0 066963 490005

06-69-63-49
(1,8)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов 2024/2025"

по физике

Кузьмина Кирилла Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата «14» февраля 2025 года

Подпись участника К

Черновик

$\tau = \frac{\pi}{\omega} + t_0$

t_0 – время за кот. $x_0 \to x_m$

$x(t_0) = x_m \Leftrightarrow \sin(\omega t_0 + \varphi_0) = 1 \Leftrightarrow \omega t_0 = -\varphi_0 + \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow t_0 = \frac{3\pi}{4\omega}$

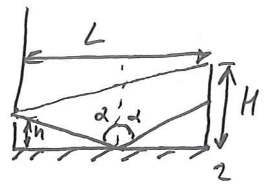
$\tau = \frac{\pi}{\omega}\cdot\left[1+\frac{3}{4}\right] \Rightarrow \cancel{\boxed{\tau = \frac{7}{4}\frac{\pi}{\omega}}} \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{5\pi}{4\omega}}$

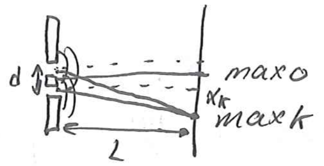
$\cancel{\tau = \frac{7\cdot 3{,}14}{4\cdot 5}\,c \approx \frac{21}{20}\,c \approx 1{,}05\,c}$ $\quad \tau = \frac{\pi}{4}\,c = \frac{3{,}14}{4} = 0{,}7$

$3{,}14 \times 25 = 1570 + 628 = 78{,}50$

$= \frac{25\cdot 3{,}14}{100} = \frac{78{,}5}{100} = 0{,}785\,c$

№5





$\delta = l_1 - l_2$

$\delta = 2k\cdot\lambda$

$l_1 = \sqrt{L^2 + \left(x_k + \frac{d}{2}\right)^2}$

$l_2 = \sqrt{L^2 + \left(x_k - \frac{d}{2}\right)^2}$

$\delta^2 = L^2 + x_k^2 + x_k d + \frac{d^2}{4} - L^2 + x_k d \ldots x_k - \frac{d^2}{4}$

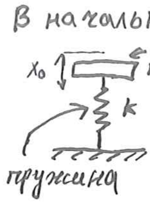
$= 2x_k\cdot d$

06-69-63-49 (1.8)

15 б

№1.1.1 Чистовик

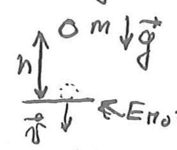
Дано:
$\omega = 5\ \frac{рад}{с}$
$g = 10\ \frac{м}{с^2}$
$h = 20\,см$
τ – ?



В начальный момент времени пружина сжата на x_0, так как в этот момент система „Брусок - пружина" находится в равновесии, то

$mg = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$ (1)

Рассмотрим падение ~~шру~~ шарика с высоты h:

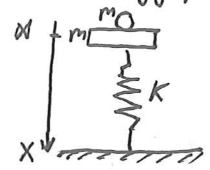


З.С.Э.: $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$ (2)

После того как шарик упадёт на брусок ~~вся~~ система „брусок-шарик" будет двигаться с одной скоростью v_0; ~~Так как все силы~~ (в момент удара примет скорость v_0)

З.С.И.: $v_0\cdot 2m = v\cdot m \Rightarrow v_0 = \frac{v}{2} \overset{(2)}{\Rightarrow} v_0 = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ (3)

После соударения начнутся гармонические колебания: с круговой частотой ω:



$x(t) = x_m\cdot\sin(\omega t + \varphi_0) \overset{\frac{d}{dt}}{\Rightarrow} v(t) = \omega x_m\cdot\cos(\omega t + \varphi_0)$

примём, так как это колебания пружинного маятника

$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ (4)

Найдём φ_0 и x_m из условий, что $v(0) = v_0$ и $x(0) = x_0$:

$\begin{cases} x_0 = x_m\cdot\sin(0\cdot\omega + \varphi_0) \\ v_0 = \omega x_m\cdot\cos(0\cdot\omega + \varphi_0)\end{cases} \overset{(1),(2)}{\Rightarrow} \begin{cases} x_m\cdot\sin\varphi_0 = \frac{mg}{k} \\ \omega x_m\cdot\cos\varphi_0 = \sqrt{\frac{gh}{2}}\end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow \begin{cases} tg\,\varphi_0 = \frac{\frac{mg}{k}\omega}{\sqrt{gh}}\sqrt{2} \\ x_m\cdot\sin\varphi_0 = \frac{mg}{k}\end{cases} \Rightarrow \begin{cases} tg\,\varphi_0 = \sqrt{\frac{2}{gh}}\cdot\frac{mg\omega}{k} \\ x_m\cdot\sin\varphi_0 = \frac{mg}{k}\end{cases}$

Вспомним, что $\sin\alpha = \frac{tg\,\alpha}{\sqrt{1+tg^2\alpha}}$, тогда:

$\begin{cases} tg\,\varphi_0 = \sqrt{\frac{2}{gh}}\cdot\frac{mg\omega}{k} \\ x_m\cdot\sqrt{\frac{2}{gh}}\cdot\frac{mg\omega}{k} = \frac{mg}{k}\sqrt{1+\frac{2m^2g\omega^2}{hk^2}}\end{cases} \overset{(4)}{\Rightarrow} \begin{cases} tg\,\varphi_0 = \sqrt{\frac{g}{2h}}\cdot\frac{1}{\omega} \\ x_m\cdot\sqrt{\frac{2}{gh}}\cdot\omega = \sqrt{1+\frac{g}{2h\omega^2}}\end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow \begin{cases} tg\,\varphi_0 = \sqrt{\frac{g}{2h}}\cdot\frac{1}{\omega} \\ x_m = \frac{g}{2\omega^2}\sqrt{1+\frac{2h\omega^2}{g}} > x_0\end{cases}$

Для упрощения выкладок найдём φ_0:

$tg\,\varphi_0 = \sqrt{\frac{10\frac{м}{с^2}}{2\cdot 0{,}2\,м}}\cdot\frac{1}{5}\,c = 1 \Leftrightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{4}$

Таким образом, $x(t) = x_m\cdot\sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$

Чтобы система „брусок - шарик" поднялась на максимальную высоту ей необходимо ~~опуститься из x_0 в $x_0 + x_m$~~ сжаться ~~на x_m~~ из нач. полож. в x_m, а потом расжаться на $2x_m$.

Чтобы разжаться на $2x_m$ системе необходимо время $\frac{T}{2}$, где $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Чтобы сжаться из нач. положения в x_m нужно время t_0, такое что

$x(t_0) = x_m \Leftrightarrow \sin(\omega t_0 + \frac{\pi}{4}) = 1 \Rightarrow t_0 = \frac{\pi}{4\omega}$

См след. стр.

1	15
2	20
3	12
4	20
5	10
6	47

Чистовик

Таким образом, искомое время τ:

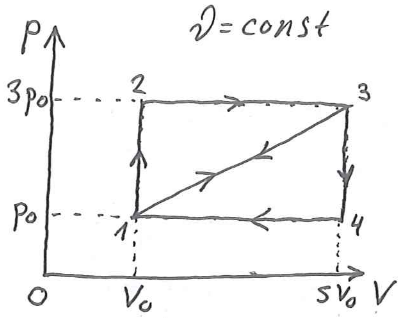
$$\pm \quad \tau = \frac{T}{2} + t_0 \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{5\pi}{4\omega}} \quad -$$

Посчитаем: $\tau \approx \frac{5 \cdot 3{,}14}{4 \cdot 5}\,c \approx 0{,}785\,c$ $-$

Ответ: $\tau = 0{,}785\,c$ $-$

№2.2.1

$\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}}$ - ?



Ур-ние Клапейрона-Менделеева

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_1 \\ 3p_0 V_0 = \nu R T_2 \\ 15 p_0 V_0 = \nu R T_3 \\ 5 p_0 V_0 = \nu R T_4 \end{cases} \quad (1)$$

• Процесс 1-2-3-1:

1→2: I начало термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + \underbrace{A_{12}}_{0\,(V=const)} \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) \overset{(1)}{\Rightarrow} Q_{12} = 3p_0V_0 \ (2)$$

2→3: I начало термодинамики:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \underset{p=const}{\Rightarrow} Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + 3p_0(5V_0 - V_0) \overset{(1)}{\Rightarrow}$$

$$\overset{(1)}{\Rightarrow} Q_{23} = 30 p_0 V_0 \ (3)$$

3→1: Найдём уравнение процесса, т.к. по графику ~~3→1~~ p линейно зависит от V, значит $p(V) = \alpha V + \beta$, эта прямая проходит через точки $(p_0; V_0)$ и $(3p_0; 5V_0)$. Найдём α и β:

$$\begin{cases} p_0 = \alpha V_0 + \beta \\ 3p_0 = 5\alpha V_0 + \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{p_0}{2V_0} \\ \beta = \frac{p_0}{2} \end{cases}$$

I начало термодинамики:

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + \int \delta A_{31}, \quad \delta A_{31} = p(V)dV \Rightarrow Q_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + \int_{5V_0}^{V_0} p(V)dV \overset{(1)}{=}$$

$$\overset{(1)}{=} \frac{3}{2}(p_0V_0 - 15p_0V_0) + \int_{5V_0}^{V_0}\left(\frac{p_0}{2V_0}V + \frac{p_0}{2}\right)dV = -21p_0V_0 + \left(\frac{p_0}{4V_0}V^2 + \frac{p_0}{2}V\right)\Bigg|_{V_0 \cdot 5}^{V_0} =$$

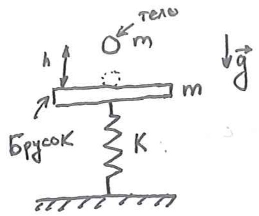
$$= -21p_0V_0 + \left(\frac{p_0V_0}{4} + \frac{p_0V_0}{2} - \frac{25p_0V_0}{4} - \frac{5p_0V_0}{2}\right) = -29p_0V_0 \Rightarrow Q_{31} = -29p_0V_0 \ (4)$$

$$\eta_{1231} = 1 - \frac{Q_x}{Q_н}, \quad Q_x = |Q_{31}|, \quad Q_н = (Q_{12} + Q_{23}) \overset{(2),(3),(4)}{\Rightarrow} \eta_{1231} = 1 - \frac{29}{33} \Rightarrow \eta_{1231} = \frac{4}{33} \ (*)$$

См. след. стр.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик



тело: $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

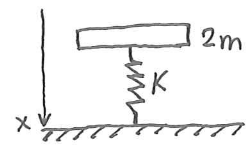
После склеивания: $2mv_0 = mv \Rightarrow v_0 = \frac{v}{2}$

Равновесие: $x_0 = \frac{mg}{k} \Rightarrow$

$\Rightarrow x_0 = \frac{g}{2\omega^2}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$

Колебы:



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

нач. усл. $\begin{cases} x(0) = x_0 \\ v(0) = v_0 \end{cases}$

$$\sin\varphi = \frac{tg\varphi}{\sqrt{1 + tg^2\varphi}}$$

Найдём φ_0 и x_m:

$$\begin{cases} x_m \cdot \sin(\varphi_0) = \frac{mg}{k} \\ \omega x_m \cdot \cos(\varphi_0) = \frac{\sqrt{gh}}{\sqrt{2}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} tg\varphi_0 = \frac{\frac{mg}{k}\cdot\omega}{\sqrt{\frac{gh}{2}}} = \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{mg\omega}{k} \\ x_m \cdot \sin\varphi_0 = \frac{mg}{k} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\frac{H}{k_2 \cdot M} = \frac{1}{c^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} tg\varphi_0 = \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{mg\omega}{k} \\ x_m \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{mg\omega}{k} = \frac{mg}{k} \cdot \sqrt{1 + \frac{2m^2g^2\omega^2}{ghk^2}} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\cancel{\frac{k_2^2 \cdot M \cdot - M^2}{c^4 \cdot M \cdot H^2}} = \quad = \cancel{\frac{k_2^2 \cdot M^2 \cdot c^4}{c^4 \cdot M^2 k_2^2}} = 1$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m \cdot \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{mg\omega}{k} = \frac{mg}{k^2} \cdot \sqrt{\frac{k^2h + 2m^2g\omega^2}{h}} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m \cdot \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \omega = \frac{1}{k}\sqrt{k^2h + 2m^2\omega^2 g} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m = \sqrt{\frac{g}{2}} \cdot \sqrt{h + \frac{2m^2}{k^2}\omega^2 g} \cdot \frac{1}{\omega} \end{cases} \Rightarrow \cancel{\begin{cases} \dots \\ x_m = \sqrt{\frac{gh}{2\omega^2}} + \frac{g^2}{2} \end{cases}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m \cdot \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{mg\omega}{k} = \frac{mg}{k} \cdot \sqrt{1 + \frac{2m^2g\omega^2}{hk^2}} \end{cases} \quad \omega^2 = \frac{k}{2m} \Rightarrow \omega^4 = \frac{k^2}{4m^2} \Longrightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m \cdot \sqrt{\frac{2}{gh}}\,\omega = \sqrt{1 + \frac{\omega^2 g}{h \cdot 2\omega^4}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dots \\ x_m \cdot \omega = \sqrt{\frac{gh}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2h\omega^2 + g}{2h\omega^2}} \end{cases} \Rightarrow$$

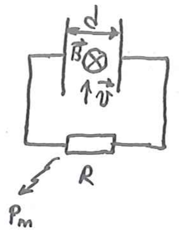
$$\Rightarrow \begin{cases} x_m = \frac{1}{2\omega^2} \cdot \sqrt{2gh\omega^2 + g^2} \\ \dots \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_m = \frac{g}{2\omega^2}\sqrt{1 + \frac{2h\omega^2}{g}} \\ tg\varphi_0 = \sqrt{\frac{2}{gh}} \cdot \frac{g}{2\omega^2} \Rightarrow tg\varphi_0 = \sqrt{\frac{g}{2h}} \cdot \frac{1}{\omega} \end{cases}$$

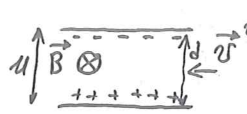
$$tg\varphi_0 = \sqrt{\frac{10}{2 \cdot \frac{1}{5}}} \cdot \frac{1}{5} = 1 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{4}$$

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

~~ЧВ~~ Черновик

№3





$U = |\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt}$, $\Phi = B\cdot d\cdot \ell$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow U = B\cdot d\cdot \frac{d\ell}{dt} = Bd\cdot v$ (1)

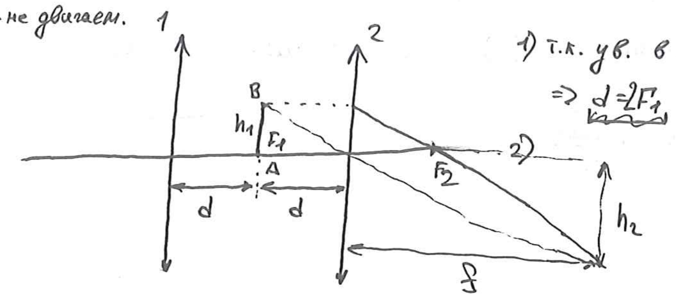
$P_m = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{RP_m} \overset{(1)}{\Rightarrow} Bd\cdot v = \sqrt{RP_m} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{d = \frac{\sqrt{RP_m}}{B\cdot d}}$

$d = \frac{\sqrt{0{,}4\cdot 10^{-3}}\ \text{В}}{1\,\text{Тл}\cdot 10\cdot 10^{-2}\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\sqrt{0{,}04}\cdot 10^{-1}}{10\cdot 10^{-2}}\ \text{м} = \frac{0{,}2\cdot 10}{10} = 0{,}2\,\text{м}$

№4.

„1" - не двигаем.



1) т.к. ув. в 1 линзе $\Gamma = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \underline{d = 2F_1} \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$ (к)

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

$\Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f}{d} \Rightarrow f = \Gamma d$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d\Gamma} \Rightarrow \underline{F_2 = d\cdot\frac{\Gamma}{\Gamma+1}}$ (р)

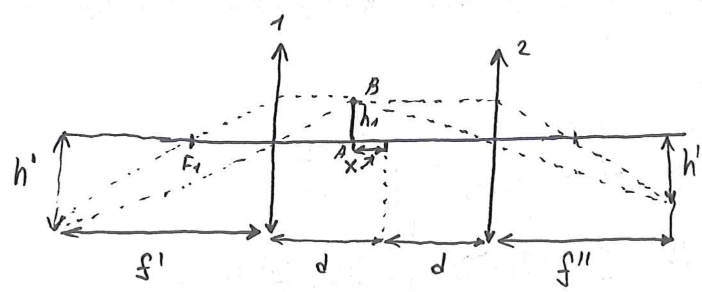
„2" - сместили

$\Gamma_1 = \Gamma_2$

$\Gamma_1 = \left(\frac{h_1}{h'}\right)^{-1}$

$\Gamma_2 = \frac{h''}{h_1}$

$\Rightarrow \frac{h''}{h_1} = \frac{h'}{h_1} \Rightarrow$



$\Rightarrow \frac{f''}{d-x} = \frac{f'}{d+x}$ (1)

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{d-x-F_1}{F_1(d-x)} \Rightarrow f' = \frac{F_1(d-x)}{d-x-F_1}$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{f''} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{f''} = \frac{d+x-F_2}{F_2(d+x)} \Rightarrow f'' = \frac{(d+x)F_2}{d+x-F_2}$ $\overset{(1)}{\Rightarrow}$

$\overset{(1)}{\Rightarrow} \frac{F_2}{d+x-F_2} = \frac{F_1}{d-x-F_1} \Rightarrow F_2\cdot d - F_2\cdot x - F_1F_2 = dF_1 + xF_1 - F_1F_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow x = d\cdot\frac{F_2-F_1}{F_1+F_2} \overset{(к),(р)}{\Rightarrow} x = d\cdot\frac{d\cdot\frac{\Gamma}{\Gamma+1} - \frac{d}{2}}{d\cdot\frac{\Gamma}{\Gamma+1}+\frac{d}{2}} \Rightarrow \boxed{x = d\cdot\frac{\Gamma-1}{3\Gamma+1}}$

$x = 25\,\text{см}\cdot\frac{2}{7} = \frac{50}{7}\,\text{см} \approx 7{,}12\,\text{см}$

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

06-69-63-49 (1.8)

Чистовик

• Процесс 1-3-4-1

$\underline{1\to3}$: т.к. $1\to3$ обратен $3\to1$, значит $Q_{13} = -Q_{31} \Rightarrow Q_{13} = 29p_0V_0$ (5)

$\underline{3\to4}$: I начало термодинамики:

$Q_{34} = \Delta U_{34} + \underbrace{\cancel{A_{34}}}_{0\,(V=const)} \Rightarrow Q_{34} = \frac{3}{2}\nu R(T_4 - T_3) \overset{(1)}{\Rightarrow} Q_{34} = -15p_0V_0$ (6)

$\underline{4\to1}$: I начало термодинамики:

$Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41} \underset{p=const}{\Rightarrow} Q_{41} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_4) + p_0(V_0 - 5V_0) \overset{(1)}{\Rightarrow}$

$\overset{(1)}{\Rightarrow} Q_{41} = -10p_0V_0$ (7)

$\eta_{1341} = 1 - \frac{Q'_x}{Q'_н}$

$Q'_x = |Q_{41} + Q_{34}|$

$Q'_н = Q_{13}$

$\Rightarrow \eta_{1341} = 1 - \frac{25}{29} \Rightarrow \eta_{1341} = \frac{4}{29}$ (**)

Таким образом из (*) и (**)

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

+

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

№3.3.1

Дано:

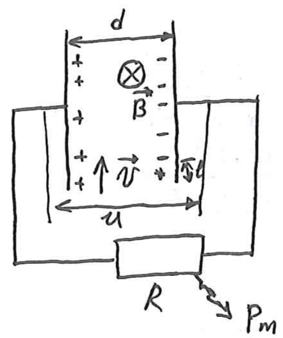
$R = 0{,}4\,\text{Ом}$

$v = 10\,\frac{\text{см}}{\text{с}}$

$P_m = 1\,\text{мВт}$

$B = 1\,\text{Тл}$

$d - ?$



$P_m = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{P_mR}$ (1)

З-н Фарадея:

$U = |\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt}$

$\Phi = B\cdot d\cdot \ell$

$\Rightarrow U = B\cdot d\cdot\frac{d\ell}{dt}$

$v = \frac{d\ell}{dt}$

$\Rightarrow$

$\Rightarrow U = vBd$ (2)

Приравнивая ~~не~~ правые части (1) и (2):

$v\cdot B\cdot d = \sqrt{P_m\cdot R} \Rightarrow \boxed{d = \frac{\sqrt{P_mR}}{B\cdot v}}$

не учтено внутр. сопротивление источника „r"

Посчитаем:

$d = \frac{\sqrt{0{,}4\cdot 10^{-3}\,\text{В}\cdot\text{Вт}}}{1\,\text{Тл}\cdot 10\cdot 10^{-2}\frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0{,}2\,\text{м}$

Ответ: $d = 0{,}2\,\text{м}$

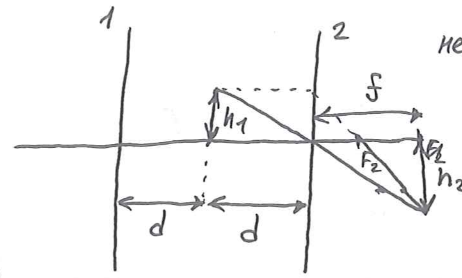
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

№4.8.1 Чистовик

Дано:
$d = 25\,см$
$\Gamma = 3$

$x - ?$

„в начале, когда стержень находится посередине линз":



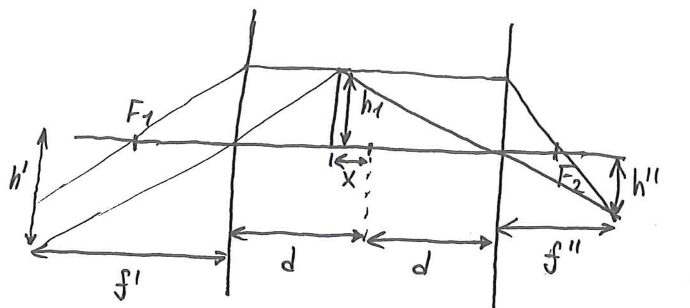
т.к. 1 линза не увеличивает даёт не-увеличенное изображение, значит $F_1 = \frac{d}{2}$ (1), где F_1 - фокусное расстояние 1 линзы

$$\Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f}{d} \Rightarrow f = d \cdot \Gamma \; (2)$$

Формула тонкой линзы (для линзы 2), где F_2 - фокусное расстояние 2 линзы.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2 = d \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma + 1} \; (3)$$

„после того как сместили стержень на x":



Γ_1 - ув. 1 линзы
Γ_2 - ув. 2 линзы

$$\Gamma_1 = \frac{h'}{h_1} = \frac{f'}{d - x}$$

$$\Gamma_2 = \frac{h''}{h_2} = \frac{f''}{d + x}$$

По условию $\Gamma_1 = \Gamma_2 \Rightarrow \frac{f''}{d + x} = \frac{f'}{d - x}$ (4)

Формула тонкой линзы:

„1 линза": $\frac{1}{d - x} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F_1}$

„2 линза": $\frac{1}{d + x} + \frac{1}{f''} = \frac{1}{F_2}$

$$\Rightarrow \begin{cases} f' = \dfrac{(d - x) F_1}{d - x - F_1} \\ f'' = \dfrac{(d + x) F_2}{d + x - F_2} \end{cases} \; (5)$$

Подставим (5) в (4):

$$\frac{F_1}{d - x - F_1} = \frac{F_2}{d + x - F_2} \Leftrightarrow F_1 d + F_1 x - F_1 F_2 = F_2 d - F_2 x - F_1 F_2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{F_2 - F_1}{F_1 + F_2} \cdot d \overset{(3),(1)}{\Rightarrow} \boxed{x = d \cdot \frac{\Gamma - 1}{3\Gamma + 1}}$$

Посчитаем:

$$x = 25\,см \cdot \frac{3 - 1}{9 + 1} = \frac{50}{10}\,см = 5\,см$$

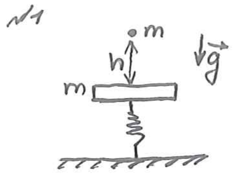
Ответ: $x = 5\,см$

+

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

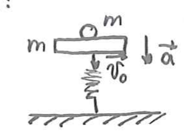
Черновик

№1



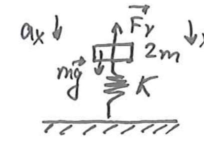
Положение равновесия:
$mg = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$
$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

Упал:



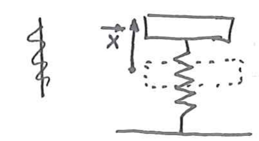
$mv = 2mv_0 \Rightarrow v_0 = \frac{v}{2}$

Колеба:



$$\left. \begin{array}{l} 2mg - k\Delta x = 2a_x \cdot m \\ \Delta x = x_0' + x \end{array} \right| \Rightarrow$$

$x_0' = \frac{2mg}{k}$ - положе. равн



$$\Rightarrow \cancel{2mg - kx_0'} - kx = 2ma_x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{2m} x = 0 \Rightarrow \left(\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}\right)$$

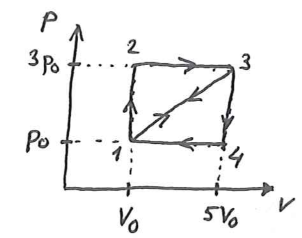
$$\Rightarrow x(t) = x_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow v(t) = x_m \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$x(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$

$v(0) = v_0 \Rightarrow x_m \cdot \omega = \sqrt{\frac{gh}{2}} \Rightarrow x_m = \frac{\sqrt{2gh}}{2\omega}$

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

№2



1-2-3-1:

$1 \to 2$:
$Q_{12}^{\downarrow} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} V_0 (3p_0 - p_0) = \frac{3}{2} \cdot V_0 \cdot 2p_0 = 3p_0 V_0$

$2 \to 3$:
$Q_{23}^{\downarrow} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + 3p_0(5V_0 - V_0) = \frac{3}{2} \cdot 3p_0(5V_0 - V_0) + 12p_0V_0 = 30p_0V_0$

$1 \to 3$: найдём ур-ние процесса:
$p(V) = \alpha V + \beta$

$$\begin{cases} p_0 = \alpha V_0 + \beta \\ 3p_0 = 5\alpha V_0 + \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4\alpha V_0 = 2p_0 \\ p_0 = \alpha V_0 + \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{p_0}{2V_0} \\ p_0 = \frac{p_0}{2} + \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{p_0}{2V_0} \\ \beta = \frac{p_0}{2} \end{cases}$$

$$Q_{3\to1}^{\downarrow} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + \int_{5V_0}^{V_0} p(V)\,dV = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + \int_{5V_0}^{V_0} \left(\frac{p_0}{2V_0}V + \frac{p_0}{2}\right) dV =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (p_0V_0 - 15p_0V_0) + \left(\frac{p_0}{2V_0} V^2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{p_0}{2} V\right)\Bigg|_{5V_0}^{V_0} = -21p_0V_0 + \left(\frac{p_0V_0}{4} + \frac{p_0V_0}{2}\right) - \left(\frac{25p_0V_0}{4} + \frac{5p_0V_0}{2}\right)$$

$$= -21p_0V_0 + \left(-\frac{24p_0V_0}{4} - \frac{4p_0V_0}{2}\right) = -29p_0V_0$$

$$\left. \begin{array}{l} \eta_1 = 1 - \dfrac{Q_x^{\uparrow}}{Q_н^{\downarrow}} \\ Q_н^{\downarrow} = Q_{23}^{\downarrow} + Q_{12}^{\downarrow} \\ Q_x^{\uparrow} = -Q_{31}^{\downarrow} \end{array} \right| \Rightarrow \eta_1 = 1 - \frac{29}{33} = \frac{4}{33}$$

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

1-3-4-1

$Q_{13}^{\downarrow} = 29p_0V_0$

$3 \to 4$: $Q_{34}^{\downarrow} = -\frac{3}{2} \cdot 5V_0 \cdot 2p_0 = -15p_0V_0$

$4 \to 1$: $Q_{41}^{\downarrow} = -\frac{3}{2} p_0 \cdot 4V_0 - p_0 \cdot 4V_0 = -6p_0V_0 - 4p_0V_0 = -10p_0V_0$

$$\eta_2 = 1 - \frac{25}{29} = \frac{4}{29}$$

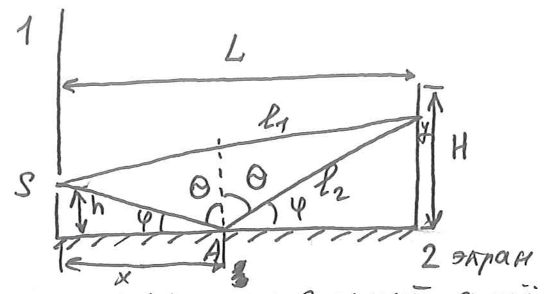
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

06-69-63-49
(1.8)

№5.8.1 Чистовик

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

N - ?



После того, как луч произвольный дошёл до (·) A, то (·) A становится источником вторичных сферических волн, а так как лучи падают на всю поверхность зеркала, то всё зеркало становится источником волн.

В результате интерференции волн ~~испускаемых~~ отражённых от зеркала и волн от источника S на 2 экране будут появляться ~~полосы~~ интерференционные полосы.

Рассмотрим интерференцию волны из S и волны отражённой от. (·) A: ~~Так как (·) A - сферичный точечной источник,~~

$\Delta = l_1 - l_2$

$\Delta = N\lambda$

$l_1 = \sqrt{L^2 + (y-h)^2}$

$l_2 = \sqrt{(L-x)^2 + y^2}$

$\Rightarrow N^2 \cdot \lambda^2 = \cancel{L^2} + \cancel{y^2} - 2h \cdot y + h^2 - \cancel{L^2} + 2Lx - x^2 - \cancel{y^2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow N^2 \cdot \lambda^2 = h^2 - x^2 + 2Lx - 2hy$ $\Big|$ $\Rightarrow N^2 \cdot \lambda^2 = h^2 - x^2 + 2Lx - 2hH$

при N $y = H$

$tg\varphi = \frac{h}{x}$

$tg\varphi = \frac{H}{L-x}$ $\Big|$ $\Rightarrow \frac{h}{x} = \frac{H}{L-x} \Rightarrow LH - hx = Hx \Rightarrow x = \frac{LH}{H+h}$

Т.о. $N^2 \cdot \lambda^2 = h^2 - \frac{(LH)^2}{(H+h)^2} + 2L \cdot \frac{LH}{H+h} - 2hH \Rightarrow$

$\Rightarrow N^2 \cdot \lambda^2 = h^2 + \frac{2L^2H}{H+h} - 2hH - \frac{L^2H^2}{(H+h)^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow N^2 \cdot \lambda^2 = h^2 + \frac{2L^2H^2 + 2L^2hH - L^2H^2}{(H+h)^2} - 2hH \Rightarrow$

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

Посчитаем:

$N = \frac{1}{0{,}5 \cdot 10^{-6}\text{м}} \cdot \sqrt{10^{-6}\text{м} - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} + \frac{5 \cdot 10^{-4}\text{м} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}\text{м}}{(5+0{,}1)^2}} \approx$

≈ 400

Ответ: $N = 400$

Оценка не изменена

11

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников „Ломоносов"
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю „ФИЗИКА"
Кирилла Михайловича Кузьмина

Апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 77 баллов, поскольку считаю, что в задаче №1.1.1 балл необходимо поднять с 15 до 18-19, так как в решении допущена арифметическая ошибка, а именно, когда в работе я написал „$x(t_0) = X_m$", я потерял знак „–" перед „X_m", т.е. должно было быть „$x(t_0) = -X_m$"; Эта ошибка повлияла только на окончательный ответ, значит в решении была допущена незначительная погрешность.

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)