0 592027 560006

59-20-27-56
(2.9)

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

Вариант 2

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Крутова Семёна Юрьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 14:45 – 14:47

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

$0{,}4 \cdot 0{,}001 = 0{,}0004$ черновик

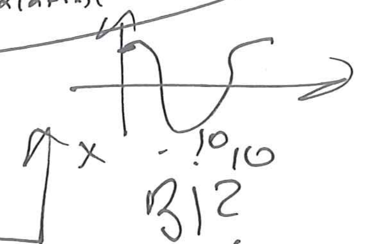
$\cancel{\frac{33}{2}}\ \frac{33}{2} P_0V_0 + 8P_0V_0 = \frac{33+16}{2} P_0V_0 = \frac{49}{2} P_0V_0$

$\frac{33}{2} + 5 = \frac{43}{2}$

$\frac{1}{2F+x} + \frac{1}{\sqrt{2}(2F+x)} = \frac{2}{3F}$

$\frac{1}{\sqrt{2}(2F+x)} = \frac{}{2(2F+x)}$

$\cancel{x = A\cos(\omega t + \varphi_0)}$



$\frac{2}{3F} - \frac{1}{2F+x}$

$$\begin{cases} x = A\cdot\cos(\omega t + \varphi_0) \\ v = A\cdot\omega\,\sin(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$$

$\cdot 10^{10}$

$312$

$-256$

$56$

$u = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$\times 0{,}02$

$\times 0{,}02$

$0{,}004$

$\frac{2m}{2}u^2 + \frac{kx_1^2}{2} + 2mg(2A - x_1) =$

$= \frac{k}{2}$

$2A$

$\frac{3\cdot 10^8}{\frac{1}{2}\cdot 10^{-6}} = 6\cdot 10$

$\times 39$, $\times 8$, $312$

$\frac{2}{3F} - \frac{1}{2F+x}$

$16mgk^2h \geq 56mg^2$

$\frac{56}{16}$

$\frac{28}{8} = \frac{14}{4} = \frac{7}{2}$

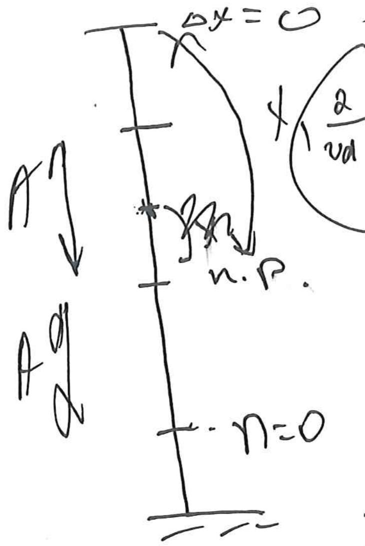
$3F$

$16kh \geq 56mg$

$k \geq \frac{56mg}{16h}$

$\frac{28}{8} = \frac{14}{4} = \frac{7}{2}$

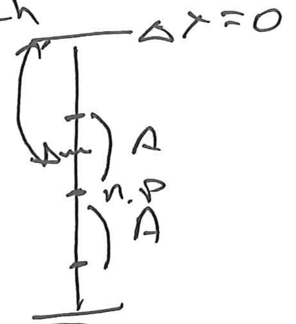
$k \geq \frac{7mg}{2h}$



$x_1 \frac{2}{vd}$

$u = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$\frac{2m}{2}\frac{gh}{2} + \frac{kx_1^2}{2} =$



$\frac{2m}{2}\cdot\frac{gh}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$

$\frac{1}{\sqrt{2}(2F+x)} = \frac{2(2F+x) - 3F}{3F(2F+x)}$

$r_2 = \frac{3F}{2(2F+x) - 3F}$

$\frac{1}{2F-x} + \frac{1}{\sqrt{2}(2F-x)} = \frac{1}{F}$

$\sqrt{2}(2F-x) = (2F-x)F$

$\frac{1}{F} - \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{\sqrt{2}(2F-x)}$

$\frac{F-x}{(2F-x)F} = \frac{1}{\sqrt{2}(2F-x)} \Rightarrow F_2 = \frac{F}{F-x}$



59-20-27-56 (2.9)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ | |
| 20 | 20 | 20 | 15 | 5 | 80 | Восемьдесят |

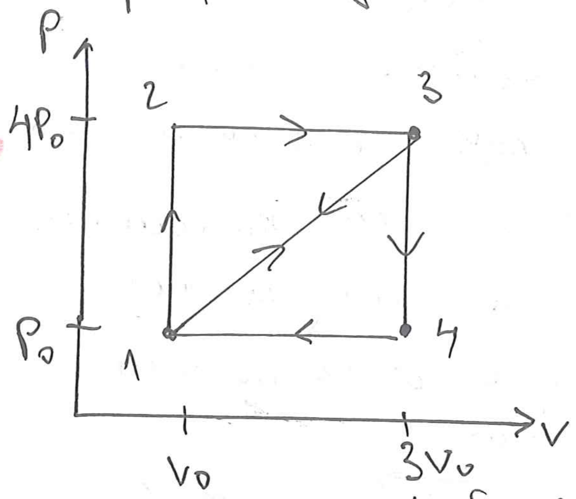


Чистовик

2.2.2.

Дано: график; $\frac{\eta_1}{\eta_2}$ - ?; $i = 3$

График циклов в PV координатах:



1) по определению:

$\eta = \frac{A}{Q^+}$;

$Q^+$ - полученное тепло.

2) Заметим, что работа газа в циклах равна.

$A_{1231} = A_{1341} = A = \frac{1}{2}\cdot 3P_0 \cdot 2V_0 = 3P_0V_0$

Найдём $Q^+_{1231}$. Первое начало терм.:

$Q = \Delta U + A$. Тепло подаётся только на участках 1-2 и 2-3, т.к. на 3-1 работа и изм. вн. эн. отрицательно.

$Q^+_{1231} = \frac{3}{2}(4P_0\cdot 3V_0 - P_0V_0) + 4P_0\cdot 2V_0 = \frac{3}{2}(\cdot 11P_0V_0) + 8P_0V_0 = \frac{49}{2}P_0V_0.$

3) Найдём $Q^+_{1341}$. Тепло ~~по~~ подаётся только на участке 1-3, т.к. работа и изм. вн. эн. положительно, а на других участках нет.

$Q^+_{1341} = \frac{3}{2}(12P_0V_0 - P_0V_0) + \frac{1}{2}(P_0 + 4P_0)\cdot 2V_0 = \frac{33}{2}P_0V_0 + 5P_0V_0 = \frac{43}{2}P_0V_0$. $\eta_1; \eta_2$ - КПД в циклах 1231 и 1341 соотв.

$\eta_1 = \frac{A}{Q^+_{1231}}$; $\eta_2 = \frac{A}{Q_{1341}}$

$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{Q^+_{1231}}{Q^+_{1341}} = \frac{\frac{49}{2}P_0V_0}{\frac{43}{2}P_0V_0} = \frac{49}{43}$

Ответ: $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{49}{43}$

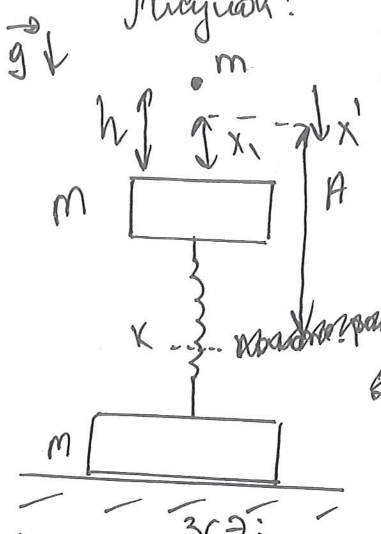
+

стр. 1

1.1.2. Чистовик

Дано: $m=0{,}1$ кг; $k=100\ \frac{Н}{м}$; $h_{max}$ - ?

Рисунок: $h_{max} = h$




1) Колебания будут гармоническими, если ~~нитено~~ нижний брусок не будет отрываться от Земли в процессе колебаний. $N>0$ - сила реакции опоры нижнего бруска всегда должна быть больше нуля.

2) ~~ЗСЭ~~ $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$ - скорость шарика при подлёте к верхнему бруску.

3) Определим скорость $u$ бруска и шарика после неупругого удара. $\sum_i \vec{p}_i = const$

$ox'$: $m \cdot v = 2mu \Rightarrow u = \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

4) Запишем ЗСЭ, чтобы определить Амплитуду колебаний. $A$ - амплитуда колебаний.

Начальное сжатие пружины: $x_1 = \frac{mg}{k}$.

$x_1$ момент столкн. Максимальная ~~сила~~ деформация для пружины $\Delta x = \frac{2mg}{k} + A$

$A$ положение равн.

$A$

ЗСЭ:

$П=0$ уровень пот. эн.

$\frac{2m}{2} \cdot u^2 + \frac{kx_1^2}{2} + 2mg(2A - x_1) = \frac{k}{2}\Delta x^2$.

$mu^2 + \frac{kx_1^2}{2} + 2mg(2A - x_1) = \frac{k}{2} \cdot \Delta x^2$

$A = \Delta x - \frac{2mg}{k} \Rightarrow m \cdot \frac{gh}{2} + \frac{k}{2} \cdot \frac{m^2 g^2}{k^2}$

$m \cdot \frac{gh}{2} + \frac{k}{2} \cdot \frac{m^2 g^2}{k^2} + 2mg\left(2\Delta x - \frac{4mg}{k} - \frac{mg}{k}\right) = \frac{k}{2} \cdot \Delta x^2$

стр.2



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

$P_m = \frac{\mathcal{E}_i^2 R}{(R+r)^2} \Rightarrow \frac{dP_m}{dr} = \mathcal{E}_i^2 \cdot \left[\frac{(R+r)^2 - R\cdot 2\cdot(R+r)}{(R+r)^4}\right] = 0$

$\Rightarrow (R+r)^2 - 2R(R+r) = 0 \Rightarrow$

$R^2+2Rr+r^2-2R^2-2Rr=0 \Rightarrow \boxed{r=R}$

$P_m = \frac{\mathcal{E}_i^2 R}{4R^2} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4R} \Rightarrow 4RP_m = v^2B^2d^2$

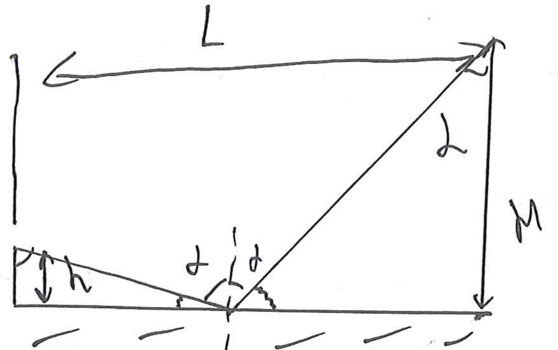
$B = \frac{\sqrt{4RP_m}}{vd}$

$B = \frac{2\cdot\sqrt{0{,}4\,Ом\cdot(1\cdot10^{-3})\,Вт}}{0{,}1\,\frac{м}{с}\cdot 0{,}4\,м} = 2\cdot\frac{\sqrt{0{,}0004\,Вт\cdot Ом}}{0{,}04\,\frac{м^2}{с}} =$

$= \frac{2\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 1\,Тл$

Ответ: $B = 1$ Тл.

5.8.2. Дано: $\lambda = 0{,}5\cdot10^{-6}$ м; $h = 1$ мм; $H = 5$ см; $N = 200$;
$L - ?$




1) $\lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = 6\cdot10^{14}$ Гц. $\operatorname{tg}\alpha = \frac{L_1}{h} = \frac{L_2}{H}$

α – критический угол, под которым луч попадает на экран 2. $\Rightarrow$ $\frac{L_2}{L_1} = \frac{H}{h}$

$\frac{L_2}{L_1} = \frac{0{,}05}{0{,}001} = 50$

можно использовать параксиальное приближение, т.к. $h \ll L$ ~~α≈tgα≈sinα~~.

$\varphi \approx \operatorname{tg}\varphi \approx \sin\varphi.$





ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

59-20-27-56
(2.9)

$\frac{mgh}{2} + \frac{m^2g^2}{2k} + 2mg\left(2\Delta x - \frac{5mg}{k}\right) = \frac{k\Delta x^2}{2} \,\Big|\cdot 2$

$mgh + \frac{m^2g^2}{2k} + 4mg\left(2\Delta x - \frac{5mg}{k}\right) = k\Delta x^2$

$mgh + \frac{m^2g^2}{2k} + 8mg\Delta x - \frac{20m^2g^2}{k} = k\Delta x^2$

находим Δx, как функцию от h.

$mgh + 8mg\Delta x - \frac{39m^2g^2}{2k} = k\Delta x^2 \,\Big|\cdot 2k$

$2mgkh + 16mgk\Delta x - 39m^2g^2 = 2k^2\Delta x^2$

$2k^2\Delta x^2 - 16mgk\cdot\Delta x + 39m^2g^2 - 2mgkh = 0$

$2k^2\Delta x^2 - 16mgk\cdot\Delta x + mg(39mg - 2kh) = 0$

$D = 256m^2g^2k^2 - 8k^2\cdot mg(39mg - 2kh) =$

$= 256m^2g^2k^2 - 312m^2g^2k^2 + 16mgk^3h =$

$= -56m^2g^2k^2 + 16mgk^3h.$

Первое условие:

$D \geq 0$:

$16mgk^3h \geq 56m^2g^2k^2$

$k \geq \frac{7mg}{2k}$

$\Delta x = \frac{16mgk \pm \sqrt{16mgk^3h - 56m^2g^2k^2}}{4k^2}$

$\Delta x = \frac{16mgk \pm 4\sqrt{mgk^3h - \frac{7}{2}m^2g^2k^2}}{4k^2} =$

$\Rightarrow \Delta x_1 = \frac{4mg}{k} + \sqrt{\frac{mgh}{k} - \frac{7m^2g^2}{2k^2}}$

$\Delta x_2 = \frac{4mg}{k} - \sqrt{\frac{mgh}{k} - \frac{7m^2g^2}{2k2}}$

выберем $\Delta x_1$, т.к. он подходит для ~~нашей~~ воо[illegible] случая.

$\Delta x = \frac{4mg}{k} + \sqrt{\frac{mgh}{k} - \frac{7m^2g^2}{2k^2}}$

т.к. найдена максимальная деформация, то запишем условие $N>0$ для нахождения бруска в данный момент.

~~Найдена максимальная деф. пружины. Рассмотрим момент, когда пружина растянута на данную величину. Запишем условие $N>0$ для нижнего бруска в этот момент~~


$Oy: N = mg - F_y > 0 \Rightarrow mg > F_y \Rightarrow mg > k\Delta x$

$$mg > 4mg + k\cdot\sqrt{\frac{mgh}{k} - \frac{7m^2g^2}{2k^2}}$$

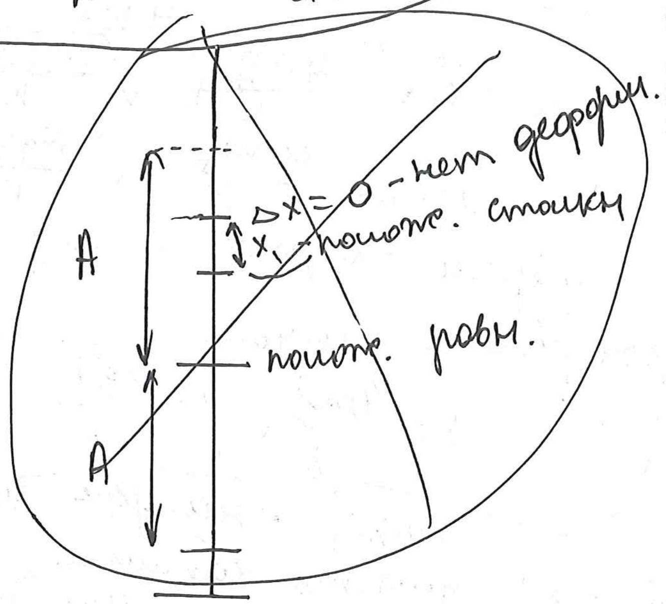
видно, что корень $\Delta x_1$ не подходит, поэтому подставим $\Delta x_2$:

$$mg > 4mg - k\sqrt{\frac{mgh}{k} - \frac{7m^2g^2}{2k^2}}$$

$$\sqrt{mgkh - \frac{7m^2g^2}{2}} > 3mg$$

$$mgkh - \frac{7m^2g^2}{2} > 9m^2g^2 \Rightarrow mgkh > \frac{25m^2g^2}{2}$$

$$k > \frac{25mg}{2k}$$


(стр. 4)



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$d_1 = 2F - x = 4x = 20см$

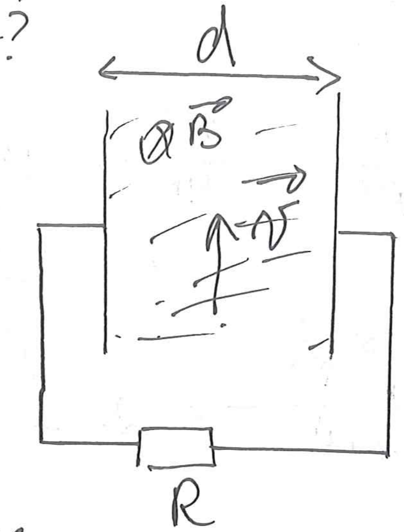
$d_2 = 2F + x = 6x = 30см$

Ответ: $d_1 = 20см$; $d_2 = 30см$.

⊖ найдена не то что спрашивали

3.3.2. Дано: $R = 0{,}4$ Ом; $d = 0{,}4$ м; $v = 0{,}1\ \frac{м}{с}$; $P_m = 1\cdot10^{-3}$ Вт; $B$ − ?

Рисунок:

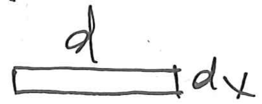



$\Phi = BS\cos\alpha$.

$\cos\alpha = 1$.

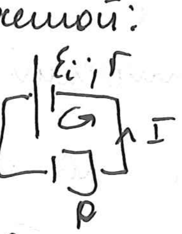
1) За счёт течения воды меняется поток через неё $\Rightarrow$ возникает ЭДС индукции. $\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$. Рассмотрим малый кусочек воды длиной $d$ и толщиной $dx$.

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -B\cdot\frac{d\cdot dx}{dt} = \boxed{-Bvd}$$




2) вода тоже обладает сопротивлением. Найдём его, учитывая, что мощность на нагрузке максимальная. Сопротивление воды − можно сказать внутреннее сопротивление источника. можно схему заменить схемой:

$r$ − сопротивление воды.




2 правило Кирхгофа для контура:

$\varepsilon_i = I(r+R) \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_i}{R+r}$ − ток в цепи

$P_m = I^2 R = \frac{\varepsilon_i^2\cdot R}{(R+r)^2}$, т.к. $P_m$ − max, то: $\frac{dP_m}{dr} = 0$

продолжение на странице 10

(стр. 9)

20

линза 1: $\frac{1}{x_1-x} + \frac{1}{\Gamma_2(x_1-x_1)} = \frac{1}{F}$

линза 2: $\frac{1}{x_1+x} + \frac{1}{\Gamma_2(x_1+x)} = \frac{2}{3F}$

(x) $x_1 = 2F \Rightarrow$

$$\begin{cases} \frac{1}{2F-x} + \frac{1}{\Gamma_2(2F-x)} = \frac{1}{F} \Rightarrow \cancel{\Gamma_2 = \frac{F}{F-x}} \\ \frac{1}{2F+x} + \frac{1}{\Gamma_2(2F+x)} = \frac{2}{3F} \Rightarrow \cancel{\Gamma_2} \end{cases}$$

$$\frac{1}{\Gamma_2(2F-x)} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F-x} \Rightarrow \frac{1}{\Gamma_2(2F-x)} = \frac{2F-x-F}{F(2F-x)}$$

$\Downarrow$

$$\frac{1}{\Gamma_2} = \frac{F-x}{F} \Rightarrow \boxed{\Gamma_2 = \frac{F}{F-x}}$$

$$\frac{1}{2F+x} + \frac{1}{\Gamma_2(2F+x)} = \frac{2}{3F} \Rightarrow \frac{1}{\Gamma_2(2F+x)} = \frac{2}{3F} - \frac{1}{2F+x}$$

$\Downarrow$

$$\frac{1}{\Gamma_2(2F+x)} = \frac{4F+2x-3F}{3F(2F+x)}$$

$\Downarrow$

$$\frac{1}{\Gamma_2} = \frac{F+2x}{3F} \Rightarrow \boxed{\Gamma_2 = \frac{3F}{F+2x}}$$

$\Downarrow$

$$\frac{F}{F-x} = \frac{3F}{F+2x} \Rightarrow F^2+2Fx = 3F^2-3Fx$$

$\cancel{3F^2 - 3Fx}$ $\quad 2F^2 - 5Fx = 0$

$$F(2F-5x) = 0$$

$F=0$ или не подходит $\quad F = \frac{5}{2}x$ — предположение о сдвиге оказалось верным

~~стержень сдвигают влево, что~~

тогда $d_1; d_2$ – расстояние до первой и до второй линзы после перемещ. соотв.

стр. 8

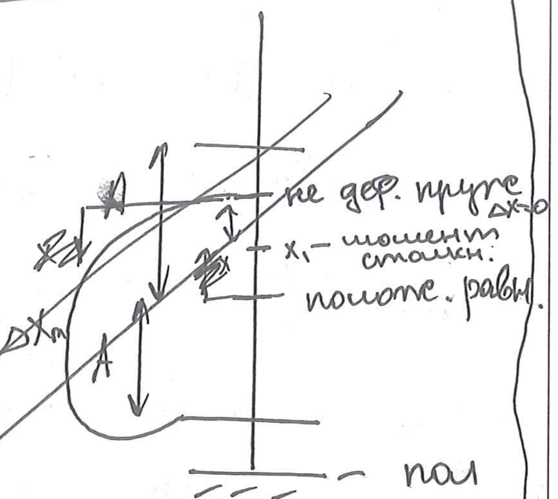




59-20-27-56 (2.9)

Отметим ключевые точки точки на координате колебаний:

~~Запишем ЗСЭ от момента столкновения до момента максим. деформ. $\Delta x_m$.~~




$\frac{k}{2}x_1^2 + \frac{2m}{2}u^2 +$

~~введём начало координат в точке, где $\Delta x = 0$ и направим ось вниз.~~

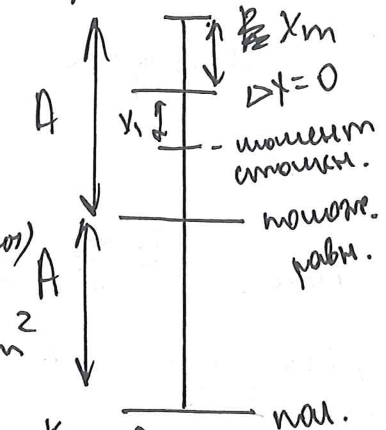
~~Уровень нулевой потенциальной энергии – в точке, где деформация пружины равна нулю.~~

~~ЗСЭ: до момента макс. деф.~~

$$-2mgx_1 + \frac{k}{2}x_1^2 + \frac{2m}{2}u^2 = -2mg(\Delta x_m) + \frac{k}{2}\Delta x_m^2$$

~~$\Delta x_m$ – максим. деформация пружины~~

Необходимо найти величину деформации пружины в момент наивысшего положения шарика с бруском. Отметим точки:




$x_m$ – деформ. пружины при наивысшем положении тел

ЗСЭ: уровень нуля пот. эн. в точке, где $\Delta x=0$ ($\Delta x$ – деф. пружины)

$$-2mgx_1 + \frac{k}{2}x_1^2 + \frac{2m}{2}u^2 = 2mgx_m + \frac{k}{2}x_m^2$$

$$-2mg\cdot\frac{mg}{k} + \frac{k}{2}\cdot\frac{m^2g^2}{k^2} + m\cdot\frac{gh}{2} = 2mgx_m + \frac{k}{2}x_m^2$$

$$-\frac{3m^2g^2}{2k} + \frac{mgh}{2} = 2mgx_m + \frac{kx_m^2}{2} \quad | \cdot 2k$$

$$-3m^2g^2 + mgkh = 4mgkx_m + k^2x_m^2$$

стр. 5 $\quad$ решаем уравнение

$k^2x_m^2 + 4mgkx_m - mgkh + 3m^2g^2 = 0$ +

$D = 16m^2g^2k^2 - 4k^2(-mgkh + 3m^2g^2k^2) =$

$= 4m^2g^2k^2 + 4mgk^3h = 4mgk^2(mg + kh)$

$x_m = \frac{-4mgk + 2k\sqrt{mg(mg+kh)}}{2k^2}$

берём положительный корень

$x_m = -2\frac{mg}{k} + \frac{\sqrt{mg(mg+kh)}}{k}$

Запишем условие $N>0$ для нижнего бруска в момент, когда деф. пружины равна $x_m$ и тела в наивысшей точке


$N = mg - F_y > 0; F_y = kx_m$

$mg + 2mg - \sqrt{mg(mg+kh)} > 0$

$3mg > \sqrt{m^2g^2 + mgkh}$

$9m^2g^2 > m^2g^2 + mgkh \Rightarrow mgkh < 8m^2g^2$

$\Downarrow$

$h < \frac{8mg}{k}$ +

$h_{max} = \frac{8mg}{k} = \frac{8 \cdot 0{,}1 \cdot 10}{100} = 8$ см.

~~проверим, подходит~~

Ответ: $h_{max} = 8$ см.

продолжение на стр. 7

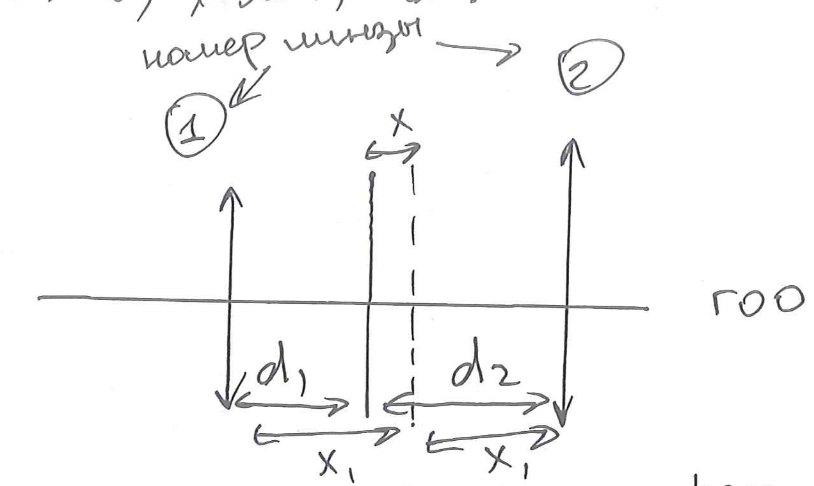






4.8.2. Дано: $Г = 3$; $x = 5$ см; $d$ – ?

Рисунок:




понятно, что у линз разное фокусное расстояние.

т.к. первая линза изначально не даёт увеличения, то предмет расположен в её двойном фокусе (известный факт).

Штрихами указано начальное положение стержня, посередине между линзами. В этот момент пусть $x_1$ расстояние до каждой линзы.

Найдём отношение их фокусов.

$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{Гx_1} = \frac{1}{F_2}$; $\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{F_1}$

$Г = \frac{f}{d} \Rightarrow \frac{Г+1}{Гx_1} = \frac{1}{F_2}$; $\frac{2}{x_1} = \frac{1}{F_1}$.

$F_1, F_2$ – фокусное расстояние ~~до~~ первой и второй линзы соотв.

$F_1 = \frac{x_1}{2}$; $F_2 = \frac{Гx_1}{Г+1} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{Г+1}{2Г} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$

Пусть $F = F_1$, тогда $F_2 = \frac{3}{2}F$ $\Downarrow$ $\frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{2}$.

$x_1 = 2F$

Предположим, что стержень сдвинули в сторону первой линзы. $Г_2$ – равное увеличение после смещения. Запишем формулу линзы после смещения для каждой из них:

продолжение на стр. 8.

Оценка не изменена

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по профилю «*Физика*»
*Крутова Семёна Юрьевича*

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 80 баллов, поскольку считаю, что при решении задачи номер 4 по оптике была допущена малая погрешность в понимании того, чего требовали найти, ведь надо было найти расстояние до линз до сдвига, в то время как я нашел после него. Всё для ответа на нужный вопрос было найдено, а конкретно фокусное расстояние линз и расстояние до каждой из нее после сдвига. Сама величина сдвига была дана. Понятно, что зная все параметры легко найти требуемое расстояние.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

Дата (подпись)

07.03.2025