0 359695 480001

35-96-95-48
(1.7)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"

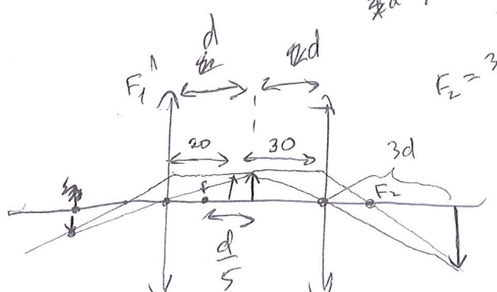
по физике

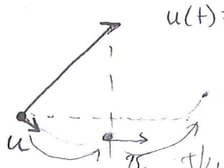
Иноземцевой Милорады Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

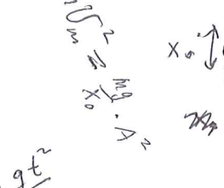
Дата
«14» февраля 2025 года

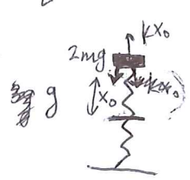
Подпись участника

Черновик



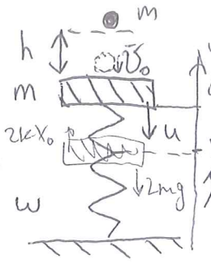






35-96-95-48 (1.7)

№ 1.1.1



1) Запишем Закон сохр. энергии для шарика:

$mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh}$ – скорость шарика прямо перед падением на брусок.

2) Время соударения мало, запишем з-н сохранения импульса системы:

$mv_0 = (m+m)u \Rightarrow u = \frac{v_0}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ – скорость бруска с пластилином сразу после падения.

3) До удара брусок находился в полож. равновесия

2 з-н Ньютона Oy: $mg = kx_0$

Затем изменилась масса и новое пол-е равновесия:

2 з-н: Oy: $2mg = kx_1 \Rightarrow x_1 = 2x_0$; $2mg = k(2x_0)$

ω – циклич. частота колеб.

$\omega^2 = \frac{k}{2m} \Rightarrow \frac{1}{2}g = x_0\omega^2 \Rightarrow \begin{cases} g/2 - \text{max ускорение в системе} \\ x_0 = A - \text{амплитуда колебаний} \end{cases}$

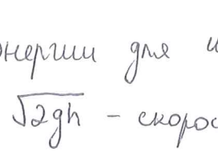
$\omega^2 x + a = 0$ – ур-е гармонич. колебаний

Время $T = \frac{2\pi}{\omega}$ – период колебаний

Из нового положения равновесия система в положение первого подъема на максимальную высоту пройдет время:

$t_1 = \frac{T}{4} + \frac{T}{4} + \frac{T}{4} = \frac{3T}{4} = \frac{6\pi}{4\omega} = \frac{3\pi}{2\omega}$

(пришёл в нижнюю точку; вернулся в П.Р.; поднялся в верх. точку)



Максимальная высота подъёма будет соответствовать положению равновесия до соударения

Время от соударения до прихода в новое положение равновесия: $t_2 = \frac{u}{g/2} = \frac{2u}{g} = \frac{2\cdot\sqrt{\frac{gh}{2}}}{g} = \sqrt{\frac{4gh}{2g^2}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Тогда τ от соударения до подъёма на макс. высоту равно:

$\tau = t_1 + t_2 = \frac{3\pi}{2\omega} + \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{3\pi}{10} + \sqrt{\frac{2\cdot 20\cdot 10^{-2}}{10}} = \frac{3\pi}{10} + \sqrt{4\cdot 10^{-2}} =$

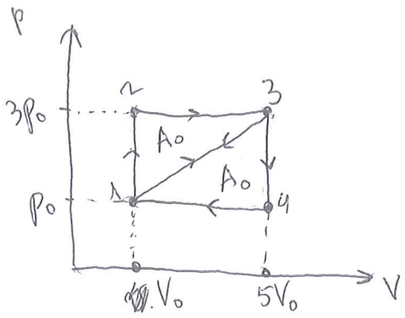
$= \frac{3\pi}{10} + \frac{2}{10} = \frac{3\pi+2}{10}$ с

неверно решено (слишком мало прошло)

Ответ: $\tau = \frac{3\pi+2}{10}$ с $= 1{,}15$ с

19

№2.2.1



$\eta = \frac{A_0}{Q_н}$, где A_0 – работа газа за цикл

$Q_н$ – Q нагрева

Из графика ясно, что циклические работы газа в 2 циклах равны (1234 – прямоугольник)

1 НТ: $Q = A_{газа} + \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

1) Цикл 1231. Газ нагрев-ся в процессах 1-2, 2-3

1 Начало термодинамики: $Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0) = 3p_0V_0$

$Q_{23} = \frac{3}{2}(3p_0 \cdot 5V_0 - 3p_0V_0) + A_{23} = 18p_0V_0 + 3p_0(5V_0 - V_0) =$

$= 18p_0V_0 + 12p_0V_0 = 30p_0V_0$

$Q_{н1} = Q_{12} + Q_{23} = 3p_0V_0 + 30p_0V_0 = 33p_0V_0$ – Q нагрева в 1 цикле

2) Цикл 1341. Газ нагр-ся в процессе 1-3.

$Q_{13} = \frac{3}{2}(3p_0 \cdot 5V_0 - p_0V_0) + A_{газа} = \frac{3}{2} \cdot 14p_0V_0 + \frac{3p_0 + p_0}{2} \cdot (5V_0 - V_0) =$

↑ Запишем как S трапеции

$= 21p_0V_0 + 2p_0 \cdot 4V_0 = 29p_0V_0$

$Q_{н2} = 29p_0V_0$ – Q нагрева во 2 цикле

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{A_0/Q_{н1}}{A_0/Q_{н2}} = \frac{Q_{н2}}{Q_{н1}} = \frac{29p_0V_0}{30p_0V_0} = \frac{29}{30}$$

Ответ: $\frac{29}{30}$.

Черновик

$\Delta x = \frac{ut - 15t^2}{g}$

$x = A\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$v = v_m$

$u = v_m$

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

$2mu^2 = kA^2$

$2m \cdot \frac{gh}{2}$

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

$mu^2 = kA^2$

$\frac{\omega}{A} = \frac{u}{A}$

$v_m = \omega A$

$\omega = \frac{v_m}{A} = \frac{u}{A}$

$a_{ц.с.} = A\omega^2$

$v_m = A\omega$

$A = \frac{v_m}{\omega}$

$\sqrt{\frac{2}{g}} = t$

$\frac{mg}{2} - kx_0 = 0$

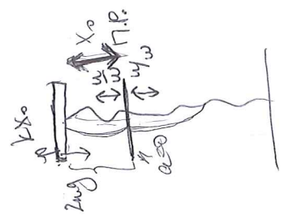
$2mg - kx_0 = 0$

$2mg = kx_0$

$e\Delta t = \Delta v = g\Delta t$

$\frac{2\pi}{\omega} + \frac{1}{\omega}$

$\frac{2\pi + 1}{\omega}$



$kx_0 = mg$

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

$F\Delta t = \Delta p$

$\Delta t = \frac{2m(v_m - u)}{2mg - kx_0}$

$a = g - \frac{kx_0}{2m}$

$a = \frac{g}{2}$

$\cos\omega t = -1$

$\omega t = \pi$

$\Delta t = \frac{\pi}{\omega}$

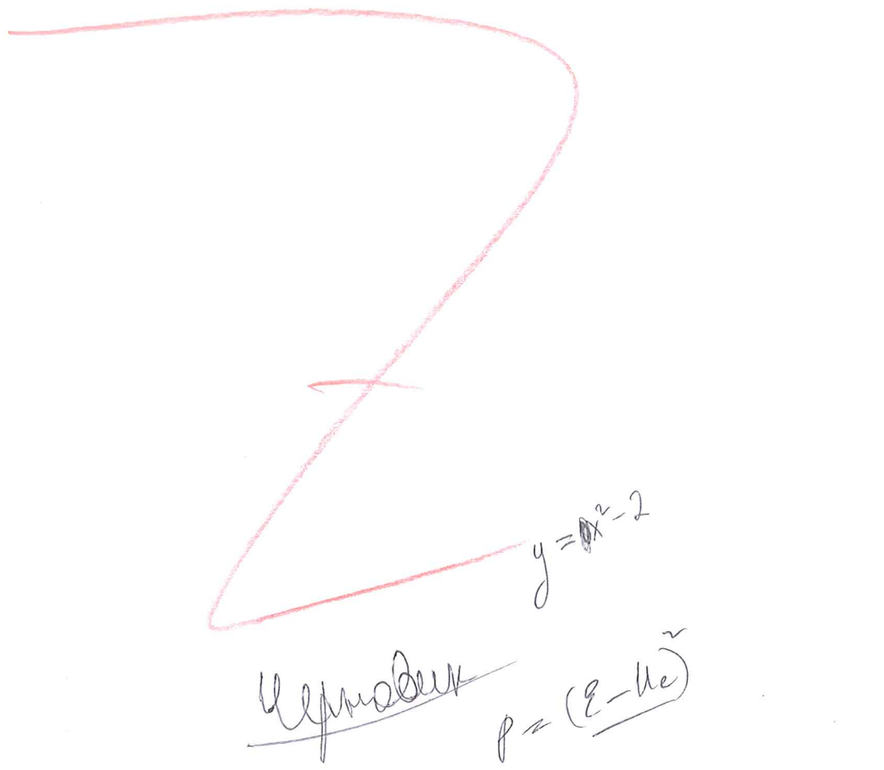
$v_{x(t)} = v_m \cos\omega t$

$t = \frac{2\pi}{3}$

$t = \frac{3 \cdot 3{,}14 + 2}{10} = \frac{+3{,}14}{3}$

$\frac{11{,}52}{10} = 1{,}15$

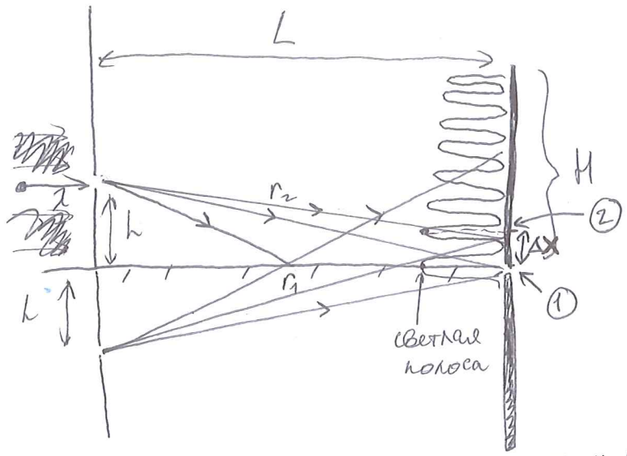
$t = \frac{3}{9{,}52}$



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

35-96-95-48
(1:7)

№5.8.1



N - ? - кол-во полос
$L = 1$ м
$\lambda = 0{,}5$ мкм $= 0{,}5 \cdot 10^{-6}$ м
$h = 1$ мм $= 10^{-3}$ м
$H = 5$ см $= 5 \cdot 10^{-2}$ м

Благодаря зеркалу можно считать, что у нас 2 ~~источника~~ щели $\Rightarrow$ 2 источника. Заметим, что $h \ll L$, значит будем наблюдать интерференционную картину на экране. Светлые полосы – максимумы, темные – минимумы
Δx – расстояние между 2 соседними максимумами, точками ① и ② на рис.
~~(т. 1) находится на зеркале (в самом низу экрана) (начало) точка 2~~

В т. 1 разность хода волн равна нулю, в т. 2 – равна λ
Выведем формулу для Δx в опыте Юнга:

$\Delta_1 = 0$
$\Delta_2 = \lambda$ } – разность хода

$\Delta_2 = r_1 - r_2 \Rightarrow$ используем т-му Пифагора:

$r_1 - r_2 = \sqrt{L^2 + (h+\Delta x)^2} - \sqrt{L^2 + (h-\Delta x)^2} =$

$= L \cdot \sqrt{1 + \frac{(h+\Delta x)^2}{L^2}} - L \cdot \sqrt{1 + \frac{(h-\Delta x)^2}{L^2}}$

$h + \Delta x \ll L \Rightarrow \frac{(h+\Delta x)^2}{L^2}$ – малая величина $\Rightarrow \sqrt{1 + \frac{(h+\Delta x)^2}{L^2}} = 1 + \frac{(h+\Delta x)^2}{2L^2}$

Аналогично для $\frac{(h-\Delta x)^2}{L^2}$: $\sqrt{1 + \frac{(h-\Delta x)^2}{L^2}} = 1 + \frac{(h-\Delta x)^2}{2L^2}$

$r_1 - r_2 = L\left(1 + \frac{(h+\Delta x)^2}{2L^2} - 1 - \frac{(h-\Delta x)^2}{2L^2}\right) = \frac{1}{2L}\left(2h\Delta x + 2h\Delta x\right) = \frac{2h\Delta x}{L}$

$r_1 - r_2 = \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2h\Delta x}{L} \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$

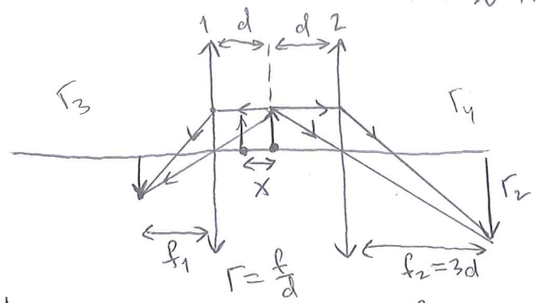
Тогда найдем $N_{полос}$ на экране: $N = \frac{H}{\Delta x} = \frac{H \cdot 2h}{\lambda L} =$

$= \frac{(5 \cdot 10^{-2}) \cdot 2 \cdot (1 \cdot 10^{-3})}{(0{,}5 \cdot 10^{-6}) \cdot 1} = \frac{10 \cdot 10^{-5}}{0{,}5 \cdot 10^{-6}} = 20 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{6} = 20 \cdot 10 = 200$

Ответ: ~~200~~ $N = 200$

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

№ 4.8.1



$d = 25$ см

$\Gamma_2 = 3$, $\Gamma_1 = 1$

$x - ?$

Формула тонкой линзы (ФТЛ):

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

1 линза: ~~Запишем~~ $\Gamma_1 = 1 \Rightarrow \frac{f_1}{d} = 1 \Rightarrow f_1 = d$

Запишем ФТЛ: $\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{2}{d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$ – фокусн. расст-е 1 линзы.

2 линза: $\Gamma_2 = 3 \Rightarrow \frac{f_2}{d} = 3 \Rightarrow f_2 = 3d$

ФТЛ: $\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{3d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{4}{3d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{3d}{4}$ – фокус. расст-е 2 линзы

Γ_3, Γ_4 – новые увеличения после сдвига стержня

Сместим стержень на X влево. $\Gamma_3 = \Gamma_4 \Rightarrow \frac{f_3}{d-X} = \frac{f_4}{d+X}$

ФТЛ для 1 линзы: $\frac{1}{f_3} + \frac{1}{d-x} = \frac{1}{F_1}$

для 2 линзы: $\frac{1}{f_4} + \frac{1}{d+X} = \frac{1}{F_2}$

$\frac{f_3}{d-x} = \frac{f_4}{d+x}$

$\frac{1}{f_3} = \frac{2}{d} - \frac{1}{d-x} = \frac{2(d-x)-d}{d(d-x)} = \frac{d-2x}{d(d-x)}$

$\frac{1}{f_4} = \frac{4}{3d} - \frac{1}{d+x} = \frac{4d+4x-3d}{3d(d+x)} = \frac{d+4x}{3d(d+x)}$

$\frac{f_3}{d-x} = \frac{f_4}{d+x} \Rightarrow \frac{d(d-x)}{(d-2x)(d-x)} = \frac{3d(d+x)}{(d+4x)(d+x)}$

$d(d+4x) = 3d(d-2x) \Rightarrow d^2 + 4dx = 3d^2 - 6dx$

$10dx = 2d^2 \Rightarrow d = 5x \Rightarrow x = \frac{d}{5}$

$x = \frac{d}{5} = \frac{25\text{ см}}{5} = 5\text{ см} \Rightarrow \Gamma_3 = \Gamma_4 = \frac{5}{3}$

Ответ: $x = 5$ см, сместить влево

+

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

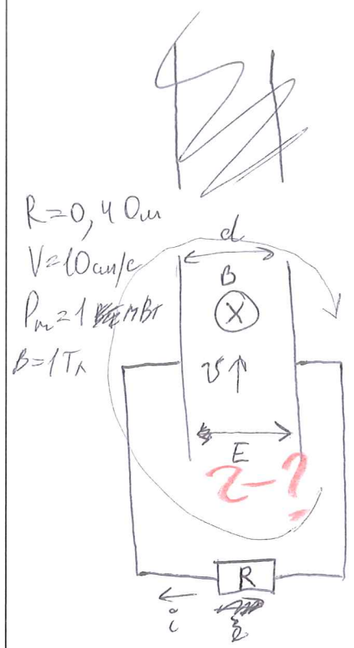
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

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

35-96-95-48
(1.7)

№ 3.3.1



1) Однород. магнитное поле в системе создает $\mathcal{E}_{инд}$ (ЭДС индукции), $\mathcal{E}_{инд} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$, а также по правилу буравчика она направлена по часовой стрелке

Тогда $\mathcal{E} = iR + U_c$, U_c – напряжение между пластинами конденсатора

i – ток через резистор

2) Вода проводящая, ток направлен вверх, по правилу левой руки определяем направление силы Лоренца – вправо (электроны заряжены отрицательно)

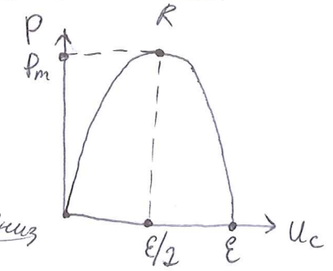
$F_{лор} = qBv$; $E = \frac{F}{q} = Bv$ – эл. поле между пластинами

3) $U_c = Ed \Rightarrow \mathcal{E} = iR + vBd \Rightarrow i = \frac{\mathcal{E} - vBd}{R}$

$P = i^2R = \left(\frac{\mathcal{E} - vBd}{R}\right)^2 \cdot R = \frac{(\mathcal{E} - vBd)^2}{R}$

$P' = 2U_c - \mathcal{E} = 0$

изобразим графически: парабола ветвями вниз



в вершине: $P_{max} = P_m$, достигается при $U_c = \mathcal{E}/2$

$\mathcal{E}/2 = vBd \Rightarrow P_m = \frac{(\mathcal{E} - \mathcal{E}/2)^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{4R} = \frac{v^2B^2d^2}{R}$

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

Ответ: $d = 0{,}2$ м

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