0 393103 140002

39-31-03-14
(65.28)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов ~~по физике~~
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Кунца Максима Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

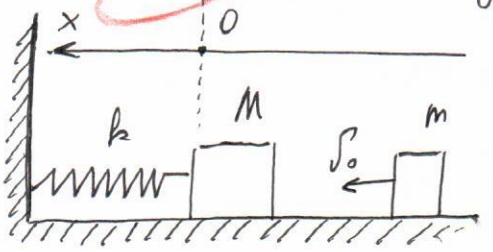
Подпись участника

Дата
«21» февраля 2020 года

39-31-03-14 (65.28)

Чистовик

Задача 1.1.2



1) • Во-первых замечу, что т.к. трения отсутствует, то пружина в начальный момент не деформирована

• Запишем ЗСЭ и ЗСИ для момента соударения (ЗСИ в проекции на ось x):

$$\begin{cases} mv_0 = Mu_0 - mv_1 & +2 \\ \frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu_0^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} & +2 \end{cases}$$

здесь v_1 и u_0 – скорости брусков массами m и M соответственно сразу после соударения

$$\begin{cases} m(v_0+v_1) = Mu_0 \\ m(v_0^2-v_1^2) = Mu_0^2 \end{cases}$$

т.к. $v_0 \neq -v_1$, ибо от >0, то можно поделить второе ур-ие системы на 1-ое (да и вообще $v_0 \neq v_1$, т.к. иначе бы $u_0=0$)

$$v_0 - v_1 = u_0 \Rightarrow m(v_0+v_1) = M(v_0-v_1) \Rightarrow v_1 = \frac{v_0(M-m)}{m+M} \Rightarrow$$ +2

$$\Rightarrow u_0 = \frac{2v_0 m}{m+M} \Rightarrow \frac{v_1}{u_0} = \frac{M-m}{2m} \quad (1)$$

2) Запишем ЗСЭ для бруска M в момент колебаний:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{M\dot{x}^2}{2} = const \quad | \text{ продиф. по времени}$$

$$kx\dot{x} + M\ddot{x}\dot{x} = 0 \quad | \cdot \frac{1}{M\dot{x}}$$

$$\ddot{x} + x\frac{k}{M} = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow \text{период колебаний } T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$ +1

3) • Пусть τ – время, за которое брусок массой M догонит:

$$\tau = \frac{5}{8}T = \frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

• Найдём амплитуду колебаний бруска M: $\frac{x_0^2 k}{2} = \frac{Mu_0^2}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow x_0 = u_0\sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow x(t) = u_0\sqrt{\frac{M}{k}}\cos(\omega t + \varphi_0), \text{ где } \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$$ +1

т.к. $x(0)=0$ и для $t \in (0; \frac{T}{4})$: $x(t) > 0$

• Т.к. брусок M догонит m, то в момент времени τ их координаты по x равны:

1	7	9	11
2	8	10	12
3	15	14	13
4	16	15	14
5	17	16	15
6	18	17	16
7	19	18	17

Чистовик 6DL

$x_m(\tau) = X(\tau)$

$$-v_1 \tau = u_0\sqrt{\frac{m}{k}}\cos(\omega\tau) = u_0\sqrt{\frac{m}{k}}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot\frac{5}{4}\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}\right)$$

$$-v_1\cdot\frac{5}{4}\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = u_0\sqrt{\frac{m}{k}}\cos\left(\frac{3}{4}\pi\right)$$

$$\frac{5}{4}\pi v_1 = u_0\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \Rightarrow \frac{v_1}{u_0} = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi} \quad (2)$$

4) Объединяя ур. (1) и (2) имеем:

$$\frac{v_1}{u_0} = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi} = \frac{M-m}{2m}, \quad 4\sqrt{2}m = 5\pi(M-m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{M}{m} = \boxed{\frac{4\sqrt{2}+5\pi}{5\pi}}$$

Ответ: $n = \frac{4\sqrt{2}+5\pi}{5\pi}$ (+)

Вопрос 1.1.2

1) Гармонические колебания – это свободные колебания, подчиняющиеся или sin

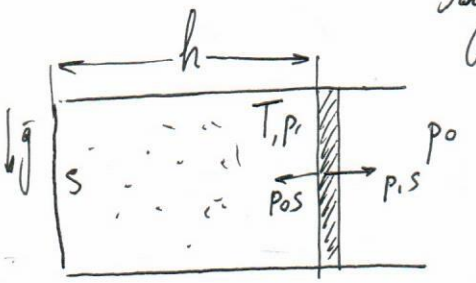
4

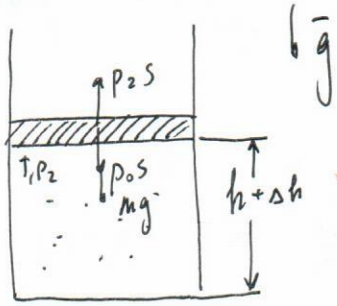
2) • Амплитуда – ~~[illegible]~~ модуль максимального отклонения колеблющейся величины от положения равновесия 2

• Фаза гармонических колебаний – ~~[illegible]~~ ~~величина от которого колебания~~ ~~[illegible]~~ ~~однозначна~~ угол отклонения от положения равновесия

1

Задача № 2.4.2





1) • Пусть T – это температура t в Кельвинах

• Запишем 2-ой з-н Ньютона для поршня, когда он неподв

расположен горизонтально) $p_1 S = p_0 S \Rightarrow p_1 = p_0$, где p_1 – ~~давление~~ изначальное давление смеси воздух + пары воды

• Аналог. 2-ой з-н Ньютона для конечного состояния системы для поршня:

$$p_2 S = p_0 S + Mg \Rightarrow p_2 = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

Т.к. система находится в равновесии (~~т.е~~ т.е в том числе пар и вода пребывают в термодинамич. равновесии), то давление паров воды равняется p_0

3) Запишем ~~з~~ з-н Менделеева-Кл. для начального и конечного состояний системы:

$$\begin{cases} p_1 h S = \nu_1 RT \\ p_2 (h+\Delta h) S = (\nu_1 - \nu_в) RT \end{cases}$$

, где $\nu_в$ – кол-во сконденс. воды, $\nu_в = \frac{\Delta m}{\mu}$

Отсюда имеем:

$$p_2 (h+\Delta h) S = p_1 h S - \nu_в RT$$

$$(p_0 S + Mg)(h+\Delta h) = p_0 h S - \frac{\Delta m RT}{\mu}$$

$$Mgh + Mg\Delta h = -\frac{\Delta m RT}{\mu} - p_0 \Delta h S$$

$$\Delta h (Mg + p_0 S) = -\frac{\Delta m RT}{\mu} - Mgh$$

$$\Delta h = \frac{-\frac{\Delta m RT}{\mu} - Mgh}{p_0 S + Mg} = \Big|$$ т.к. ~~единицы СИ~~ величины Δm дана без указания единиц СИ, я предполагаю, что

$$\Delta m = 0{,}1 = \Big| = \frac{-1}{10^{-2} \cdot 10^5 + 10^2} \cdot \left(\frac{10^{-4} \cdot 8{,}3 \cdot 373}{0{,}018} + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}35 \right) =$$

$$= \cancel{-\frac{1}{11} \left(\frac{8{,}3 \cdot 373}{18 \cdot 10^{-2}} + 3{,}5 \cdot 10^{-2} \right) = -\frac{8{,}3 \cdot 373}{11 \cdot 18 \cdot 10^{-2}} = -\frac{3085{,}9}{11 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}}$$

$$= -\frac{1}{11} \left(\frac{8{,}3 \cdot 373}{18 \cdot 10^3} + 0{,}35 \right) = -\frac{1}{191 \cdot 10^3} \cdot (3095{,}9 + 350) =$$

$$= -\frac{3445{,}9}{191 \cdot 10^3} \approx -0{,}016 \text{ м} = \boxed{-1{,}6 \text{ см}}$$

Ответ: поршень сместился вниз на $|\Delta h| \approx 1{,}6$ см

14б

Вопросы 2. и. 2

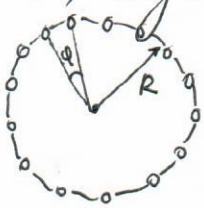
1) • Кипение – бурное парообразование, когда давление насыщ. паров равно атмосферному
• Объемное – парообразование, которое выражается в вылете некоторых молекул из тонкого слоя, контактирующего с воздухом. Имеет место при любой температуре

2) Удельная теплота парообразования – это кол-во теплоты, которое необходимо подвести, чтобы испарить 1 кг жидкого вещества в изотермическом процессе

95

Задача 3.7.2

1) При изменении потока, пронизывающего контур (в данном случае это кольцо), возникает вихревое эл. поле. Найдем импульс, который это вихревое поле придаст одной частице за промежуток времени, когда B_0 убывало до 0.



$$-\dot{\Phi} = \oint_{\Gamma} E_{cd}\, dl$$

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

$$-\frac{dB\pi R^2}{dt} = 2\pi E R$$

$$-\int_0^{\tau} dB \cdot \pi R = \int_0^{\tau} 2\pi E \cdot dt$$, где τ – время, которое поле B убывало

$$\pi B_0 R = 2\pi E \tau \Rightarrow m v = F\tau = Eq\tau = q\frac{B_0 R}{2}$$

+

2) Т.к. требуется, чтобы на видео кольцо покоилось и чтобы B_0 было минимальным, то для достижения этих условий за время между двумя кадрами τ_0 ($\tau_0 = \frac{1}{n}$) кольцо должно повернуться на угол, равный углу φ под которым видно кусок кольца между соседними частицами ($\varphi = \frac{2\pi}{N}$)

Тогда угловая скорость вращения кольца равна:

$$\omega = \frac{\varphi}{\tau_0} = \frac{2\pi n}{N}$$

С другой стороны:

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

$$\Rightarrow \frac{2\pi n}{N} = \frac{v}{R} = \frac{qB_0R}{2mR} = \frac{qB_0}{2m}$$

$$\boxed{B_0 = \frac{4\pi m n}{qN} \approx 100{,}5\ \text{Тл}}$$

39-31-03-14
(65.28)

Ответ: $B_0 =$ ~~[illegible]~~ ~~50,[illegible]~~ 100,5 Тл

Вопросы 3.7.2

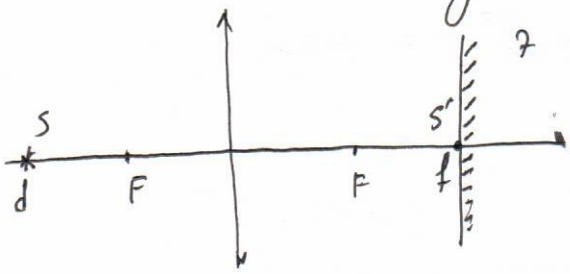
$\mathcal{E} \neq \Delta\Phi$?

1) ЭДС индукции, возникающая в контуре равна изменению потока через этот контур, взятому со знаком минус, ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~

−

2) Независимо от причин, вызывающих изменение потока магнитной индукции через контур, индукционный ток возникающий в контуре создаёт поток через контур, препятствующий этому изменению

Задача № 4.10.2

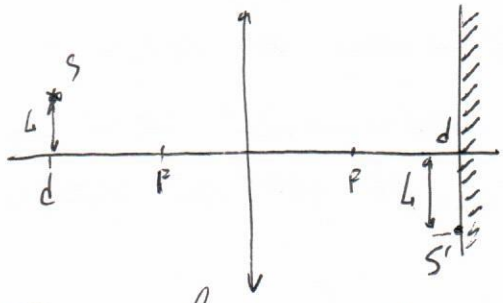


1) Найдём на каком расстоянии от линзы расположен экран

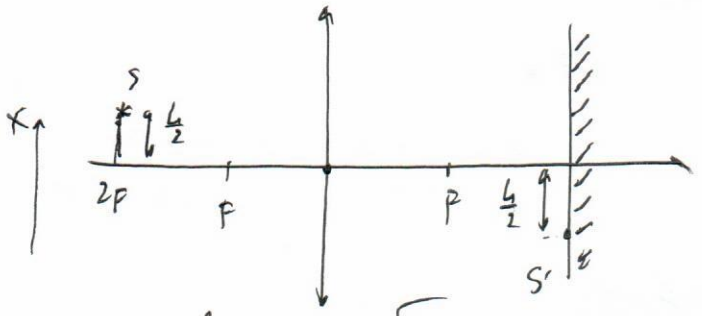
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} =$$

~~[illegible]~~ $= 30$ см

2) Заметим, что $d = 2F$ и $f = d \Rightarrow$ поперечное увеличение $\Gamma = \frac{f}{d} = 1$, ~~[illegible]~~ Тогда при смещении источника на L перпендикулярно главной оптической оси, изображение тоже сместится на L по экрану, но в противоположную сторону:

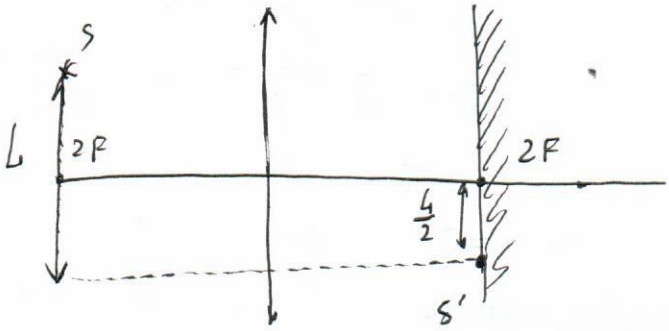


Тогда очевидно, то если сместить линзу в том же направлении, то и источник по на $\frac{L}{2}$, то и изображение источника приблизится к главной оптической оси на $\frac{L}{2}$:



Т.е. если сдвинуть линзу на $\frac{L}{2}$ перпендикулярно главной оптической оси в направлении смещения S, то в ЛСО изображение сместится на $\Delta C_x = \Delta C_x^{линз} + \Delta C_x^{ист}$, где $\Delta C_x^{линз}$ – смещение линзы по x, а $\Delta C_x^{ист}$ – смещение источника относ линзы. Т.к $\Delta C_x^{ист} = -\frac{L}{2}$, $\Delta C_x^{линз} = \frac{L}{2}$, то $\Delta C_x = L \Rightarrow$ изображение вернётся в исходную точку.

Ответ: линзу нужно переместить перпендикулярно главной оптической оси в направлении смещения источника на $h = \frac{L}{2} = 4$ см.



Вопрос 4.10.2

1) Тонкая линза – линза, радиусы кривизны которой много больше размеров самой линзы. (то для которой выполняется приближение параксиальной оптики) ±

2) • Фокусное расстояние – расстояние от линзы до точки в которой пересекается параллельный пучок лучей, падающий на линзу параллельно её главной оптической оси ±

• Оптическая сила линзы – величина обратная фокусному расстоянию: $D = \frac{1}{F}$ знак, размерность ±

Черновик

$x_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

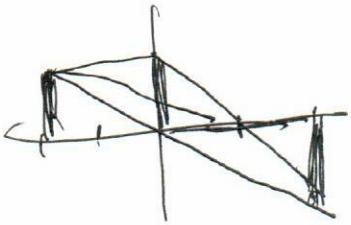
$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$ $\quad t = \frac{2}{8}T = \frac{2\pi}{4\omega} = \sqrt{\frac{M}{k}}\pi \Rightarrow$

$\Rightarrow x(t) = x_0 \cos(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\pi) = x_0$

$x(\frac{4}{8}T) = x_0 \cos(\pi + \frac{1}{2}\pi) = 0$

$\frac{2\pi}{\omega} \cdot \frac{5}{8} = \frac{5}{4}$ $\quad x(\frac{5}{8}T) = x_0 \cos(\frac{5}{4}\pi + \frac{1}{2}\pi) = \cos(\frac{7}{4}\pi) =$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times\ 3{,}14 \\ \hline 128 \\ 132 \\ 96 \\ \hline 100{,}48 \end{array} \approx 100{,}5$$



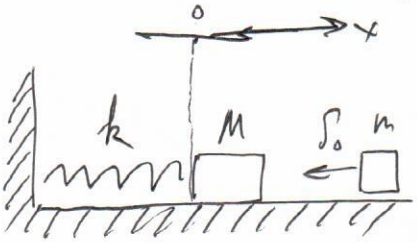
$$\frac{2v_0 Mm}{M+m} - \frac{mv_0(M-m)}{M+m} =$$

$$= \frac{2v_0 Mm - \cancel{mv_0 M} + m^2 v_0}{M+m} =$$

$$= \frac{v_0(m+M)}{M+m} =$$

Черновик

①



$$\cdot \begin{cases} -mv_0 = mv_1 - Mu_0 \\ \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu_0^2}{2} \end{cases}$$

1) $\cdot \quad \frac{kx^2}{2} + \frac{M\dot{x}^2}{2} = const \quad | \text{ диф. по } t$

$$kx\dot{x} + M\dot{x}\ddot{x} = 0$$

$$\ddot{x} + x\frac{k}{M} = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\cdot \tau = \frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{5}{8}T$$

2) $\cdot \quad x_m = v_1\tau$

$$x_M = -x_0\cos(\omega\tau)$$

$$\cdot \frac{kx_0^2}{2} = \frac{Mu_0^2}{2} \Rightarrow x_0 = u_0\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\Rightarrow x_m(\tau) = x_M(\tau)$$

$$v_1\tau = -u_0\sqrt{\frac{M}{k}}\cos(\omega\tau)$$

$$\frac{5}{4}v_1\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = -u_0\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\cdot\frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}\right)\cdot\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\frac{5}{4}v_1\pi = -u_0\cos\left(\frac{5}{4}\pi\right) = -u_0\cos\left(\pi+\frac{\pi}{4}\right) = +u_0\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$\frac{5}{4}v_1\pi = u_0\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \frac{v_1}{u_0} = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi}$$

3) $\cdot \begin{cases} -mv_0 = mv_1 - Mu_0 \\ mv_0^2 = mv_1^2 + Mu_0^2 \end{cases}$

$$\begin{cases} m(v_0^2 - v_1^2) = Mu_0^2 \\ m(v_0 + v_1) = Mu_0 \end{cases} \Rightarrow \text{т.к. } v_0 \neq v_1, \text{ то}$$

$$v_0 - v_1 = u_0$$

$$\cdot \quad m(v_0+v_1) = M(v_0-v_1) \Rightarrow v_1 = \frac{v_0(M-m)}{m+M} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_0 = \frac{mv_0 + Mv_0 - Mv_0 + mv_0}{m+M} = \frac{2mv_0}{m+M}$$

Чернов вт

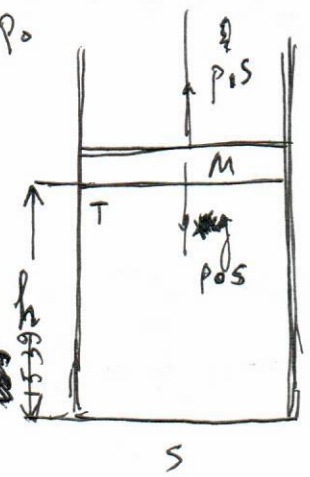
4) Отсюда: $\frac{\Gamma_1}{\mu_0} = \frac{M-m}{2m} = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi}$

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

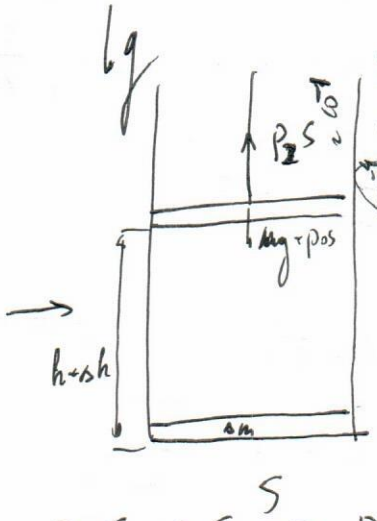
$5\pi M = (4\sqrt{2}+5\pi)m \Rightarrow n = \boxed{\frac{M}{m} = \frac{4\sqrt{2}+5\pi}{5\pi}}$

$191 \times 12 = 1382$, $191 \cdot 2 = 382$, 2292

② p_0 $\to g$



$\to$



$\frac{10^{-4}}{10^{-1}}$ $\frac{8{,}5\cdot 375}{18}$

$\frac{1}{1100}\left(\frac{10^{-4}\cdot 8{,}5\cdot 375}{9\cdot 10^{8}} + 0{,}55\right) = \frac{1}{11}\left(\frac{8{,}5\cdot 375}{18} + 0{,}55\right) = \frac{1}{11}\cdot\frac{1}{191}\cdot(3085{,}9+6{,}5) =$

$3445{,}9 \div 191 = 18$, $191 \times 18 = 3438$, -191, -536, -382

1) В горну положим: $p_0S = p_1S \Rightarrow p_1 = p_0$

• $p_2S = Mg + p_0S$; $p_2 = p_n^2 + p_e^2$, т.к. это полож. равновесия $p_n = p_0 \Rightarrow p_e^2 = \frac{Mg}{S}$

• $hS(p_e^2 + p_n^1) = \nu_2 RT = (h+\Delta h)S(p_e^2 + p_0) +$

$\frac{3085{,}9+350}{191\cdot 10^3} =$

$800+720=1520$

$700+637=1337$

$$\begin{cases} hSp_0 = \nu_1 RT \\ (h+\Delta h)S\left(\frac{Mg}{S}+p_0\right) = \left(\nu_1 - \frac{\Delta m}{\mu}\right)RT \end{cases}$$

$hSp_0 - \frac{\Delta m RT}{\mu} = (h+\Delta h)S\left(\frac{Mg}{S}+p_0\right)$

$\frac{1}{11}\left(\frac{8{,}5\cdot 375}{18\cdot 1000}\cdot 0{,}35\right) = \frac{3445{,}9}{191\cdot 10^3} \approx$

$3445{,}9 \div 191 = 17{,}0$, $191 \times 17 = 3247$, -191, -1536, -1528, 7

$$hSp_0 - \frac{\Delta m R T}{\mu} = hS\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right) + \Delta h S\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right)$$ Чистовик

$100\,см^2 = 0{,}01\,м^2$

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

$$\Delta h = \frac{1}{(Mg + Sp_0)} \cdot \left(-\frac{\Delta m R T}{\mu} - hMg\right) =$$

$$= \frac{1}{100 + 1000} \cdot \left(\frac{100}{18} \cdot 8{,}3 \cdot 373 - 0{,}35 \cdot 10 \cdot 10\right) =$$

$$= \frac{1}{110}\left(\frac{8{,}3 \cdot 373}{18} - 0{,}35\right) =$$

$$\frac{3085{,}9 - 63}{11 \cdot 18} = \frac{3085{,}9}{191} \approx \boxed{-12\,см}$$

$$\frac{3085{,}9}{18 \cdot 10^{-2}} + \frac{35 \cdot 10^{-4} \cdot 18}{18 \cdot 10^{-2}} \approx$$

$$\frac{16{,}1}{10^{-2}} = 1610\,м$$

$$\begin{array}{r|l} 3085{,}9 & 191 \\ -191 & 16{,}1 \\ \hline 1169 & \\ -1146 & \\ \hline 236 & \end{array}$$

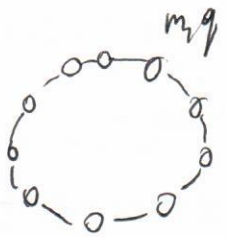
$$\begin{array}{r|l} 3085{,}90 & 191 \\ -191 & 16{,}20 \\ \hline 390 & \\ -382 & \\ \hline 800 & \end{array}$$

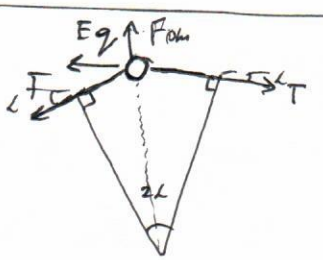
$$\begin{array}{r} 373 \\ \times\ 83 \\ \hline 1119 \\ 2984 \\ \hline 30959 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 373 \\ \times\ 83 \\ \hline 1119 \\ 2974 \\ \hline 30859 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 35 \\ \times\ 18 \\ \hline 280 \\ 35 \\ \hline 0{,}06\,30 \end{array}$$

$600 + 546$

---

③





1) $\oint E\,dl = \dot{\Phi}$

$$2E\pi R = \dot{B}_0 \cdot \pi R^2$$

$$2E\pi R\tau = B_0 \pi R^2$$

$$E = \frac{B_0 R}{2\tau}$$

дешифр

1) $2T\sin(\alpha) = F_{ам}$

• $Eq = \frac{m v^2}{R}$

$$\frac{B_0 R}{2\tau} q = \frac{m v^2}{R}$$

2) • $\tau_0 = \frac{60}{8} = \frac{15}{2}$ с

• $\omega \tau_0 = \frac{2\pi}{N}$

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau_0 N}$$

2) • $Eq\tau = mv$; $\frac{B_0 R q}{2} = mv \Rightarrow$

$$\Rightarrow v = \frac{B_0 R q}{2m}$$

• $\omega \cdot \frac{1}{N} = \frac{2\pi}{N}$; $\omega \tau_0 = \frac{2\pi}{N} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\tau_0 N} = \frac{v}{R} = \frac{B_0 q}{2m}$$

$B_0 = \frac{4m\pi}{T_0 N q} = \frac{4m\pi \cdot n}{N \cdot q} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 3{,}14 \cdot 8}{100 \cdot 10^{-7}} = 32 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{2}$

Чистовик

$= 100{,}5 \cdot 10^{3} \approx \boxed{10^{5}\ Тл}$

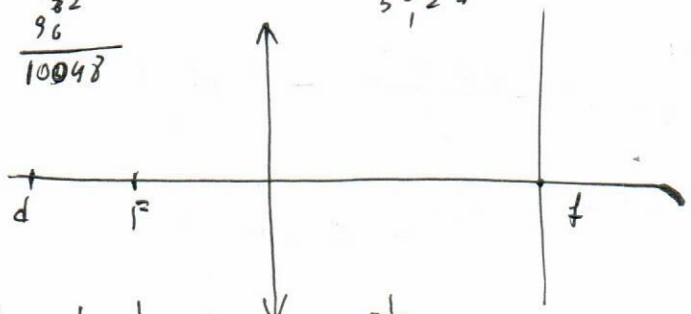
$\frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 3{,}14 \cdot 8}{100 \cdot 10^{-7}} = 32 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{2} = 10048$ Тл.

$32 \times 3{,}14 = 100{,}48$

$3{,}14 \times 16 = 50{,}24$

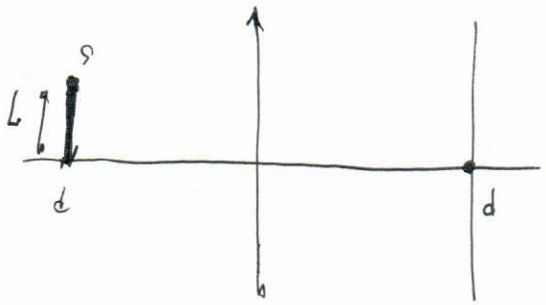
$16 \times 3{,}14 = 50{,}24$

4

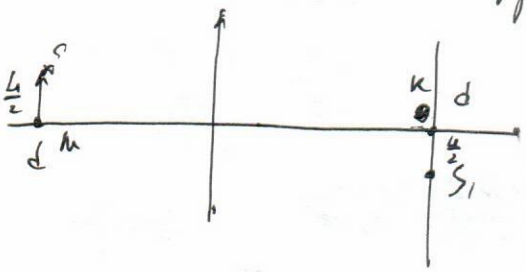


1) • $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} = \frac{Fd}{d - F} = \frac{15 \cdot 30}{15} = 30 = d$

•



• Т.к $\Gamma = \frac{b}{a}$, то для изображения линзы равно 1, то есть смещение линзы на $\frac{L}{2}$ вверх вдоль



Т.к $\Gamma = 1$, то $KS_1 = \boxed{MS = \frac{L}{2}}$

Чистовик