0 860674 790009

86-06-74-79
(1.7)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

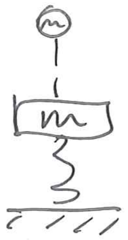
Махмудова Амира Асроровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Работа сдана 15:23

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

ЧЕРНОВИК



$\cancel{mgh = \frac{2mu^2}{2}}$

$mgh = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + Q$

$m\vec{v_0}$; $mv_0 = 2mu$

$gh = \frac{v_0^2}{2}$; $\sqrt{2gh} = 2u \Rightarrow u = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$m\ddot{x} + kx - mg = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x - g = 0$

$-kx - 2mg = 2m\ddot{x}$; $\ddot{x} + \frac{k}{2m}x + g = 0$ $\quad x_1 = \frac{kx}{2m} + g$

$v(t) = \sqrt{\frac{gh}{2}}\cos(\omega t)$; $\cancel{x(t)} =$ $\quad \ddot{x}_1 + x_1 = 0$

$A_1 = \frac{1}{2}\cdot 2p_0 \cdot 4V_0$

$A_2 = \frac{1}{2}\cdot 2p_0 \cdot 4V_0$

$\cancel{Q_1 = A + \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0)}$

$\cancel{Q_2 = \frac{A}{2}}$

$Q_1 = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0) + 3p_0\cdot 4V_0 + \frac{3}{2}(3p_0 5V_0 - 3p_0V_0) =$

$= 3p_0V_0 + 12p_0V_0 + 18p_0V_0 = 33p_0V_0$

$\cancel{Q_2} \Rightarrow \eta = \frac{A}{Q_н} = \frac{A}{Q_x + A}$ $\quad Q_{x_2} = \frac{3}{2}(5p_0V_0 - 15p_0V_0) - 4p_0 \cdot 4V_0 +$

$+ \frac{3}{2}(p_0V_0 - 5p_0V_0) = -15p_0V_0 - 4p_0V_0 - 6p_0V_0 = -25p_0V_0$

$\eta_1 = \frac{4p_0V_0}{33p_0V_0}$; $\eta_2 = \frac{4p_0V_0}{(25+4)p_0V_0} = \frac{4}{29}$; $\eta_1/\eta_2 = \frac{4}{33}\cdot\frac{29}{4} = \frac{29}{33}$

$A_{13} = \int \frac{p_0}{V_0}V\,dV = \frac{p_0}{V_0}\left(\frac{V_3^2 - V_1^2}{2}\right) = \frac{p_0}{V_0}\cdot\frac{(25-1)V_0^2}{2} = 12p_0V_0$

$Q_{13} = 12p_0V_0 + \frac{3}{2}(15p_0V_0 - p_0V_0) = (12+21)p_0V_0 = 33p_0V_0$

$p = kV + b$; $p_0 = k + \frac{b}{V_0}$ $\quad k = \frac{2p_0}{4V_0}$; $p = \frac{2p_0}{4V_0}V + \frac{p_0}{2}$

$A_{13} = \frac{p_0}{2V_0}\int V\,dV + \frac{p_0}{2}\int dV = \frac{p_0\cdot 24V_0}{2\cdot 2} + \frac{p_0}{2}4V_0 = 6p_0V_0 + 2p_0V_0 = 8p_0V_0$

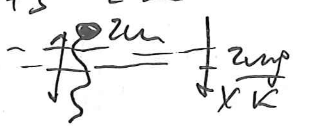
$kx + mg + m\ddot{x} = 0$; $\ddot{x} + \frac{kx + mg}{m} = 0$; $x = kx + mg$

$\frac{m}{k}\ddot{x}_1 + x_1 = 0$ $\quad \ddot{x} + \frac{kx}{m} + g = 0$ $\quad \dot{x} = k\dot{x}$ $\ddot{x} = k\ddot{x}$

$\ddot{x}_1 = \frac{k}{m}\ddot{x}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\quad \cancel{kx + mg} = \frac{kx}{m} + g = \ldots$

$x(t) = A\sin\omega t + \frac{mg}{k}$ $\quad \frac{2mg}{k} = x_0$

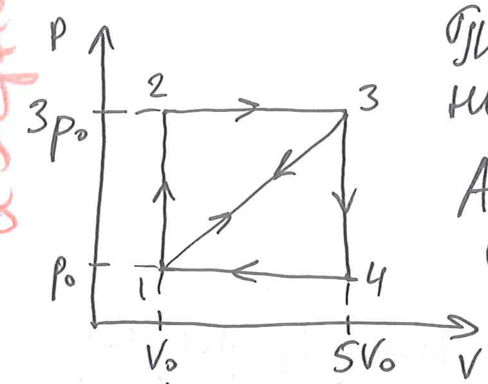


$\frac{2mg}{k}$

86-06-74-79
(1.7)

ЧИСТОВИК

Задача 2.2.1.



По первому началу термодинамики: $\delta Q = \delta A + dU$.

$A = \int p\,dV \equiv$ площадь ~~на~~ фигуры, ограниченной графиком.

$A_1 = \frac{1}{2}(3p_0 - p_0)(5V_0 - V_0) = 4p_0V_0$

$A_2 = \frac{1}{2}(3p_0 - p_0)(5V_0 - V_0) = 4p_0V_0$, где 1, 2 – первый и второй циклы соответственно.

$Q_1 = Q_{12} + Q_{23} \equiv Q_{н_1}$; По закону Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. $\Rightarrow (p_кV_к - p_нV_н) = \nu R\Delta T$.

$\Delta U = C_V\nu\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(p_кV_к - p_нV_н)$.

$Q_1 = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0) + 3p_0\cdot(5V_0 - V_0) + \frac{3}{2}(15p_0V_0 - 3p_0V_0) =$

$= 3p_0V_0 + 12p_0V_0 + 18p_0V_0 = 33p_0V_0$.

$Q_2 = Q_{13} \equiv Q_{н_2}$; $\cancel{A_{13} = \int p\,dV = \left|\frac{p}{V} = \frac{p_0}{V_0}\right| = \frac{p_0}{V_0}\int_{V_0}^{5V_0} V\,dV = \frac{p_0}{V_0}\frac{(25-1)V_0^2}{2}}$

$\cancel{Q_2 = A_{13} + \Delta U_{13} = 12p_0V_0 + \frac{3}{2}(15p_0V_0 - p_0V_0) = 12+}$

$Q_н = Q_x + A$ – по модулю

$Q_{x_2} = Q_{34} + Q_{41} = \frac{3}{2}(5p_0V_0 - 15p_0V_0) + (-4p_0V_0) + \frac{3}{2}(p_0V_0 - 5p_0V_0) =$

$= -25p_0V_0 \Rightarrow Q_{н_2} = |-25p_0V_0| + 4p_0V_0 = 29p_0V_0$

$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1} = \frac{4p_0V_0}{33p_0V_0} = \frac{4}{33}$; $\eta_2 = \frac{A_2}{A_2 + |Q_{x_2}|} = \frac{4p_0V_0}{29p_0V_0} = \frac{4}{29}$

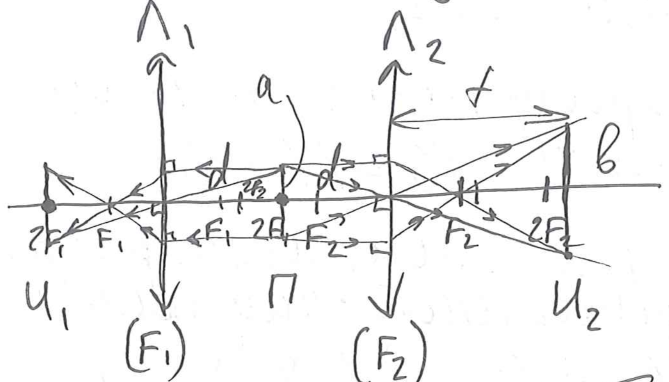
$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{4}{33}\cdot\frac{29}{4} = \frac{29}{33}$

+

Ответ: $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{29}{33}$.

ЧИСТОВИК

Задача 4.8.1.

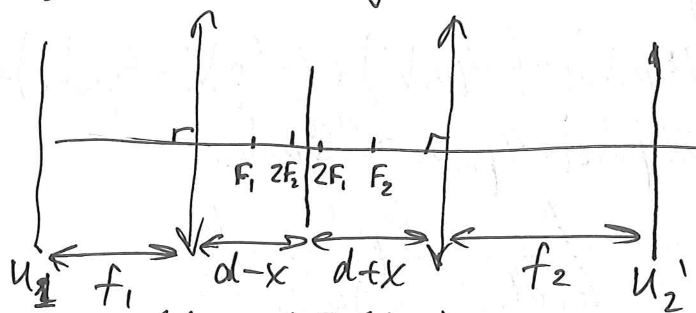


Первая линза даёт изображение ($И_1$) без увеличения $\Rightarrow$ предмет (П) и изображение ($И_1$) находятся на расстоянии $2F$ от главного оптического центра линзы $Л_1 \Rightarrow d = 2F_1$;

$F_1 = \frac{d}{2} = 12,5$ см. Для второй линзы $Л_2$ из подобия треугольников следует, что $Г = \frac{в}{a} = \frac{f}{d}$. Линзы тонкие $\Rightarrow \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2}$.

Тогда $F_2 = \frac{Гd^2}{(Г+1)d} = \frac{3 \cdot 25^2}{4 \cdot 25}$ см $= 18,75$ см.

Чтобы $И_1'$ стало увеличенным нужно сдвинуть стержень на расстояние $F_1 < d_1 < 2F_1$; чтобы в $Л_2$ $И_2'$ оставалось увеличенным $F_2 < d_2 < 2F_2$, $d_1 = d - x$, $d_2 = d + x$.



Получим систему ур-ний:

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

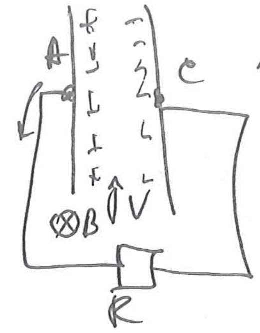
$$\cancel{\frac{d+x}{d-x}} = \frac{(d-x-F_1)F_2\cancel{(d+x)}}{F_1\cancel{(d-x)}(d+x-F_2)};$$

$$x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2} = \frac{6,25 \cdot 25}{31,25} \text{ см} = \frac{25}{5} \text{ см} = 5 \text{ см}$$

+

Ответ: $x = 5$ см.

ЧЕРНОВИК



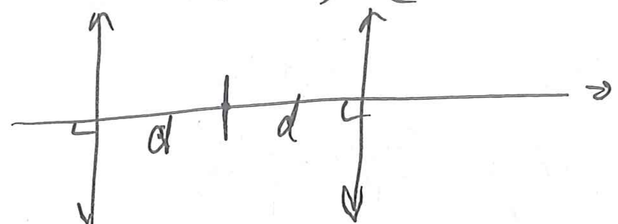
$qE = qvB = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; $E = -\nabla\varphi$

$\varphi_A - \varphi_C = vBd_1 = IR$

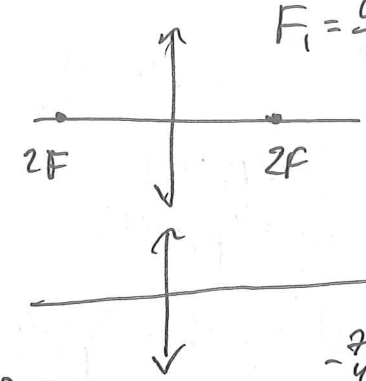
$P_н = I^2R = \frac{v^2B^2d^2}{R^2}R = \frac{v^2B^2d^2}{R}$ $\quad \omega^2 = \frac{k}{2m}$

$v(t) = A\cos(\omega t) \Rightarrow A\cos(\omega(t - t_1))$ $\quad v(t) = A\cos\omega t_1 = U\frac{\sqrt{t_1}}{2}$

$v = 0 \Rightarrow \omega(t_2 - t_1) = \frac{\pi}{2}$



$F_1 = \frac{d}{2} = 12,5$ см

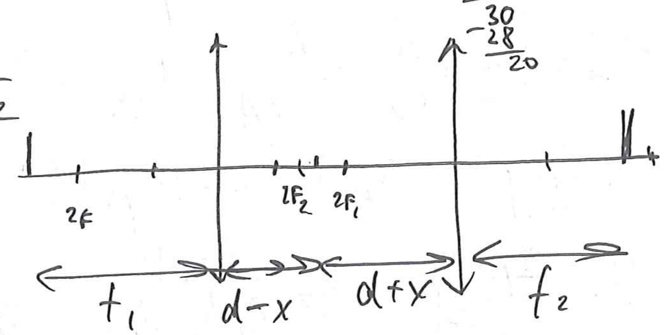


$Г = \frac{f}{d}$; $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2}$

$F_2 = \frac{Гd^2}{d(Г+1)} = \frac{3 \cdot 25^2}{\cancel{25} \cdot 4 \cdot 25} = \frac{75}{4} = 18,75$ см

75 | 4
-4 | 18,75
35
-32
30
-28
20

$$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1}; \quad Г = \frac{f_1}{d_1} = \frac{f_2}{d_2} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} \end{cases}$$



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

$$\begin{cases} \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x} \\ \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d+x} \end{cases} \quad \frac{f_2}{f_1} = \frac{d+x}{d-x} = \left(\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x}\right) / \left(\frac{1}{F_2} - \frac{1}{d+x}\right)$$

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

$1 = \frac{F_2(d-x-F_1)}{F_1(d+x-F_2)}$; $F_1d + F_1x - \cancel{F_1F_2} = F_2d - F_2x - \cancel{F_1F_2}$

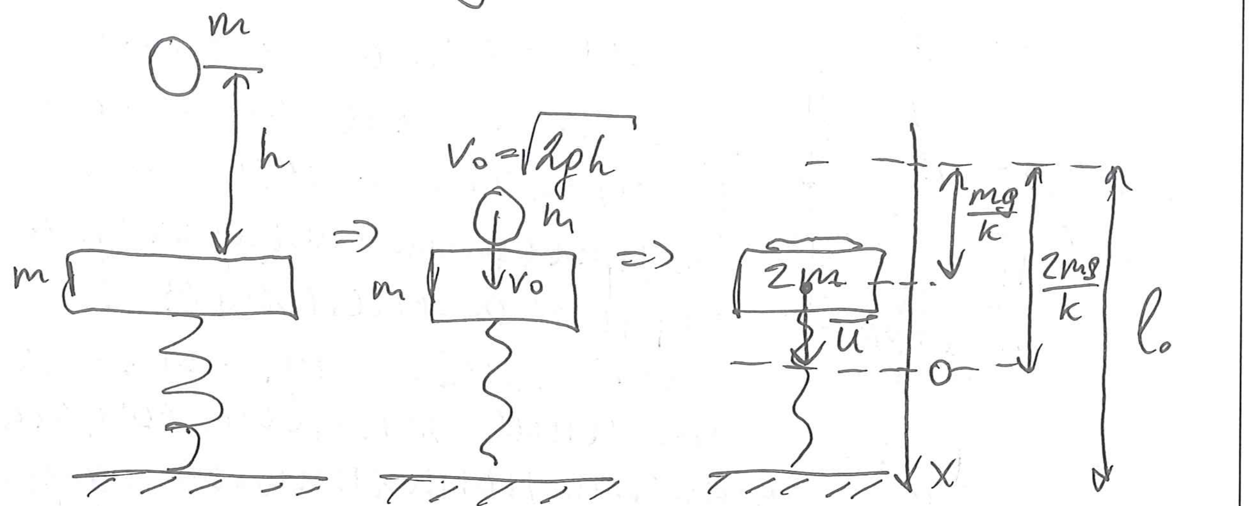
$x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2} = \frac{6,25 \cdot 25}{31,25} = \frac{625 \cdot 25}{3125} = \frac{1}{5} \cdot 25 = 5$ см

3125 | 625
3125 | 5

$10^{-3} = \frac{0,1^2 \cdot 1 \cdot d^2}{0,4}$; $d = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}}} = \sqrt{\frac{4}{10^2}} = \frac{2}{10} = 0,2$ ~~м~~; ~~20 см~~ $\quad \Delta = \frac{2k\pi}{L}$

ЧИСТОВИК

Задача 1.1.1.



З.С.Э.: $mgh = \frac{mv_0^2}{2}$; $v_0=\sqrt{2gh}$ – скорость пластилина до удара. Т.к. время удара очень мало, можно воспользоваться З.С.И.: $mv_0 = 2mu$; $u = \frac{v_0}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$.

До удара: $kx_1 = mg$; $x_1 = \frac{mg}{k}$

После удара: $kx_2 = 2mg$; $x_2 = \frac{2mg}{k}$ $\Rightarrow$ положение равновесия сместилось на $x_2 - x_1 = \frac{mg}{k}$.

Направим Ox вертикально вниз и примем положение равновесия за начало отсчёта.

II з-н Ньютона: $-kx - 2mg = m\ddot{x}$;

$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x + 2g = 0$, $\omega_0^2 = \frac{k}{2m}$. Примем за начало отсчёта времени момент, когда брусок с пластилином будет проходить положение равновесия. Тогда

$$\begin{cases} x(t) = A\sin(\omega t) \\ v(t) = A\omega\cos(\omega t) \\ a(t) = -A\omega^2\sin(\omega t) \end{cases}$$

Воспользуемся начальными условиями.

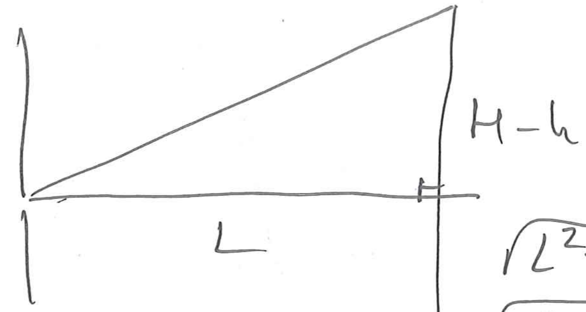
$x(t_1) = \frac{mg}{k} = A\sin(\omega t_1)$

$v(t_1) = u = A\omega\cos(\omega t_1)$,

где t_1 – время движения от полож равновесия до $\frac{mg}{k}$ $\equiv$ от $-\frac{mg}{k}$ до 0.

$\omega^2 = \frac{k}{2m} \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{1}{2\omega^2}$.

ЧЕРНОВИК



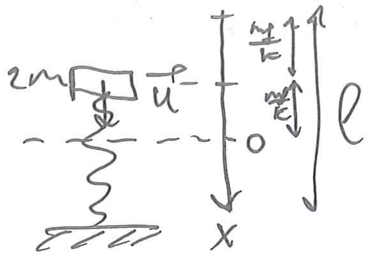
$\sqrt{L^2+(H-h)^2}$

$\sqrt{L^2+(H-h)^2} - L = \sqrt{L^2+H^2-2Hh+h^2} - L$

$\sqrt{10^4+25-1+\ldots} - 100 = \sqrt{L^2+H^2} - L = \Delta = \frac{2k\pi}{L}$

$\frac{2(t)\pi}{L}$; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ $\quad \frac{L\lambda}{2k\pi}$

ЧЕРНОВИК



$v(t)=A\cos(\omega t)$ $\quad x(t)=\frac{A}{\omega}\sin(\omega t)$

$\cancel{u=A}$

$\begin{cases}\frac{mg}{k}=\frac{A}{\omega}\sin(\omega t_1)\\ u=A\cos(\omega t_1)\end{cases}$

$\frac{m^2g^2\omega^2}{k}=A^2\sin^2(\omega t_1)$

$u^2=A^2\cos^2(\omega t_1)$ $\quad \omega^2=\frac{k}{2m}$ $\quad \frac{m}{k}=\frac{1}{2\omega^2}$

$\frac{m^2g^2\omega^2}{k}+u^2=A^2$

$v(t)=\omega A\cos(\omega t)$; $x(t)=A\sin(\omega t)$

$\begin{cases}\frac{mg}{k}=A\sin(\omega t_1)\\ u=\omega A\cos(\omega t_1)\end{cases}$ $\begin{cases}\frac{1}{2\omega^2}g=A\sin(\omega t_1)\\ \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot\frac{1}{\omega}=A\cos(\omega t_1)\end{cases}$

$\frac{g^2}{4\omega^4}+\frac{gh}{2\omega^2}=A^2$; $A=\sqrt{\frac{g}{2\omega^2}\left(\frac{g}{2}+h\right)}=\sqrt{\frac{g}{2\omega^2}\cdot\frac{g+2h}{2}}=\frac{\sqrt{g(g+2h)}}{2\omega}$

$\sin(\omega t_1)=\frac{g}{2\omega^2}\cdot\frac{2\omega}{\sqrt{g(g+2h)}}=\frac{g}{\omega\sqrt{g(g+2h)}}$

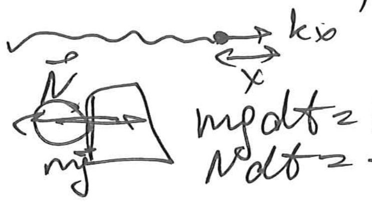
$\sin(\omega t_1)=\frac{10}{5\cdot\sqrt{10\cdot10{,}4}}\approx\frac{10}{10\cdot5}=\frac{1}{5}$

$t_2=\frac{\pi}{2}\cdot\frac{1}{\omega}$

$T=\frac{3\pi}{2\omega}+t_1$

$\frac{M^2}{c^2}\cdot c \quad \sqrt{\frac{M^2}{c^4}+\frac{M^2}{c^2}}$

$k\Delta l=k(l_0-x)$



$mg\,dt=mu$

$N\,dt=-mu$

$\sqrt{\frac{100}{4\cdot25^2}+\frac{1}{25}}=\frac{\sqrt{25\cdot4\cdot100+1}}{\sqrt{25^2\cdot4}}$

$\frac{\sqrt{100+25\cdot4}}{\sqrt{25^2\cdot4}}=\frac{\sqrt{200}}{25\cdot2}=\frac{\sqrt{200}}{50}=\frac{10\sqrt2}{50}=\frac{\sqrt2}{5}$

$k=\frac{u}{M}=\frac{k_2}{c^2}$ $\quad \frac{k}{u}=\frac{1}{c}$

$3{,}14\cdot7=21{,}98$; $21{,}98:20=1{,}099$; $1{,}099\cdot20=21{,}980$

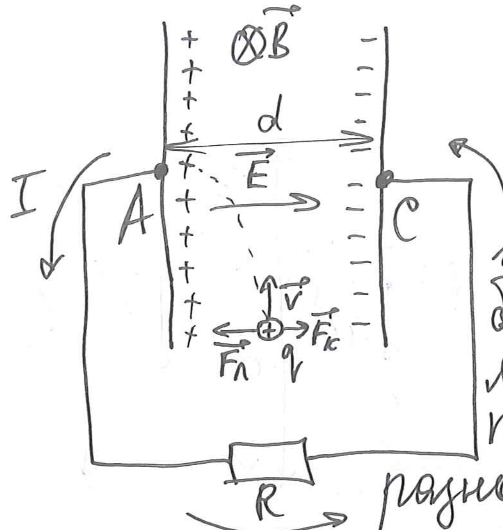
$(1+x)^\alpha=1+\alpha x$ $\quad (1+x)^{1/2}=1+\frac{1}{2}x$

86-06-74-79 (1.7)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

ЧИСТОВИК

Задача 3.3.1.



Под действием силы Лоренца положительно заряженные частицы в проводящей жидкости будут отклоняться к левой пластине, а отрицательные — к правой, создавая разность потенциалов (эффект Холла). $\vec F_л=q[\vec v\times\vec B]$. Из-за разности потенциалов в проводнике будет течь ток: $\varphi_A-\varphi_C=IR$. $P=I^2R$. $P-max\equiv P_m$, если $I-max$

$\Rightarrow \varphi_A-\varphi_C\equiv max$.

$\vec E=-\vec\nabla\varphi$. $(\varphi_A-\varphi_C)\equiv max$, если в ~~один~~ некоторый момент времени равнодействующая сила заряда в жидкости будет равна нулю, т.е.

$F_л=F_к$; $qvB=qE\Rightarrow E=vB$, где $F_к$ — сила, созданная прибившимися зарядами.

$Ed=I_{max}R$; $vBd=I_{max}R$; $P_m=\frac{v^2B^2d^2}{R^2}\cdot R=\frac{v^2B^2d^2}{R}$

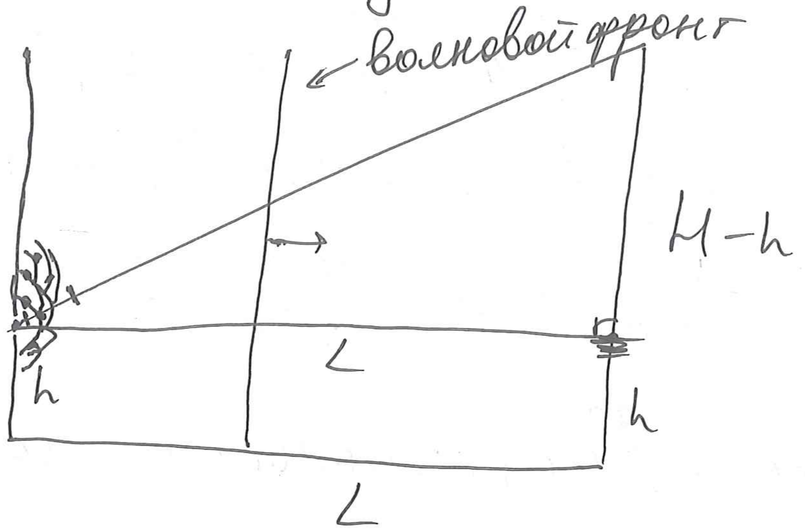
$d=\frac{\sqrt{P_mR}}{vB}=\frac{\sqrt{10^{-3}\cdot4\cdot10^{-1}}}{10^{-1}\cdot1}\,м=\frac{2\cdot10^{-2}}{10^{-1}}\,м=0{,}2\,м=20\,см$

Ответ: $d=20$ см.

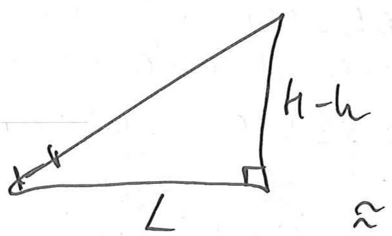
не учтено внутр сопротивл. „r"

ЧИСТОВИК

Задача 5.8.1.



Т.к. $L >>$ диаметра щели, то после прохождении светом щели сферические волны сложатся, и получится плоская волна, и на стене появятся параллельные полоски.



$$\Delta = \sqrt{L^2 + (H-h)^2} - L = \sqrt{L^2 + 2Hh - \cancel{h^2}} - L \approx$$

$$\approx \sqrt{L^2\left(1 + \frac{2Hh}{L^2}\right)} - L \approx \left| (1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x \right| =$$

$$\approx L\left(1 + \frac{2Hh}{L^2}\right)^{1/2} - L \approx \cancel{L} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2HhL}{L^2} - \cancel{L} =$$

$$= \frac{Hh}{L}; \quad \Delta = \cancel{k \cdot L}\ \frac{L}{k}; \quad \cancel{\frac{Hh}{L} = \frac{2\pi}{\lambda}} \quad \frac{Hh}{L} = \frac{\lambda L}{2\pi}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\max\ x = \frac{\lambda}{2} n, \quad n \in \mathbb{Z}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

86-06-74-79
(1.7)

ЧИСТОВИК

Продолжение Задачи 1.1.1.

$$\begin{cases} \frac{g}{2\omega^2} = A\sin(\omega t_1) \\ \frac{u}{\omega} = A\cos(\omega t_1) \end{cases} \Rightarrow \frac{g^2}{4\omega^4} + \frac{u^2}{\omega^2} = A^2, \quad u = \sqrt{\frac{gh}{2}} = 1\,\frac{м}{с}$$

$$A = \sqrt{\frac{100}{4\cdot 25^2} + \frac{1}{25}}\,м = \frac{\sqrt{200}}{50}\,м = \frac{\sqrt{2}}{5}\,м$$

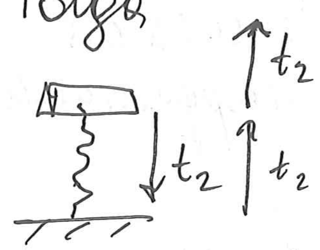
$$\omega t_1 = \arcsin\left(\frac{g}{2\omega^2 A}\right) = \arcsin\left(\frac{10\cdot\cancel{5}}{2\cdot 25\cdot\sqrt{2}}\right) = \frac{\pi}{4}$$

$$t_1 = \frac{\pi}{4\omega}.$$

Найдём время до максимального сжатия пружины:

x_{max}, если $\sin(\omega t_2) = 1 \Leftrightarrow t_2 = \frac{\pi}{2\omega}$.

Тогда



время до первого подъёма на максимальную высоту

$$t_3 = 3t_2 = \frac{3\pi}{2\omega}.$$

Чтобы найти τ, нужно ~~прибавить~~ сложить время от удара до прохода положения равновесия и время от полож. равн. до первого подъёма на макс. высоту: $\tau = t_1 + t_3 = \frac{\pi}{4\omega} + \frac{3\pi}{2\omega}$;

$$\tau = \frac{7\pi}{4\omega} \approx \frac{7\cdot 3{,}14}{4\cdot 5}\,с = 1{,}099\,с \approx 1{,}1\,с.$$

Ответ: $\tau \approx 1{,}1$ с.

19

анал. ф-ла нет в ответе

11

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

Оценка не изменена

Апелляция

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 78 баллов, поскольку считаю, что в 1.1.1. задаче запись аналитической формулы в ответе не является погрешностью в решении самой задачи. Так как в ходе олимпиады участник не знает, к каким заданиям необходимо дописывать формулу в ответ, правильность ответа не может определяться «формулой + ответом». Например, в официальном решении задачи 2.2.1. в ответе записано только число. Задача 1.1.1. решена полностью верно: большая часть решения совпадает с авторской, но поэтапно определены времена движения грузов с чётким и подробным объяснением полученных результатов; получен правильный численный ответ. Прошу повысить оценку на 1 балл (новая оценка 79 баллов).

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 07.03.2025 Подпись