H - воды + водяного пара

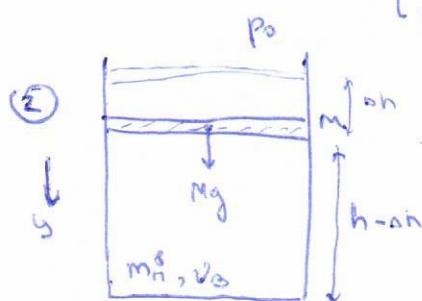
1) Влажный (WB) - смесь сухого воздуха (CB) и водяного пара (BH)

$$P_{WB}(t=100^\circ\text{C}) = 10^5 \text{ Pa} \quad (\text{давление начальной пары})$$

2) Уравнение Менделеева-Клапейрона для воздуха и ненасыщенного пара (изменяется от ненасыщенного, т.к. если вода насыщена, то $P_{WB} = P_0 + P_{воды} > 0 \Rightarrow$ парциальное давление воды равно нулю)

$$\begin{cases} P_B \cdot V_0 = V_0 RT \\ P_n \cdot V_0 = \frac{m_n}{M} RT \end{cases} \quad (1)$$

$$P_n + P_B = P_0 \quad (\text{по закону Бартона}) \quad +$$



3) Первое гидростатическое уравнение
Логично предположить, что парциальное давление не зависит от высоты: т.к. общее давление при увеличении давления на пау, а значит его общем уменьшении.

4) "под первичном испарителем вода" \Rightarrow

$$\text{пар ван насыщенным} \Rightarrow m_n^* = m_n - \Delta m, \quad P_n = P_{WB} = P_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

5) Рассмотрим равновесие парциалей: (23Н (04)):

$$Mg + P_0 S - P_{WB} \cdot S - P_B^* \cdot S = 0; \quad P_{WB} = P_0 \Rightarrow Mg = P_B^* \cdot S$$

$$P_B^* \cdot V^* = VRT \Rightarrow P_B^* = P_B \cdot \frac{V_0}{V^*} = P_B \cdot \frac{h}{h - \Delta h} \Rightarrow M = \frac{S}{g} \cdot \frac{h}{h - \Delta h} \cdot P_B$$

Мы получили (1):

$$\begin{cases} P_n \cdot V_0 = \frac{m_n}{M} \cdot R \cdot T \\ P_{WB} \cdot V^* = \frac{m_n - \Delta m}{M} RT \end{cases} \Rightarrow P_n \cdot V_0 - P_0 \cdot V^* = \frac{\Delta m}{M} RT \Rightarrow P_n = \frac{1}{V_0} \cdot \left(\frac{\Delta m}{M} RT + P_0 V^* \right) \quad (2)$$

$$P_n + P_B = P_0 \Rightarrow P_B = P_0 - P_n$$

$$\Rightarrow P_B = P_0 - P_n = P_0 - \frac{1}{V_0} \cdot \left(\frac{\Delta m}{M} RT + P_0 V^* \right) = P_0 - P_0 \cdot \frac{h - \Delta h}{h} - \frac{\Delta m RT}{MV_0} =$$

$$= \frac{P_0 \Delta h}{h} - \frac{\Delta m RT}{MV_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = \frac{S}{g} \cdot \frac{h}{h - \Delta h} \cdot P_B = \frac{S}{g} \cdot \frac{h}{h - \Delta h} \cdot \left(\frac{P_0 \Delta h}{h} - \frac{\Delta m RT}{MV_0} \right) = \frac{S}{g(h - \Delta h)} \cdot \left(P_0 \Delta h - \frac{\Delta m RT}{M} \right)$$

$$M = \frac{100\text{cm}^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 30\text{cm}^3} \cdot \left(\frac{10^5 \text{ Pa} \cdot 5\text{cm}}{35\text{cm}} - \frac{0,1\text{F} \cdot 8,3 \cdot 373}{18 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} \right) \approx 10,3 \text{ кг}$$

Ответ: $M = 10,3 \text{ кг}$

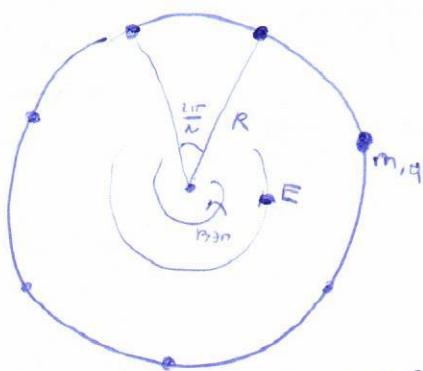
Первый

№3.

 m, N q, B_0

$$n = 2\pi \left(\frac{1}{T} \right)$$

$$\frac{1}{T}$$



$$\vec{OB} \rightarrow \vec{o}$$



$$\Phi = B(t) \cdot S, \quad S = \pi R^2$$

$$E_{ind} = |\dot{\Phi}| = S \cdot \vec{B}'(t)$$

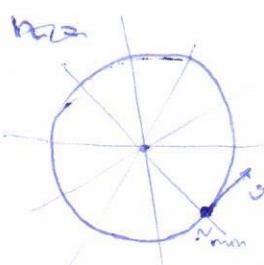
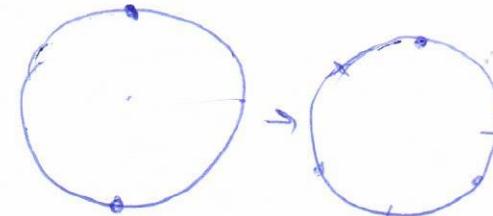
$$F = M \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt}, \quad \text{сила на всех ограждениях}$$

$$E_{ind} = \frac{A_{ext}}{q} = \frac{F_{ext} \cdot t}{q} = \frac{\sum E \cdot q \cdot dt}{q} = \sum E \cdot dt \quad (\sim E \cdot 2\pi R \rightarrow)$$

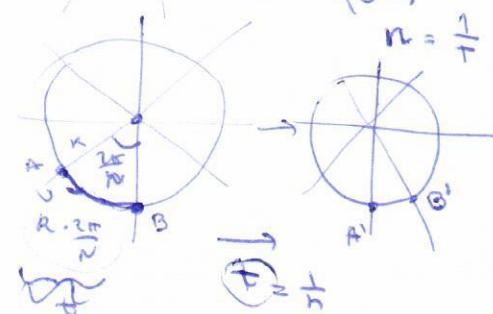
$$\Rightarrow E = \frac{E_{ind}}{2\pi R},$$

$$F = ma$$

$$E \cdot q = m \cdot \frac{dv}{dt} \rightarrow E = \frac{m}{q} \cdot \frac{dv}{dt} \rightarrow E_{ind} = \underbrace{2\pi R \cdot \frac{m}{q}}_{\pi R^2} \cdot \frac{dv}{dt}$$



$$\begin{matrix} 314 \\ 32 \\ 628 \\ 342 \\ 1004 \\ 8 \end{matrix}$$



$$v \cdot T = l$$

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

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

$$\frac{Bq}{nm} = \frac{2\pi}{N} \rightarrow N = \frac{2\pi \cdot n \cdot m}{B \cdot q}$$

$$N = \frac{8}{1c} \Rightarrow 1c: 8 \text{ шаги} \quad N = \frac{1}{T} \Rightarrow \frac{1}{Tc}: 1 \text{ шаг} \quad T = \frac{1}{2}$$

$$T = \frac{1}{2}$$

$$0,001$$

$$N = \frac{2\pi}{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot \frac{10^{-3}}{100 \cdot 10^{-7}}} \approx 16 \cdot 3,14$$

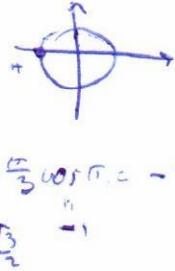
$$\begin{aligned} &+ 2\pi \\ &\times 3,14 \\ &\times 16 \\ &\hline 1284 \\ &\hline 314 \\ &\hline 5024 \end{aligned} \rightarrow 50,24$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

$$\sin\left(\frac{\pi}{3}\right) =$$

$$= \sin(\pi)\cos\frac{\pi}{3} + \sin\frac{\pi}{3}\cos\pi = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

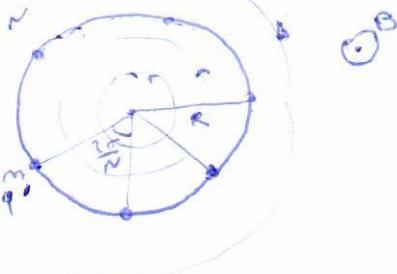


$$\frac{m}{k} = \frac{kr}{\frac{h}{m}} = \frac{kr \cdot m}{h} = \frac{c^2}{h}$$

N_z

N_y
q
B_z
n

N_{mm}?



$$E_{ind} = |\psi'| = |\pi R^2 \cdot B|$$

$$E = \frac{F}{q}; \quad \sum E d\ell = \sum B d\ell$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E(t) = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\Rightarrow E_{ind} = \frac{F}{q} = \frac{F \cdot \Delta t}{q} = \frac{E \cdot q \Delta t}{q} = E \Delta t$$

$$\Rightarrow E = \frac{E_{ind}}{\Delta t}$$

$$\frac{\pi R^2}{dc} \cdot \frac{dB}{dt} \leq \frac{E_{ind}}{\Delta t} = \frac{m}{q} \cdot \frac{dv}{dt}; \quad \text{const}$$

$$\frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2 = \frac{m}{q} \cdot dv$$

$$\pi R^2 \cdot \frac{dB}{dt} = \frac{m}{q} v dv dt$$

$$M_F = \frac{g}{g} \cdot \frac{h}{n - \alpha h} = \left(\frac{P_{00h}}{h} - \frac{\alpha m RT}{M \cdot h} \right) = \frac{5}{g(h - \alpha h)} \cdot \left(P_{00h} - \frac{\alpha m RT}{M} \right)$$

$$h = 35 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$0,00000, \quad 10^6$$

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

$$\alpha h = 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha m = 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{m}$$

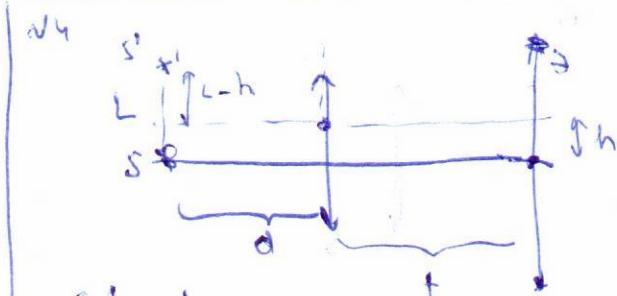
$$g = 100 \cdot 10^{-4} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$P_0 = 10^5$$

$$M_F = 3018 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$g = 10$$

$$R = 8,5$$



$$\begin{aligned} \frac{1}{d} + \frac{1}{L-h} &= \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{L-h} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-L}{Fd} \\ \Gamma &= \frac{h}{L-h} \end{aligned}$$

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

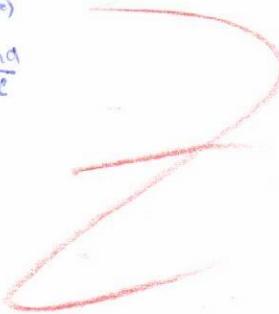
$$t = \frac{Fd}{F-d}$$

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

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

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

$$F \cdot \frac{1}{L-h} = \frac{hd}{L-h} \Rightarrow F = \frac{hd}{L}$$



$$M = \frac{10^5}{10 \cdot 30 \cdot 10^{-2}} \cdot \left(10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} - \frac{10^{-4} \cdot 8,3 \cdot 373}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}} \right) \approx$$

$$= \frac{1}{3 \cdot 10^2} \cdot \left(5 \cdot 10^3 - \frac{10^{-4} \cdot 8,3 \cdot 373}{18} \right) \approx$$

$$= \frac{1}{3 \cdot 10^2} \cdot \left(5 \cdot 10^3 - 1720 \right) \approx \frac{373}{83}$$

$$= \frac{10^3}{3 \cdot 10^2} \cdot (5 - 1,72) \approx \frac{1175}{2984}$$

$$= \frac{328}{3} \approx 109,3 \text{ kg}$$

$$= \frac{32,8}{3} \approx 10,9 \text{ kg}$$