0 039393 320006

03-93-93-32
(1.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Железняка Максима Андреевича

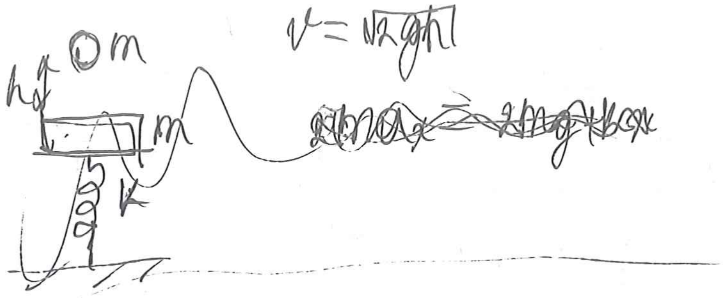
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

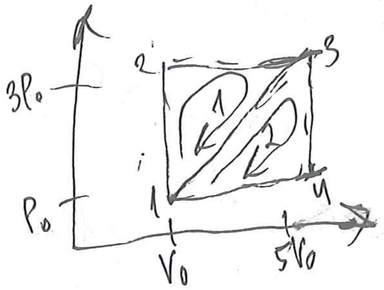
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

черн



$v = \sqrt{2gh}$



$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \cdot 2P_0 = 4P_0V_0$

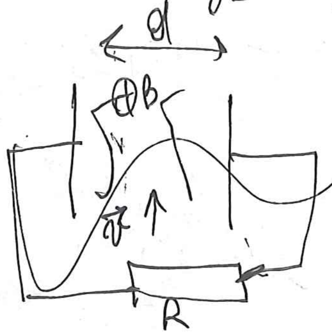
$Q_1 = \frac{3}{2}(3P_0 - P_0) \cdot V_0 +$

$\frac{3}{2}(3P_0 \cdot 5V_0 - 3P_0 \cdot V_0)$

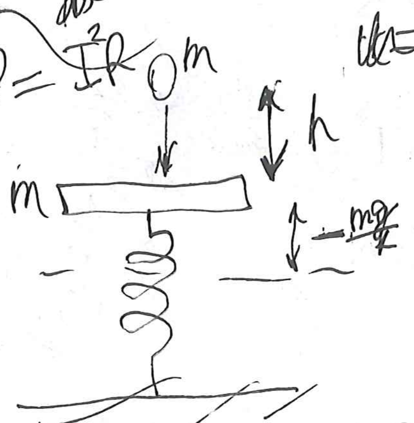
$PV = \nu RT$

$Q_1 = \frac{3}{2} \cdot V_0 \cdot 2P_0 + \frac{5}{2} \cdot 3P_0 \cdot 4V_0 = 33P_0V_0$

$Q_2 = \frac{1}{2}(P_0 + 3P_0) \cdot 4V_0 + \frac{3}{2}(3P_0 \cdot 5V_0 - P_0V_0) = 29P_0V_0$



$P = I^2R$



$u_0 = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

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

$\frac{mg}{k} = \cos(\omega t_0)$

$u_0 = \sin(\omega t_0)$

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

$\frac{u_0 k}{mg} = tg(\omega t_0)$

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

$k = 2m\omega^2$

$\frac{u_0 \cdot 2m\omega^2}{mg} = tg(\omega t_0)$

$\frac{1 \cdot 2 \cdot 25}{10} = 5 = tg(\omega t_0)$

29 | 33
264 | 0,878
260
231
290
264

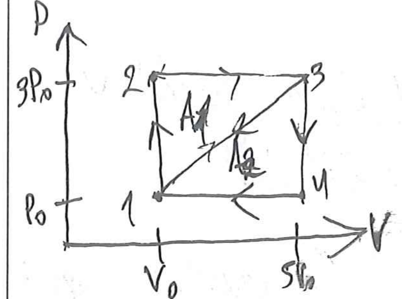
03-93-93-32 (1.1)

1	2	3	4	5	Σ
18	20	9	20	20	84

чист

20 б

№2



Для обоих циклов работа равна площади заключённой в фигурах, но т.к. они равны и имеют площадь треугольников одинаковых, то:

$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} \cdot (3P_0 - P_0) \cdot (5V_0 - V_0) = \frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 4V_0 = 4P_0V_0 = A$

$\eta = \frac{A_{полн}}{Q_+} \Rightarrow \eta_1 = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}}, \eta_2 = \frac{A}{Q_{13}}$

$Q = \Delta U + A$

$PV = \nu RT$

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu RT_{21} + 0$

$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2}(3P_0 - P_0)V_0 = 3P_0V_0$

$Q_{23} = \frac{3}{2}(5V_0 \cdot 3P_0 - 3P_0 \cdot V_0) + 3P_0(5V_0 - V_0) =$

$= \frac{3}{2} \cdot 3P_0 \cdot 4V_0 + 3P_0 \cdot 4V_0 = \frac{5}{2} \cdot 3P_0 \cdot 4V_0 = 30P_0V_0$

$Q_{13} = \frac{3}{2}(3P_0 \cdot 5V_0 - P_0V_0) + \frac{1}{2}(P_0 + 3P_0) \cdot (5V_0 - V_0) =$

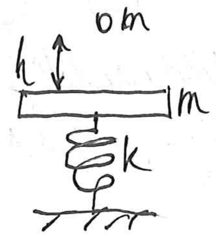
$= 21P_0V_0 + 8P_0V_0 = 29P_0V_0$

$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\frac{A}{Q_{12} + Q_{23}}}{\frac{A}{Q_{13}}} = \frac{Q_{13}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{29P_0V_0}{3P_0V_0 + 30P_0V_0} = \frac{29}{33}$

$\frac{29}{33} \approx 0{,}8787... \approx 0{,}88$ (+)

ответ: 0,88.

№1



ЗСЭ: $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh}$ – перед ударом

ЗСИ: $mv_0 = 2mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{1}{2}v_0 = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$ – сразу после удара.

~~Мы знаем, что после столкновения~~

Если бы эта система после удара покоилась, то сила действующая на пружину была бы: II з.Н.: $2mg = kx_2 \Rightarrow x_2 = \frac{2mg}{k}$

ЧИСТ

А до удара сила была:

II з.Н.: $kx_1 = mg \Rightarrow x_1 = \frac{mg}{k}$

Тогда получается, что в момент удара перемещение относительно положения равновесия: $x = x_2 - x_1 = \frac{mg}{k}$

Запишем уравнение колебаний для произвольного случая:

$x = A\sin(\omega t)$ фаза? $\Rightarrow \frac{x}{v} = \frac{A\sin(\omega t)}{A\omega\cos(\omega t)} = \frac{tg(\omega t)}{\omega}$

$v = A\omega\cos(\omega t)$

А по условию $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}} \Rightarrow k = \omega^2 \cdot 2m$

А сразу после удара:

$\frac{\frac{mg}{k}}{u_0} = \frac{tg(\omega t_0)}{\omega} \Rightarrow tg(\omega t_0) = \frac{mg}{2m\omega\sqrt{2gh}}$

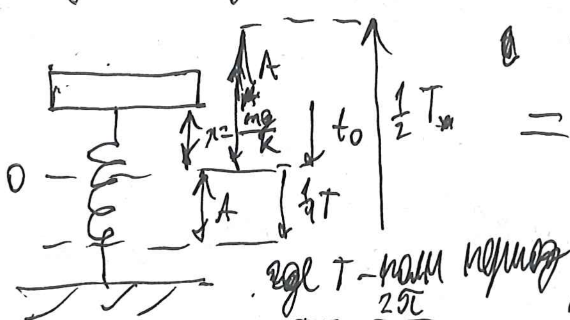
$tg(\omega t_0) = \cancel{\frac{g}{2\sqrt{g}}} = \sqrt{\frac{g}{2h}} \cdot \frac{1}{\omega}$

заметим, что $\sqrt{\frac{g}{2h}} \cdot \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 0,2}} \cdot \frac{1}{5} = 1$

А значит $tg(\omega t_0) = 1$, а это значит, что смещение по времени от положения покоя:

$\omega t_0 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_0 = \frac{\pi}{4\omega}$

Ну тогда легко найти всё время:



$\tau = t_0 + \frac{1}{4}T + \frac{1}{2}T = \frac{\pi}{4\omega} + \frac{3}{4} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{7\pi}{4\omega}$

где T — наш период $T = \frac{2\pi}{\omega}$

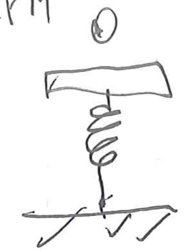
И теперь посчитаем: $\pi \approx \frac{22}{7}$

$\tau \approx \frac{\cancel{7} \cdot \frac{22}{\cancel{7}}}{4 \cdot 5}\,с = \frac{22}{20}\,с = 1,1\,с$

Ответ: 1,1 с. +

как обоз фаз зап?

ЧЕРН



$u_0 = \sqrt{2gh}$

$\frac{mg}{k} = A\cos(\omega t_0)$

$u_0 = A\omega\sin(\omega t_0)$

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

$\frac{u_0 k}{mg} = \omega\, tg(\omega t_0)$

$\frac{u_0 \cdot \omega^2 \cdot 2m}{mg} = \omega\, tg(\omega t_0)$

$\frac{1 \cdot 5 \cdot 2}{10} = tg(\omega t_0)$

$\omega t_0 = \frac{\pi}{4}$

$\tau = \frac{\pi}{4\omega} + \frac{\pi}{\omega}$

$t_0 = \frac{\pi}{4\omega}$

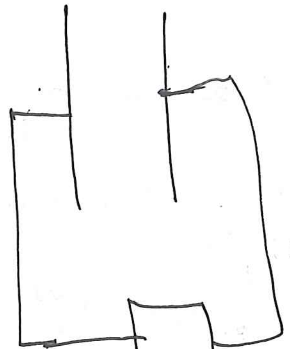
$\frac{u_0 \cdot 2\omega}{g} = \frac{\sqrt{2gh}\,\omega}{g}$

$\omega t_0 = 2\pi$

$\frac{2}{3}d$

$\frac{1}{F_2} = \frac{2}{d} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{2}d$

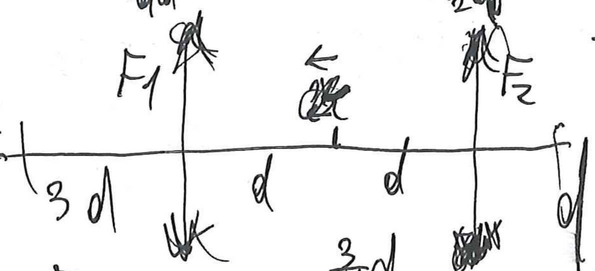
$F = \rho g V$



$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{3d}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{3+1}{3d}$

$F_1 = \frac{3}{4}d$



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

$f = \frac{Fd}{d-F}$

$\Gamma = \frac{F}{d-F}$

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

$\Gamma_1 = \frac{\frac{3}{4}d}{d-\frac{3}{4}d}$

$F_1(d-x-F_2) = F_2(d+x-F_1)$

ЧЕРН

$\Gamma = \frac{F}{d-F}$ $\quad \Gamma_1 = \frac{1}{\frac{4}{3}\left(1-\frac{1}{5}-\frac{3}{4}\right)} = \frac{1}{\frac{4}{3}-\frac{4}{15}-1} =$

$\Gamma = \frac{1}{\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{5}-\frac{1}{2}\right)} = \frac{1}{2+\frac{2}{5}-1} = \frac{1}{\frac{7}{15}} = \frac{15}{7}$

$\Gamma = \frac{F}{d-F}$

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

$0{,}5d + 2{,}5x - 1{,}5F_2 = d - x - F_1$

$x = -\frac{1}{5}d$

$\Gamma = \frac{\frac{3}{4}d}{d-\frac{1}{5}d-\frac{3}{4}d} = \frac{\frac{3}{4}}{1-\frac{1}{5}-\frac{3}{4}} = \frac{3}{4-\frac{4}{5}-3} = \frac{3}{\frac{1}{5}} = 15$

$\Gamma = \frac{\frac{1}{2}}{1+\frac{1}{5}-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2+\frac{2}{5}-1}$

$\Gamma = \frac{\frac{3}{4}}{1+\frac{1}{5}-\frac{3}{4}} = \frac{3}{4+\frac{4}{5}-3} = \frac{15}{9}$

$\Gamma = \frac{\frac{1}{2}}{1-\frac{1}{5}-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2-\frac{2}{5}-1}$

$\Gamma = \frac{1}{\frac{4}{3}\left(1-\frac{1}{5}-\frac{3}{4}\right)} = \frac{3}{4-\frac{4}{5}-3}$

$15 = \frac{\frac{1}{2}d}{d+x-\frac{3}{4}d}$

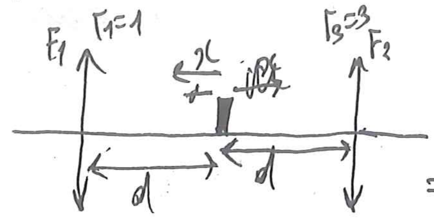
$15d + 15x = \frac{1}{2}d$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ $\quad 3 = \frac{F_1}{d-F_1}$

$3d - 3F_1 = F_1$

ЧИСТ:

№4



Запишем формулу линзы в общем виде:

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

$\Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} \Rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} \Rightarrow \Gamma = \frac{F}{d-F}$

Теперь найдём F_1, F_2: $\Gamma_1(d-F_1) = F_1 \Rightarrow d - F_1 = F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{1}{2}d$

$\Gamma_2(d-F_2) = F_2 \Rightarrow 3d - 3F_2 = F_2 \Rightarrow F_2 = \frac{3}{4}d$

Теперь условие равенство увеличения:

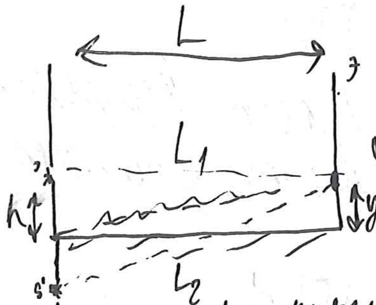
$\Gamma_1' = \Gamma_2' \Rightarrow \frac{F_1}{d-x-F_1} = \frac{F_2}{d+x-F_2} \Rightarrow F_1(d+x-F_2) = F_2(d-x-F_1)$

$\Rightarrow x = \frac{F_1 d - \cancel{F_1F_2} - F_2 d + \cancel{F_1F_2}}{F_1+F_2} = \frac{(F_2-F_1)d}{F_1+F_2} = \frac{\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{2}\right)d}{\frac{3}{4}+\frac{1}{2}} =$

$= \frac{\frac{1}{4}d}{\frac{5}{4}} = \frac{1}{5}d. \Rightarrow x = 5$ см.

Ответ: 5 см.

№5



Заметим, что зеркало создаст дополнительный источник света, но из-за отражения на $\frac{\lambda}{2}$ ~~периода больше~~ фаза будет отличаться на половину периода.

L_1 - путь истинного и L_2 - путь мнимого пучка света до произвольной точки.

$\Rightarrow L_1 = \sqrt{L^2 + (y-h)^2} \approx L\left(1 + \frac{1}{2}\frac{y^2-2yh+h^2}{L^2}\right)$

$L_2 = \sqrt{L^2 + (y+h)^2} \approx L\left(1 + \frac{1}{2}\cdot\frac{y^2+2yh+h^2}{L^2}\right)$

$(1+x)^n \approx 1 + nx, x \ll 1$

Разность пройденного пути: $\Delta L = L_2 - L_1 =$

$= \frac{1}{2}\frac{\cancel{y^2}+2yh+\cancel{h^2}-\cancel{y^2}+2yh-\cancel{h^2}}{L} = \frac{2yh}{L}$

Чтобы был максимум света необходимо ~~совпадение~~ наложение друг на друга волн, а значит необходима разность, значит второй луч пройдёт на $k\lambda$ расстояние, $(k \in Z)$ чтобы лучи находились в одной фазе:

$\lambda k + \frac{1}{2}\lambda = \Delta L \Rightarrow \lambda\left(k+\frac{1}{2}\right) = \frac{2yh}{L}$

из-за отр.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Чист: $\lambda(k+\frac{1}{2})=\frac{2yh}{L}$, y максимальное $=H$ — по условию

$\lambda(k+\frac{1}{2})\le\frac{2Hh}{L}$

$k\le\frac{2Hh}{\lambda L}-\frac{1}{2}$

Посчитаем:

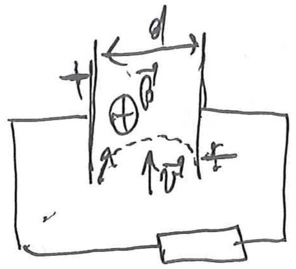
$k\le 2\cdot\frac{0{,}5\cdot10^{-2}\cdot10^{-3}}{5\cdot10^{-4}\cdot1}-\frac{1}{2}=2\cdot10^{2}-\frac{1}{2}$

$\Rightarrow k_{max}=199$

(+)

Ответ: 199.

№3



На пластинах образуется заряд из-за движения свободных электронов, найдём его:

По правилу Кирхгофа: $\frac{q}{C}=IR$

+ мощность: $P=I^2R$

$\Rightarrow \frac{q}{C}=\sqrt{\frac{P}{R}}\Rightarrow U_c=\sqrt{\frac{P}{R}}$

Максимальная мощность будет выделяться, если крайние частицы успеют долететь до пластины:

$E=\quad Ud=\sqrt{\frac{P}{R}}\,d$

электрическое поле затрудняет движение электрона уменьшая его поле. Ведь критическое значение для электрона это поворот на 180° градусов от начального положения.

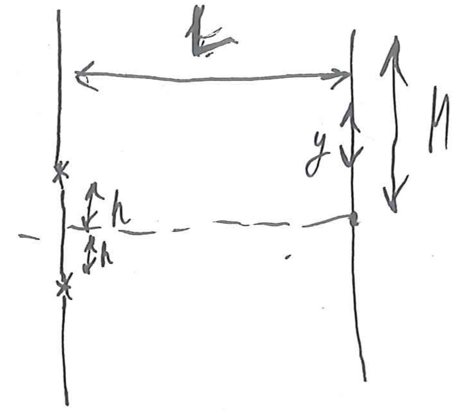
$m\,dv_x=\underbrace{\frac{qBv_y-qE}{m}}_{a_x}dt$

$dv_y=\underbrace{\frac{qBv_x}{m}}_{a_y}dt$

$\frac{dv_x}{dv_y}=\frac{qBv_y-qE}{qBv_x}$

$\Rightarrow dv_x(Bv_x)=dv_y(Bv_y-E)$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



$L_1'=\sqrt{yh^2+L^2}\approx L(1+\frac{2h^2}{L})$

$L_2=\sqrt{L^2+(2h+y)^2}=L(1+\frac{1}{2}\frac{(2h+y)^2}{L^2})=L+\frac{2h^2+2hy+\frac{1}{2}y^2}{L}$

$L_1=\sqrt{L^2+(h+y)^2}=L(1+\frac{1}{2}\frac{h^2+2yh+y^2}{L^2})$

$L_1=L(1+\frac{1}{2}\frac{y^2}{L^2})$ $\quad L_2=L(1+\frac{1}{2}\frac{h^2+2yh+y^2}{L^2})$

$\Delta L=\frac{1}{2}\frac{y^2+2yh}{L}$

$\lambda k=\frac{1}{2}y^2+yh$

$y^2+2yh-2L\lambda k=0$

$y_{1,2}=\frac{-2yh\pm\sqrt{4h^2+4\cdot2L\lambda k}}{2}=-h+\sqrt{h^2+2L\lambda k}$

$H\ge\sqrt{h^2+2L\lambda k}-h$

$H^2+2Hh+h^2\ge h^2+2L\lambda k$

$H^2+2Hh\ge2L\lambda k$

$0{,}05^2+2\cdot0{,}05\cdot0{,}001\ge2\cdot1\cdot0{,}5\cdot10^{-6}\cdot k$

$5^2\cdot10^{-4}$ $\quad 2{,}6\cdot10^{-3}$

$25\cdot10^{-4}$ $\quad 0{,}0026$

$0{,}25\cdot10^{-2}$ $\quad 2{,}6\cdot10^{-3}$

$0{,}0025$

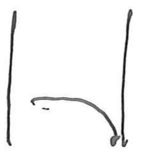
$\Rightarrow 2{,}6\ge10^{-3}k$

$k\le2600$

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

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

$qvB = m\frac{v^2}{d}$

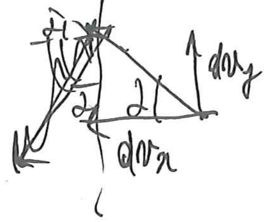


$\frac{q}{t} = \sqrt{\frac{P}{R}}$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E\,d = \sqrt{\frac{P}{R}}$ $\quad \frac{\sigma}{\varepsilon_0 d} = \frac{\sqrt{\frac{P}{R}}}{d}$

$dx = v_x dt$



$dv_x = \frac{qB\cancel{v\sin\alpha}\,v_y - qE}{m} dt$

$dv_y = \frac{qB\cancel{v\cos\alpha}\,v_x}{m} dt$

$\frac{dv_x}{dv_y} = \frac{qBv_y - qE}{qBv_x}$

$R\cancel{t}$ $\quad mv^2 = qBR$ $\quad R = \frac{mv}{qB}$

$\frac{1}{2}qB v_x^2 = qB\cdot\frac{1}{2}v_y^2 - qEv_y$

$\frac{1}{2}qBv_x^2 = \cancel{0}$

03-93-93-32
(1.1)

Суммируя:

$\Rightarrow \frac{1}{2}Bv_x^2 = B\cdot\frac{1}{2}v_y^2 - Ev_y$

Из крит. условия:

$\Rightarrow 0 = v_y\left(\frac{1}{2}Bv_y - E\right)$

$\Rightarrow \frac{1}{2}Bv = E$

$\frac{1}{2}Bv = \sqrt{\frac{P}{R}}\,d$

$d = \frac{1}{2}\frac{Bv}{\sqrt{\frac{P}{R}}}$