



0 972098 410002

97-20-98-41

(66.26)

Ф3



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант № 3

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Тудовикова Андрея Дмитриевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*Сдана 16-39*

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

TC

Председателю апелляционной комиссии  
олимпиады школьников «Ломоносов-2020»  
ректору МГУ имени М.В. Ломоносова  
академику В.А. Садовничему  
от участника олимпиады по физике

Пудовикова Анарея  
Амитриевича 11 класс  
(фамилия, имя, отчество, класс)

Вариант 3

### АПЕЛЛЯЦИЯ на результат Олимпиады

Прошу пересмотреть выставленный мне технический балл за мою работу заключительного этапа по физике, с 79 на 75 по следующей причине (необходимо указать номер задачи; выставленный за нее балл; основание для пересмотра баллов; балл, который должен быть выставлен по мнению участника):

за задачу при(калечко). прирешивании  
большое продвижения в решении задачи.  
прольба поднять баллы с 1 до 4.  
Спасибо

« 5 » марта 2020 г.

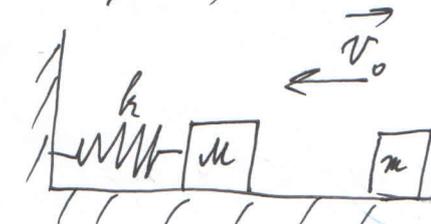
PD  
(подпись)

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».

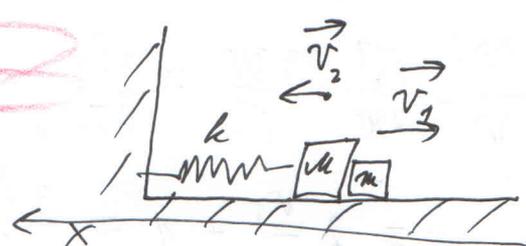
~~30~~ Чистовик

97-20-98-41  
(66.26)

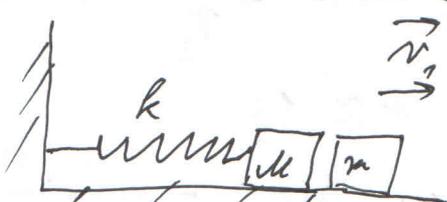
Задача N 1.1.3  
до столкновения  
(первого):



сразу после первого столкновения



вскоре столкновение:



1. П.к. столкновение упругое, но выталкивается  
Затем сокращается шпилька и энергии.

В проекции на ось X:  $m v_0 = M v_2 - m v_1$   
 $M v_2 = m(v_0 + v_1)$   $\kappa = \frac{M}{m} = \frac{v_0 + v_1}{v_2}$

Энергии:  $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M v_2^2}{2}$   $m(v_0^2 - v_1^2) = M v_2^2$

$\kappa = \frac{v_0^2 - v_1^2}{v_2^2} = \frac{v_0 + v_1}{v_2}$  ( $v_0 + v_1 \neq 0$ , т.к. иначе тело M не начало движение)

$\frac{v_0 - v_1}{v_2} = 1$   $v_0 = v_1 + v_2$ , т.е.  $\kappa = \frac{2v_1 + v_2}{v_2}$

2. П.к. тело M совершает гармонические колебания, то  $x = x_m \sin(\omega t) + C$ , где  $x_m$  - наибольшее разтяжение / укорачивание пружины  
 $\omega$  - цикл. частота.

Тогда через  $t = \frac{2}{3}T = \frac{4\pi}{3\omega}$   $x = x_m \sin(\frac{4\pi}{3}) + C$

$|x|_{\text{мин}} = x_m \frac{\sqrt{3}}{2}$ . При этом м.к. энергия тела M сокращается, то

$\frac{M v_2^2}{2} = \frac{k x_m^2}{2}$   $x_m = v_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$

т.е.  $|x_{\text{мин}}| = v_2 \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

Оценка численка 45  
 в амплитуде  
 91  
 30

Числовик

3. П.б.к. тела сталкиваются, но  $(x_{сленг.}) =$   
 $= v_1 \cdot \frac{2}{3} T = v_1 \cdot \frac{4\pi}{3W} = \frac{v_2}{W} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (W = \sqrt{\frac{k\pi}{m}})$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{3}}{2W} \cdot \frac{3W}{4\pi} = \frac{3\sqrt{3}}{8\pi}$$

тогда  $n = 2 \frac{v_1}{v_2} + 1 = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} + 1 \text{ раз} \approx 1,4 \text{ раза}$

Ответ:  $n \approx 1,4$ .

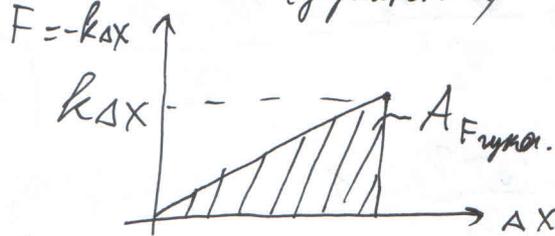
Вопросы:  $W_{пот.} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{R} = -g \cdot m \cdot R$  ~~земли от земного объема~~  
 вдоль земли, м.ф.  $\frac{G \cdot M}{R^2} = g$

Обычно нужно  $\Delta W$ , поэтому пользоваться формулой  $E = mgh$  ?

Потенциальная энергия пружины:  $E = \frac{kx^2}{2}$

$k$  - коэф. жесткости,  $x$  - длина сжатия пружины (удлинения)

$[E] = \text{Дж} = [W_n]$



$$A = E = \frac{k \Delta x \cdot \Delta x}{2} = \frac{k(\Delta x)^2}{2}$$

Задача N 2.9.3

Дано:  $T = 373 \text{ K}$

$h = 0,35 \text{ м}$

$\Delta h = 0,05 \text{ м}$

$\Delta m = 0,12$

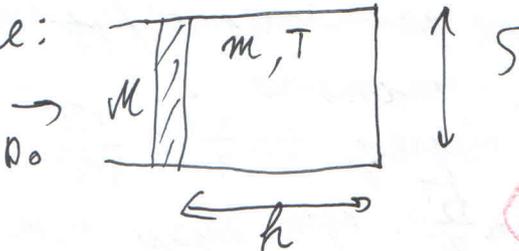
$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$

$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

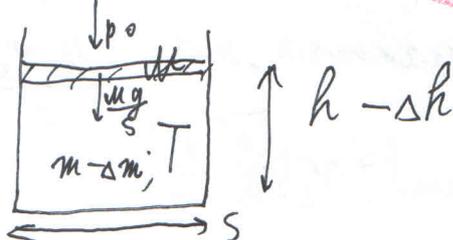
$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ м}^{-1}$

вначале:



в конце:



(в конце  $h$  - ~~увеличилась~~ <sup>число молекул</sup>, и.к. сразу же при перевертывании  $p$  увеличится,  $T = const$ , тогда и  $V$  ~~увеличилась~~ <sup>воинши</sup>.)

Вначале пусть  $m$  пара, тогда уравнение состояния:

$$p_0 \cdot h \cdot S = \frac{m}{\mu} \cdot R T \quad m = \frac{p_0 h S \mu}{R T}$$

в конце давление  $p_0 + \frac{\mu g}{S}$

тогда уравнение состояния:

$$\left(p_0 + \frac{\mu g}{S}\right) (h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T$$

$$\frac{\left(p_0 + \frac{\mu g}{S}\right) (h - \Delta h) S \mu}{R T} = m - \Delta m$$

$$p_0 + \frac{\mu g}{S} = \frac{(m - \Delta m) R T}{\mu S (h - \Delta h)}$$

$$\frac{\mu g}{S} = \frac{(m - \Delta m) R T S}{\mu S (h - \Delta h) g} - \frac{p_0 S}{g}$$

$$M = \frac{\left(\frac{p_0 h S \mu}{R T} - \Delta m\right) R T S}{\mu g (h - \Delta h)} - \frac{p_0 S}{g}$$

$$M = \frac{10^5 \cdot 0,35 \cdot 10^{-2} \cdot 18}{8,3 \cdot 373} - 0,1 \cdot 8,3 \cdot 373 - \frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{10} = \frac{32 \cdot 10^2}{18 \cdot 3} - 100 \approx 2202$$

Ответ: 2202.

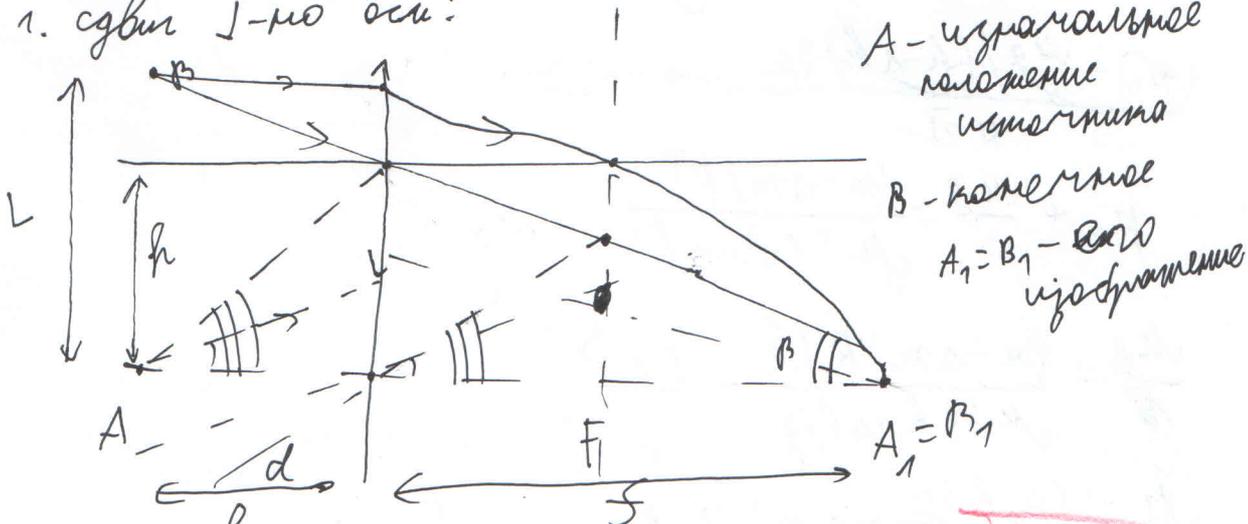
Вопросы: Температура кипения - температура вещества при данных условиях, когда оно переходит из жидкого состояния в газообразное.  
Чем меньше давление, тем меньше  $T_{кип}$ .  
Чем больше давление, тем больше  $T_{кип}$ .

(Три кинематические молекулы движутся так быстро, что связь между молекулами почти перестаёт влиять на ситуацию),  
 м.е.  $T_k \sim p$   $T_k \approx \alpha p$

Задача 4.10.3

Заметим, что мы не можем подвинуть вправо оптической оси, т.к. тогда ось сократит своё положение, но новое изображение не будет лежать на оси.

1. сдвиг 1-но оси:



A - изначальное положение источника  
 B - конечное  
 $A_1 = B_1$  - одно изображение

$$\tan \beta = \frac{h}{f} = \frac{L}{d+f}$$

$$dh + hf = Lf$$

$$f(L-h) = dh$$

$$f = \frac{dh}{L-h} = 12$$

$$F = 8 \text{ см}$$

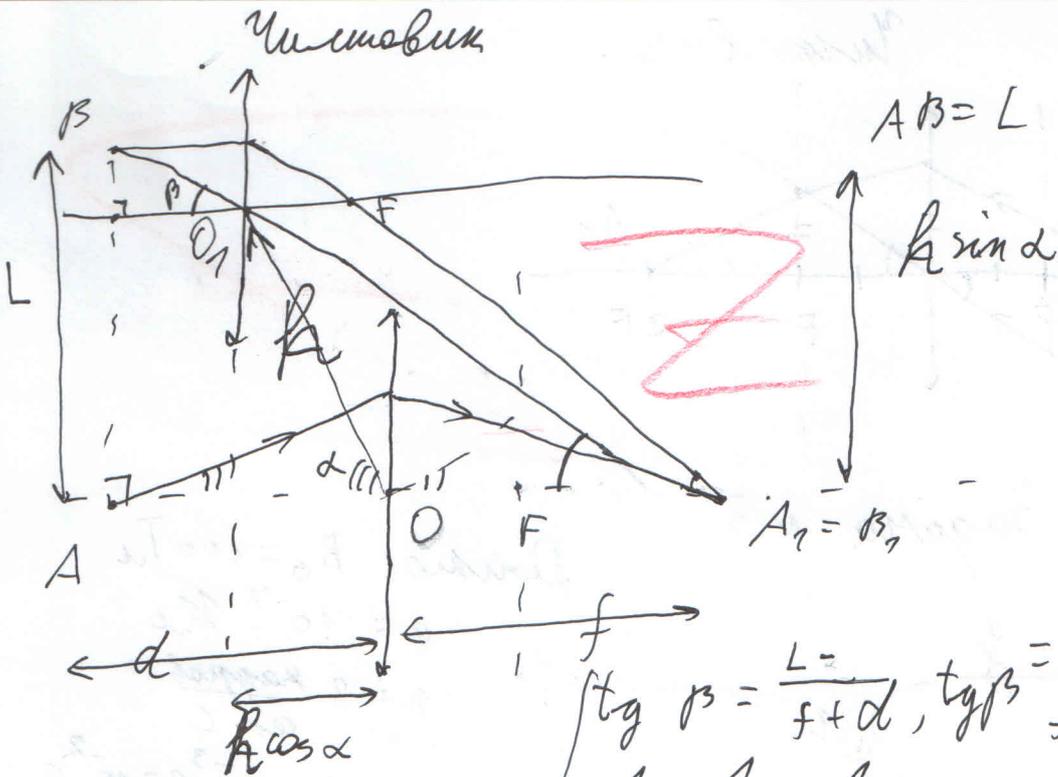
тогда по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

2. Если линзу, как-то сдвинем, не вправо оси и не вправо же:

97-20-98-41

(66.26)



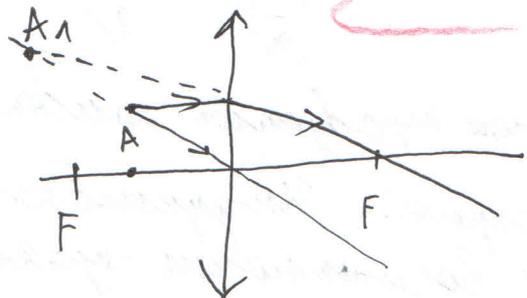
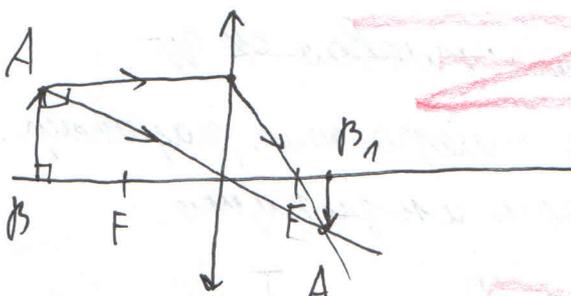
по формуле тонкой линзы:

Уравнения

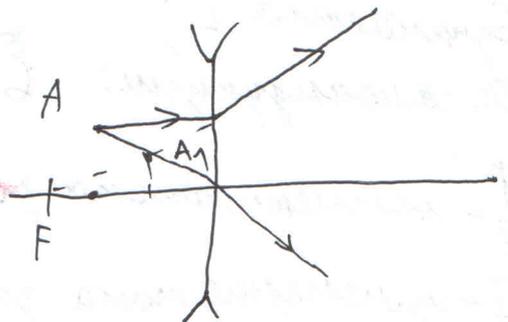
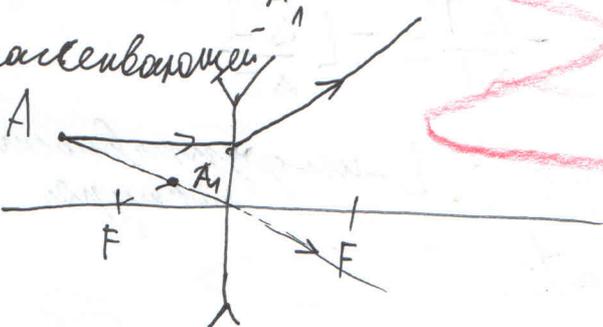
неизвестные:  $\alpha, \beta, F$  и  $f$ , — неизвестны, но к. 1 — частный случай к. 2, который имеет одно решение ( $\beta \in (0; \frac{\pi}{2}]$ ) тогда  $F = 8$ .

Ответ: 8 см.

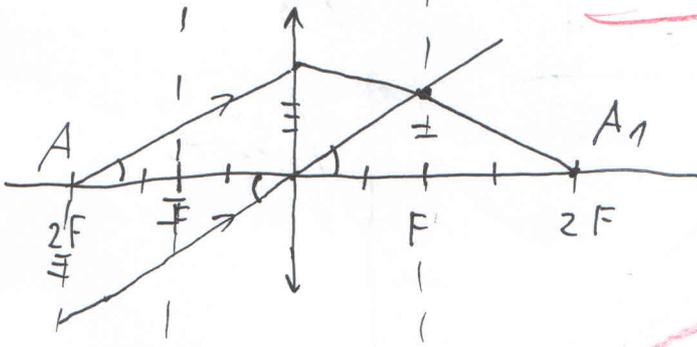
Вопросы: в обратном:



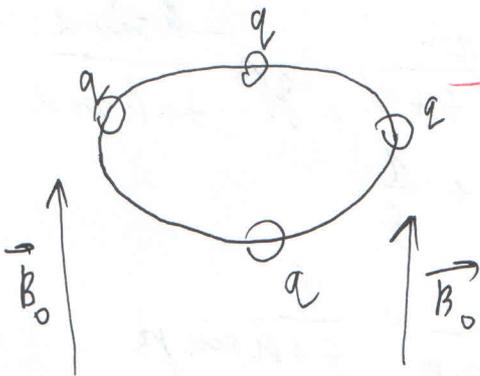
вращающей



Умножим:



Задача № 3



Дано:  $B_0 = 100 \text{ Тл}$

$q = 10^{-7} \text{ Кл}$

$n = 8 \frac{\text{кадров}}{\text{сек С}}$

$m = 10 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 10^{-2} \text{ г}$

$N$  - ? наименьшее

Заметим, что  $n$  кадры делает  $n$  кадров за  $s$ , т.е. каждую  $\frac{1}{n}$  с ситуация должна повторяться, т.е. кольцо поворачивается на  $\frac{2\pi}{N}$  радиан, тогда  $\omega = \frac{\frac{2\pi}{N}}{\left(\frac{1}{n}\right)} = \frac{2\pi n}{N}$  - угловая скорость,

тогда предельно наибольшая угловая  $\omega$ .

Вопросы: Индуктивность - мера тела, параметр. его возмозможность проявлять индукцию.

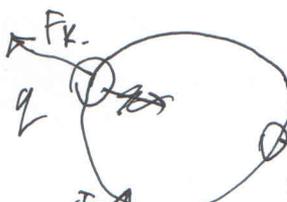
обозначается  $L$ ;  
ЭДС самоиндукции:  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  *Эд. изм?*

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  - изменение потока за  $\Delta t$ ;  $L$  - индуктивность контура;  
 $\Delta I$  - изменение тока за  $\Delta t$ .

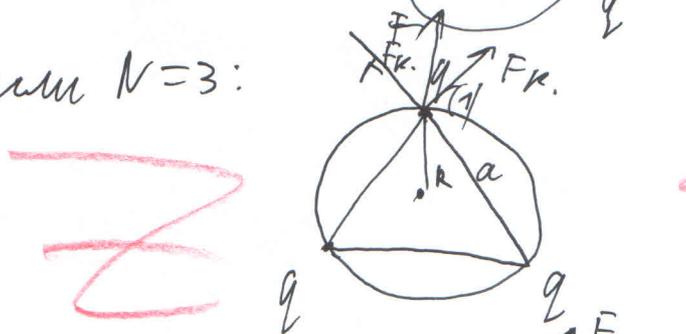
Чистовик.

Заметим, что если  $N \leq 0$ , то тогда маятник вообще не будет вращаться.

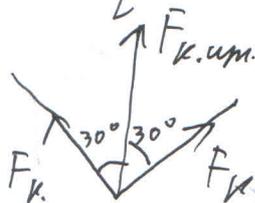
если  $N = 1$ , то маятник не будет вращаться

если  $N = 2$ :  но  $F_k$  уравновесит друг друга и вращение не будет.

если  $N = 3$ :



для (1):  $F_{k.итогов.}$



$$F_{k.итоговая} = 2F_k \cdot \cos 30^\circ = F_k = \frac{kq^2}{R^2}$$

~~не будет вращательной силы.~~

если  $N = 4$ :



аналогично вращение нет.

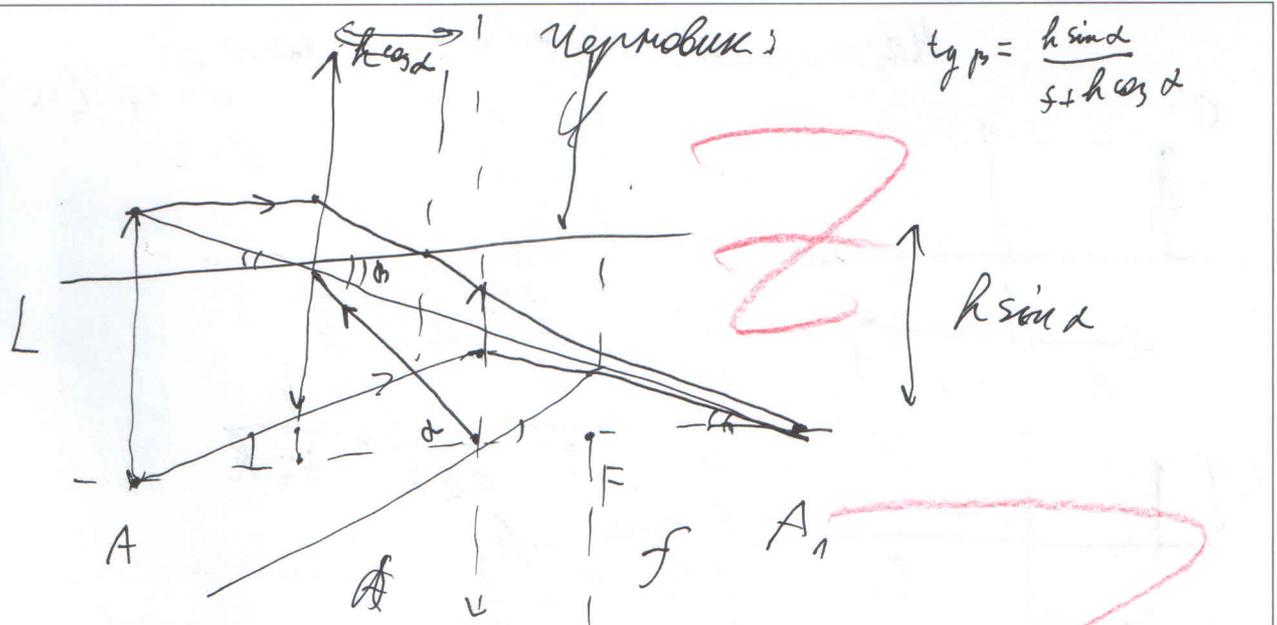
если  $N = 5$ , то вращение есть

$$M = F_{k.ит.} \cdot R = \frac{3m\omega^2}{R} = \frac{kq^2}{R} \quad \omega^2 = \frac{kq^2}{3m}$$

$$\omega = q \sqrt{\frac{k}{3m}} = \frac{2\pi n}{N}$$

$$N = \frac{2\pi n \sqrt{3m}}{q \sqrt{k}}$$

— Ответ.



$$\text{tg } \alpha = \frac{h \sin \alpha}{f + h \cos \alpha}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d - h \cos \alpha} + \frac{1}{f + h \sin \alpha} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{L}{f + d} = 1 + \frac{1}{\cos^2 \alpha} f, \alpha$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{L - f - d}{f}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{6}{f + 24}$$

$$\frac{1}{24 - 2 \cos \alpha} + \frac{1}{f + 2 \sin \alpha} = \frac{1}{24} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{24 - 2 \cos \alpha} - \frac{1}{24} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f + 2 \sin \alpha} =$$

$$= \frac{24 - 24 + 2 \cos \alpha}{24(24 - 2 \cos \alpha)} = \frac{2 \sin \alpha}{f(f + 2 \sin \alpha)}$$

$$f + 24 = \frac{6}{\text{tg } \alpha}$$

$$f = \frac{6}{\text{tg } \alpha} - 24;$$

$$f(f + 2 \sin \alpha) = \frac{6 \cdot 24(24 - 2 \cos \alpha)}{f + 24}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{L}{f + d} = \frac{L - h \sin \alpha}{d - h \cos \alpha}$$

$$\frac{L(d - h \cos \alpha)}{L - h \sin \alpha} = f + d$$

$$f = \frac{6(24 - \cos \alpha)}{3 - \sin \alpha} - 24$$

$$f = \frac{6(24 - 2 \cos \alpha)}{6 - 2 \sin \alpha} - 24$$

$$M = F_v \cdot R = \frac{R^2 V^2}{R}$$

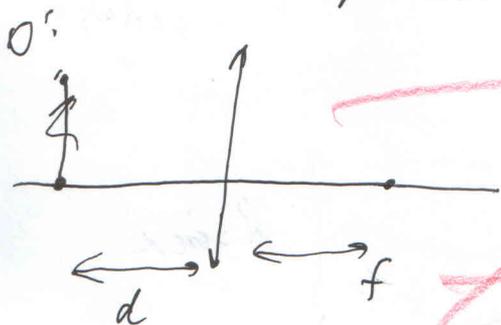
Черновики.

F - ?

Решено:

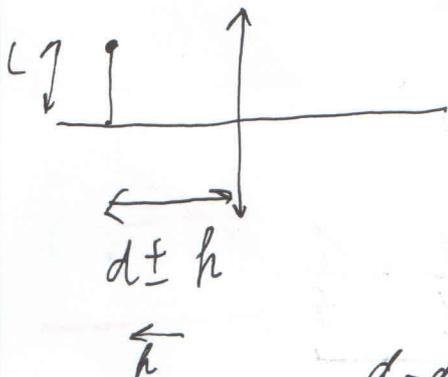
$d = 24 \quad L = 6$

$h = 2$



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

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



1. пусть  $-h$ .

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

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

$$\frac{d-d+h}{d(d-h)} = \frac{1}{d-h} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f+h} = \frac{f+h-f}{f(f+h)}$$

$$f^2 + fh = d^2 - dh$$

$$f^2 + 2f = 24^2 - 24 \cdot 2 = 5$$

$$(20 \pm 4)^2 = 400 \pm 16 + 160 = 576$$

$$= 24 \cdot 22$$

$$\begin{array}{r} 576 \\ - 48 \\ \hline 528 \end{array}$$

$$f^2 + 2f - 24 \cdot 22 = 0$$

$$22(22+2) - 24 \cdot 22 = 0$$

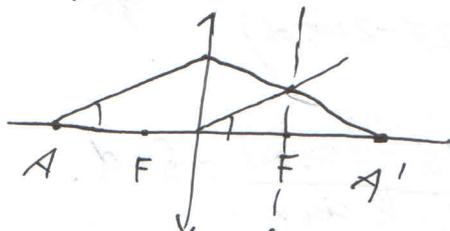
$$\begin{cases} f = 22 \\ f = -24 \end{cases}$$

$$f = 22$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{24} + \frac{1}{22} = \frac{46}{22 \cdot 24}$$

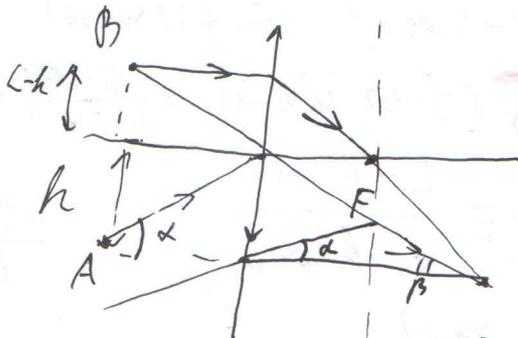
$$F = \frac{22 \cdot 24}{46} = \frac{11 \cdot 24}{23} = 11 + \frac{11}{23}$$

2. пусть  $+h$ :



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{f} = \frac{L}{d+f}$$



$$dh + hf = Lf$$

$$f(L-h) = dh$$

$$f = \frac{dh}{L-h}$$

$$f = \frac{24 \cdot 2}{6-2} = 12$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

$$F = 8$$

Чертовш.

$$\frac{v_0 - v_1}{v_2} = 1$$

$$v_0 = v_1 + v_2$$

$$k = \frac{2v_1 + v_2}{v_2} = ?$$

$$\frac{\mu v_2^2}{2} = \frac{k x_m^2}{2} \quad x_m = v_2 \sqrt{\frac{\mu}{k}}$$

$$v_2 = \frac{x_m}{\sqrt{\mu}} = \frac{3,73}{8,3} = 0,45$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} x_m = v_1 \frac{2}{3} T \quad x_m = \frac{4}{3\sqrt{3}} T v_1 = v_2 \sqrt{\frac{\mu}{k}}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 984}{3095,9} = 0,39$$

$$18 \cdot 3,5 = 36 + 18 + 9 = 63$$

$$\frac{1}{v_2} = \frac{3\sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{k}}}{4T} = \frac{3\sqrt{3} \cdot W}{W \cdot 4 \cdot 2\pi} = \frac{3\sqrt{3}}{8\pi}$$

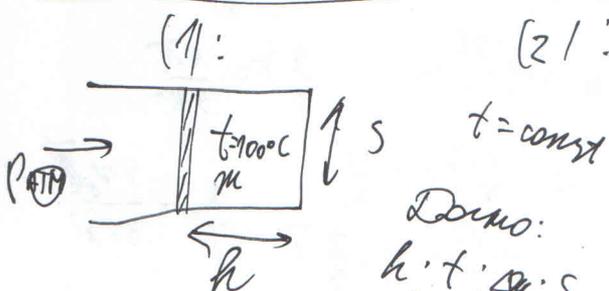
$$W = \sqrt{\frac{k}{\mu}} = 30 \cdot 10^2 = 3000$$

$$k = 1 + \frac{6\sqrt{3}}{8\pi} = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,433$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4} = ?$$

$$1,5 \cdot 1,5 = 2,25$$



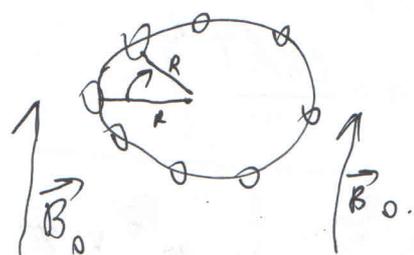
Доказано:  
 $h \cdot T \cdot \Delta s \cdot S$   
 $P_0, \mu, g, R,$

$$1: P_0 \cdot h S = \frac{m}{\mu} R T$$

$$2: (P_0 + \rho g)(k \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T$$

$$\frac{1,9}{u} = \frac{0,7}{2} \approx 0,35$$

за  $\frac{1}{8}$  с кольцо  
 поверачив. мо.  $\frac{2\pi}{N}$  рад.



$m = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$   
 $\rho = 10^4 \text{ кг/м}^3$   
 $B_0 = 100 \text{ Тл}$   
 $n = 8 \text{ магн. с.}$

$$\epsilon = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

момент заставило кольцо  
 крутиться - ?

$$\Delta \varphi = B_0 \cdot S = B_0 \pi R^2$$

момент в кольце мен.  
 1. N-метром

$$t = \frac{1}{8} \text{ с} \quad S = \frac{2\pi}{N}$$

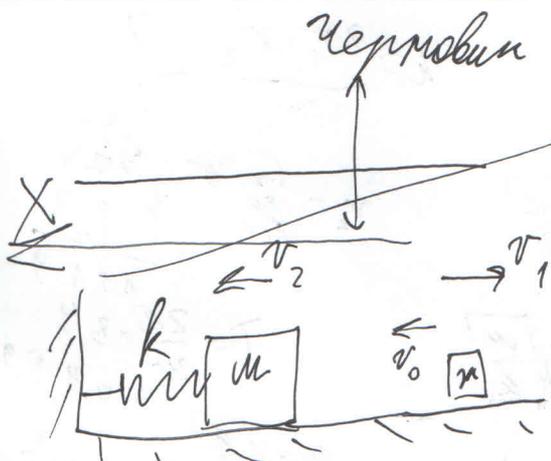
$$\omega R = W = \frac{S}{t} = \frac{2\pi \cdot 8}{N} = \frac{16\pi}{N} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$



$$m v_1 + m v_2 = m v_2 - m v_1$$

$$\frac{32}{54} - 1 = \frac{54 - 32}{54} = \frac{22}{54}$$

$$3,5 \cdot 18 \cdot 10^2 - 8,3 \cdot 3,73 \cdot 0,1 = 32 \cdot 10^2$$



Доказано:  $\frac{M}{m}$ ?

1. изначально пружина не деформирована.
2. Так как удар упругий, по ЗСЭ и ЗСМ:  $Mv_2 = m(v_0 + v_1)$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2}$$

$$mv_0 = Mv_2 - mv_1$$

$$\frac{v_0}{v_2} = \frac{v_0 + v_1}{v_2}$$

для тела M:  $x = x_m \sin(\omega t) = x_m \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2} x_m$

повторяется  $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{2}{3}T = \frac{4\pi}{3\omega}$

$$\frac{kx_m^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2} = v_1^2 \cdot \frac{2}{3}$$

$$\sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{x_m \sqrt{3}}{2} = v_1 \cdot \frac{2}{3} T \Rightarrow \frac{x_m}{T} = \frac{4v_1}{3\sqrt{3}}$$

$$\frac{x_m^2}{T^2} = \frac{Mv_2^2}{k} = \frac{16v_1^2}{27} \Rightarrow \frac{Mv_2^2}{2} = \frac{16v_1^2 k}{27 \cdot 2} = \frac{8k}{27} v_1^2$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = v_1^2 \left( \frac{m}{2} + \frac{8k}{27} \right)$$

$$v_2^2 = \frac{16kT^2}{27M} v_1^2$$

$$x_m^2 = \frac{Mv_2^2}{k} = \frac{16v_1^2 T^2}{27}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = v_1^2 \left( m + M \cdot \frac{16kT^2}{27k} \right) = v_1^2 \left( m + \frac{16kT^2}{27} \right)$$

$$v_{cm} = x_m \omega \cdot \cos(\omega t) = x_m \frac{2\pi}{T} \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = x_m \cdot \omega \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \Rightarrow v_{cm} = -\frac{x_m \omega}{2}$$

$$\frac{Mv_2^2}{2} = \frac{Mv_{cm}^2}{2} + \frac{kx_{cm}^2}{2} \quad \text{м пружины}$$

$$x_m \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = v_1 \cdot \frac{2}{3} T$$

$$\frac{M}{m} v_2^2 \pm v_0^2 - v_1^2 = \frac{v_0^2 - v_1^2}{v_2^2} = \frac{v_0 + v_1}{v_2} = \frac{(v_0 + v_1)(v_0 - v_1)}{v_2^2}$$