



46-77-01-94
(64.15)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Жоганова Арсений Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 метр

Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Новый
77
Апелляцию
удовлетворить
+10 баллов
Динь

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов-2020»

ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему

от участника олимпиады по физике

Лисанов Артемий Александрович
11

(фамилия, имя, отчество, класс)

Вариант 1

АПЕЛЛЯЦИЯ на результат Олимпиады

Прошу пересмотреть выставленный мне технический балл за мою работу заключительного этапа по физике, с 67 на 77 по следующей причине (необходимо указать номер задачи; выставленный за нее балл; основание для пересмотра баллов; балл, который должен быть выставлен по мнению участника):

Задача n1 балл: 11, в последнем действии
решение было допущена алгебр. ошибка. Вышу-
ла до этого действие абсолютно верная
технический балл: 14

или на обратной стороне

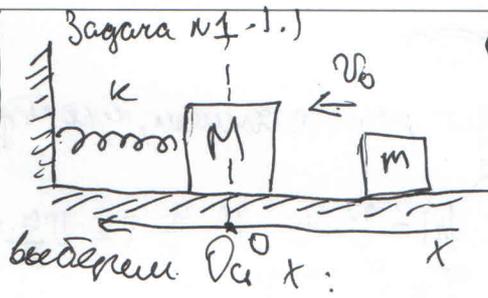
«5» марта 2020 г.

Лисанов
(подпись)

Примечание: В соответствии с Положением о порядке подачи и рассмотрения апелляций в рамках Олимпиады школьников «Ломоносов» «апелляцией на результат Олимпиады является аргументированное письменное заявление о несогласии с выставленными баллами».

46-77-01-94
(04.15)

Числом
Дано:
 $t = \frac{7}{12} T$
 $n = \frac{M}{m} = 9$



1) Запишем закон сохранения импульса. Т.к. сказано, что брусок массой m пошел в сторону, противоположную со направлению движения \rightarrow

2) Также запишем

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

Закон сохранения энергии:

3) решим систему

$$\begin{cases} m v_0 = M u - m v \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{M u^2}{2} \end{cases} \rightarrow$$

$$\frac{m (M u - m v)^2}{2 m^2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{M u^2}{2}$$

$m v_0 = M u - m v$ подставим 2 на 1 \rightarrow

$$\begin{cases} m v_0 + m v = M u \\ \frac{m (v_0^2 - v^2)}{2} = \frac{M u^2}{2} \end{cases} \text{ ①}$$

$$\begin{aligned} \frac{v_0 - v}{2} &= \frac{u}{2} \\ u &= v_0 - v \end{aligned}$$

4) $\begin{cases} u = v_0 - v \\ m (v_0 + v) = M u \end{cases}$

$$\begin{aligned} m v_0 + m v &= M v_0 - M v \\ (m + M) v &= (M - m) v_0 \end{aligned}$$

$$v = \frac{M - m}{m + M} v_0$$

$$u = v_0 - v = \frac{m + m - M + M}{m + M} v_0 = \frac{2m}{m + M} v_0$$

5) Теперь рассмотрим колебание бруска массой M .
Запишем закон сохранения энергии
 $\frac{M u^2}{2} = \frac{k A^2}{2}$, где A - макс. вытяжение пружины

$$A = \sqrt{\frac{m}{k}} v = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{2m}{m + M} v_0$$

Запишем зависимость координаты груза массой M от времени с помощью уравн. гарм. колебаний.

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0); \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$\varphi_0 = 0$

или $t = \frac{7}{12} T \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$

$t = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{7}{12} T = \frac{7}{6} \pi \rightarrow$

$$x = A \sin \frac{7}{6} \pi$$

$$x = -\frac{1}{2} A = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{2m}{m + M} v_0$$

6) Все путь, пройденный грузом массой M равен $2A + |x|$;
т.к. $x < 0$; амплитуда колебаний еще не произведена \rightarrow
 $S = 2A + |x| = \frac{5}{2} A = \frac{5}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{2m}{m + M} v_0$

67
+10 б

10	32
7	30
8	30
5	
1	
10	
11	

T 3

Алгебра
уравнения
на
сумма
изменила
+10 баллов
= 77 б

~~Импульс материальной точки~~

т.е. $x < 0 \rightarrow$ как раз $|x|$ будет расстоянием, пройденным телом массой m , см рис 2

рис 2

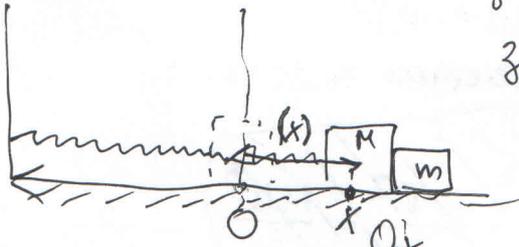
значит $|x| = v \cdot t = v \cdot \frac{7}{12} T = v \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

где $v = \frac{M-m}{M+m} v_0$,

значит

$|x| = \frac{M-m}{M+m} v_0 \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

11



③ $|x| = \frac{M-m}{M+m} v_0 \frac{7}{6} \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
 $|x| = \frac{1}{2} \frac{2m}{M+m} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$

$\rightarrow \frac{(M-m) \cdot \frac{7}{6} \pi}{(M+m)} = \left(\frac{m}{M+m} \right) \cdot \frac{(M-m) \frac{7}{6} \pi}{m} = M$

$\frac{M}{m} = \frac{7\pi}{6} \geq n$

$\frac{M}{m} = \frac{7 \cdot 3,14}{6} \approx \frac{22}{6} \approx \frac{11}{3}$

Ответ: $n = \frac{7\pi}{6} \approx \frac{11}{3}$

~~Handwritten calculations for a quadratic equation, including discriminant and root formulas, which are crossed out with a grid pattern.~~

7

~~Импульс системы материальных точек~~

Ответ на вопрос:

векторная

Импульс материальной точки - физическая величина равная произведению m тела на его скорость (вектор).

Импульс системы материальных точек - это \sum векторы сумм импульсов материальных точек в системе

Законом сохранения импульса ($\sum \Delta p_i = const$) векторная сумма

импульсов системы тел постоянна во времени, если сумма векторов внешних сил, действующих на систему равна нулю

$\Delta p = m v_n - m v_k$
 $\Delta p = F \Delta t$

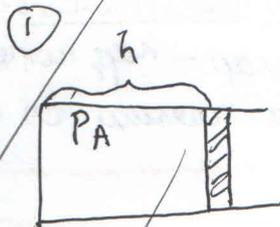
10

46-77-01-94

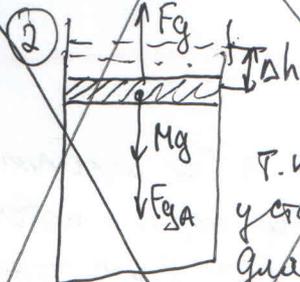
(64.15)

Задача №2 Адмистовик

Дано:
 $t_1 = 100^\circ\text{C}$
 $h = 35\text{ см}$
 $T = \text{const}$
 $\Delta h = 5\text{ см}$
 $\Delta m = ?$
 $\mu = 10\text{ мк}$
 $S = 100\text{ см}^2$
 $\mu = 18\text{ г/см}^3$
 $\Delta m = ?$



Т.к. поршень находится \rightarrow
 $P_B \cdot S = P_A \cdot S$; $P_B = P_{\text{атм}}$; Т.к. $P_B = P_A$
 $t = 100^\circ\text{C}$
 \rightarrow насыщенный пар
 $P_A \cdot V = \nu R T$
 $V = S \cdot h$



Т.к. поршень теперь, после изменения установился \rightarrow запишем II закон Ньютона для поршня (учтем $a_n = 0$)

$$F_g = Mg + F_{GA}$$

$$F_g = P_2 S$$

$$F_{GA} = P_A S$$

$$P_2 = \frac{Mg}{S} + P_A$$

$$\frac{100}{0,02} = 343$$

3) запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для начального состояния газа в 1 и 2 случаях.

$$P_A V = \nu_1 R T$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T$$

\rightarrow поделим 1 на 2 $\rightarrow \frac{P_A V}{P_2 V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$; также знаем, что

$$\left. \begin{aligned} P_A V &= P_A S h \\ P_2 &= \frac{Mg}{S} + P_A \\ V_2 &= S(h - \Delta h) - V_B \\ V_B &= \frac{\nu_2 R T}{P_2} \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{P_A S h}{\left(\frac{Mg}{S} + P_A\right) S(h - \Delta h) - \frac{\nu_2 R T}{P_2}}$$

$$\frac{P_A S h}{\left(\frac{Mg}{S} + P_A\right) S(h - \Delta h) - \frac{\nu_2 R T}{P_2}} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

$$\nu_1 = \frac{P_A S h}{P_A S h - (Mg + P_A S)(h - \Delta h)}$$

$$\Delta \nu = \nu_1 - \nu_2 = \frac{P_A S h - (Mg + P_A S)(h - \Delta h)}{P_A S h}$$

$$\Delta m = \Delta \nu \cdot \mu = \mu \left(1 - \frac{(Mg + P_A S)(h - \Delta h)}{P_A S h}\right)$$

$$\Delta m = 18 \cdot \left(1 - \frac{(100 + 100000 \cdot 0,01) \cdot 0,35}{100 \cdot 0,35}\right) = 18 \left(1 - \frac{200 \cdot 0,35}{100 \cdot 0,35}\right)$$

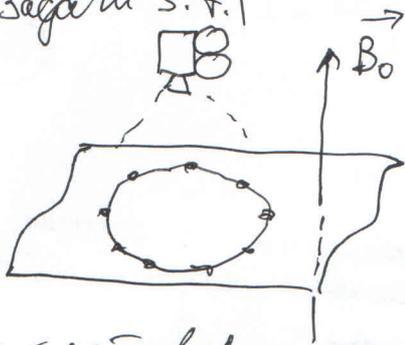
отрицательное число \rightarrow весь пар конденсируется

$$M_k = \Delta m = \nu_1 \mu = \frac{\mu P_A S h}{R t_1} = \frac{18 \cdot 100000 \cdot 0,01 \cdot 0,35}{8,31 \cdot 343}$$

Ответ: $M_k = 0,2032$

числов
Дано:
 $N = 100$
 $B_0 = 100 \text{ Тл}$
 $m = 10 \text{ мг}$
 $n = ?$
 $q = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$

Задача 3.7.1



① $F_{\text{л}}$ будет действовать по радиусу кольца от центра и каждой дуге.

$F_{\text{л}} a \uparrow v$
 $ma = F_{\text{л}}$
 $ma = BqV$
 $\frac{mV^2}{R} = BqV$
 $V = \frac{RBq}{m}; \omega = \frac{V}{R}$

② ~~пусть путь за $t = T$ равен $S = \frac{1}{N} \cdot 2\pi R$ (чтобы удовлетворять условию $\rightarrow T = \frac{1}{n} = \frac{S}{v} = \frac{2\pi R}{Nv}$ $\approx \frac{2\pi R}{Nv}$ $\rightarrow n = \frac{2\pi R m}{NRBq}$ $\approx \frac{2\pi m}{NRBq}$ $\approx \frac{1}{628} \text{ с}^{-1}$~~

Ответ на вопрос:
Магнитный поток характеризует все во шпиль B пронизывающую кольцо $q = B \cdot S \cdot \cos \alpha$
 α - угол между нормалью к плоскости S и B
 B - магнитная индукция
Электронная индукция - явление возникновения тока в контуре при изменении потока, пронизывающего этот контур.
Направление тока таково, что препятствует изменению потока через контур.

② Пусть путь за $t = T \rightarrow$ равен $S = \frac{1}{N} \cdot 2\pi R$ (чтобы удовлетворять условию $\rightarrow T = \frac{1}{n} = \frac{S}{v} = \frac{2\pi R}{Nv} \approx \frac{2\pi R}{Nv}$
 $\approx \frac{2\pi R m}{NRBq} \approx \frac{2\pi m}{NRBq}$ (делим на v , с.к. расстояние v)
 $\approx \frac{1}{628} \text{ с}^{-1}$
 Ответ: $n \approx \frac{1}{628} \text{ с}^{-1}$

Задача №2 *исходный*

Дано:

$t_1 = 100^\circ\text{C}$

$h = 35\text{ см}$

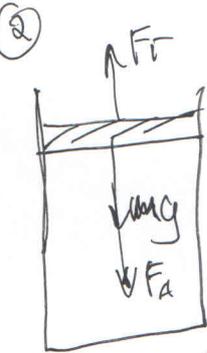
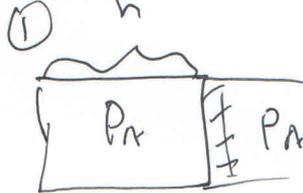
$\Delta h = 5\text{ см}$

$M = 10\text{ кг}$

$S = 100\text{ см}^2$

$\mu = 18\text{ г/см}^3$

$\Delta m = ?$



P_A и P_B поршень движется \rightarrow

$P_B = P_A \rightarrow P_{\text{атм}} \text{ насыщенный}$

$F_B = T \cdot n$

$P \cdot V = \nu R T \quad \nu = \frac{P_A S h}{R T}$
 $\nu = S h$

Сделаем, что $\Delta P = \frac{Mg}{S} \rightarrow$

\rightarrow это то, что пойдет на конденсацию

$P_{\text{насыщ.}} = P_A = \text{const при } t = \text{const}$

$\Delta P \Delta V = \Delta \theta R T$

~~$\Delta \theta = \frac{Mg S h}{R T} - \frac{Mg S \Delta h}{R T}$~~

1

ошибка?

$\Delta \theta R T = \Delta P (S \Delta h + \frac{\Delta M}{\rho})$

$\Delta \theta R T = \frac{Mg}{S} S \Delta h + \frac{Mg}{S} \frac{\Delta M}{\rho}$

$\Delta \theta (R T - \frac{Mg \mu}{S \rho}) = Mg \Delta h$

$\Delta \theta = \frac{Mg \Delta h S \rho}{R T S \rho - Mg \mu}$

$\Delta m = \mu \Delta \theta = \mu \left(\frac{Mg \Delta h S \rho}{R T S \rho - Mg \mu} \right) \approx 18 \cdot \frac{100 \cdot 0,05 \cdot 0,01 \cdot 1000}{8,31 \cdot 373 \cdot 0,01 \cdot 1000 - 100 \cdot 0,018}$

$\approx \frac{5 \cdot 18}{8,31 \cdot 373} = \frac{90}{8,31 \cdot 373} = \frac{100}{373} = 0,22$

Ответ: $\Delta m = 0,22$

$$\Delta D_2 = \frac{(P_A S + Mg)(h - \Delta h)}{\rho \left(\frac{P_A M}{\rho} + \frac{MgM}{\rho} - R\Gamma \right)}$$

0,018

$$\Delta D_2 = \frac{200 \cdot 0,3}{\frac{1000 \cdot 0,018}{1} + \frac{1000 \cdot 0,500}{1} - 8,31 \cdot 373} = \frac{60}{3600 - 373 \cdot 0,31}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 373 \\ + 1831 \\ \hline 373 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1179 \\ 2984 \end{array}$$

$$3098,63$$

$$\begin{array}{r} 3600,00 \\ - 3098,63 \\ \hline 501,37 \end{array}$$

$$\frac{60}{501,37} \approx$$

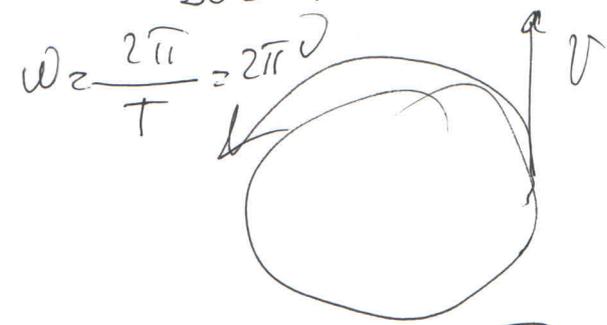
$$\frac{35}{311} \approx \frac{60}{500}$$

$$35 \cdot 5 \quad \vee \quad 6 \cdot 30$$

$$175 \quad \& \quad 180$$

$$v_1 = \frac{10000 \cdot 0,01 \cdot 0,35}{8,31 \cdot 373}$$

$$= \frac{350}{3098,63} \approx \frac{1}{11}$$



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

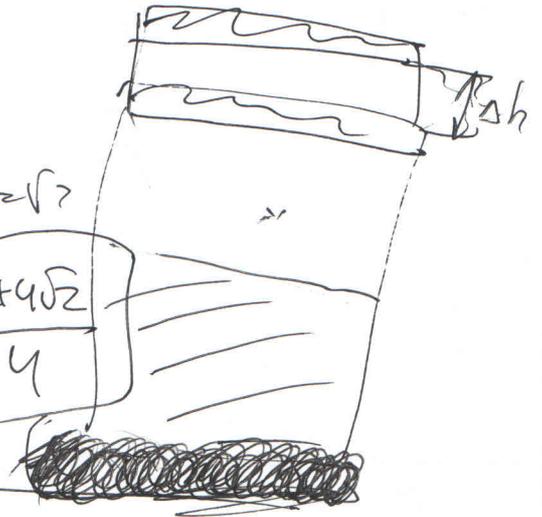
$$\begin{array}{l} ma = F_n \\ \frac{mv^2}{r} = Bq v \\ \frac{mv}{r} = Bq \\ v = \frac{BqR}{m} \quad \omega \end{array}$$

$$\frac{v_2}{z} = \dots \quad P_B = P_A$$

$$(M-m) \frac{5\pi}{4} = \frac{v_2 m}{z} \quad t_b = t_k = 100^\circ\text{C}$$

$$\frac{P_A s h}{P_2 v_2} = \frac{1}{v_2} \frac{M}{m} = \frac{5\pi}{4} = \sqrt{?}$$

$$\frac{P_A s h}{\left(\frac{mg}{s} + P_A\right) s} = \frac{\Delta v_1 + v_2}{v_2} \frac{M}{m} = \frac{5 + 4\sqrt{2}}{4}$$



$$\frac{P_A s h}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)}$$

~~$$\frac{P_A s h}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)}$$~~

~~$$\frac{P_A s h}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)}$$~~

~~$$\frac{P_A s h}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)}$$~~

~~$$\frac{P_A s h}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)}$$~~

$$\frac{P_A s h}{R t}$$

$$\frac{P_A s h}{R t} - \Delta$$

~~$$\frac{W T}{N}$$~~

$$\Sigma = \frac{W T}{N}$$

~~$$P_2 R t, v_2 = P_2 s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T P_2$$~~

~~$$P_2 \Delta v_1 R T = P_2 s(h-\Delta h) - R P_2 t, v_2$$~~

~~$$P_2 \Delta v_1 R T = P_2 s(h-\Delta h) - P_2 R t, v_2$$~~

~~$$2 P_2 \Delta v_1 R T = P_2 s(h-\Delta h)$$~~

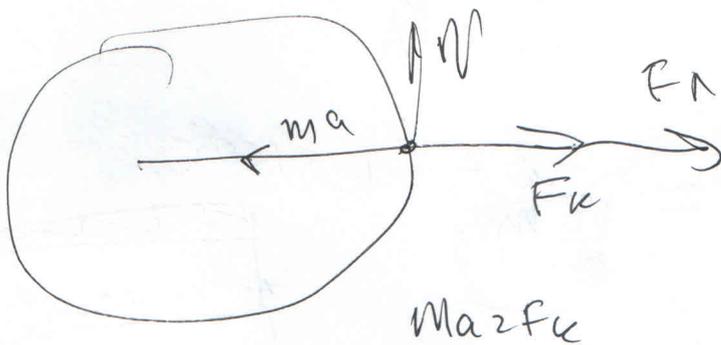
$$\frac{1}{P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T)} = \frac{1}{P_A s h - R t \Delta v_1}$$

$$\frac{2 \Delta v_1 R T}{N} = \frac{W T}{N}$$

$$2 \Delta v_1 R T = \frac{W T}{N}$$

~~$$P_2 (s(h-\Delta h) - \Delta v_1 R T) = P_A s h - \Delta v_1 R T$$~~

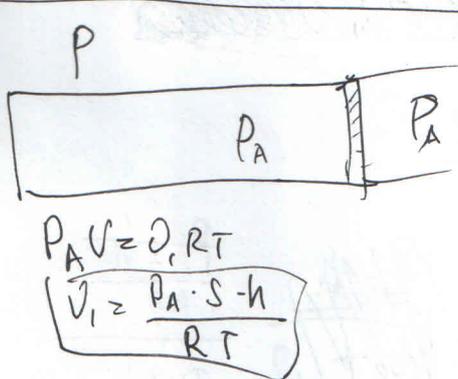
$$P_2 = \frac{P_A h}{h - \Delta h} \approx 0,5 \dots$$



$$m a = F_k$$

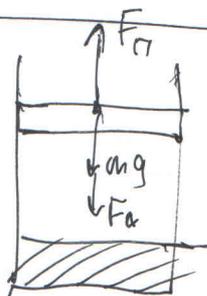
$$m a = F_k + F_n$$

$$\frac{m v^2}{2} = B V_0 q R + \frac{k q^2}{2}$$



$$P_A V = \nu_1 R T$$

$$V_1 = \frac{P_A \cdot S \cdot h}{R T}$$



$$F_n = Mg + F_k$$

$$P_n = \frac{Mg}{S} + P_A$$

$$V_2 = S(h - \Delta h) - V_{\text{возв.}}$$

$$V_k = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{P_A V}{P_2 V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_1 - \Delta \nu}$$

$$P_A S h$$

$$\left(P_A + \frac{Mg}{S} \right) \left(S(h - \Delta h) - \frac{m \Delta \nu}{\rho} \right) = P_A S h - \Delta \nu R T$$

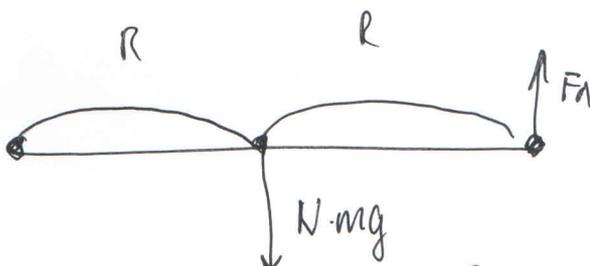
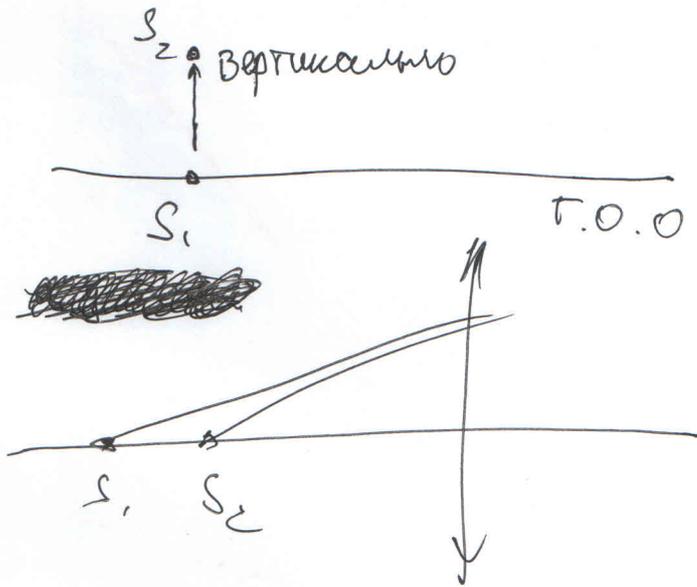
$$P_A S h - \Delta \nu R T = P_A S(h - \Delta h) + \frac{P_A m \Delta \nu}{\rho} + \frac{Mg(h - \Delta h)}{S}$$

$$\left(\frac{Mg}{S} - P_A \right) \Delta \nu = P_A \left(S(h - \Delta h) - \frac{m \Delta \nu}{\rho} \right) - \frac{Mg(h - \Delta h)}{S}$$

$$\left(\frac{P_A m}{\rho} + \frac{Mg m}{S} - P_A \right) \Delta \nu = P_A S(h - \Delta h) + Mg(h - \Delta h) S$$

$$= (P_A S + Mg S)(h - \Delta h)$$

термовит



уравнение моментов

$$Nmg \cdot R = 2R F_n$$

$$Nmg = 2F_n$$

$$F_n = |q| B v \sinh$$

$$\sinh \approx 1$$

$$Nmg = 2|q| B v$$

$$v = \frac{Nmg}{2|q| B}$$

$$F_n = \frac{kq^2}{R^2}$$

$$q B v = \frac{kq^2}{R^2}$$

$$v = \frac{kq}{B R^2}$$

$$T = \frac{l}{n}$$

$$T = \frac{2\pi R}{\omega} = \frac{2\pi R^2}{v} = \frac{2\pi R^2 B}{kq R^2}$$

$$\omega^2 R = \frac{v^3}{R} = \frac{2\pi B}{kq}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$m a = \frac{kq^2}{R^2}$$

$$\frac{m v^2}{R} = \frac{kq^2}{R}$$

$$v$$

$$\frac{2\pi R}{v} = \frac{v}{\omega}$$

$$\frac{2\pi R}{v} = \frac{1}{\omega}$$

$$\omega = \frac{v}{2\pi R}$$

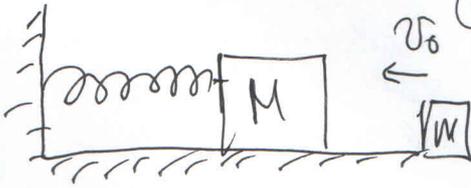
$$T = \frac{l}{n} = \frac{2\pi R}{\omega}$$

$$\frac{v}{R} = 2\pi R v$$

$$\frac{v^2}{R} = \omega R$$

$$v = \omega R$$

Черновик



① ЗСМ:

$$mV_0 = Mu - mV$$

② ЗСЭ:

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

$$\frac{(Mu - mV)^2}{2m} = \frac{Mu^2 + mV^2}{2}$$

$$\frac{M^2}{m}u^2 - mV^2 = Mu^2 + mV^2$$

$$\left(\frac{M^2}{m} - M\right)u^2 = 2mV^2$$

$$u^2 = \frac{2mV^2 m}{M(M-m)}$$

$$u = V \sqrt{\frac{2m^2}{M(M-m)}}$$

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 2,5 \\ \hline 7,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,45 \\ 1000 \\ \hline 0,045 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6300 \overline{) 8,3} \\ 581 \overline{) 75,8} \\ \hline 490 \\ - 415 \\ \hline 750 \\ 758 \overline{) 373} \\ \hline 10,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2198 \\ 2198 \\ \hline 2198 \end{array}$$

②

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = v_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\varphi_0 = 0 \rightarrow v = v_m \sin(\omega t) = \sqrt{0,003}$$

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

$$v = \frac{dx}{dt} = A \omega \cos(\omega t) \rightarrow x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12}\right) = A \sin \frac{\pi}{6}$$

$$\frac{\rho V g h}{V} = \frac{m g}{V} \rightarrow A \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2} A$$

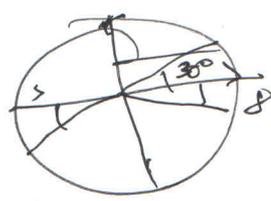
$$\frac{m u^2}{2m^2 v^2} = k A^2 \rightarrow A = \sqrt{\frac{2m^2}{(M-m)k}}$$

$$A = \sqrt{\frac{2m^2}{(M-m)k}} = \sqrt{\frac{2m^2}{(M-m)k}} \cdot \frac{1}{2}$$

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

$$9 + 49 \cdot 3\pi^2 + 4\pi^2 = 1605$$

$$49 \cdot 3 \cdot 10 + 42 \cdot 3 + 9 = 1605$$



$$\begin{array}{r} 758 \overline{) 373} \\ 746 \overline{) 203} \\ \hline 1200 \end{array}$$