0 912519 940008

91-25-19-94
(3.6)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Курочкина Николая Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» 02 2015 года

Подпись участника
Кку

$\Delta = \lambda \cdot n$, n - целое

$\Delta = \sqrt{L^2 + \left(\frac{d}{2} + x\right)^2}$

$\frac{\lambda L N}{2H} = 1$ мм

$x = \frac{\lambda L}{2h}$

$2N = \frac{2H}{x_0}$

$N = \frac{H}{x_0}$ x_0 - расст. м(ду полосами

$\frac{H}{N} = \frac{\lambda L}{2h}$

$h = \frac{N \lambda L}{2H}$

$L^2 + \left(\frac{dh}{2h} \cdot \frac{\lambda L}{2h}\right)^2 = \Delta^2$

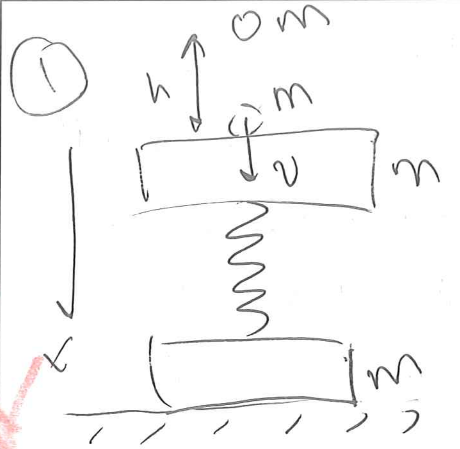
$L^2 + \frac{(dh \cdot \lambda L)^2}{4h^2} = \Delta^2$

черновик

91-25-19-94
(3.6)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	12	16	7	75

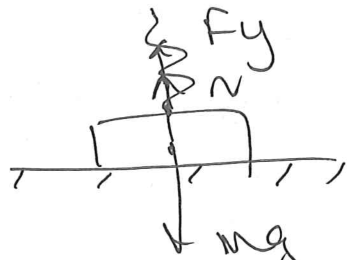
① чистовик



Пусть шарик m падает с высоты h, тогда в момент удара с верхней плитой он будет иметь скорость $v = \sqrt{2gh}$ (по З(Э)).

Запишем ЗСИ для шарика и верхней плиты:

Ox: $mv = 2m \cdot u \Rightarrow u = \frac{v}{2}$ – скорость их совместного движения вниз после прилипания шара. Дальше пружина будет сжиматься и тормозить 2m сверху и вдавливать в пол брусок m снизу. Так будет продолжаться до того момента, пока брусок с шаром не пройдут положение равновесия при движении вверх. После этого пружина начнёт растягиваться и будет действовать с силой $F_{упр}$ вверх на нижний брусок. Причём, чем выше поднимется тело 2m, тем больше будет растяжение пружины, а значит возможен отрыв нижнего бруска от пов-ти стола. В таком случае колебания не будут гармоническими, а значит критическому случаю гарм. колебаний отвечает ситуация, когда при макс. растяжении пружины, нижний брусок вот-вот оторвётся, т.е. в этот момент по II з. Н для него:



$F_y + N = mg$

$N = mg - F_y = 0 \Rightarrow$

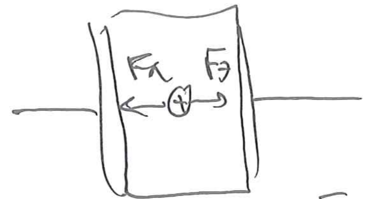
$F_y = mg = kx_m \Rightarrow$

$x_m = \frac{mg}{k}$ — максимально возможная деформация пружины. Запишем ЗСЭ для всей системы от момента прилипания шарика до момента макс. растяжения пружины на $x_m = \frac{mg}{k}$. При этом заметим, что в начале пружина деформирована (сжата) на

Чистовик

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

* дополнение к 3 задаче:



Также значение $\varepsilon_i = Bvd$ можно было получить, сказав, что в уст. режиме на ⊕ частицу в жидкости действуют $\vec{F_л}$ и $\vec{F_{эл}}$

$F_л = F_{эл} \Rightarrow qvB = qE \Rightarrow E = vB$ — поле в жидкости, причём $E = const \Rightarrow$

$U = Ed = Bvd$ — напряжение на R.

Получим тот же ответ.

Чистовик

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

в зазеркалье. Т.е. отражение света можно заменить на наложение двух источников расположенных симметрично отн-но зеркала.

$\Delta = \lambda n$, n – целое – условие максимума.

Пусть x – расстояние между полосами, тогда можно записать для двух источников:

$x = \frac{2H}{2N} = \frac{H}{N}$ (1)

Также из геометрии системы можно получить, что

$x = \frac{\lambda L}{2h}$ (2) ? – откуда?

Приравниваем (1) и (2)

$\frac{H}{N} = \frac{\lambda L}{2h} \Rightarrow \boxed{h = \frac{N\lambda L}{2H}}$

$h = \frac{\cancel{200}\cdot \overset{0,1}{\cancel{0,5}}\cdot 10^{-6}\cdot 1}{\cancel{2}\cdot 8\cdot 10^{-2}} = 10^{-3}$ м $=$ 1 мм

Ответ: $h = 1$ мм

чистовик

91-25-19-94 (3.6)

$x_0 = x_m = \frac{mg}{k}$ (по II з.Н. для верхнего бруска.)

$E_{пр_0} + E_{mg} + E_k = E_{пр_k} + E_{mg_k}$.

В конце $E_k = 0$, т.к. $x = x_{max}$.

$E_{пр_0} = \frac{kx_0^2}{2}$

$E_{пmg} = 0$.

за ноль $E_{пmg}$ выберем положение недеф. пр.

тогда $E_{mg_0} = -2mgx_0$.

$E_{mg_k} = 2mgx_m = 2mgx_0$

$E_{пр_k} = \frac{kx_m^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$.

Получаем:

$\cancel{\frac{kx_0^2}{2}} + (-2mgx_0) + \frac{2m}{2}u^2 = \cancel{\frac{kx_0^2}{2}} + 2mgx_0$

$\cancel{m}u^2 = 4\cancel{m}gx_0 \Rightarrow u^2 = 4gx_0 = 4g\cdot\frac{mg}{k}$

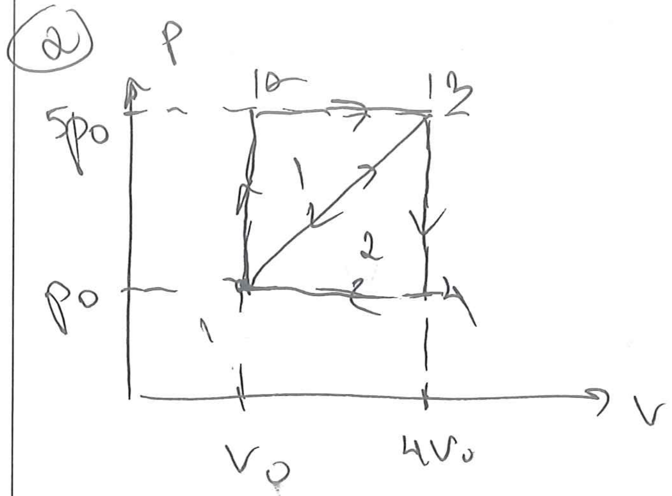
$u^2 = \frac{4mg^2}{k} \Rightarrow u = 2g\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$

$4g^2\frac{m}{k} = \frac{2gh}{4} \Rightarrow k = \frac{\overset{8}{\cancel{16}}mg^{\cancel{2}}}{\cancel{2g}h} = \frac{8mg}{h}$

Ответ: $k = \frac{8mg}{h_{max}} = \frac{8\cdot 0{,}1\cdot 10}{0{,}08} = 100\ \frac{Н}{м}$

чистовик

(2)



1) 1 – 2 – 3 – 1

2) 1 – 3 – 4 – 1

Рассмотрим процесс 1) –

Ясно, что

$Q_{н_1} = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{х_1} = Q_{3-1}$.

$\eta_1 = \frac{A_{ц_1}}{Q_{н_1}}$. $A_{ц_1}$ найдем как площадь фигуры внутри цикла.

$A_{ц_1} = \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \cancel{4}^{2} p_0 3V_0 = 6p_0V_0$.

$Q_{н_1} = Q_{12} + Q_{23} = C_V \nu \Delta T_{12} + C_p \nu \Delta T_{23} =$

$\cancel{= \frac{3}{2}\nu R\, 4p_0V_0 + \frac{5}{2}\nu R \cdot 5p_0 3V_0 =}$

$= \frac{3}{2}(\nu R T_2 - \nu R T_1) + \frac{5}{2}(\nu R T_3 - \nu R T_2) =$

$= \frac{3}{2}\cdot 4p_0V_0 + \frac{5}{2}\cdot 15p_0V_0 = \frac{87}{2}p_0V_0$

$\eta_1 = \frac{6p_0V_0\cdot 2}{87p_0V_0} = \frac{12}{87}$.

Теперь рассмотрим процесс 2.

Ясно, что $Q_{х_2} = Q_{34} + Q_{41}$. $Q_{н_2} = Q_{13}$

$\eta_2 = \frac{A_{ц_2}}{A_{ц_2} + |Q_{х_2}|}$

$A_{ц_2}$ – площадь фигуры внутри цикла:

$A_{ц_2} = \frac{1}{\cancel{2}}\cancel{4}^{2} p_0 \cdot 3V_0 = 6p_0V_0$ $\boxed{\text{Чистовик}}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$F_2 = \frac{25}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{20}}{\cancel{30}} = \frac{25}{3}$ см $\boxed{\text{Чистовик}}$

$\Gamma = \frac{F_2}{d - F_2} = \frac{\frac{25}{3}}{25 - \frac{25}{3}} = \frac{25}{75-25} = \frac{25}{50} = \frac{1}{2}$.

Где ответы в общем виде

В первом случае получили:

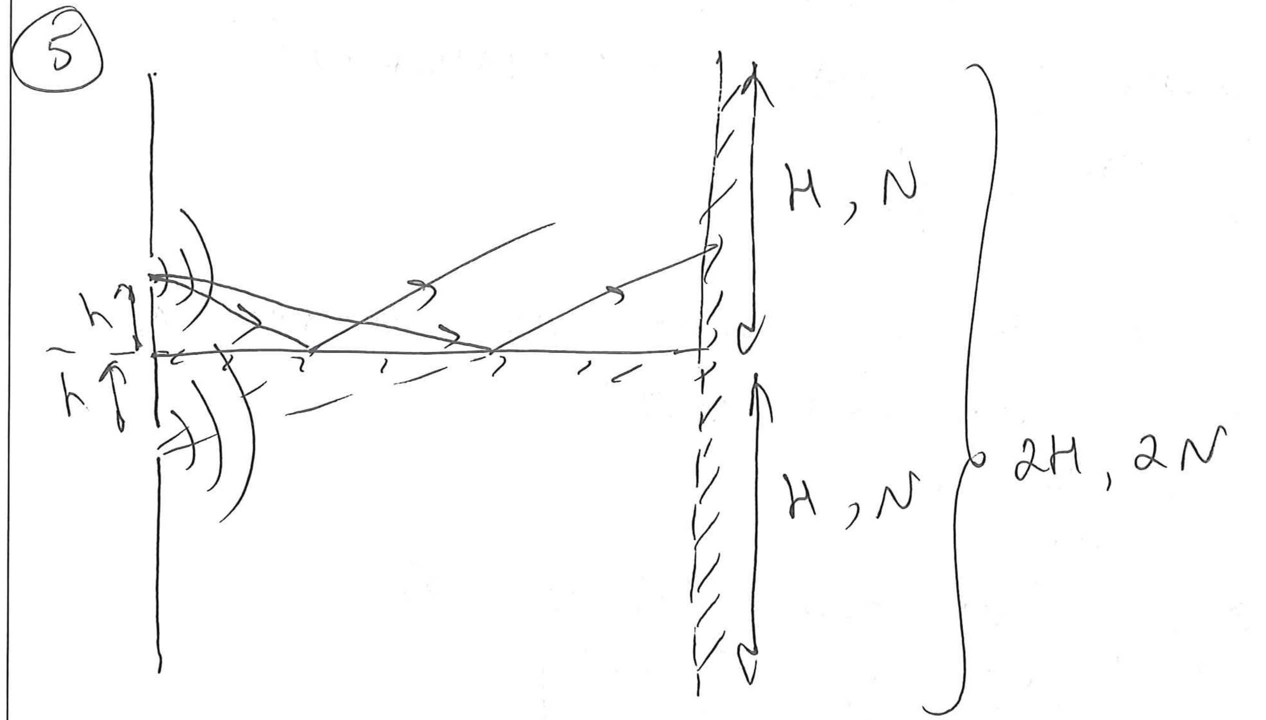
$\Gamma = 3$ – изобр. увеличенное

Во втором случае получили:

$\Gamma = \frac{1}{2}$ – изобр. уменьш.

Ответ: $\boxed{\Gamma_1 = 3;\ \Gamma_2 = \frac{1}{2} = 0,5}$

(5)



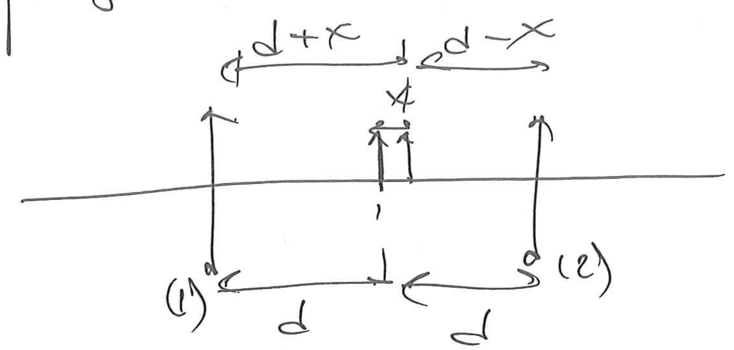
Заметим, что при отражении от зеркала, волны как будто выходят из источника, располо-женного на таком же расстоянии h от зеркала, но находящегося

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

Подставляем $F_2 = 18,75$ см и получаем $\Gamma = \frac{18,75}{25-18,75} = \frac{18,75}{6,25} = \frac{1875}{625} = \frac{75}{25} = \frac{3}{1} = 3$

Ответ: $\Gamma = 3$. (для 1-го случая)

Теперь предположим, что предмет сместили на x вправо



Проделаем те же действия:

$$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d+x} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_2} \end{cases}$$

$$\Gamma_1 = \Gamma_2 \Rightarrow \frac{f_1}{d+x} = \frac{f_2}{d-x} \Rightarrow f_2 = f_1 \cdot \frac{d-x}{d+x}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_1} \cdot \frac{d+x}{d-x} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d-x} + \left(\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d+x}\right)\frac{d+x}{d-x} =$$

$$= \cancel{\frac{1}{d-x}} + \frac{d+x}{F_1(d-x)} - \cancel{\frac{1}{d-x}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{d+x}{F_1(d-x)} \Rightarrow F_2 = F_1 \frac{d-x}{d+x} = \frac{d}{2} \cdot \frac{d-x}{d+x}$$

чистовик

91-25-19-94 (3.6)

$$Q_{x_2} = Q_{34} + Q_{41} = c_V \nu \Delta T_{34} + c_p \nu \Delta T_{41} =$$

$$= \frac{3}{2}(\nu R T_4 - \nu R T_3) + \frac{5}{2}(\nu R T_1 - \nu R T_4) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (-16 p_0 V_0) + \frac{5}{2}(-3 p_0 V_0) =$$

$$= -\frac{48}{2} p_0 V_0 - \frac{15}{2} p_0 V_0 = -\frac{63}{2} p_0 V_0$$

$$|Q_{x_2}| = \frac{63}{2} p_0 V_0$$

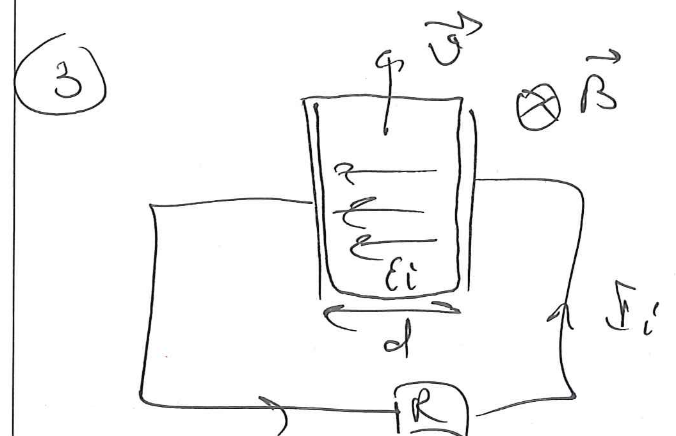
$$\eta_2 = \frac{6 p_0 V_0}{6 p_0 V_0 + \frac{63}{2} p_0 V_0} = \frac{6 p_0 V_0 \cdot 2}{75 p_0 V_0} = \frac{12}{75}$$

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\cancel{12}}{75} \cdot \frac{87}{\cancel{12}} = \frac{87}{75}$$

Ответ: $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{87}{75}$

чистовик

(3)



Жидкость — проводник. Известно, что при движении проводника в магнитном поле $\vec{B}$ на его концах возникает $\mathcal{E}_i = Bvl$, где l — длина проводника. $l = d \Rightarrow \mathcal{E}_i = Bvd$ (т.к. $P = P_{max}$, вода заполняет всё пространство). Через R потечёт ток $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{Bvd}{R}$

Мощность на нём:

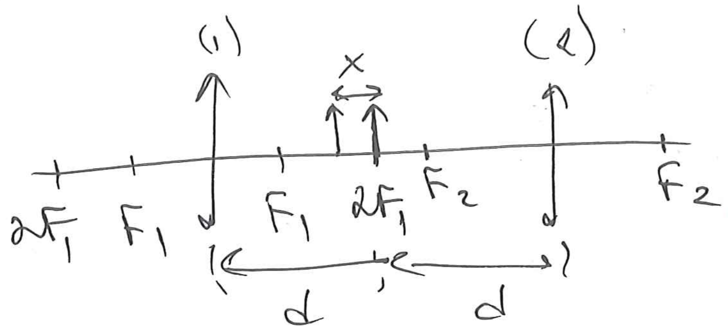
$$P = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} = \frac{B^2 v^2 d^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{PR}{B^2 d^2}}$$

$$\boxed{v = \frac{1}{Bd}\cdot\sqrt{PR}} = \frac{1}{1\cdot 0{,}4}\cdot\sqrt{10^{-3}\cdot 4\cdot 10^{-1}} =$$

$$= \frac{2}{0{,}4}\cdot 10^{-2} = \frac{2\cdot 10}{4}\cdot 10^{-2} = \underline{0{,}05\ \frac{м}{с}}$$

Ответ: $v = 0{,}05\ \frac{м}{с}$. ⊖ Не учел внутр сопр. 12б.

(4)



Ясно, что для (1) линзы предмет находится в двойном фокусе, т.к. в этом случае $f = d$ и $\Gamma = 1$. Покажем фокусы F_1 и F_2 на рисунке. Пусть предмет сместится на $x = 5$см влево, тогда запишем формулу тонкой линзы для (1) и (2):

$$\begin{cases} \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \\ \frac{1}{d+x} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}. \end{cases}$$

черновик

При этом по условию после смещения на x, $\Gamma_1 = \Gamma_2 \Rightarrow$

$$\frac{f_1}{d-x} = \frac{f_2}{d+x} \Rightarrow f_2 = f_1\cdot\frac{d+x}{d-x}.$$

Подставим f_2 в ФТЛ:

$$\begin{cases} \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x} \quad (*) \\ \frac{1}{d+x} + \frac{1}{f_1}\cdot\frac{d-x}{d+x} = \frac{1}{F_2} \quad (**) \end{cases}$$

$(*) \to (**)$:

$$\frac{1}{d+x} + \left(\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x}\right)\cdot\frac{d-x}{d+x} = \frac{1}{F_2}$$

$$\cancel{\frac{1}{d+x}} + \frac{d-x}{F_1(d+x)} - \cancel{\frac{1}{d+x}} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{d-x}{F_1(d+x)} = \frac{1}{F_2}.$$

Как уже было сказано, $d = 2F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$. Получим:

$$F_2 = F_1\cdot\frac{d+x}{d-x} = \frac{d}{2}\cdot\frac{d+x}{d-x} = \frac{25}{2}\cdot\frac{30}{20} = 18{,}75\text{ см}$$

Запишем ФТЛ для (2) до смещения предмета на x:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d} \Rightarrow$$

$$f_2 = \frac{F_2 d}{d - F_2}.\quad \Gamma = \frac{f_2}{d} = \frac{F_2}{d-F_2}$$

черновик