



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников ломоносов

по физике

Семкина Кирилла Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Сдана 16-17.02.

Дата

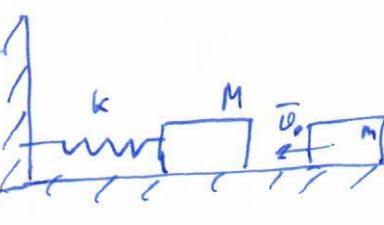
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

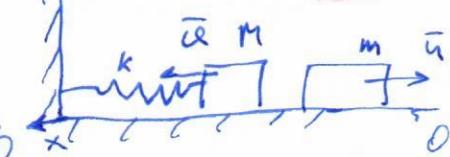
Числовик

~~Дано:~~

~~M=1,2~~



II



~~Задача~~

1) После удара импульс системы ~~ко~~ ось Ox сохраняется, т.к. внешний сил на ось Ox нет. Т.к. соударение упругое, то энергия системы ~~ко~~ сохраняется. Запишем закон сохранения \Rightarrow ЗСИ: $mV_0 = M\vartheta - mu \quad (3)$

$$\text{в проекции на ось } Ox: \text{ЗСИ: } mV_0 = M\vartheta - mu \quad (3)$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{M\vartheta^2}{2} + \frac{mu^2}{2} \quad (4)$$

$$m(V_0 + u) = M\vartheta \quad (1)$$

$$m(V_0 - u)(V_0 + u) = M\vartheta^2 \quad (2)$$

$$u_y(2): M\vartheta \cdot (V_0 - u) = M\vartheta^2$$

$$V_0 - u = \vartheta, u = V_0 - \vartheta \quad (5)$$

$$mV_0 = M\vartheta - mu \quad (3)$$

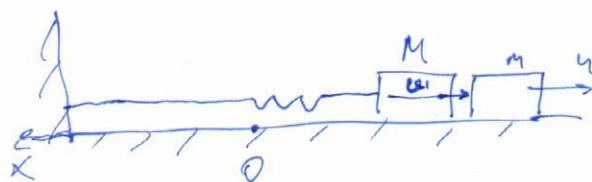
$$2mV_0 = 2\vartheta(M+m) \Rightarrow \vartheta = \frac{2mV_0}{M+m} \quad (4)$$

$$u_y(5): u = V_0 - \frac{2mV_0}{M+m}$$

2) Запишем закон сохр. энергии для колебательной системы бруска M и пружины; т.к. при соударении бруск M был соударен с пружиной, то трения нет, то это будет положение равновесия для колебаний бруска. Тогда: $\frac{M\vartheta^2}{2} = \frac{KA^2}{2}$, где A -амплитуда колебаний, т.е. максимал. деформация пружины. $A = \sqrt{M/k} \cdot \vartheta$

Запишем ур-е колебаний: $x = A \cdot \sin(\omega t)$; начальное координаты в полож. равновесия: $x = A \cdot \sin(\frac{\pi}{2}) \cdot t$. Тогда, x через $t = \frac{\pi}{2} T$:

IV



$$x = A \cdot \sin\left(\frac{\omega T}{2} \cdot \frac{\pi}{2}\right) = A \cdot \sin\left(\frac{\pi \omega}{4}\right) =$$

$$= -\frac{A}{\sqrt{2}}$$

также, x есть путь, который пройдёт
брюсок за $t = \frac{5}{8}T$. М.р. колебания - на пружине в
вертикальной плоскости $\Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$. Тогда, $x = \frac{5}{8}T \cdot n$ (н.к
чт сократить). Нем, брюсок m движется равномерно, прямолинейно)

Числовик

3) Запишем равенство: $x = x \Rightarrow -\frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{5}{8}2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot n$

(послед. скорость)

(и на О_х-оси)

$$+ \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2m\varphi_0}{M+m} = + \frac{5}{8} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \varphi_0 \left(1 - \frac{2m}{M+m}\right)$$

Пусть $\frac{2m}{M+m} = S$. $\frac{S}{\sqrt{2}} = \frac{5}{4}\pi(1-S)$; $\frac{S}{\sqrt{2}} = \frac{5}{4}\pi - \frac{5}{4}\pi S$

$$S \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{5}{4}\pi \right) = \frac{5}{4}\pi \Rightarrow S = \frac{\frac{5}{4}\pi}{\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{5}{4}\pi} = \frac{2m}{M+m}$$

$\frac{5}{4}\pi \cdot M + \frac{5}{4}\pi \cdot m = \sqrt{2}m + \frac{5}{2}\pi \cdot m \quad | : m$

$\frac{5}{4}\pi \cdot n + \frac{5}{4}\pi = \sqrt{2} + \frac{5}{2}\pi; \quad \frac{5}{4}\pi \cdot n = \sqrt{2} + \frac{5}{2}\pi$

Ответ: $\frac{n\sqrt{2}}{5\pi} + 1$

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

(периодич. изменение некой величины)

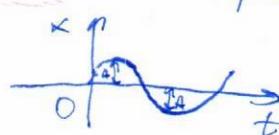
Гармонические колебания - колебания, совершающие по закону синуса или косинуса. Уравнение колебаний:

$$x = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \rho\right) \text{ или } x = A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \rho\right), \quad f - \text{частота колебаний}$$

- аргумент синуса или косинуса в ур-ии колебаний, соответствующий начальному смещению колебам. системы, т.е.

при $t=0$: $x_0 = A \cdot \sin \rho \Rightarrow \rho = \arcsin \frac{x_0}{A}$

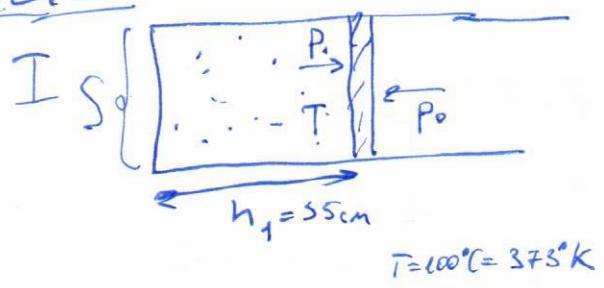
$$x_0 = A \cdot \cos \rho \Rightarrow \rho = \arccos \frac{x_0}{A}$$



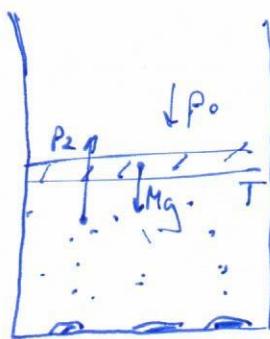
Физический смысл колебаний A - максимальное значение колеблемой величины x .

Это наше
решение!

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

N2.4.2

II



Частовик

1) Влажный воздух-смесь единичного воздуха и водяных паров.

Пусть $P_{\text{воздуха}} = P_b$; $P_{\text{вод. паров}} = P_n$

2) В I случае из условия равновесия поршня: $P_b S = P_n S$

$$P_b = P_n$$

Запишем Менделеева-Клапейрона для вод. паров и воздуха:

$$P_b \cdot S \cdot h_1 = V_1 RT$$

Их общее давление $P_b + P_n = P_1 = P_0$

$$P_n \cdot S \cdot h_1 = V_2 RT$$

$$\frac{V_1 RT}{S h_1} + \frac{V_2 RT}{S h_1} = P_0 \quad (3)$$

3) В II случае из условия равновесия поршня: $P_0 S + Mg = P_2 \cdot S$

$P_2 = P_0 + \frac{Mg}{S}$. т.к. вода в сосуде конденсировалась \Rightarrow вод.

пар смол насыщенным. т.к. $T = 100^\circ\text{C} \Rightarrow$ давление насыщ. вод.

пара при $T = 100^\circ = P_{\text{нас}} = P_0 = 10^5 \text{ Па} = P_{n_2}$

Запишем упр-ие идеал. газа: $P_b \cdot S \cdot h_2 = V_1 RT \quad (1)$

$$P_{n_2} \cdot S \cdot h_2 = \left(V_2 - \frac{\Delta m}{\mu}\right) \cdot RT \quad (2)$$

Их общее давление $P_b + P_{n_2} = P_2 = P_0 + \frac{Mg}{S}$ т.к. $P_{n_2} = P_0$:

~~$P_0 + P_{n_2} = P_0 + \frac{Mg}{S} \Rightarrow \frac{V_1 RT}{S h_2} = \frac{Mg}{S} \quad (4)$~~

~~$\frac{P_{n_2} \cdot S \cdot h_2}{(2)} = \frac{V_1 RT}{\left(V_2 - \frac{\Delta m}{\mu}\right) \cdot RT} ; \left(P_0 + \frac{Mg}{S} - P_0\right) \cdot \left(V_2 - \frac{\Delta m}{\mu}\right) = P_0 \cdot V_1$~~

$$\frac{Mg}{S} \cdot \left(V_2 - \frac{\Delta m}{\mu}\right) = P_0 \cdot V_1 ; \text{ из (3): } V_1 + V_2 = \frac{P_0 \cdot S \cdot h_1}{RT} \Rightarrow V_2 = \frac{P_0 \cdot S \cdot h_1}{RT} - V_1$$

Монга,

$$\frac{Mg}{S} \left(\frac{P_0 S h_1}{RT} - V_1 - \frac{\Delta m}{\mu} \right) = P_0 V_1$$

Числовик

$$\frac{10 \cdot 10}{10^2 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,35}{8,31 \cdot 373} - V_1 - \frac{10}{18} \right) = 10^5 \cdot V_1$$

~~Z~~

$$10^4 \left(\frac{10^3 \cdot 0,35}{8,31 \cdot 373} - V_1 - \frac{0,1}{18} \right) = 10^5 \cdot V_1$$

$$0,1 - V_1 - 0,005 = 10V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{0,995}{11} \text{ м}^3 \approx 0,0905 \text{ м}^3$$

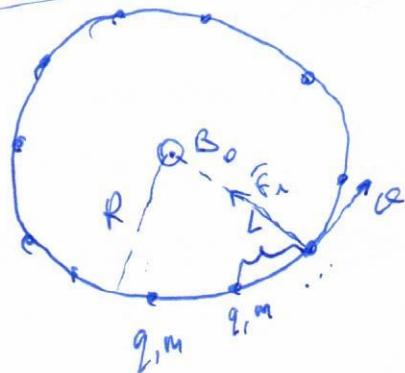
4,2 (a): ~~$h_2 = \frac{Mg}{V_1 RT}$~~ $h_2 = \frac{V_1 RT}{Mg} = \frac{0,99 \cdot 8,31 \cdot 373}{10 \cdot 10} \approx 2,73 \text{ м} = 3 \text{ м}$

P-на
Монга, нормаль сместится вниз на $h_1 - h_2 = 5 \text{ см}$.

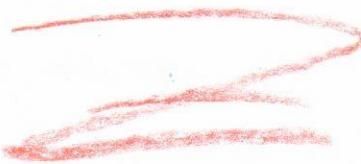
Ответ: 5 см.

- Испарение - вид парообразования, при котором с поверхности твердосыпки вылетают частицы с наибольш. энергией и, удаляясь ~~зажиг~~, покидают твердость, становясь ~~жидк~~ (паром)
- Кипение - интенсивный процесс испарения, происходящий по всему обёму твердости.
- Сублимация - испарение, происходящее с поверхностью твёрдого тела. ~~безжика?~~
- Удельная теплота парообразования - кол-во теплоты, необходимое для ~~испар~~ превращения из твердости в пар 1°C единого веса-ва. ($L = \frac{Q}{m}$). ~~P,T?~~

№ 3.7.2



1) Найдём расстояние по дуге колеса между бусинками: $L = \frac{\omega R}{N} = \frac{\pi R}{100} = \frac{\pi R}{50}$



2) Чтобы при вращении колеса на плоскости не было видно зазора, нужно, чтобы за $t = \frac{1}{n} = \frac{1}{8} \text{ с}$, т.е. за время $\frac{1}{80}$ колеса все бусинки перешли друг в друга, т.е. проходили по дуге колеса первое целое кол-во расстояний между ними, т.е. kL , где $k \in \mathbb{N}$. Тогда, должно выполниться

$$kL = \vartheta \cdot t \quad +$$

в выкладыш!

3) По II Закону Ньютона на бусинки действует Гиренда:

$$qB_0v = m \cdot \frac{v^2}{R}; qB_0R = mv \Rightarrow v = \frac{qB_0R}{m}$$

$$\text{Тогда, } kL = \frac{qB_0R}{m} \cdot \frac{1}{n} \cdot k \cdot \frac{\pi R}{50} = \frac{qB_0R}{m \cdot n} \cdot \frac{2\pi}{50}$$

$$B_0 = \frac{\pi k \cdot m \cdot n}{50q}. \text{ Видим, что } B_0 \text{- минимально,}$$

$$\text{когда } k=1 \Rightarrow B_{0\min} = \frac{\pi m \cdot n}{50q} = \frac{3,14 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{50 \cdot 10^{-7}} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4}{500} = 502,4 \text{ Т}$$

$$\cancel{502,4 \cdot 10^4} = 43865 \text{ Т} = \frac{3,14 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{50 \cdot 10^{-7}} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 10^2}{500} = 50,24 \text{ Т}$$

$$\text{Ответ: } 50 \text{ Т} \times 2 = 100 \text{ Т}$$

Закон Элк.-Магн. индукции - при изменении магнитного потока через замкнутый проводящий контур, в котором имеются бусинки

ЭДС индуциции, пропорциональная скорости изменения магнитного потока. ~~E_{наг} = -~~ $E_{\text{наг}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Знак минус в формуле обуславливается

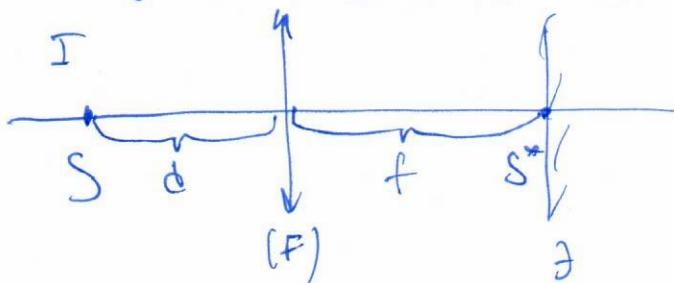
Числовых

правилом ленга: при изменении магн. помока через зерк. коннур, в коннуре появляется мок, причём магн.

поле мока ~~всегда~~, ~~противоположно~~ ~~изменению магн. помока~~ ~~и всегда~~ ~~противоположно~~ ~~изменению магн. помока~~ ~~и всегда~~ ~~противоположно~~ ~~изменению магн. помо.~~

а если
магн. поток
увеличива?

N4.10.2

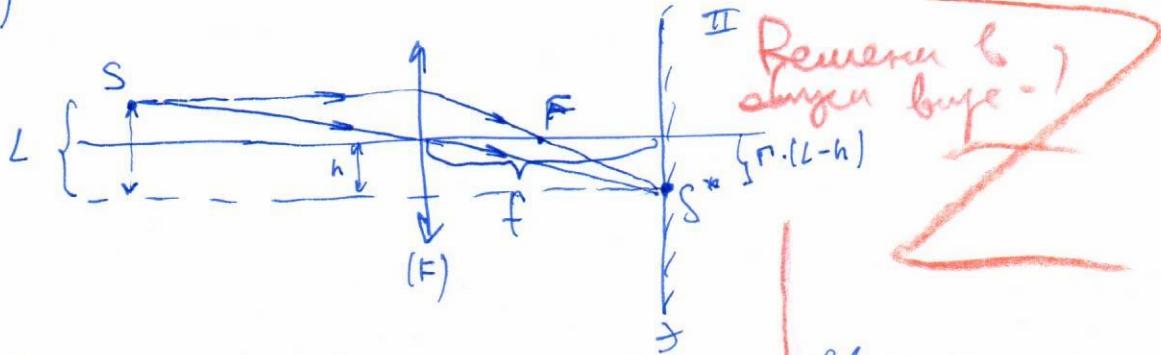


1) П.к. изображение на экране чёткое, но изображение S^* находится на экране. Пусть экран удалён от линзы на f .

Тогда, по формуле линз (линза-собирающая; предмет-действител., т.к. $d=50\text{ см} > p=15\text{ см} \Rightarrow$ изобр.-действел.)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{15 \cdot 30}{15} = 30\text{ см}$$

2)



Пусть источник S перенесли вверх от оптич. оси на L . Т.к. d не меняется, то изображение остаётся на расст. $f=30\text{ см}$ от линзы. $\Gamma = \frac{30}{15} = \frac{30}{30} = 1$, где Γ -попереч. увеличение. Значит, т.к. изобр.-перевёрнутое, то изображение ~~направлено~~ омног. оси на $\Gamma \cdot L = L = 8\text{ см} \Rightarrow$ необходимо поднять изображение на $L=8\text{ см}$.

3) Поднимем линзу на h вверх. Тогда, получим

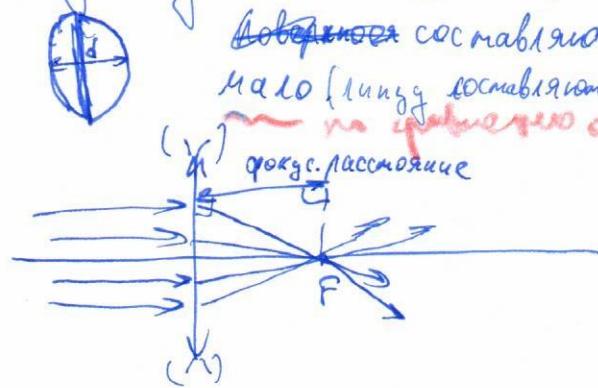
длину источника S : $(L-h)$, а изображение
имеет ^{новой} ~~старой~~ оптич. оси на $\Gamma \cdot (L-h) = (L-h)$.

Числовик

Таким образом, мы получаем изображение на $h+L-(L-h)=2h$. Значит, $2h=L \Rightarrow h=\frac{L}{2}=5\text{ см}$ — на сколько надо ~~поднять~~ сместить линзу, чтобы изображение попало в ~~окно~~ не можн. (При смещении вниз источник ~~суммируется~~ аналогично, линза сместится на ~~вниз~~ вниз.)

Ответ: 5 см.

- Линза называется мощной, если расстояние между её



~~формируемых~~ составляющими частями преподнесено
много (лишь ~~формируемых~~ 2 плоскости с искажениями и ~~изображениями~~ изображениями)

~~на промежуточном~~ \rightarrow

фокусное расстояние

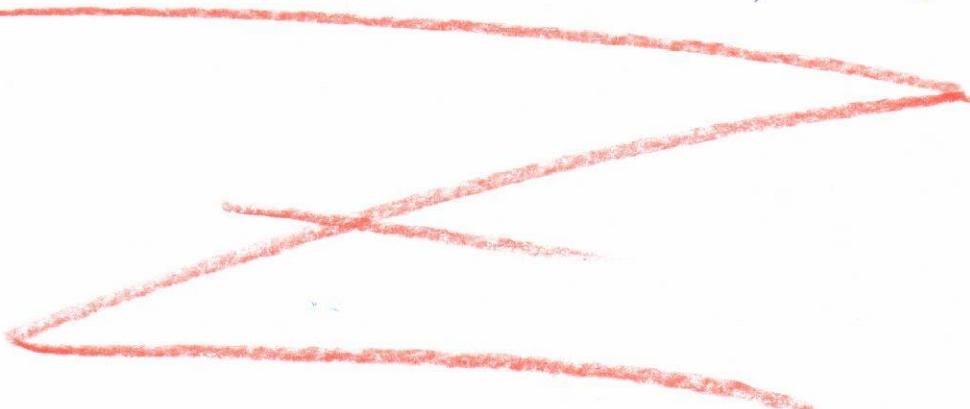
Фокусное расстояние линзы F —

— расстояние (~~формируемых~~) между
линзой и её фокусом.

Фокус —

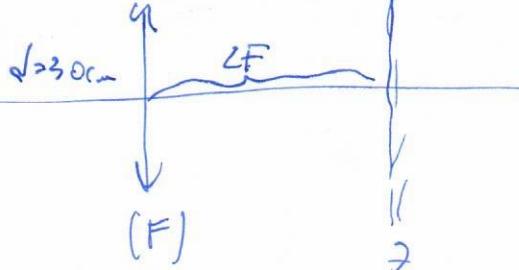
- Оптич. сила линзы D — величина, обратная фокусному расстоянию линзы. $D = \pm \frac{1}{F}$; D -полож., если линза-рассеивающая

D -отриц., если линза-собирающая



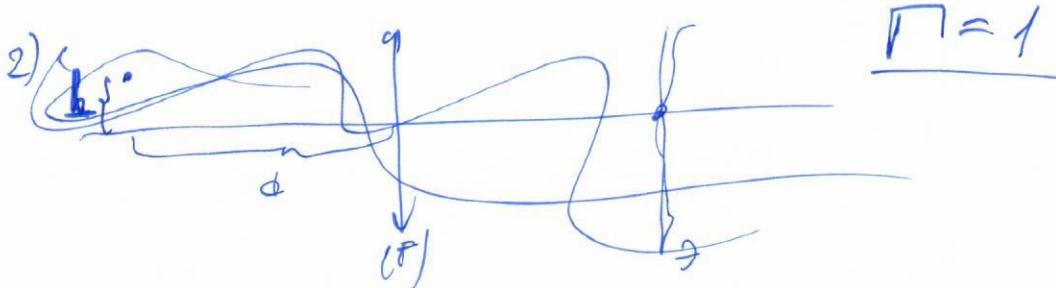
N4

I

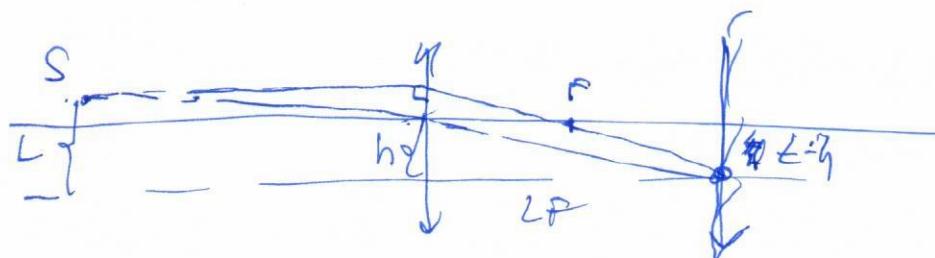


Чертёжник

$$1) \cancel{\text{F}} \rightarrow d = 2F \Rightarrow f = 2F$$



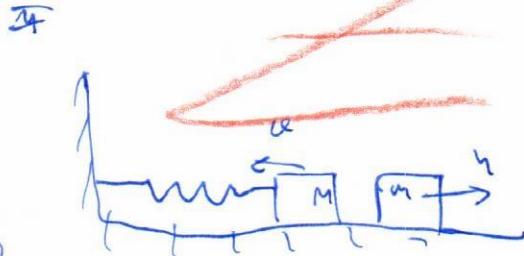
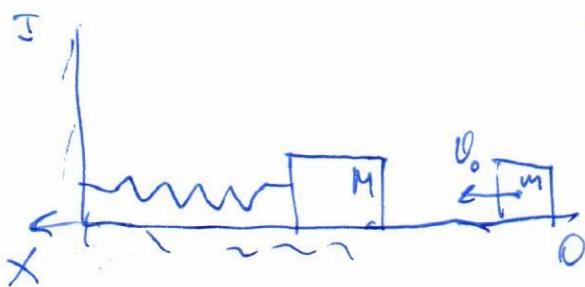
$$\Gamma = 1$$



$$\cancel{\text{F}} \rightarrow \cancel{\text{L}} \rightarrow \frac{2}{h} = 1 \Rightarrow h = 2$$

$$L - h + f - h = L; L = 2h \Rightarrow h = \frac{L}{2} = 15 \text{ см}$$

Чертёжник №1



$$1) \text{ ЗСЧ: } m v_0 = M \varphi - m u; \quad m(v_0 + u) = M \varphi$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{M \varphi^2}{2} + \frac{m u^2}{2}; \quad m(v_0 - u)(v_0 + u) = M \varphi^2$$

$$M \varphi (v_0 + u) = M \varphi^2$$

$$\begin{aligned} v_0 - u &= \varphi \\ u &= v_0 - \varphi \end{aligned}$$

$$u_1(1): m v_0 = M \varphi - m v_0 + m \varphi$$

$$2 m v_0 = \varphi (M + m)$$

$$\varphi = \frac{2 m v_0}{M + m} \quad u = v_0 - \frac{2 m v_0}{M + m} = \frac{v_0 M - v_0 m - 2 m v_0}{M + m} = T = \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$2) \quad \cancel{\frac{M \varphi^2}{2}} = \frac{k x_m^2}{2} \Rightarrow x_m = A = \sqrt{\frac{M \varphi^2}{k}} = \sqrt{\frac{m}{k} \cdot 1 \varphi}$$

$$3) x = A \cdot \sin\left(\frac{\omega n}{T} t + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow x = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5}{8} t\right) = A \sin\left(\frac{5\pi}{8} t\right) =$$

$$= \left(-\frac{A}{\sqrt{2}}\right) = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

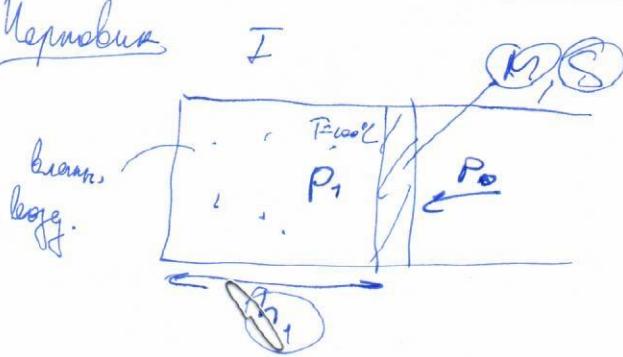
$$\text{также, } x = u_A \cdot \frac{5}{8} \pi \quad \leftarrow \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \varphi \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = u \cdot \frac{5}{8} \cdot 2 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{2 m v_0}{M + m} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{5}{4} \pi \cdot v_0 \left(1 - \frac{2 m}{M + m}\right)$$

$$\frac{\sqrt{2} m}{M + m} = \frac{5}{4} \pi - \frac{5}{4} \pi \cdot \frac{2 m}{M + m}$$

Черновик

I

давл.
возд.

~~$P_1 \neq P_0 \cdot S \Rightarrow P_1 = P_0 \Rightarrow$~~

$$\mu = 10 \text{ Гн} (\text{н.з.}, T = 100^\circ\text{C})$$

$$P_0 \cdot Sh_1 = \frac{\nu_1}{\mu} RT$$

гави. вогр. и вуди

~~$P_{\text{огр}} = P_0$~~

$$P_1 \cdot Sh_1 = \nu_1 RT$$

$$P_2 \cdot Sh_2 = \frac{m_2 - \Delta M}{\mu} RT$$

$$P_0 = P_{\text{огр}} + P_1 + P_2 = \frac{\nu_1 RT}{Sh_1} + \frac{m_2 - \Delta M}{\mu Sh_2} RT$$

~~$P_0 = \frac{\nu_1 RT}{Sh_1}$~~

~~$P_0 \cdot Sh_1 = \nu_1 RT + \frac{m_2 - \Delta M}{\mu} RT$~~

$$P_0 \cdot Sh_2 = \frac{m_2 - \Delta M}{\mu} RT$$

$$\frac{0,995}{11} = \frac{995}{11000}$$

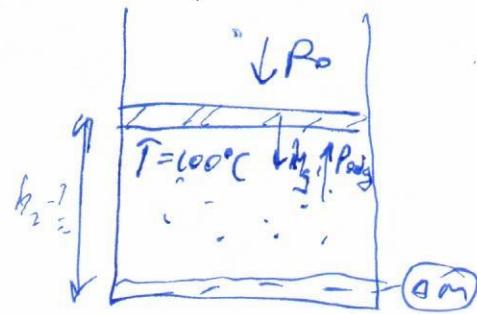
$$\frac{350}{373}$$

$$\begin{array}{r} 350 \\ -30 \\ \hline 50 \\ -33 \\ \hline 17 \\ -14 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$0,995$$

$$\begin{array}{r} 995 \\ -90 \\ \hline 90 \\ -80 \\ \hline 1000 \\ -1000 \\ \hline 0,09 \end{array} = 0,1$$

$$\begin{array}{r} 995 \\ -90 \\ \hline 90 \\ -80 \\ \hline 1000 \\ -1000 \\ \hline 0,09 \end{array}$$



~~2) \rightarrow лег.-насыщ. $\Rightarrow P_2' = P_0 = P_0$~~

$$\text{II 3H: } P_0 \cdot S + Mg = P_{\text{огр}} \cdot S$$

$$P_1' \cdot Sh_2 = \nu_1 RT$$

$$P_2' = P_0 \cdot Sh_2 = \frac{m_2 - \Delta M}{\mu} RT$$

$$P_{\text{огр}}' = \frac{\nu_1 RT}{Sh_2} + P_0$$

$$P_0 + \frac{Mg}{S} = \frac{\nu_1 RT}{Sh_2} + P_0$$

$$Mg \cdot h_2 = \nu_1 RT$$

$$\frac{P_0 \cdot Sh_1}{RT} = \nu_1 + \frac{m_2 - \Delta M}{\mu}$$

0,831	3,73
2493	2493
5817	3996

$$P_0 + \frac{Mg}{S} = \frac{\nu_1 RT}{Sh_2} + \frac{m_2 - \Delta M}{\mu} \cdot \frac{RT}{Sh_2}$$

$$\left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) \cdot Sh_2 = \nu_1 + \frac{m_2 - \Delta M}{\mu}$$

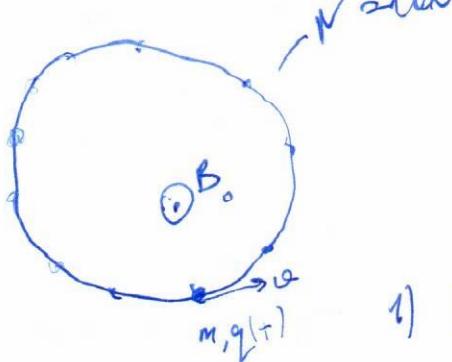
$$\begin{array}{r} 90 \\ -90 \\ \hline 0 \\ -10 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1130 \\ -1000 \\ \hline 130 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 90 \\ -90 \\ \hline 0 \\ -10 \\ \hline 10 \end{array}$$

13

некоторые



$$N = 100$$

$$\frac{\pi R}{100} = \frac{qB}{50}$$

30
2

$$N = \frac{q \cdot g}{c}$$

$$T = \frac{1}{g} c$$

$$1) L = \theta \cdot r$$

$$\frac{\pi R}{50} = \theta \cdot T$$

$$2) qvB_0 = \frac{mv^2}{R} ; qB_0 R = mv \Rightarrow v = \frac{qB_0 R}{m}$$

$$3) \frac{nR}{50} = \frac{qB_0 R}{m} \cdot T ; B_0 = \frac{\pi \cdot m}{50 \cdot g T}$$

$$\frac{b}{5} = 1 \frac{3}{5} = 1,375$$

$$\begin{array}{r} 1,375 \\ 3,14 \\ \hline 5400 \\ 1375 \\ \hline 4195 \\ 4195 \\ \hline 938650 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 373 \\ 851 \\ \hline 373 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1119 \\ 2934 \\ \hline 3099,63 \end{array} = 31$$

$$\begin{array}{r} 0,09 \\ 13,1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ 16 \\ \hline 1884 \\ 314 \\ \hline 50,24 \end{array}$$