0 863008 460005

86-30-08-46
(1.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Хоменко Михаила Максимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

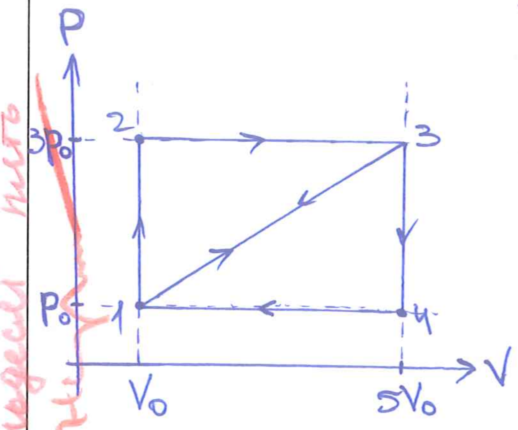
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

86-30-08-46 (1.1)

Чистовик.

20 5

№2.2.1. Решение:



1) газ одноатомный $\Rightarrow i=3$

2) Рассм. процесс 1-2-3-1:

$A_{1231} = S_{тр_{1231}} = \frac{1}{2}\cdot(3p_0-p_0)\cdot(5V_0-V_0) = \frac{1}{2}\cdot 2p_0\cdot 4V_0 = 4p_0V_0$

Теплота, подведенная к газу за этот цикл:

$Q_{н_{1231}} = Q_{12}+Q_{23}$ $\quad Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_1)$

по ур-ю Мен.-Клап:

$3p_0\cdot V_0 = \nu RT_2$ $\qquad p_0V_0 = \nu RT_1$

$3p_0\cdot 5V_0 = \nu RT_3$ $\qquad p_0\cdot 5V_0 = \nu RT_4 \Rightarrow \nu RT_4 = 5p_0V_0$

$\Rightarrow \nu RT_3 = 15p_0V_0$

получаем: $Q_{12} = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{3}{2}\cdot 2p_0V_0 = 3p_0V_0$

$Q_{23} = A_{23}+\Delta U_{23}$ (по перв. нач. термодинамики)

$Q_{23} = 3p_0\cdot(5V_0-V_0) + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2) = 12p_0V_0 + \frac{3}{2}(\nu RT_3 - \nu RT_2) =$

$= 12p_0V_0 + \frac{3}{2}(15p_0V_0 - 3p_0V_0) = 12p_0V_0 + \frac{3}{2}\cdot 12p_0V_0 =$

$= 12p_0V_0 + 18p_0V_0 = 30p_0V_0$

$Q_{н_{1231}} = Q_{12}+Q_{23} = 3p_0V_0 + 30p_0V_0 = 33p_0V_0$

тогда $\boxed{\eta_{1231} = \frac{A_{1231}}{Q_{н1231}} = \frac{4p_0V_0}{33p_0V_0} = \frac{4}{33}}$

3) Рассм. процесс 1-3-4-1:

$A_{1341} = S_{тр_{1341}} = \frac{1}{2}(3p_0-p_0)(5V_0-V_0) = \frac{1}{2}2p_0\cdot 4V_0 = 4p_0V_0$

Тепло, полученное от нагревателя:

$Q_{н1341} = Q_{13} = A_{13}+\Delta U_{13} = \frac{1}{2}(p_0+3p_0)\cdot(5V_0-V_0) + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_1) = \frac{1}{2}\cdot 4p_0\cdot 4V_0 + \frac{3}{2}(\nu RT_3 - \nu RT_1) =$

$= 8p_0V_0 + \frac{3}{2}(15p_0V_0 - p_0V_0) = 8p_0V_0 + \frac{3}{2}\cdot 14p_0V_0 =$

$= 8p_0V_0 + 21p_0V_0 = 29p_0V_0$

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

Чистовик.

№2.2.1 продолжение

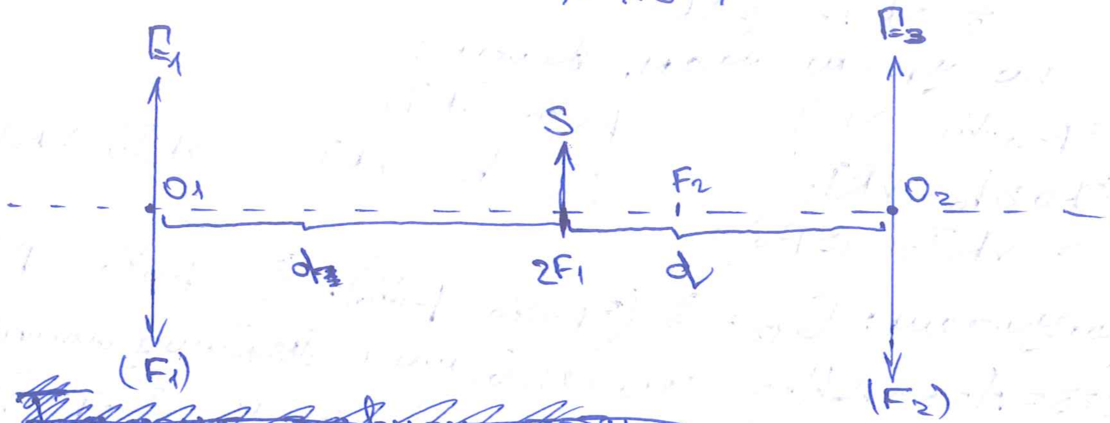
$$\eta_{1341} = \frac{A_{1341}}{Q_{н1341}} = \frac{4p_0V_0}{29p_0V_0} = \frac{4}{29}$$

4) искомое отношение:

$$\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{\frac{4}{33}}{\frac{4}{29}} = \frac{29}{33}$$

Ответ: $\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{29}{33}$

№4.8.1



~~[illegible]~~

1) первая линза даёт изображение без увеличения => предмет S находится в её двойном фокусном расстоянии:

=> $2F_1 = d$ $\left[F_1 = \frac{d}{2} = \frac{25 \text{ см}}{2} = 12{,}5 \text{ см}\right.$

2) изображение предмета S во второй линзе увеличенное и действ.

$f_2 = Гd = 3 \cdot 25 \text{ см} = 75 \text{ см}$

по формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_2}$, где f_2 - расстояние от второй линзы до изображения

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

$$\left[F_2 = \frac{d f_2}{f_2 + d} = \frac{d \cdot Гd}{Гd + d} = \frac{3 \cdot d^2}{3d + d} = \frac{3d^2}{4d} = \frac{3}{4} d\right]$$

$$F_2 = \frac{3}{4} \cdot 25 \text{ см} = \frac{75}{4} \text{ см}$$

Черновик

$$\frac{5}{2} \cdot (19p_0V_0 - 3p_0V_0) = \frac{5}{2} \cdot 12 = 5 \cdot 6 = 30$$

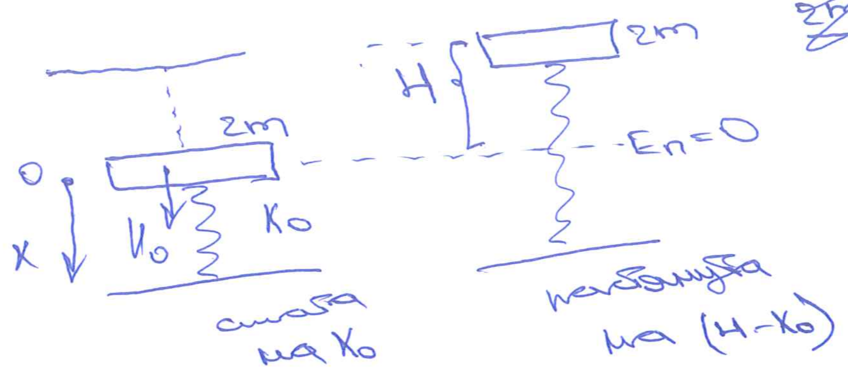
$$\frac{1}{2}(p_0 + 3p_0) \cdot 4V_0 = 8p_0V_0$$

$$+ \frac{3}{2}(15 - 1) = 14 \cdot \frac{3}{2} = = 3 \cdot 7 = 21$$

$$\frac{4}{33} \cdot \frac{29}{4}$$

$\cancel{10}$ $\frac{1}{5}$ $\frac{\cancel{10}^{2}}{\cancel{25}_{5}} =$

ЗСЭ:



$\cancel{\frac{2mV_0^2}{2}}$

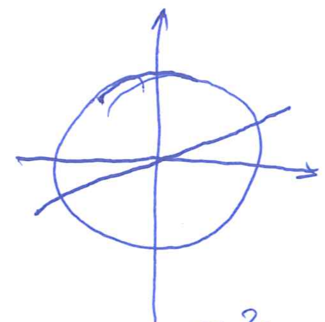
$$\frac{2mV_0^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = 2mgH + \frac{k(H - x_0)^2}{2}$$

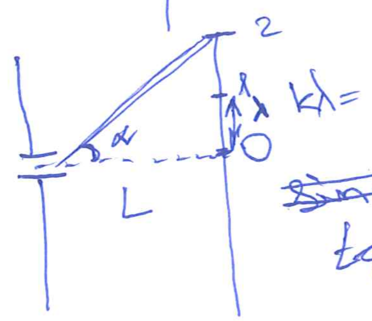
$\cancel{\frac{2mV_0^2}{2}}$ ~~$mV_0^2 + \frac{kx_0^2}{2} = m$~~

$$\frac{25 - 5}{\frac{d}{2}} = \frac{25 + 5}{\frac{3}{4}d}$$

$$\frac{20}{\frac{d}{2}} = \frac{30}{\frac{3}{4}d}$$

$$\frac{40}{d} = \frac{40}{d}$$





~~$\sin\alpha =$~~ $\operatorname{tg}\alpha = \frac{N\lambda}{L}$

$$\frac{\frac{1}{4}d}{\frac{5}{4}d} = \frac{d}{5}$$

Чистовик. №5.8.1 продолжение:

$l_1 + l_2 = L \quad 0{,}02 l_2 + l_2 = L$

$1{,}02 l_2 = L \to l_2 = \frac{L}{1{,}02}$

$tg\alpha = \frac{h}{l_1}$ с другой стороны $tg\alpha = \frac{h^*}{l_2}$

$\frac{h}{l_1} = \frac{h^*}{l_2} \Rightarrow h^* = \frac{l_2}{l_1} h = \frac{H}{h} h = H$

$\Rightarrow N_2 = \frac{H}{\lambda} = \frac{5\,см}{0{,}5\cdot 10^{-6}\,м} = \frac{5\cdot 10^{-2}\,м}{5\cdot 10^{-7}\,м} = 10^5$

$\Rightarrow N = N_1 + N_2 = 10^5 + 10^5 = 2\cdot 10^5$?

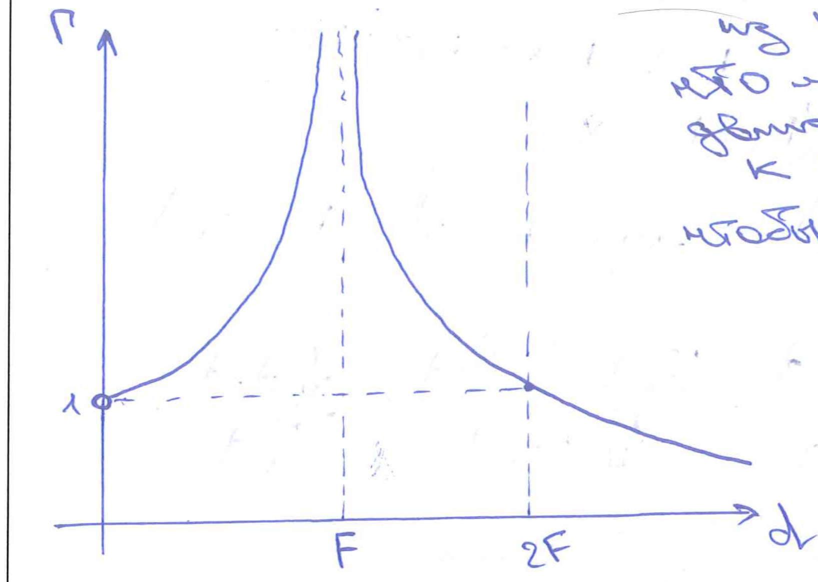
Ответ: $2\cdot 10^5$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

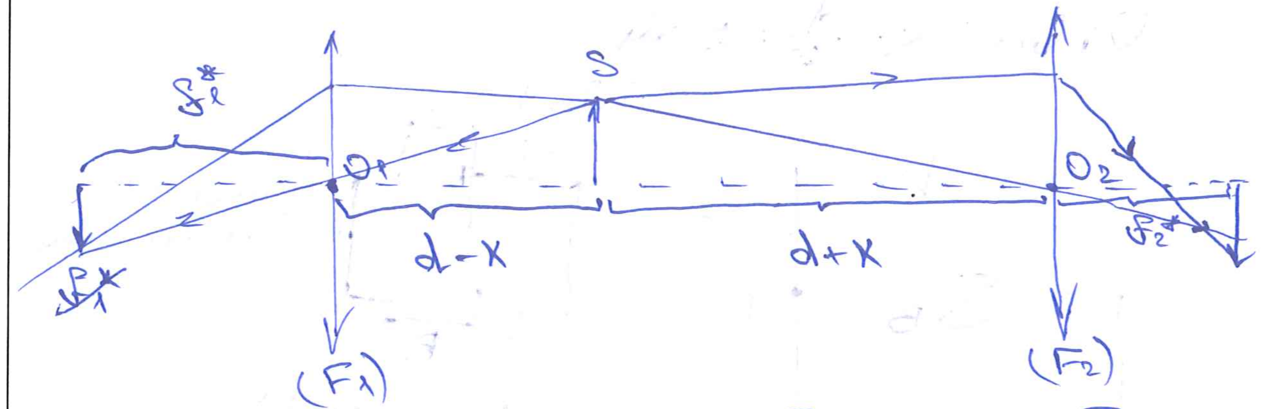
86-30-08-46 (1.1)

Чистовик №4.8.1 продолжение:

График зав-ти продольного увеличения Г от расстояния от предмета до линзы d:



из графика видно, что мы должны двигать предмет к первой линзе, чтобы $Г_1 \uparrow$, а $Г_2 \downarrow$



Пусть оба изображения будут иметь увеличение $Г^*$

тогда $f_1^* = Г^*(d-x)$ $\quad f_2^* = Г^*(d+x)$

– расстояния от линз 1 и 2 до изобр. в них соотв.

по формуле т. линзы:

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_1^*}$ $\qquad \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{f_2^*}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{Г^*(d-x)}$ $\qquad \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{Г^*(d+x)}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{Г^*+1}{Г^*(d-x)}$ $\qquad \frac{1}{F_2} = \frac{Г^*+1}{Г^*(d+x)}$

(1) $\frac{d-x}{F_1} = \frac{Г^*+1}{Г^*}$ $\qquad$ (2) $\frac{d+x}{F_2} = \frac{Г^*+1}{Г^*}$

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

Чистовик №4.8.1 продолжение

Приравнивая (1) к (2):

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

$$F_2d-F_2x=F_1d+F_1x$$

$$(F_2-F_1)d=(F_1+F_2)x$$

$$x=\frac{(F_2-F_1)d}{F_1+F_2}, \text{ где } F_1=\frac{d}{2} \quad F_2=\frac{3}{4}d$$

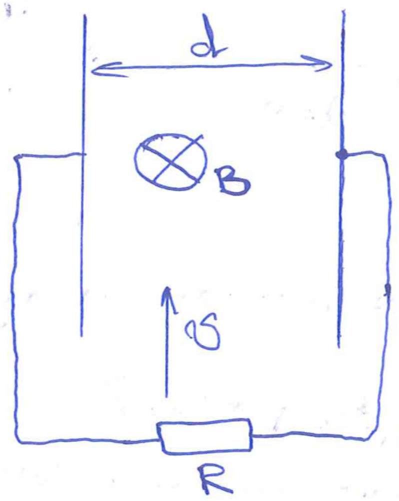
$$x=\frac{\left(\frac{3}{4}d-\frac{1}{2}d\right)d}{\frac{1}{2}d+\frac{3}{4}d}=\frac{\left(\frac{3}{4}d-\frac{2}{4}d\right)d}{\frac{2}{4}d+\frac{3}{4}d}=\frac{\frac{1}{4}d\cdot d}{\frac{5}{4}d}=$$

$$=\frac{d}{5}=\frac{25\text{ см}}{5}=5\text{ см}$$

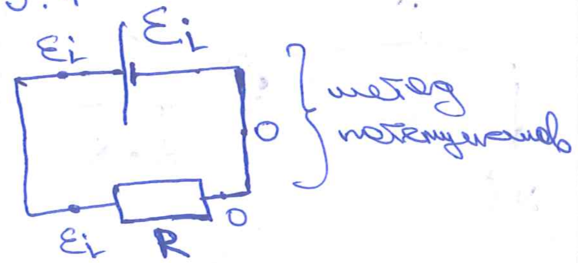
Ответ: $x=\frac{d}{5}=5$ см

+

№3.3.1



$\equiv$



Решение:

1) поток проводящей жидкости эквивалентен проводнику, движущемуся в однородном МП, за счет чего возникает ЭДС индукции:

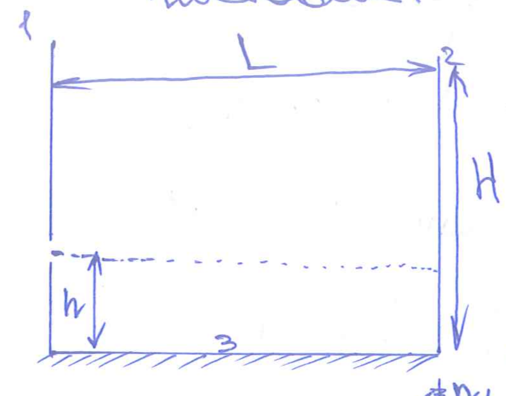
$\varepsilon_i=\cancel{BSf}\ B v d\cdot\sin\alpha$ причем $\cancel{\alpha}\ \sin\alpha=1$
т.к. $\vec{B}\perp\vec{v}$

$\Rightarrow \varepsilon_i=Bvd$

Тогда ε_i − напряжение на резисторе R, тогда его мощность определяется как: $P_м=\varepsilon_i\cdot I=\frac{\varepsilon_i^2}{R}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

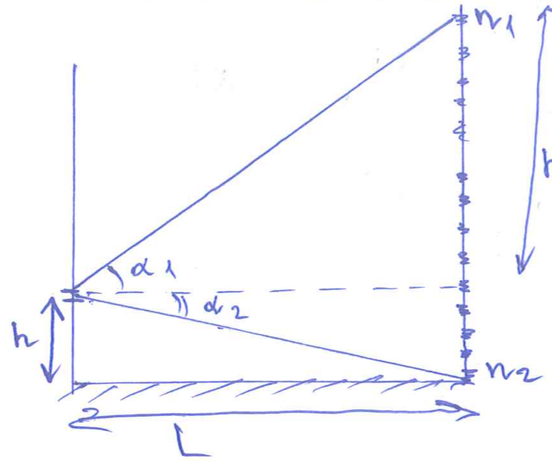
Чистовик. №5.8.1.



Дано: $\lambda=0{,}5$ мкм
$L=1$ м, $h=1$ мм
$H=5$ см
Найти: N

Решение:

1) сначала найдем сколько полос образовано за счёт непосредственного попадания света на экран:



$$n_1\lambda=H-h$$

$$n_1=\frac{H-h}{\lambda}$$

$$n_2\lambda=h \Rightarrow n_2=\frac{h}{\lambda}$$

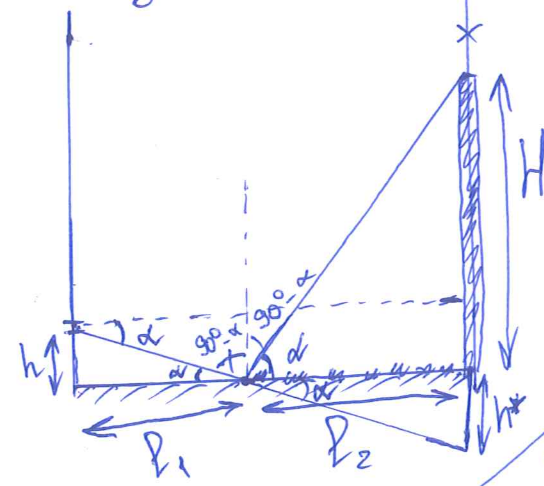
$\Rightarrow$ кол-во полос от непосредств. попадания:

$$N_1=n_1+n_2+1=\frac{H-h}{\lambda}+\frac{h}{\lambda}+1=$$

$$=\frac{H}{\lambda}+1=\frac{5\text{ см}}{0{,}5\cdot10^{-6}\text{ м}}+1=$$

$$=\frac{5\cdot10^{-2}\text{ м}}{5\cdot10^{-7}\text{ м}}+1=10^5+1\approx10^5$$

2) теперь найдем кол-во полос, образованных после отражения от зеркала: для этого найдем такой α при котором луч касается вершины экрана



из подобия ΔΔ:

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{h}{H}=\frac{0{,}5\cdot10^{-6}\text{ м}}{5\cdot10^{-2}\text{ м}}=\frac{5\cdot10^{-7}}{5\cdot10^{-2}}=10^{-5}$$

$$l_1=10^{-5}l_2 \Rightarrow l_2\approx L$$

$$\Rightarrow l_1\approx10^{-5}L$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg}\alpha=\frac{h}{l_1}=\frac{0{,}5\cdot10^{-6}\text{ м}}{10^{-5}L}=\frac{0{,}5\cdot10^{-1}\text{ м}}{1\text{ м}}=0{,}05$$

~~"отражённые"~~ Тогда на экран будут попадать полосы, попадающие на l_2

из подобия ΔΔ: $\frac{l_1}{l_2}=\frac{h}{H}=\frac{1\cdot10^{-3}\text{ м}}{5\cdot10^{-2}\text{ м}}=\frac{10^{-1}}{5}=$

$$=\frac{1}{5\cdot10}=\frac{0{,}2}{10}=0{,}02 \Rightarrow l_1=0{,}02\,l_2$$

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

Чистовик №1.1.8 продолжение

$u_0^2 = gH + \frac{1}{2}\omega^2 H^2$

$u_0 = 1\,\frac{м}{с}$ $g = 10\,\frac{м}{с^2}$ $\omega = 5\,\frac{рад}{с}$

$1 = 10H + \frac{25}{2}H^2 \,|\cdot 2$

$25H^2 + 10H - 2 = 0$

$D = 100 - 4\cdot(-2)\cdot 25 = 100 + 200 = 300$

$H = \frac{-10 \pm 10\sqrt{3}}{50}$ с – не подх.

$H = \frac{-10+10\sqrt{3}}{50} = \frac{-1+\sqrt{3}}{5}$

Тогда $x(\tau) = -H = -\left(\frac{-1+\sqrt{3}}{5}\right) = \frac{1-\sqrt{3}}{5}$

$\frac{1-\sqrt{3}}{5} = \frac{g}{\omega^2} + \frac{u_0}{\omega}\sin(\omega\tau) - \frac{g}{\omega^2}\cdot\cos(\omega\tau)$

$\frac{1-\sqrt{3}}{5} = \frac{10\,\frac{м}{с^2}}{25\left(\frac{рад}{с}\right)^2} + \frac{1\,\frac{м}{с}}{5\,\frac{рад}{с}}\cdot\sin(\omega\tau) - \frac{10}{25}\cos(\omega\tau)$

$\frac{1-\sqrt{3}}{5} = \frac{2}{5} + \frac{1}{5}\sin(\omega\tau) - \frac{2}{5}\cos(\omega\tau) \,|\cdot 5$

$1-\sqrt{3} = 2 + \sin(\omega\tau) - 2\cos(\omega\tau)$

$[-1-\sqrt{3} = \sin(\omega\tau) - 2\cos(\omega\tau)]$

по ОТТ: $\sin^2(\omega\tau) + \cos^2(\omega\tau) = 1$

$\Rightarrow \cos(\omega\tau) = \sqrt{1-\sin^2(\omega\tau)}$

$-1-\sqrt{3} = \sin(\omega\tau) - 2\cdot\sqrt{1-\sin^2(\omega\tau)}$

7) из п. 5: $tg(\omega t) = -\frac{1}{2}$

т.к. скорость занулится во второй раз

$\omega\tau = \pi + arctg\left(-\frac{1}{2}\right)$

$\Rightarrow \tau = \frac{\pi + arctg\left(-\frac{1}{2}\right)}{5\,\frac{рад}{с}}$

Ответ: $\tau = \frac{\pi + arctg\left(-\frac{1}{2}\right)}{5}$ с

86-30-08-46 (1.1)

Чистовик. №3.3.1 продолжение:

$P_M = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} \Rightarrow \mathcal{E}_i^2 = P_M R$

$B^2 v^2 d^2 = P_M R$

$d^2 = \frac{P_M R}{B^2 v^2}$ $d = \frac{\sqrt{P_M R}}{Bv}$

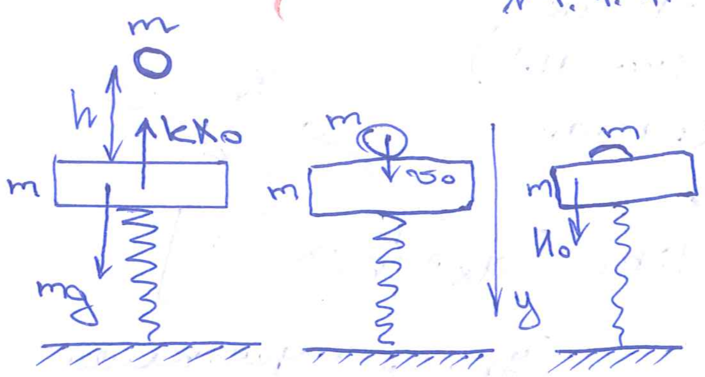
$d = \frac{\sqrt{1\cdot 10^{-3}\,Вт\cdot 0{,}4\,Ом}}{1\,Тл\cdot 0{,}1\,\frac{м}{с}} = \frac{\sqrt{4\cdot 10^{-4}}}{1\,Тл\cdot 0{,}1\,\frac{м}{с}} = \frac{\sqrt{4\cdot 10^{-4}}}{1\cdot 0{,}1}\,м =$

$= \frac{2\cdot 10^{-2}}{0{,}1}\,м = 2\cdot 10^{-1}\,м = 0{,}2\,м$

Не учтено внутр. сопротивление „r"

Ответ: $d = \frac{\sqrt{P_M R}}{Bv} = 0{,}2$ м

№1.1.1.



Решение:

1) ~~сразу~~ непосредственно перед ударом шарик будет иметь скорость v_0 по ЗСЭ:

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$

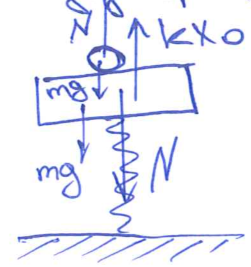
$v_0 = \sqrt{2gh}$

2) ~~Рассм. брусок и шарик в момент столкновения:~~

до удара брусок в равновесии:

по 2ЗН: ~~mg + k~~ $\boxed{mg = kx_0}$, где x_0 – начальное сжатие пружины

3) Рассм. брусок и шарик во время удара:



за малое время Δt их импульс меняется за счёт больших сил N, по сравнению с которыми mg и kx_0 малы

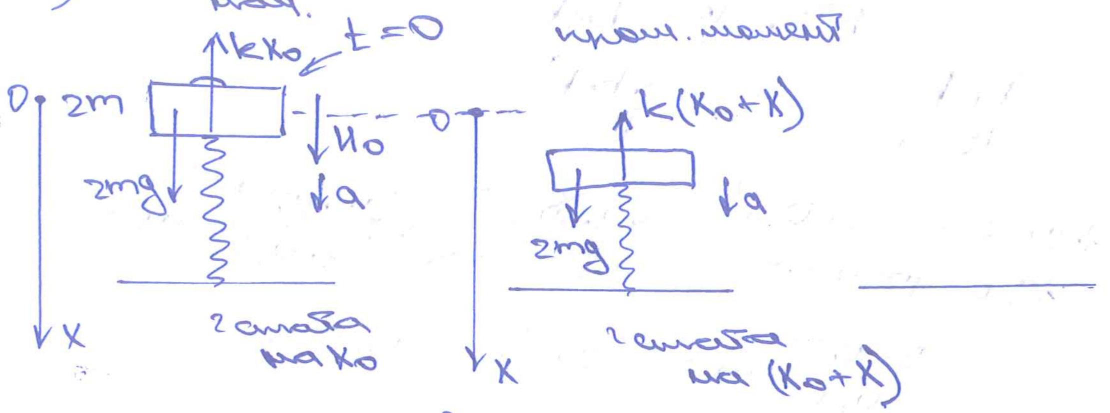
$\Rightarrow \vec{R}_{внеш} = \vec{0} \Rightarrow$ верен ЗСИ: $\vec{p}_{сист} = const$

y: $mv_0 = (m+m)u_0$ $mv_0 = 2mu_0$

$= \boxed{u_0 = \frac{v_0}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}}$

Чистовик. №1.1.1 продолжение

4) Рассм. колебания бруска с шариком



по 2 ЗН в пром. момент:

O_x: $2mg - k(x_0+x) = ma_x$

$2mg - kx_0 - kx = ma_x$

$kx_0 = mg$ (из п.2)

$2mg - mg - kx = ma_x$

$mg - kx = ma_x$

$ma_x + kx = mg \ |:m$ $\quad \boxed{a_x + \frac{k}{m}\cdot x = g}$

$\omega^2 = \frac{k}{m}$ $\quad \to k = m\omega^2$

(ур-е гарм. колеб.

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\omega^2 x_1 = g$ $\quad \cancel{\frac{k}{m}x_1 = g}$ $\quad \boxed{x_1 = \frac{g}{\omega^2}}$

x_1 – координата положения рав-сия

$x = x(t) = x_1 + A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

где A и B – некоторые const

нач. условия:

(1) $x(0) = 0$

(2) $v(0) = x'(0) = u_0$

(1) $0 = x_1 + A\cancel{\sin 0} + B\cos 0$

$0 = x_1 + B \quad \to \underline{B = -x_1}$

$x'(t) = A\omega\cos(\omega t) - B\omega\sin(\omega t)$

$x'(0) = u_0$

$u_0 = A\omega\cdot\cos 0 - \cancel{B\omega\cdot\sin 0}$

$u_0 = A\omega \quad \to A = \frac{u_0}{\omega}$

Чистовик №1.1.1. продолжение

получаем ур-я:

$x = x(t) = x_1 + \frac{u_0}{\omega}\sin(\omega t) - x_1\cos(\omega t)$

подставляя $x_1 = \frac{g}{\omega^2}$

$\boxed{x = x(t) = \frac{g}{\omega^2} + \frac{u_0}{\omega}\sin(\omega t) - \frac{g}{\omega^2}\cdot\cos(\omega t)}$

$x'(t) = \cancel{\frac{u_0}{\omega}\cos}\ u_0\cdot\cos(\omega t) + \frac{g}{\omega^2}\cdot\omega\cdot\sin(\omega t)$

$x'(t) = u_0\cos(\omega t) + \frac{g}{\omega}\sin(\omega t)$

5) когда брусок в первый раз поднимется на макс. высоту, его скорость второй раз станет равна 0:

$0 = u_0\cos(\omega t) + \frac{g}{\omega}\sin(\omega t) \ |:\cos(\omega t)$

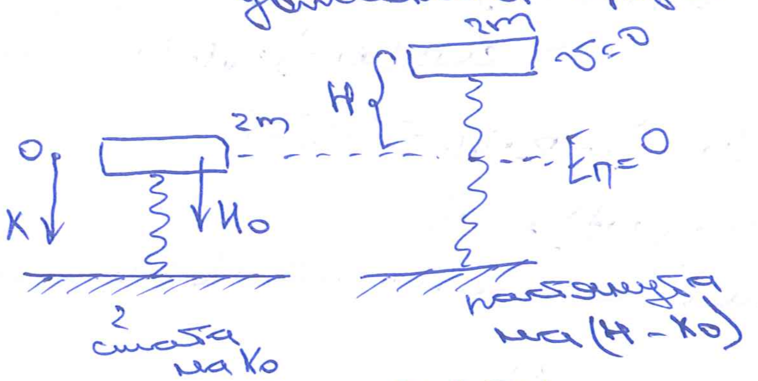
$0 = u_0 + \frac{g}{\omega}\cdot tg(\omega t)$

$tg(\omega t) = -\frac{u_0\omega}{g} = -\frac{\frac{\sqrt{2gh}}{2}\cdot\omega}{g}$

$u_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{2} = \frac{\sqrt{2\cdot 10\frac{м}{с^2}\cdot 0,2\text{ м}}}{2} = \frac{\sqrt{4}}{2}\frac{м}{с} = 1\frac{м}{с}$

$tg(\omega t) = -\frac{1\frac{м}{с}\cdot 5\frac{рад}{с}}{10\frac{м}{с^2}} = -\frac{1}{2}$

6) Рассм. нач. и кон. момент движения бруска:



по ЗСЭ:

$\frac{2m\cdot u_0^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = 2mgH + \frac{k(H-x_0)^2}{2}$

$mu_0^2 + \cancel{\frac{kx_0^2}{2}} = 2mgH + \frac{kH^2}{2} - \frac{k\cdot 2H\cdot x_0}{2} + \cancel{\frac{kx_0^2}{2}}$

$mu_0^2 = 2mgH + \frac{kH^2}{2} - mgH$

$\cancel{m}u_0^2 = \cancel{2}1\ \cancel{m}gH + \frac{1}{2}\cdot\cancel{m}\omega^2H^2$