МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

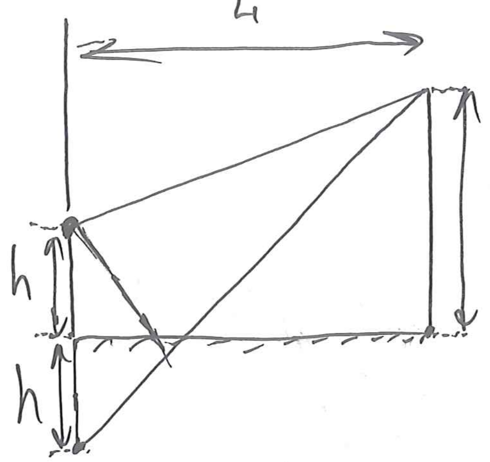
Сабрекова Артёма Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

вышел в 13:13
вернулся в 13:17
сдал работу 13:30.

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик



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

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

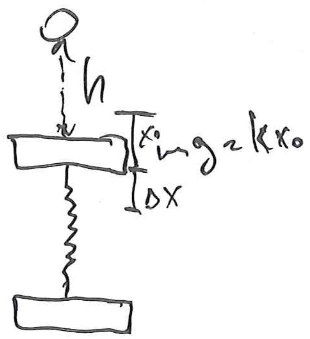
$= \left(\frac{H+h}{L}\right)^4 \cdot \frac{1}{2} - \left(\frac{H-h}{L}\right)^4 \frac{1}{2}$

$= \frac{(H+h)^2-(H-h)^2}{2L} = \frac{4Hh}{2L} = \frac{2Hh}{L} = m\lambda = \lambda(N-1)$

$h = \frac{\lambda(N-1)L}{2H} = \frac{0{,}5\cdot10^{-6}\cdot199\cdot1}{2\cdot5\cdot10^{-2}} =$

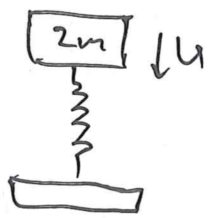
$= \frac{0{,}5\cdot199}{10}\,10^{-4} = 5\cdot199\cdot10^{-6} = 0{,}000995\ \text{м} = 0{,}995\ \text{мм}$

$199 : 2 = 99{,}5$



ЗСЭ: $mgh_{max} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh_{max}}$

ЗСИ: $2mu = mv \Rightarrow u = \sqrt{\frac{gh_{max}}{2}}$



$2m\ddot{x} = 2mg - k(x_0+x)$

$2m\ddot{x} = mg - kx$

$\ddot{x} + \frac{kx}{2m} - \frac{g}{2} = 0$

$x_1 = x - \frac{mg}{k} \Rightarrow \frac{k}{2m}x_1 \quad \sin(0)=0$

$\ddot{x}_1 + \frac{kx_1}{2m} = 0$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{2m}} \Rightarrow x_1(t) = A\cos\left(\frac{2m}{k}t\right)$

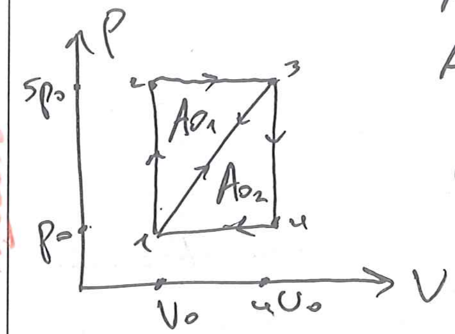
$x(t) = A\cos\left(\frac{2m}{k}t\right) + \frac{mg}{k}$

$v(t) = \frac{2m}{k}A\sin\left(\frac{2m}{k}t\right) =$

50-55-49-34 (3.7)

Чистовик

№2.2.3



$A_{01} = \frac{(4V_0-V_0)(5p_0-p_0)}{2} = 6p_0V_0$ (1-го цикла)

$A_{02} = \frac{(4V_0-V_0)(5p_0-p_0)}{2} = 6p_0V_0$ (2-го цикла)

$Q_{31} = Q_x$ для цикла 1231

$Q_{13} = Q_н$ для цикла 1341

$Q_{13} = \frac{3}{2}(5p_0\cdot4V_0 - p_0V_0) + A$

$A = S_{под\ графиком} = \frac{p_0+5p_0}{2}\cdot(4V_0-V_0) = 9p_0V_0$

$Q_{13} = \frac{3}{2}(20p_0V_0 - p_0V_0) + 9p_0V_0 =$

$= \frac{3}{2}\cdot19p_0V_0 + 9p_0V_0 = \frac{57p_0V_0+18p_0V_0}{2} = \frac{75p_0V_0}{2}$

$Q_{x1} = Q_{13} = \frac{75p_0V_0}{2}$ – (Q_x для 1го цикла)

$Q_{н2} = Q_{13} = \frac{75p_0V_0}{2}$ – ($Q_н$ для 2го цикла)

$\eta_1 = \frac{A_{01}}{Q_{н1}}$ $\quad Q_{н1} = A_{01} + Q_{x1} \Rightarrow \eta_1 = \frac{A_{01}}{A_{01}+Q_{x1}}$

$\eta_2 = \frac{A_{02}}{Q_{н2}}$, $A_{01} = A_{02} = 6p_0V_0$, $Q_{x1} = Q_{н2} = \frac{75p_0V_0}{2}$

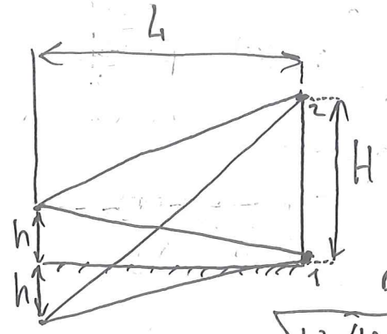
$\boxed{\frac{\eta_2}{\eta_1}} = \frac{A_{02}\cdot(A_{01}+Q_{x1})}{Q_{н2}\cdot A_{01}} = 1 + \frac{A_{01}}{Q_{н2}} = 1 + \frac{6p_0V_0\cdot2}{75p_0V_0} =$

$= 1 + \frac{12}{75} = 1 + \frac{4}{25} = \frac{29}{25} = \boxed{1{,}16}$

Ответ: 1,16

86

Чистовик N5.8.3



Нулевой максимум там, где разность хода $\Delta = 0$
$\Rightarrow$ в точке 1 $\left(\Delta = \sqrt{L^2+h^2} - \sqrt{L^2+H^2} = 0\right)$
Всего N максимумов $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ в точке 2 будет $(N-1)$-ый max.

$\Delta = (N-1)\lambda$ (целое число волн)

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

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

$$= \cancel{L} + \frac{(H+h)^2}{2L} - \cancel{L} - \frac{(H-h)^2}{2L} = \frac{\cancel{H^2}+2hH+\cancel{h^2}-\cancel{H^2}+2hH-\cancel{h^2}}{2L} =$$

$$= \frac{2hH}{L} = (N-1)\lambda \Rightarrow \boxed{h = \frac{\lambda L(N-1)}{2H}}$$

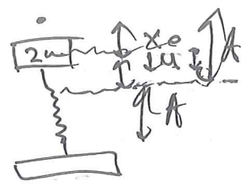
+

$$= \frac{0{,}5\cdot 10^{-6}\cdot 1\cdot 199}{2\cdot 5\cdot 10^{-2}}\,м = \frac{10^{-5}\cdot 199}{2}\,м = \frac{199}{2}\cdot 10^{-2}\,мм =$$

$$= 99{,}5\cdot 10^{-2}\,мм = \boxed{0{,}995\,мкм}$$

Ответ: $h = 0{,}995$ мкм

Черновик



$mg = kx_0$
$2mg = 2kx_0$

$2mg - k(x+x_0) = 2m\ddot{x}$

$mg - kx = 2m\ddot{x}$

$$\ddot{x} + \frac{kx}{2m} - \frac{g}{2} = \frac{k}{2m}\left(x - \frac{mg}{k}\right) = \frac{kx_1}{2m} = 0$$

$$\ddot{x}_1 + \frac{k}{2m}x_1 = 0$$

$x_1(t) = A\cos(\omega_0 t)$

$x(t) = A\cos(\omega_0 t) + \frac{mg}{k} = x_0 = \frac{mg}{k} \Rightarrow$

$\Rightarrow A\cos(\omega_0 t) = 0 \Rightarrow \cos\omega_0 t = 0 \Rightarrow \sin\omega_0 t = 1$

$x'(t) = V(t) = A\omega_0 = \sqrt{\frac{2h_{max}}{2}}$

$$A\sqrt{\frac{k}{2m}} = \sqrt{\frac{2h_{max}}{2}}$$

$$\frac{kA^2}{2m} = \frac{2h_{max}}{2} \rightarrow k = \frac{mg\,h_{max}}{A^2}$$

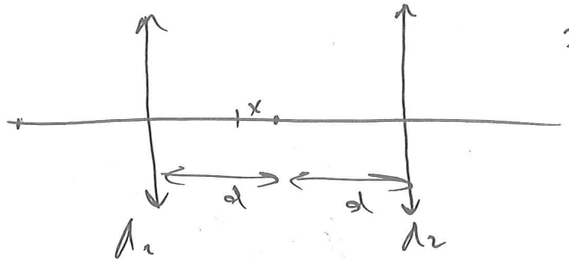
$$A = \sqrt{\frac{2m}{k}}\sqrt{\frac{2h_{max}}{2}}$$

$A = 2x_0 = \frac{2mg}{k} \Rightarrow A^2 = \frac{4m^2g^2}{k^2}$

$$k = \frac{kg\,h_{max}\,kg}{4m^2g^2} \Rightarrow k = \frac{4mg}{h_{max}} = \frac{4}{8\cdot 10^{-2}} = 50\,\frac{Н}{м}$$

4.8.3. Черкавик

$\Gamma_1 = 1 \Rightarrow b = a$



$\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Rightarrow$

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

$\frac{1}{d} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2}$

$\Gamma(d-3x) = 2d+x$

$\frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d}$

$\Gamma = \frac{2d+x}{d-3x} = \frac{30}{10} = 3$

$b_2 = \frac{dF_2}{d-F_2} \Rightarrow \Gamma = \frac{b_2}{d} = \frac{F_2}{d-F_2} \Rightarrow$

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

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_1} = \frac{2}{d}$

$\frac{1}{b_2} = \frac{2}{d} - \frac{1}{d-x} = \frac{2d-2x-d}{d(d-x)} = \frac{d-2x}{d(d-x)}$

$b_2 = \frac{d(d-x)}{d-2x}$

$\Gamma = \frac{b_2}{d-x} = \frac{d}{d-2x} =$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{b_4} = \frac{1+\Gamma}{\Gamma d}$

$= \frac{\Gamma d}{d+x+\Gamma x} = \frac{d}{d-2x} \Rightarrow \Gamma(d-2x) =$

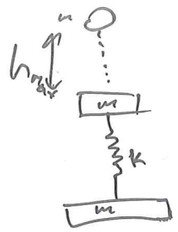
$= d+x+\Gamma x$

$\frac{1}{b_4} = \frac{1+\Gamma}{\Gamma d} - \frac{1}{d+x} = \frac{d+x+\Gamma d+x\Gamma-\Gamma d}{\Gamma d(d+x)} =$

$= \frac{d+x+\Gamma x}{\Gamma d(d+x)}$

50-55-49-34 (3.7)

Чистовик N 1.1.3.

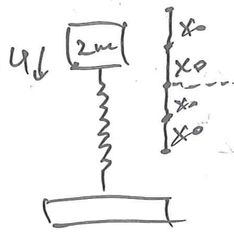


ЗСЭ: $mgh_{max} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{2gh_{max}}$

ЗСИ: $mV = 2mU \Rightarrow U = \frac{V}{2} = \sqrt{\frac{2h_{max}}{2}}$

Изначально пружина была сжата на $x_0 = \frac{mg}{k}$ (II ЗН)

Новое Р.П. ещё через x_0 ($2mg = kx_0$)



Ч.Р. Тогда $A = 2x_0$ (амплитуда колеб)

II ЗН: $2m\ddot{x} = 2mg - k(x+x_0)$

$2m\ddot{x} = mg - kx$

$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x - \frac{g}{2} = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{2m}(x - \frac{mg}{k}) = 0$

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

$\ddot{x}_1 = \ddot{x} \Rightarrow \ddot{x}_1 + \frac{k}{2m}x_1 = 0$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ $x_1(t) = A\cos(\omega_0 t)$

$x(t) = A\cos(\omega_0 t) + \frac{mg}{k}$

В данный момент $x(t) = x_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow x_0 = A\cos(\omega_0 t) + \frac{mg}{k} = A\cos(\omega_0 t) + x_0$

$A\cos(\omega_0 t) = 0 \Rightarrow \cos(\omega_0 t) = 0 \Rightarrow \sin(\omega_0 t) = 1$

$x'(t) = \omega_0 A\sin(\omega_0 t) = A\omega_0 = U$

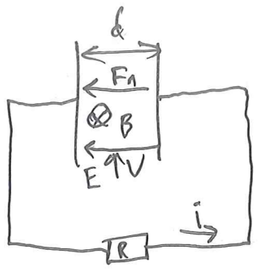
$2x_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{2m}} = \sqrt{2gh_{max}}$

$\frac{2mg}{k}\sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{2gh_{max}}$

$\frac{4m^2g^2k}{k^2} \cdot \frac{k}{m} = 2gh_{max} \Rightarrow \boxed{k = \frac{4mg}{2h_{max}}} = \frac{4}{8\cdot10^{-2}}\frac{H}{M} = \boxed{50\frac{H}{M}}$

Ответ: $k = 50\frac{H}{M}$

Черновик N3.3.3.



$P_m = i^2R \Rightarrow Q_m = i^2R\Delta t$

$F_A = qVB$ ~~$A_m = qVBd$~~

$F_A = qE \Rightarrow E = BV$

$U = Ed = BVd \Rightarrow iR = BVd \Rightarrow$

$\Rightarrow i = \frac{BVd}{R}$

$P_m = i^2R = \frac{B^2V^2d^2}{R^2}R = \frac{B^2V^2d^2}{R} \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \frac{1}{Bd}\sqrt{RP_m} = \frac{\sqrt{RP_m}}{Bd} =$ ~~$U = Bd$~~

$= \frac{\sqrt{0,4 \cdot 0,001}}{0,4 \cdot 1} = \frac{\sqrt{0,0004}}{0,4} = \frac{0,02}{0,4} =$

Нет внутр сопрот

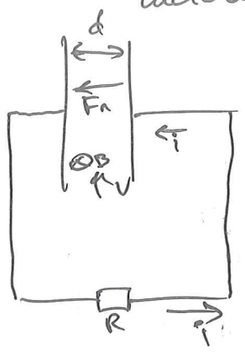
$= \frac{2}{40} = \frac{1}{20} = 0,05$ м/с

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Числовик №3.3.3.



$F_л = qVB$

$F_л = qE \Rightarrow E = VB$

$\Delta\varphi = U_c = Ed = BVd$

$iR = U_c$ (з-н Ома)

$i = \frac{BVd}{R}$

$P_т = i^2R = \frac{B^2V^2d^2}{R^2}R$

$V^2 = \frac{RP_т}{B^2d^2} \Rightarrow \boxed{V = \frac{\sqrt{RP_т}}{Bd}}^2$

$= \frac{\sqrt{0{,}4 \cdot 0{,}001}}{0{,}4 \cdot 1}$ м/с $= \sqrt{\frac{0{,}4 \cdot 10^{-3}}{0{,}4^2}}$ м/с $\sqrt{\frac{10^{-2}}{4}}$ м/с $= \frac{1}{20}$ м/с $=$

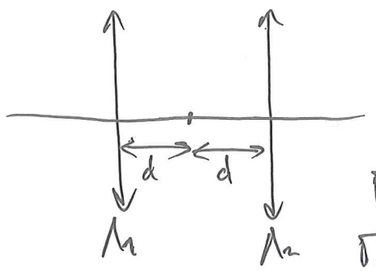
$= \boxed{0{,}05 \text{ м/с}}$

Ответ: V = 0,05 м/с

Чистовик

№4.8.3.

ФТЛ: $\frac{1}{a_1^1} + \frac{1}{b_1^1} = \frac{1}{F_1}$



ФТЛ: $\frac{1}{a_1^2} + \frac{1}{b_1^2} = \frac{1}{F_2}$

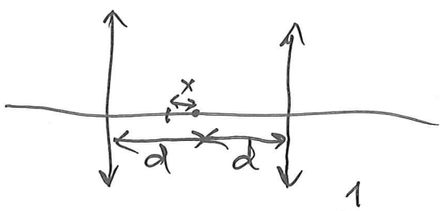
(x^1 – первая линза
(x^2 – вторая линза (на степень))

$\Gamma_1^1 = 1 \Rightarrow b_1^1 = a_1^1 = d \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$

$\Gamma_1^2 = \Gamma = \frac{b_1^2}{a_1^2} \Rightarrow b_1^2 = \Gamma a_1^2 = \Gamma d$

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

$\frac{\Gamma+1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma+1}$



ФТЛ: $\frac{1}{a_2^1} + \frac{1}{b_2^1} = \frac{1}{F_1}$

ФТЛ: $\frac{1}{a_2^2} + \frac{1}{b_2^2} = \frac{1}{F_2}$

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{b_2^1} = \frac{2}{d}$

$\frac{1}{b_2^1} = \frac{2}{d} - \frac{1}{d-x} = \frac{2d-2x-d}{d(d-x)} = \frac{d-2x}{d(d-x)}$

$b_2^1 = \frac{d(d-x)}{d-2x} \Rightarrow \Gamma_2 = \frac{b_2^1}{a_2^2} = \frac{d(d-x)}{(d-2x)(d-x)} = \frac{d}{d-2x}$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{b_2^2} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma d}$

$\frac{1}{b_2^2} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma d} - \frac{1}{d+x} = \frac{d+x+\Gamma d+\Gamma x-\Gamma d}{\Gamma d(d+x)} = \frac{d+x+\Gamma x}{\Gamma d(d+x)}$

$\Gamma_2 = \frac{b_2^2}{a_2^2} = \frac{\Gamma d(d+x)}{(d+x+\Gamma x)(d+x)} = \frac{\Gamma d}{d+x+\Gamma x} = \frac{d}{d-2x}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$\Gamma(d-2x) = d+x+\Gamma x$

$\Gamma(d-3x) = d+x$

$\boxed{\Gamma = \frac{d+x}{d-3x} = \frac{30}{10} = 3}$

$\boxed{\text{Ответ: } \Gamma = 3}$

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