МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»

по Физике

Буряка Ильи Дмитриевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

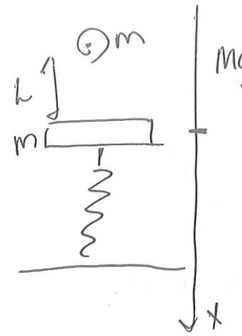
67-77-89-19 (1.8)

195

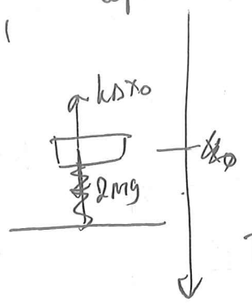
Чистовик.

Черновик

1)



$mg = kx_1$



$2mg = k\Delta x_0$

$2mg - k\Delta x = 2ma$

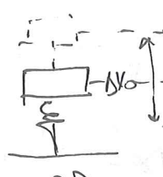
$\Delta x = \Delta x_0 - x$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{km}} = 5$

$\begin{cases} 0 = h - \frac{gt^2}{2} \\ v = gt \end{cases}$

$h = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$



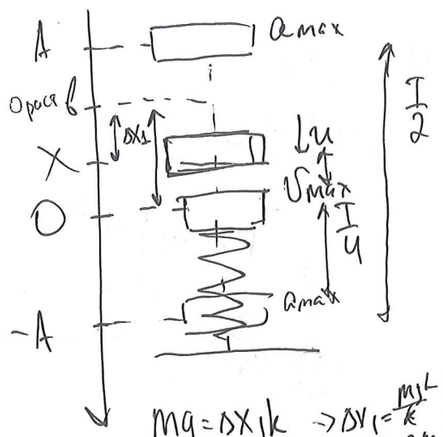
$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$vm = u \cdot 2m \Rightarrow u = \frac{v}{2}$

$\frac{2mu^2}{2} + mgx_1 = \frac{kA^2}{2}$

$\frac{2mv^2}{2} - 2mg(A+x) =$

kx



$2mgx + \frac{2mu^2}{2} = \frac{2mv_{max}^2}{2}$

$2mg(x+A) + \frac{2mu^2}{2} + k$

$x = A \cdot \sin\omega_0 t$

$\frac{2mu^2}{2} + 2mgx + \frac{k(x-6)^2}{2} = \frac{kB^2}{2} + \frac{2m(A\omega_0)^2}{2}$

$mu^2 + 2mgx +$

$mg = \Delta x_1 k \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{mg}{k}$

$2mg = \Delta x_2 k \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{2mg}{k}$

$x = \Delta x_2 - \Delta x_1 = \frac{mg}{k}$

$2mu^2 + 4mgx + k(x-6)^2 = kB^2 + 2m(A\omega_0)^2$

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

Чистовик.

№1.1.1.

$h = 0{,}2\,м$

$\omega_0 = 5\ \frac{рад}{с}$

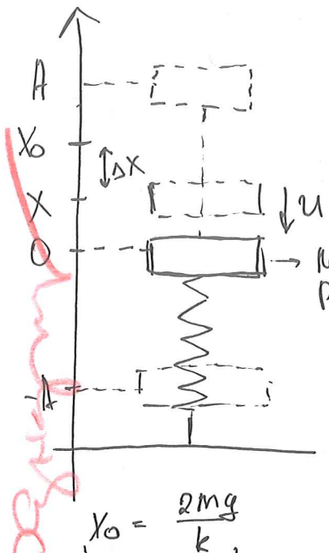
$\tau - ?$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$

$\Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$

$\omega_0^2 = \frac{k}{2m} \Rightarrow \frac{k}{m} = 2\omega_0^2$



x – координата бруска во время удара

x_0 – координата конца недеформированной пружины.

$mg = k(-x + x_0)$ – для т. x

$2mg = kx_0$ – для т. 0

$x_0 = \frac{2mg}{k}$

$\Delta x = x_0 - x = \frac{mg}{k}$

$x = \frac{g}{2\omega_0^2} = \frac{10}{50} = 0{,}2\,(м)$

$mg = k(\frac{2mg}{k} - x) \Leftrightarrow mg = 2mg - kx \Leftrightarrow kx = mg$

$x = \frac{mg}{k}$

$x = A\sin(\omega_0 t)$

ЗСЭ между т. x и 0:

$2mgx + \frac{2mu^2}{2} + \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{2m\cdot(A\omega_0)^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2}$

$4mgx + 2mu^2 + k\Delta x^2 = 2m(A\omega_0)^2 + kx_0$

$\frac{4(mg)^2}{k} + 2mu^2 + \frac{k(mg)^2}{k} = 2m(A\omega_0)^2 + \frac{4(mg)^2}{k}$

$2u^2 + \frac{mg^2}{k} = 2(A\omega_0)^2$

$\begin{cases} 0 = h - \frac{gt^2}{2} \\ v = gt \\ mv = 2mu \end{cases} \Rightarrow u = \frac{v}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2} \Rightarrow u^2 = \frac{2gh}{4} = \frac{gh}{2}$

$gh + \frac{g^2}{2\omega_0^2} = 2\omega_0^2 A^2$

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

$A^2 = \frac{g^2}{4\omega_0^4} + \frac{gk}{2\omega_0^2} = \frac{2gk\omega_0^2 + g^2}{4\omega_0^4}$ Числовик

$X = \frac{mg}{k} = \frac{g}{2\omega_0^2} = \frac{g(2k\omega_0^2+g)}{4\omega_0^2} = \frac{10\left(2\cdot\frac{1}{5}\cdot 25 + 10\right)}{4.625} =$

$X = A\sin\omega_0 t$

$= \frac{20\cdot 10}{4.625} = \frac{200}{4.625} =$

$X^2 = A^2\sin^2\omega_0 t$

$\frac{g^2}{2\omega_0^2} = \frac{g(2k\omega_0^2+g)}{4\omega_0^4}\sin^2\omega_0 t$

$= \frac{40}{4.125} = \frac{8}{4.25}$

$\sin^2\omega_0 t = \frac{2\omega_0^2 g}{2k\omega_0^2 + g} = \frac{2.25\cdot 10}{\frac{2\cdot 25}{5} + 10} = \frac{500}{}$

$A^2 = \frac{2}{25} = 0{,}08 \Rightarrow A = 0{,}2$ м $= X$

$T = T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}} = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{5} \approx \frac{6{,}28}{5} = 1{,}256$ (с.)

3,14
+ 3,35
15,70
9,42
10,99,0

$gk + \frac{g^2}{2\omega_0^2} = 2\omega_0^2 A^2$

$\frac{10}{5} + \frac{100}{50} = 2.25A^2 \Rightarrow A^2 = \frac{2}{25} = 0{,}08 = \frac{8}{100}$

$X = A\sin\omega_0 t$

$\sin\omega_0 t = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_0 t = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{\pi}{4\omega_0}$

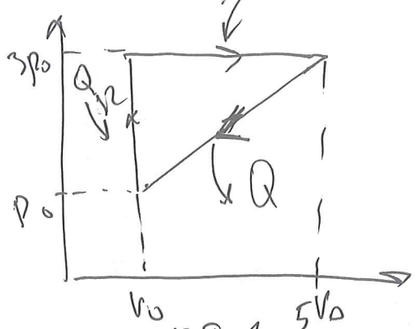
$T = \frac{3\pi}{4} + t = \frac{3\cdot 2\pi}{4\cdot\omega_0} + \frac{\pi}{4\omega_0} = \boxed{\frac{7\pi}{4\omega_0}} \approx \frac{7\cdot 3{,}14}{4.5} =$

$\frac{7\cdot 3{,}14}{20} \approx 10{,}99$ (с.) ≈ 11 с.

Ответ: 11 с.

2) $\eta = \frac{A}{Q_H}$ Черновик $\eta = 1 - \frac{|Q|}{Q_{14}+Q_{23}}$

1)



$A = \frac{2p_0\cdot 4V_0}{2} = 4p_0V_0$

$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{12} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_1$

$Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_2$

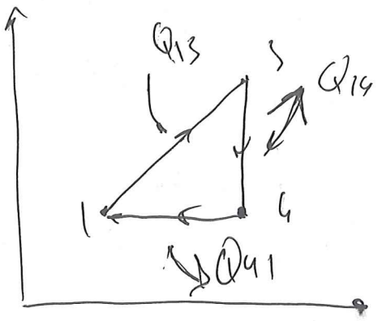
$p_0V_0 = \nu RT_1$
$3p_0V_0 = \nu RT_2$ $\Rightarrow \nu R\Delta T_1 = 2p_0V_0$

$\Delta T_1 = \frac{2p_0V_0}{\nu R}$

$3p_0V_0 = \nu RT_2$
$15p_0V_0 = \nu RT_3$ $\nu R\Delta T_2 = 12p_0V_0 \Rightarrow \Delta T_2 = \frac{12p_0V_0}{\nu R}$

$Q_H = (\Delta T_1 + \Delta T_2)\cdot 4\nu R = \frac{14p_0V_0}{\nu R}(4\nu R) = 56p_0V_0$

2)



$|Q| = |Q_{13}|$

$A = \frac{10\cdot(10+10)}{4\cdot 625}$

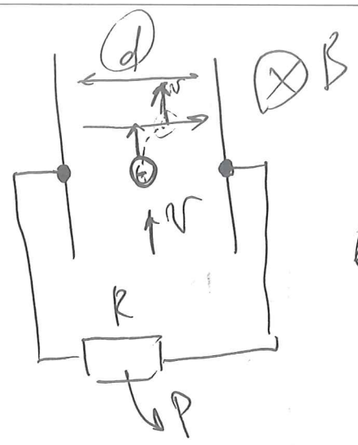
$= \frac{200}{4.625} = \frac{40}{4.125} = \frac{8}{4.25} = \frac{2}{25} = 0{,}04$

$2\omega_0^2 gk + g^2 = 4\omega_0^4 A^2$

$A^2 = \frac{g(2\omega_0^2 k + g)}{4\omega_0^4}$

67-77-89-19
(1.8)

3)



Черновик

$P = \frac{U^2}{R}$ $E = \frac{U}{d}$

$U = dE = d\frac{F}{q} = dBv$

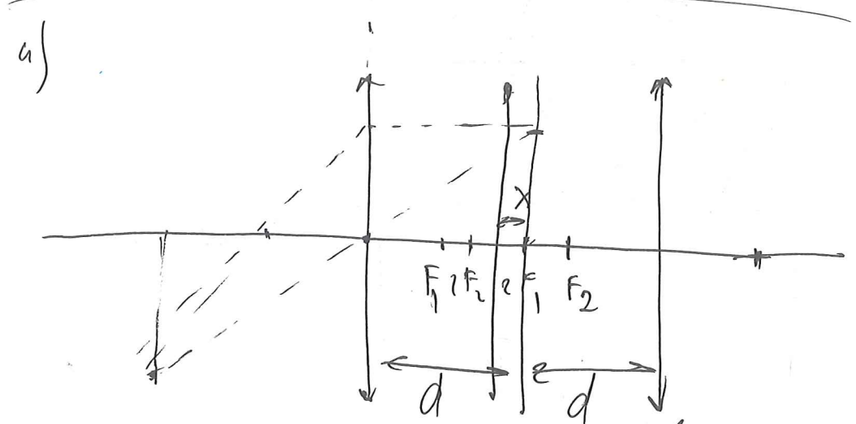
Осу-гра $F = ma_ц$

$F = |B||e|v \cdot \sin(\vec{B};\vec{v})$

$a_ц = \frac{v^2}{R}$

$ma_ц = B|e|v$

4)



$\frac{f}{d} = 3$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{4}{3d} \Rightarrow F_1 = \frac{3d}{4}$

$d = 2F_1 \Rightarrow d = 2F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$

$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{3d_2} = \frac{1}{F_2}$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{F_2} = \frac{4}{3d} \Rightarrow F_2 = \frac{3d}{4}$

$$\begin{cases} \frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d} & \frac{\Gamma+1}{d-x} = \frac{2}{d} \\ \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma(d+x)} = \frac{4}{3d} & \frac{\Gamma+1}{d+x} = \frac{4}{3d} \end{cases}$$

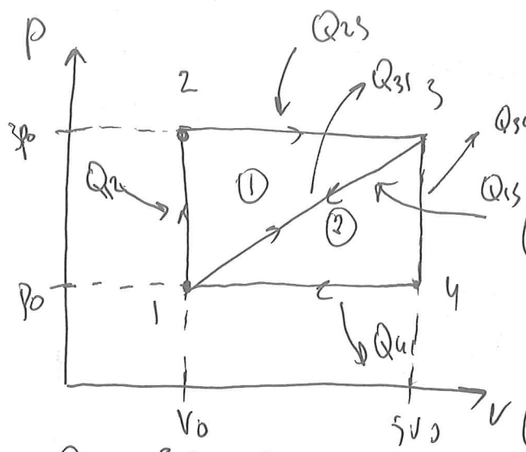
$\frac{d+x}{d-x} = \frac{6}{4}$

$4d + 4x = 6d - 6x$

$10x =$

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

№2.2.1 Чистовик



$A_1 = A_2 = A$

$S_{123} = S_{134}$

① $\eta_1 = \frac{A}{Q_H}$

$A = \frac{2p_0 \cdot 4V_0}{2} = 4p_0V_0$

$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

$Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

$p_0V_0 = \nu RT_1$
$3p_0V_0 = \nu RT_2$
$15p_0V_0 = \nu RT_3$

$(T_2 - T_1)\nu R = 2p_0V_0 \Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{2p_0V_0}{\nu R}$

$(T_3 - T_2)\nu R = 12p_0V_0 \Rightarrow T_3 - T_2 = \frac{12p_0V_0}{\nu R}$

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R \frac{2p_0V_0}{\nu R} = 3p_0V_0$

$Q_{23} = \frac{5}{2}\nu R \cdot \frac{12p_0V_0}{\nu R} = 30p_0V_0$

$\eta_1 = \frac{4p_0V_0}{33p_0V_0} = \frac{4}{33}$

$\eta_1 = 1 - \frac{|Q_{31}|}{Q_H} \Rightarrow \eta_1 33p_0V_0 = 33p_0V_0 - |Q_{31}|$

$|Q_{31}| = 33p_0V_0(1 - \eta_1) = 29p_0V_0$

$\eta_2 = \frac{A}{Q_{15}} = \frac{4p_0V_0}{29p_0V_0} = \frac{4}{29}$

$Q_{15} = |Q_{31}|$

$n = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{4 \cdot 29}{33 \cdot 4} = \frac{29}{33}$

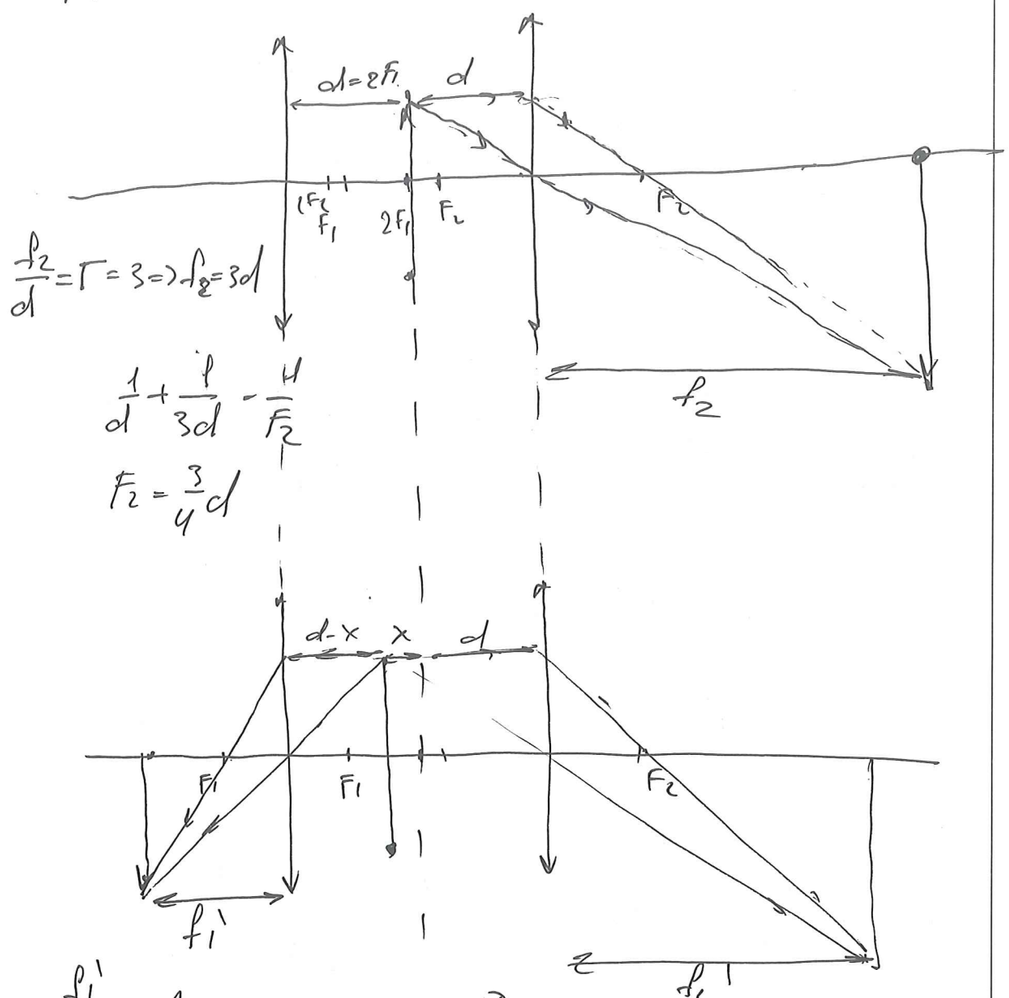
Ответ: $\frac{29}{33}$

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

Чистовик

№4.8.1

Равное изображение в собирающей линзе получается, если предмет стоит на расстоянии, равном двойному фокусному $\Rightarrow d = 2F_1$; Увеличенное изображение получается от предмета между F_2 и $2F_2$



$\frac{f_2}{d} = \Gamma = 3 \Rightarrow f_2 = 3d$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_2}$

$F_2 = \frac{3}{4}d$

$\left.\begin{aligned} \frac{f_1'}{d-x} &= \Gamma \\ \frac{f_2'}{d+x} &= \Gamma \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d} \\ \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma(d+x)} = \frac{4}{3d} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\Gamma+1}{\Gamma(d-x)} = \frac{2}{d} \\ \frac{\Gamma+1}{\Gamma(d+x)} = \frac{4}{3d} \end{cases}$

$\frac{d+x}{d-x} = \frac{6}{4}$

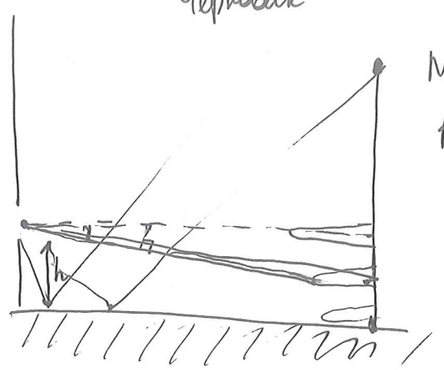
$4d+4x = 6d-6x$

$10x = 2d$

$x = \frac{d}{5}$

Чистовик

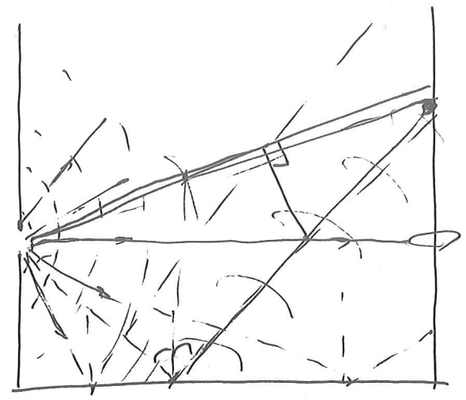
5)



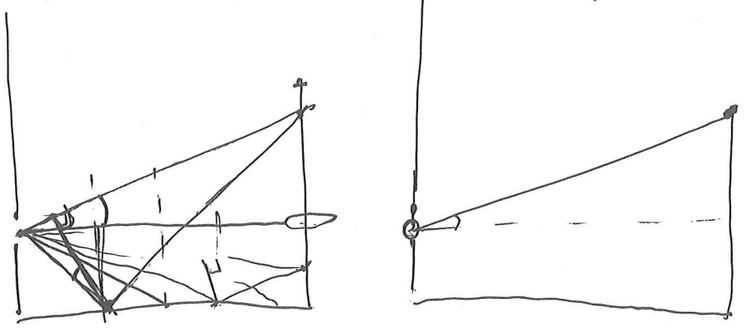
$m\lambda = d\sin\varphi$

$F_A = B q_A$

$\frac{H}{A \cdot M}$



$d\sin\varphi = m\lambda$



Черновик

$u = \frac{\sqrt{2gh}}{2} \Rightarrow u^2 = \frac{2gh}{4} = \frac{gh}{2}$

$\frac{2mu^2}{2} + 2mg(x+A) + \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{k(A+x_0)^2}{2}$

$mu^2 + 2mg(x+A) + \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{k(A+x_0)^2}{2}$

$mu^2 + 2mg(x+A) = \frac{k}{2}(A+x_0-\Delta x)(A+x_0+\Delta x)$

$mu^2 + 2mg(x+A) = \frac{k}{2}\left(A+\frac{3mg}{k}\right)\left(A+\frac{mg}{k}\right)$

$mu^2 = \left(A+\frac{mg}{k}\right)\left(\frac{k}{2}\left(A+\frac{3mg}{k}\right) - 2mg\right)$

$mu^2 = \left(A+\frac{mg}{k}\right)\left(\frac{kA}{2} + \frac{3}{2}mg - 2mg\right)$

$mu^2 = \left(A+\frac{mg}{k}\right)\left(\frac{kA}{2} - \frac{mg}{2}\right) \cdot \frac{2}{k}$

$2mu^2 = \left(A+\frac{mg}{k}\right)\left(kA - \frac{mg}{2}\right)$

$\frac{2mu^2}{k} = \left(A+\frac{mg}{k}\right)\left(A - \frac{mg}{2k}\right)$

$\frac{u^2}{\omega_0^2} = A^2 = 0{,}04$

$\frac{gk}{2\omega_0^2} + 0{,}04 = 0{,}04 + \frac{5}{2 \cdot 25} = 0{,}04 + 0{,}1 = 0{,}14$

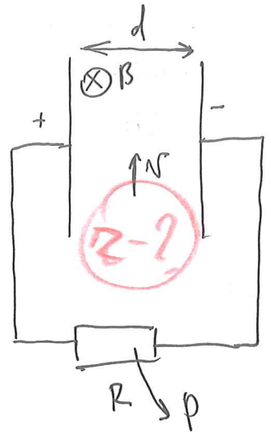
$\frac{0{,}04}{0{,}04} : \frac{0{,}14}{0{,}04} = \frac{4}{14} = \frac{2}{7}$

Чистовик

$X = \frac{25}{5} = 5$ (см)

Ответ: 5 см.

№ 8.1



$P = \frac{U^2}{R}$ на свободные электроны в жидкости будет действовать сила Ампера, направленная вправо

$F_A = Bv|e|\sin(\vec{B};\vec{v}) = Bv|e|$

$U = dE = d\frac{F}{|e|} = dBv$

$P = \frac{d^2B^2v^2}{R} \Rightarrow d = \frac{\sqrt{RP}}{Bv}$

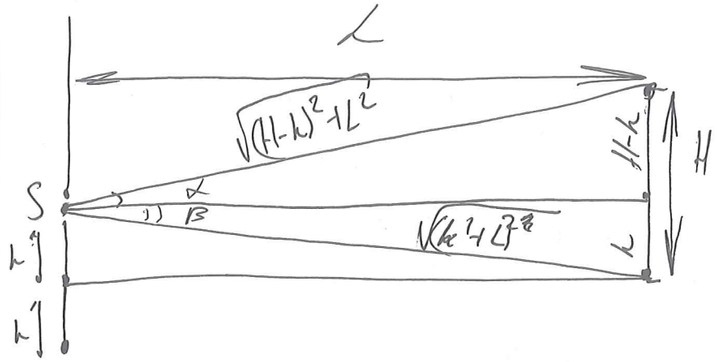
$[d] = \sqrt{\text{Ом} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}^2}} = \sqrt{\text{Ом} \cdot \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Кл}^2}} = \sqrt{\text{Ом} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А}^2 \cdot \text{м}}} = \sqrt{\text{Ом} \cdot \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}^2 \cdot \text{м}}} =$

$= \sqrt{\frac{\text{В}}{\text{А}} \cdot \frac{\text{Ом}}{\text{м}}} = \sqrt{\text{Ом} \cdot \frac{\text{Ом}}{\text{м}}} = \text{м}$

$d = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}}}{10^{-2}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10^{-2}} = 2$ (см)

Ответ: 2 см

Числовик
№ 5. 8.1



S_1 - изображение S в зеркале

Система напоминает решётку с частотой $d = 2h$

$$\begin{cases} 2h\sin\alpha = m_1\lambda \\ 2h\sin\beta = m_2\lambda \\ \sin\alpha = \dfrac{H-k}{\sqrt{(H-k)^2+L^2}} = \dfrac{4,9}{} \\ \sin\beta = \dfrac{k}{\sqrt{k^2+L^2}} \end{cases} \qquad N = m_1 + m_2 + 1$$

с окр. в меньш. сторону

$$N = \frac{2h\sin\alpha}{\lambda} + \frac{2h\sin\beta}{\lambda} + 1 =$$

$$= 1 + \frac{2h}{\lambda}(\sin\alpha + \sin\beta) =$$

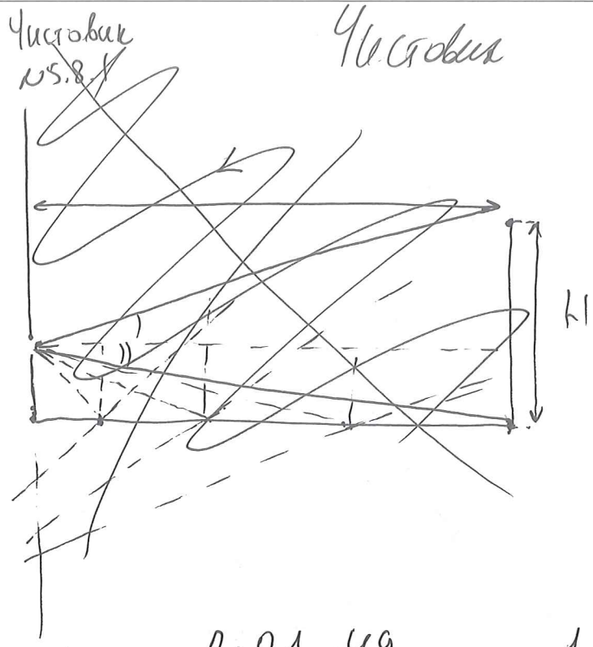
$$= 1 + \frac{2h}{\lambda}\left(\frac{H-k}{\sqrt{(H-k)^2+L^2}} + \frac{k}{\sqrt{k^2+L^2}}\right)$$

$$tg\alpha \approx \sin\alpha = \frac{4,9}{\sqrt{4,9^2+100^2}} \approx \frac{4,9}{100} = \frac{49}{1000} \approx tg\alpha$$

$$tg\beta \approx \sin\beta = \frac{0,1}{\sqrt{0,1^2+100^2}} \approx \frac{0,1}{100} = \frac{1}{1000} \approx tg\beta$$

Числовик
№ 5.8.1

Числовик



$$N = 1 + \frac{2\cdot 0,1\cdot 49}{1000\cdot 0,5\cdot 10^{-4}} + \frac{1\cdot 2\cdot 0,1}{1000\cdot 0,5\cdot 10^{-4}} =$$

$$= 1 + \frac{2\cdot 49}{1000 5\cdot}\cdot 10^{4} + \frac{2\cdot 10}{5} = 1 + 4 + 4\cdot 49 =$$

$$= 5 + 4\cdot 49 = 5 + 196 = 201$$

Ответ: 201