



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Артемиева Артёма Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*выход 16.04. Киселюк
возврат 16.07. Киселюк*

Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

04-86-37-69
(65.16)

Черновик

822

(0051119)

1 7 15
2 6 18
3 4 15
4 10 15

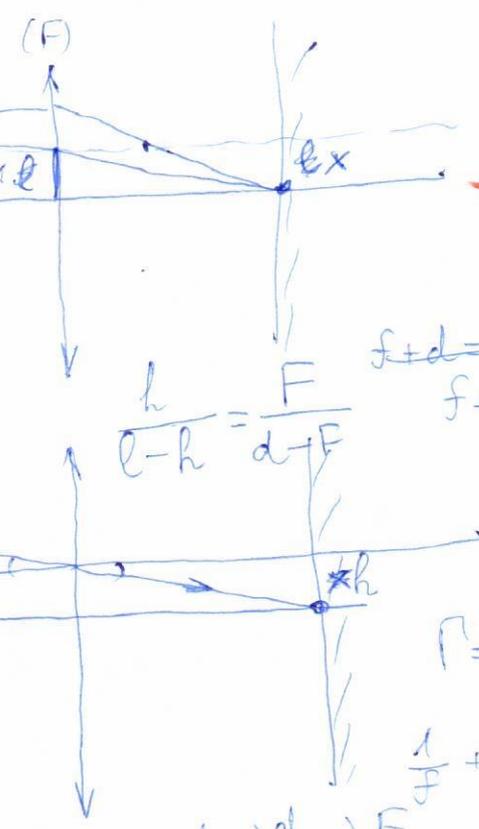
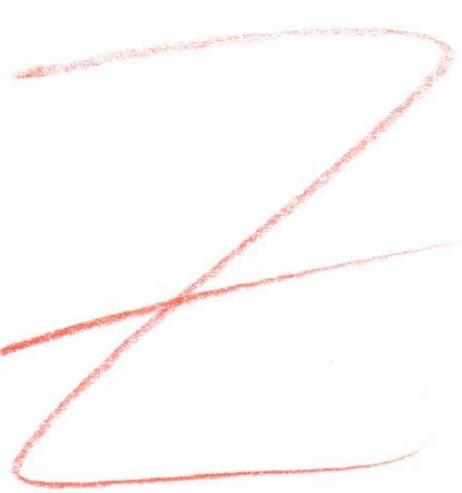
Мамба

120
x 15

600
120

1800

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



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

$$f+d = f+d = d$$

$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

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

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

$$F = \frac{fd}{d}$$

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

$$\frac{1}{F} = \frac{d-F}{Fd}$$

$$(d-d)(d-F) = Fd$$

$$zd - zF - d^2 + dF = Fd$$

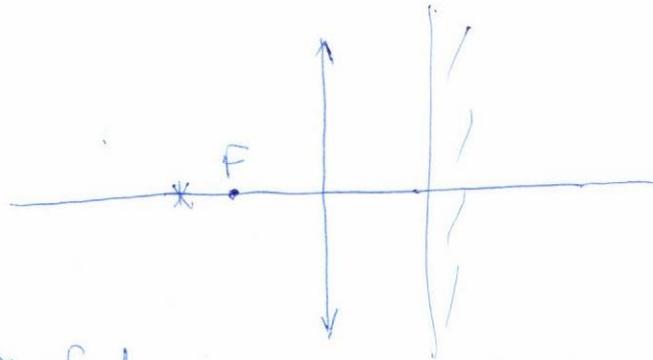
$$d^2 + zF$$

$$d^2 - zd + zF = 0$$

$$D = z^2 - 4zF = 4F^2$$

$$d = \frac{z + \sqrt{z^2 - 4zF}}{2}$$

$$= \frac{30 + \sqrt{30^2 - 4 \cdot 30 \cdot 15}}{2}$$



$$z = f + d$$

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

$$4F^2$$

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

$$f = \frac{F}{d-F} = \frac{F}{x}$$

$$Fd = (d-F)(z-d)$$

$$Fd = dz - d^2 - Fz + Fd$$

$$d^2 - dz + Fz = 0$$

$$\Delta = z^2 - 4Fz$$

$$4F^2 - 8F^2 = -4F^2$$

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

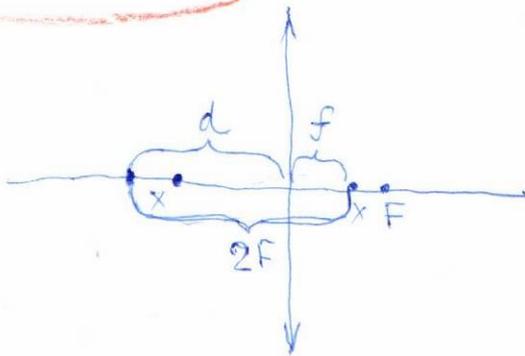
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = 2F - d$$

$$Fd = 2Fd - 2F^2 - d^2 + dF$$

$$2F^2 + d^2 - 2Fd = 0$$

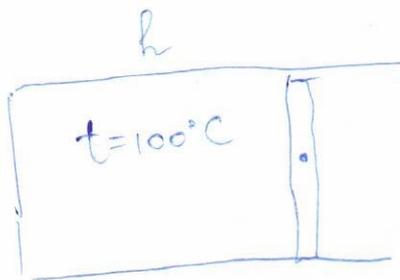
$$\Delta = 4F^2 - 8F^2 = -4F^2$$



Число

04-86-37-69
(65.16)

Черновик.

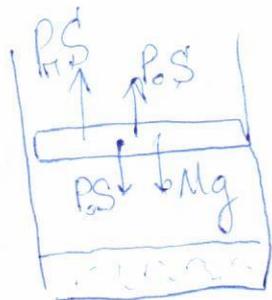


$$P_0 = P + P$$

$$P = P_0$$

$$P_0 S h = \nu_0 R T$$

$$T = \text{const} \quad \frac{(Mg + P_0 S)}{S} h_2 = P$$



$$2) PS = Mg + P_0 S$$

$$P_0 S h = \nu_0 R T$$

$$(Mg + P_0 S) h_2 = \left(\nu_0 - \frac{m}{\mu}\right) R T$$

$$P_0 V = \nu R T$$

$$P_0 V_1 = (\nu - \nu_0) R T$$

$$\odot = (\nu - \nu_0) R T$$

$$h_1 = \frac{\left(\nu - \frac{\Delta m}{\mu}\right) R T}{P_0 S + Mg}$$

$$h = \frac{\nu R T}{P_0 S}$$

$$\Delta h = h - h_1 = \frac{\nu R T P_0 S - \frac{\Delta m}{\mu} R T P_0 S}{P_0 S (P_0 S + Mg)}$$

$$h - h_1 = \frac{\nu R T P_0 S + \nu R T Mg - \frac{\Delta m}{\mu} R T P_0 S}{P_0 S (P_0 S + Mg)}$$

$$10^3 + 100 = \frac{RT \left(\nu Mg + \frac{\Delta m}{\mu} P_0 S \right)}{P_0 S (P_0 S + Mg)}$$

$$h_1 = P_0 S h - \frac{\Delta m}{\mu}$$

$$100 \cdot 0,35 - \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 373$$

35

$$100 \cdot 0,35 - \frac{0,1}{18} \cdot 8,31 \cdot 373$$

(16)

100 |

$$\begin{array}{r} 373 | 18 \\ - 36 \quad | 20, \\ \hline 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ - 16 \\ \hline 29 \end{array}$$

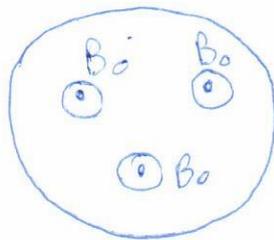
Черновик

$$L = \frac{Q}{m} = \frac{d\mu}{k\Gamma}$$

(n)

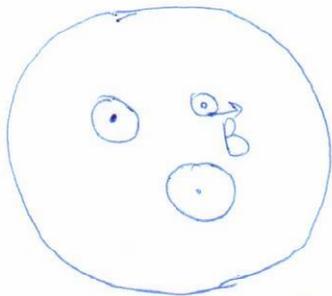
$$c^{-1}$$

$$n =$$



Z

Ed



$$\Phi = B \cdot S$$

$$d\Phi = -\dot{\Phi} \cdot S$$

$$d\Phi = -\dot{\Phi} = -(B - 0) \dot{S} =$$

$$d\Phi = -\dot{\Phi} = -(B - 0) \dot{S} =$$

$$B = k\dot{B}$$

$$d\Phi = -\frac{dB}{dt} S$$

v

$$Ed \cdot EdL$$



$$E \cdot 2\pi R$$

$$E \cdot 2\pi R =$$

$$E \cdot 2\pi R$$

$$E \cdot 2\pi R = \dot{B}$$

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

$$E = \dot{B}$$

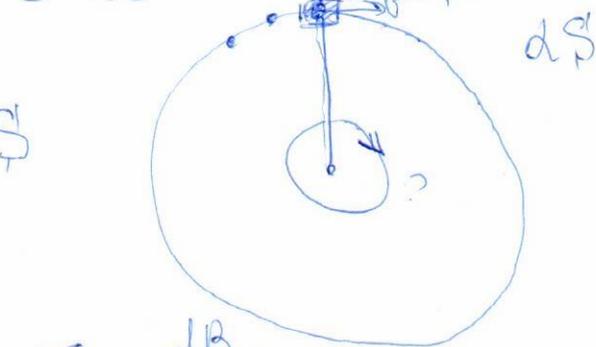
$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{v}$$

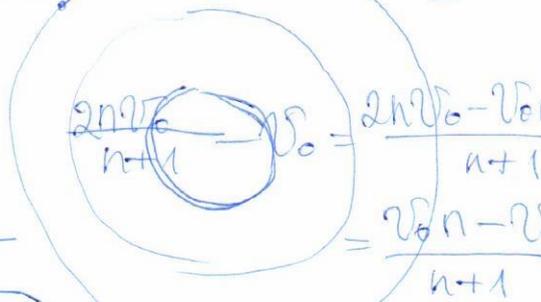
$$d\Phi = -\frac{dB}{dt} S =$$

$$= -\frac{dB \cdot S}{dt}$$

$$v_2 = \frac{2v_0}{n+1}$$



$$d\Phi = -\frac{dB}{dt} S \cdot 2\pi R^2$$



$$\frac{2\pi R v_0}{n+1} - v_0 = \frac{2\pi R v_0 - v_0 n - v_0}{n+1} =$$

$$= \frac{v_0 n - v_0}{n+1}$$

$$v_0^2 = (n v_2 - v_0)^2 + n v_2^2$$

$$v_0^2 = n^2 v_2^2 - 2n v_2 v_0 + v_0^2 + n v_2^2$$

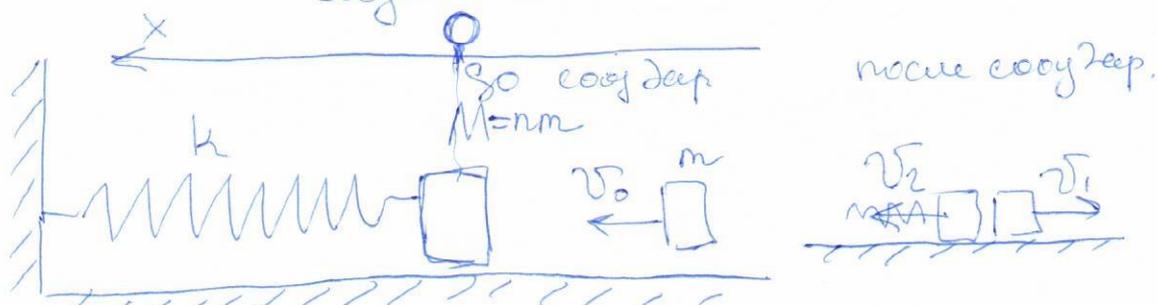
$$v_2 n (n+1) = 2n v_0$$

Заг Мистовик
 Ответ ^{вопрос к} как в задаче 2:

40 200?

Виды парообразования: испарение, кипение, сублимация. Удельная теплота парообразования - ~~необходимая~~ величина, характеризующая количество теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг вещества, чтобы оно перешло в газообразное состояние. Обозначается буквой L_0 и измеряется в $[\frac{Дж}{кг}]$, $T, P = const$

Задача 1



ЗСИ для абсолютно упругого удара. ОХ:

$$m v_0 = -m v_1 + M v_2 \text{ или } m v_0 = -m v_1 + n m v_2 +$$

$$v_0 + v_1 = n v_2 \dots (1)$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{n m v_2^2}{2} +$$

$$v_0^2 = v_1^2 + n v_2^2 \dots (2)$$

Так как вначале брусок M находился в положении равновесия, то в процессе колебаний его координата описывается выражением $x = X_0 \sin \omega t$, где X_0 - амплитуда колебаний. Координата бруска в момент времени $(t = t_2)$, когда M ^{брусок} достиг m равна

$$x = X_0 \sin \frac{5}{8} \omega T = X_0 \sin \frac{5}{8} 2\pi = X_0 \sin \frac{5\pi}{4} = -\frac{\sqrt{2}}{2} X_0$$

Найдем амплитуду из ЗСЭ.

$$\frac{n m v_2^2}{2} = \frac{k X_0^2}{2} \Rightarrow X_0 = v_2 \sqrt{\frac{n m}{k}} \Rightarrow X = -\frac{\sqrt{2}}{2} v_2 \sqrt{\frac{n m}{k}} +$$

7

Методик

Задача 1 (продолжение)

Так как на брусок m сил не действовало \Rightarrow
 \Rightarrow он все время движется с постоянной
 скоростью. В момент t_2 ($t = t_2$ (второго
 соударения)) брусок m прошел путь равной
 $l = |x| = \frac{\sqrt{2}}{2} v_2 \sqrt{\frac{nm}{k}}$ за время равное $\frac{5}{8} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} =$
 $= \frac{5}{4} \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Для постоянного движения

$$l = v_1 t \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} v_2 \sqrt{\frac{nm}{k}} = v_1 \cdot \frac{5}{4} \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} v_2 = \frac{5}{4} v_1 \pi$$

$$2\sqrt{2} v_2 = 5 v_1 \pi \dots (3)$$

Возвратимся к уравнениям (1) и (2)

$$(1): v_0 + v_1 = n v_2 \Rightarrow v_1 = n v_2 - v_0 = \frac{2v_0 n}{n+1} - v_0 =$$

$$(2): v_0^2 = v_1^2 + n v_2^2 = \frac{2v_0 n - v_0 n - v_0}{n+1} =$$

$$v_0^2 = (n v_2 - v_0)^2 + n v_2^2$$

$$v_0^2 = n^2 v_2^2 - 2n v_2 v_0 + v_0^2 + n v_2^2$$

$$2n v_0 = n^2 v_2 + n v_2$$

$$2v_0 = v_2 (n+1)$$

$$v_2 = \frac{2v_0}{n+1} \dots (4)$$

$$(5), (4) \rightarrow (3): 2\sqrt{2} \cdot \frac{2v_0}{n+1} = \frac{5v_0(n-1)}{n+1} \pi$$

$$4\sqrt{2} = 5\pi(n-1)$$

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

Ответ: $\approx 1,4$

Черновик

N

$$d\mathcal{E} = - \frac{dB}{dt} q$$

$$U = Ed$$

$$Q = Nq$$

$$E \Delta l = d\mathcal{E}$$

$$N \cdot N \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = F \cdot m$$

$$E \Delta l = - \frac{dB}{dt} q$$

$$E \Delta l = - \frac{dB}{dt} q$$

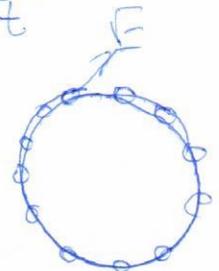
$$E \Delta l = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$E = \frac{\mathcal{E}}{2\pi r} = \frac{\pi r^2 \dot{B}}{2\pi r} = \frac{\dot{B} r}{2} = \frac{\Delta B r}{2 \Delta t}$$

$$m a = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = E \cdot q$$

$$Nq - Nq$$

$$m \Delta v =$$



$$d\mathcal{E} = - \frac{dB}{dt} q$$

$$\frac{d(m \Delta v)}{\Delta t q} = - \frac{dB}{dt} q$$

$$E \Delta l = \dot{B} r^2$$

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

$$\frac{\Delta B r}{2 \Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t q}$$

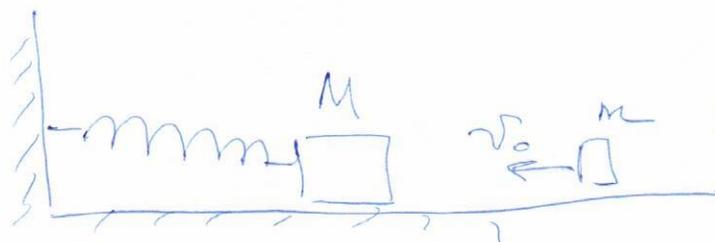
$$E = \frac{\dot{B} r}{2}$$

$$\omega = \frac{\dot{B}}{t}$$

$$\frac{\Delta B q}{2m} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$T =$$

$$\frac{5}{8} T \cdot \frac{E \Delta B r^2 N}{\Delta t} q = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



$$\omega \Delta r = \Delta v$$

$$\omega = \sqrt{\frac{B q}{2m}}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M v_2^2}{2}$$

$$v^T = x \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$m v_0 = m v_1 + M v_2$$

$$\frac{\dot{B} r}{2} q = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

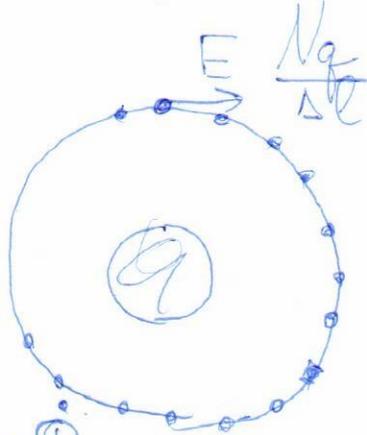
$$m v_0^2 = m v_1^2 + M v_2^2$$

$$1 \cdot (1) v_0 v_1 \quad \square \times \frac{1}{q}$$

$$\frac{6,8}{15} + 1$$



Чертовик



$$E =$$

$$\frac{Nq E}{2\pi r}$$

$$\frac{Nq}{2\pi r} E = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$E = \dots ma + kx = 0 \quad E = \frac{\epsilon}{2\pi r} = \frac{B \mu_0 I}{2\pi r} =$$

$$E = Edl$$

$$x = A \sin \omega t + B \cos \omega t = \frac{Br}{2}$$

$$\frac{Nq}{2\pi r} \frac{Br}{2} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$x = A \sin \omega t = A \sin \frac{5}{4} \omega t = -\frac{\sqrt{2}}{2} A$$

$$\omega r = \Delta v$$

$$\omega = \frac{\Delta v}{\Delta r}$$

$$x = A \sin \omega t = -\frac{\sqrt{2}}{2} A$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$x = \sqrt{\frac{M}{k}} v$$

~~$m v_0 = m v_1$~~
 $v_0 + v_1 = m v_2$
 $v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$
 $v_0^2 = k v_2^2$

$$\frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} v}{v_0} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

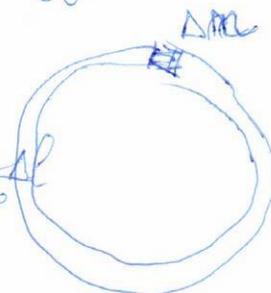
$$M = \Delta \omega$$



$$M = B I S$$

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{Br}{2} \frac{Q \mu_0 I}{2\pi r}$$

$$M \neq I m$$



Чистовик

Ответ на вопрос задачи 1.

Гармоническими называются колебания, у которых координата тела в любой момент времени зависит от времени по гармоническому закону. $x(t) = X_0 \sin(\omega t + \varphi)$ или $x(t) = X_0 \cos(\omega t + \varphi)$ где

X_0 - амплитудное значение ~~колебаний~~ ^{разно} максимальной

- ⊕ Амплитуда колебаний - отклонение тела от положения равновесия
- Фаза колебаний - ~~в~~ промежуток времени, в течение которого тело переходит из одного амплитудного положения в другое. ⊖

Задача 3

Ответ на вопрос: закон электромагнитной индукции: Величина ЭДС, которая образуется в замкнутом контуре, который пронизывается магнитным полем, равна ~~производной~~ ^{скорости} магнитного потока ~~изменению~~ ^{магнитного потока} с отрицательным знаком.

Формула?

Правило Ленца: ~~Величина магнитного поля,~~

~~Вектор магнитного поля, индуцированного~~
~~Вектор магнитного поля, индуцированного~~ ^{замкнутого}
проводником с током, направлен против возможного ^{изменения} изменения индукции поля, которое пронизывает этот проводник.



Чистовик Задача 3

В момент выключения магнитного поля на каждую булавку действует сила, равная

$F_{эл} = Eq$ 2 Закон Ньютона для булавки:

$$ma = Eq \Rightarrow m \frac{d\omega}{dt} = Eq \quad (1)$$

Закон электромагн. индукции.

$$\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = -\frac{dB}{dt} S = -\frac{dB}{dt} \pi r^2$$

$$\mathcal{E} = E \cdot 2\pi r \Rightarrow |E \cdot 2\pi r| = \frac{dB}{dt} \pi r^2$$

$$E = \frac{dB \pi r^2}{2\pi r dt} = \frac{dB r}{2 dt} \quad (2)$$

$$(1) \rightarrow (2) : m \frac{d\omega}{dt} = \frac{dB r}{2 dt} q$$

$$m \Delta\omega = \frac{dB q r}{2} \Rightarrow \Delta\omega = \frac{dB q r}{2m}$$

изменение угловой скорости для одной булавки.

Продумировав изменение угл. скорости для всех булавок получим $\Delta\omega_{об} = N \frac{dB q r}{2m}$

уст. угловая скорость $\omega = N \frac{B_0 q r}{2m} \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{N B_0 q r}{4\pi m}$
 ν - частота

По условию

$$n = 8 = \frac{N B_0 q r}{4\pi m}$$

$$32\pi m = N B_0 q r$$

$$B_0 = \frac{32\pi m}{N q r}$$

Ответ! $B_0 = \frac{32\pi m}{N q r}$

Мисювик

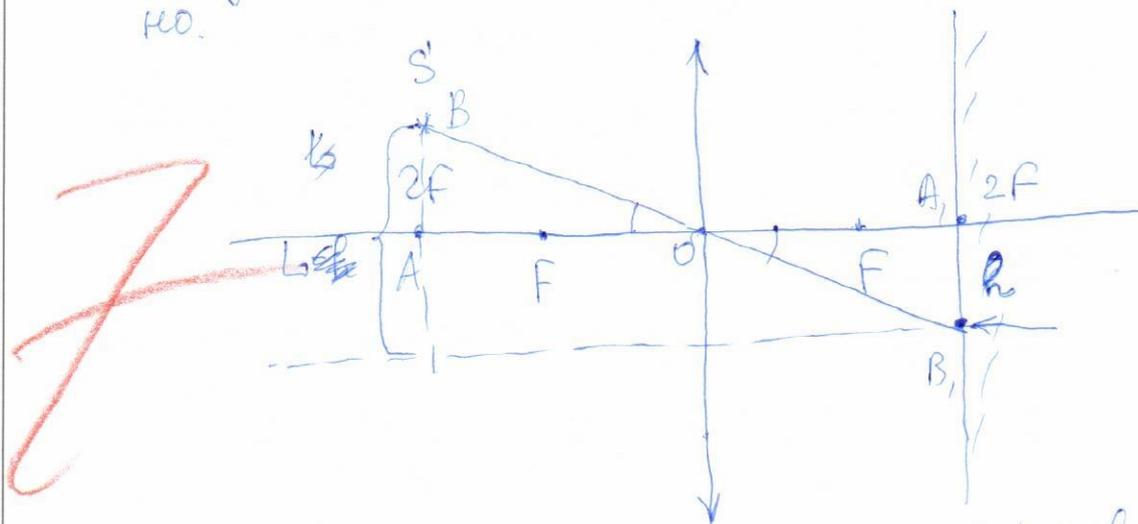
Задача 4.10.2

По формуле тонкой линзы

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

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} \quad (\text{трекера})$$

После передвижения источника и линзы перпендикулярно их оптической оси Γ должно остаться таким же. Следовательно -



Так как из-за подобия ΔOAB и $\Delta OA'B'$, видно,

$$\text{что } \Gamma = \frac{h}{b-h} = \frac{F}{d-F} \Rightarrow hd - hF = FL - Fh$$

$$hd = FL \Rightarrow h = \frac{FL}{d}$$

на
Ответ: 4 см

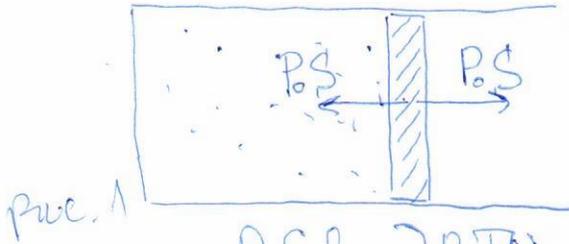
$$h = \frac{FL}{d} = \frac{15 \cdot 8}{30} = 4 \text{ см}$$

Ответ на вопрос. Линзы называются тонкими, если их радиусы кривизны их поверхностей намного больше их поперечных размеров (ширины). Фокусное расстояние линзы - расстояние между линзой и фокусом линзы - точкой, в которой пересекаются все преломлённые лучи, изначально параллельные главной оптической оси линзы, при условии, что линза находится в одно-

родной среде.

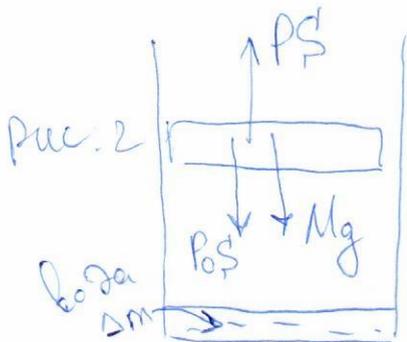
Чистовик

Оптическая сила линзы = величина, обратная ее фокусному расстоянию, (Вопрос 4 (продолжение))
 увеличивается в диаметрах.
 Задача 2



Вначале суммарное давление сухого воздуха и пара было равно P_0 .
 З-н. Менделеева-Клапейрона.

$P_0 S h = \nu R T$ где ν - молярное количество вещества.



Условие равновесия поршня в конечном состоянии
 $PS = P_0 S + Mg \Rightarrow P = \frac{P_0 S + Mg}{S}$
 где P - суммарное давление в конечном состоянии.

Ур-ие Менделеева-Кл. в конечном состоянии (рис. 2)

~~$P_0 S h_1 = (\nu - \nu_B) R T$~~ , где $\nu_B = \frac{\Delta m}{\mu}$

$(P_0 S + Mg) h_1 = \nu R T - \frac{\Delta m}{\mu} R T$ (2)

$h = \frac{\nu R T}{P_0 S}$, $h_1 = \frac{\nu R T - \frac{\Delta m}{\mu} R T}{P_0 S + Mg}$

$\Delta h = h - h_1 = \frac{\nu R T P_0 S + \nu R T Mg - \nu R T P_0 S + \frac{\Delta m}{\mu} R T P_0 S}{P_0 S (P_0 S + Mg)} =$

Вычитаем из (1) уравнение (2) получаем

~~$P_0 S h - P_0 S h_1 - M g h_1 = \frac{\Delta m}{\mu} R T \Rightarrow h_1 = \frac{P_0 S h - \frac{\Delta m}{\mu} R T}{P_0 S + M g}$~~

~~$\Delta h = h - h_1 = h - \frac{P_0 S h - \frac{\Delta m}{\mu} R T}{P_0 S + M g} = \frac{M g h - \frac{\Delta m}{\mu} R T}{P_0 S + M g} =$~~

~~$= \frac{35 - 16}{...}$~~

Ответ: ~~$\frac{M g h - \frac{\Delta m}{\mu} R T}{P_0 S + M g}$~~