0 600661 910009

60-06-61-91
(116.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 5 11 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьевы горы!
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Еремина Дениса Евгеньевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«5» апреля 2024 года

Подпись участника

Денис

60-06-61-91
(116.1)

① Запишем ЗСЭ (энергия сохраняется)

$$K+\Pi = const \rightarrow \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{m\dot{y}^2}{2} + \frac{k(4x^2+y^2)}{2} = const$$

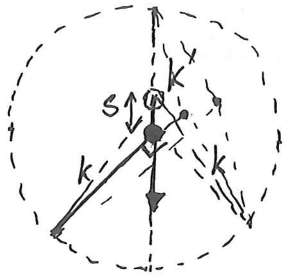
продиф-ем: $m\dot{x}\ddot{x} + m\dot{y}\ddot{y} + 4kx\dot{x} + ky\dot{y} = 0$

Линейными будут, только те колебания, если они происходят вдоль оси x или y, иначе они будут накладоваться, создавая фигуры Лисажу, то есть будет две варианта: 1) $\dot{x}=0 \rightarrow m\dot{y}\ddot{y} + ky\dot{y} = 0$

2) $\dot{y}=0 \rightarrow m\dot{x}\ddot{x} + 4kx\dot{x} = 0$

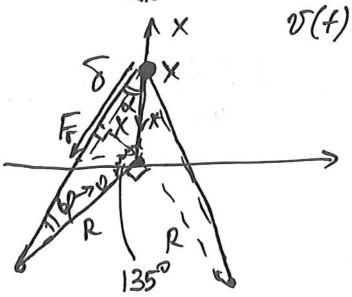
$\rightarrow \ddot{y} + \frac{ky}{m} = 0$ (+) $\quad \ddot{x} + \frac{4kx}{m} = 0$

$\omega_y = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad \omega_x = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$



$m = 250г$
$k = 1\ \frac{Н}{м}$
$k' = 8\ \frac{Н}{м}$
$S = 1{,}2$ см
$t - ?$
$v(t) - ?$

1) прямолинейным колебанием может быть если шайбу отвели вдоль резинки k'
тогда резинки k будут создавать равнодействующую силу вдоль резинки k'



$x \ll R$; деф-я $\delta = x\cdot\cos\alpha$

$$\cancel{x^2} + \cancel{R^2} + 2xR\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} = (R+\delta)^2 = \cancel{R^2} + \cancel{\delta^2} + 2R\delta$$

$$\cancel{2}Rx\frac{\sqrt{2}}{2} = \cancel{2}R\delta \rightarrow \delta = \frac{\sqrt{2}}{2}x$$

$$\rightarrow F_\delta = k\delta = k\frac{\sqrt{2}}{2}x$$

$F_{\delta x} = \frac{\sqrt{2}}{2}kx\cdot\cos\alpha$

$\alpha = 180 - 135 - \cancel{\gamma}^{0} \simeq 45° \rightarrow F_{\delta x} = \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}kx = \frac{2}{4}kx = \frac{kx}{2}$

$\rightarrow 2F_{\delta x} = kx$, сила от двух нижних резинок

$F_{k'} = k'x$, сила от k'

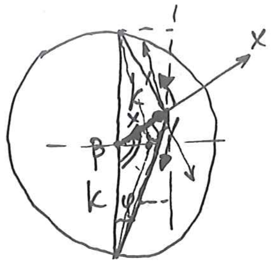
$\rightarrow m\ddot{x} + (k'+k)x = 0 \rightarrow \ddot{x} + \frac{(k'+k)x}{m} = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k'+k}{m}}$

время будет $t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}\frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k'+k}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{250}{9\cdot100\cancel{0}}} = \frac{\pi}{2}\frac{5}{3\cdot\cancel{10}_2} = \frac{\pi}{12}$

т.к. $x = S\cdot\cos\omega t$, то $\dot{x} = -S\omega\sin\omega t \rightarrow v(t) = S\omega = S\sqrt{\frac{k'+k}{m}} =$

(семьдесят шесть)
76

1	2	3	4
5	5	3	4
16	15	9	19



две нижние пружины эквивалентны резинке жесткости k, смотрящей вниз

найдем угол β, когда движение прямолинейно

аналогично деформации будут

$\delta = x\cos\beta$ у обеих резинок

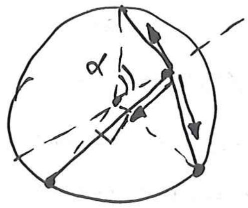
т.к φ мал, то угол между направлением движения и резинкой $\simeq 180-\beta$

$\rightarrow F_\perp = kx\cos\beta \cdot \sin(180-\beta)$ – сила $\perp$ направлению движения

$F_\perp = kx\cos\beta\sin\beta = \frac{kx}{2}\sin(2\beta)$

$F_\perp = 0$ при $\beta = 90^\circ$ $\sin 180 = 0$

первый случай.



$$v = S\sqrt{\frac{k'+k}{m}} = \frac{1,2}{100}\sqrt{\frac{9\cdot 1000}{250}} = \frac{10\cdot 3\cdot 1,2}{5\cdot 100} = \frac{6\cdot 1,2}{100} = \frac{7,2}{100}\ \frac{м}{с}$$

$$t = \frac{3,14}{12}\ с$$

2. $A_{ад}$ — ? $\nu = 1$ моль O_2 → $i=5$ $T_0 = 301 K$ $\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{0,7}{100}$

$0 = \delta A + dU$ изменение в этот процессе можно считать малым

→ $\delta A = -dU$ $dU = \frac{5}{2}\nu R dT = -\delta A$

$P_0 dV + V_0 dP = \nu R dT$ — диф МК

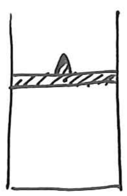
$P_0 V_0 = \nu R T_0$ $P_0 dV = \delta A$

→ $\delta A + \frac{\nu R T_0}{P_0}\Delta P = -\frac{2}{5}\delta A$

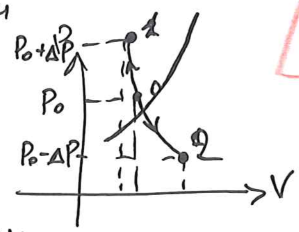
→ $\frac{7}{5}\delta A = -\nu R T_0 \frac{\Delta P}{P_0}$ → $\delta A = \frac{-5}{7}\nu R T_0 \frac{\Delta P}{P_0}$

$\delta A_{внеш} = \frac{5}{7}\cdot 8,3 \cdot 301 \cdot \frac{0,7}{100} = \frac{8,3\cdot 301\cdot 0,1}{20} \simeq \frac{8\cdot 3}{2} = 12$ Дж +

В обоих случаях будет адиаб. процесс, т.к. все теплоизолировано



будем считать изменения P, V, T малыми и рассматривать малое процесс. тогда работа газа A_1 пойдет на изменение пот. энергии груза с поршнем



$A_1 = \frac{5}{7}\nu R T_0 \frac{\Delta P_1}{P_0} = (m+M)g(h_0 - h_1)$

для ад. процесса $PV^\gamma = const$ $\gamma = \frac{7}{5}$ +

~~$\Delta P = \frac{mg}{S}$ = const в обоих случаях~~

$$\frac{5\nu R T_0 \Delta P}{7 P_0} = (m+M)g(h_0 - h_1)$$

$(\Delta P + P_0)V_1 = \nu R T_1$ $P_0 \Delta V_1 + V_0 \Delta P_1 = \nu R \Delta T_1$

$P_0 V_0 = \nu R T_0$

$P_2 V_2 = \nu R T_2$

процессы квазиравновесные поэтому можно использовать ур-е адиаб.

$P_0 V_0^\gamma = (P_0 + \Delta P)(V_1)^\gamma$ $V = hS$ → $P_0 h_0^\gamma = (P_0+\Delta P)h_1^\gamma$

→ $\left(\frac{h_0}{h_1}\right)^\gamma = 1 + \varepsilon_1$

+ Когда поршень достигает макс / наиб. высоты его скорость ноль, т.к. нет теплообмена, то верно

± Pa?

ЗСЭ: $(m+M)g(h_0-h_1) = \frac{5}{2}\nu R \Delta T_1 = \frac{5}{2}\nu R(T_1-T_0)$

$(m+M)g(h_2-h_1) = \frac{5}{2}\nu R(T_1-T_2)$

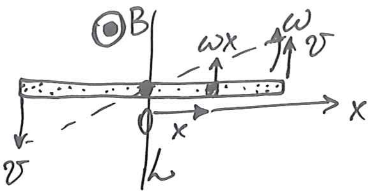
$\rightarrow \frac{h_0-h_1}{h_2-h_1} = \frac{T_1-T_0}{T_1-T_2}$

$PV^{\gamma} = const \quad \nu RT = PV \quad P = \frac{\nu RT}{V}$

$T\frac{V^{\gamma}}{V} = const \quad TV^{\gamma-1} = const. \rightarrow Th^{\gamma-1} = const.$

$\rightarrow T_0 h_0^{\gamma-1} = const = T_1 h_1^{\gamma-1}$

(3)

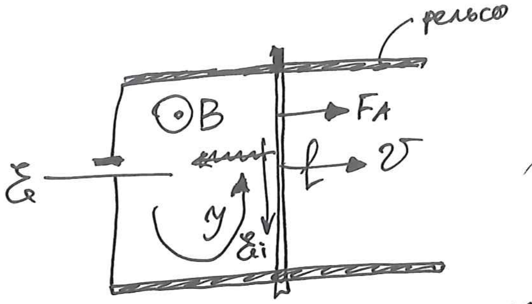


скорость каждого кусочка стержня будет равна ωx, тогда на него будет действовать сила лоренца $B\omega x \delta q$

разность потенциалов будет равна $\frac{\delta A}{\delta q}$

$\delta A = B\omega x\, \delta q \cdot dx \to d\varphi = B\omega x\, dx \to \varphi_{конца} = B\omega \frac{L^2}{2}$

→ разность на концах $\frac{B\omega L^2}{2} - \left(-\frac{B\omega L^2}{2}\right) = B\omega L^2$



В проводнике возникает

$\mathcal{E}_i = Bvl$

$\mathcal{E} - \mathcal{E}_i = IR$

$m\frac{dv}{dt} = BIl = F_A$ – сила ампера

$\to \frac{m\,dv}{dt} = Bl\frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_i}{R} = Bl\frac{\mathcal{E} - Bvl}{R_0}$

$mv = \frac{Bl\mathcal{E}}{R}t - \frac{B^2l^2}{R}S \to \frac{m\,0{,}95\,\mathcal{E}}{Bl} + \frac{B^2l^2 S_0}{R} = \frac{Bl\mathcal{E}t}{R}$

$v_{max} = \frac{\mathcal{E}}{Bl}$

$m\,dv = -\frac{B^2l^2}{R}\left(v - \frac{Bl\mathcal{E}R}{RB^2l^2}\right)dt = -\frac{B^2l^2}{R}\left(v - \frac{\mathcal{E}}{Bl}\right)dt$

$\int_0^v \frac{m\,dv}{\frac{B^2l^2}{R}\left(v - \frac{\mathcal{E}}{Bl}\right)} = -\int_0^t dt \to \ln\left(\frac{v - \frac{\mathcal{E}}{Bl}}{-\frac{\mathcal{E}}{Bl}}\right) = -\frac{B^2l^2}{mR}t$

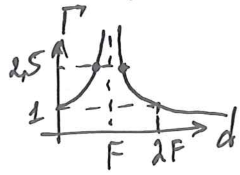
для второго случая $R = R_0 + 2\rho x$

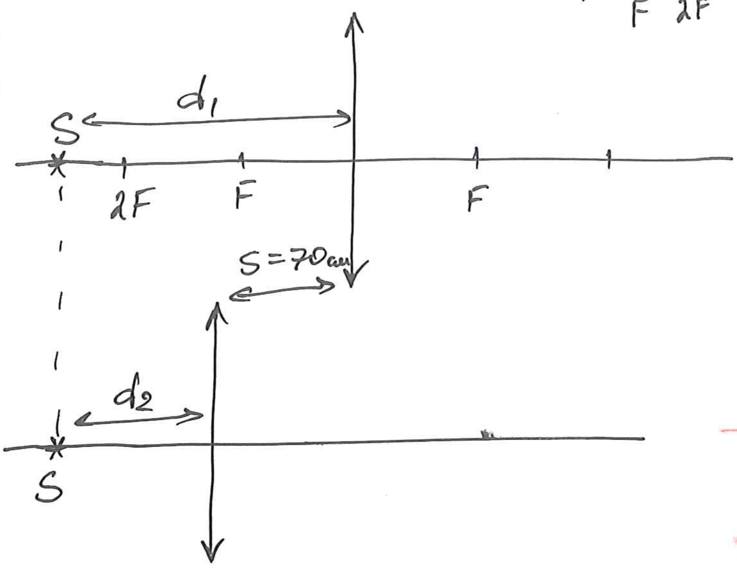
$\to m\frac{dv}{dt} = \frac{Bl}{R_0 + 2\rho x}\left(\mathcal{E} - Bvl\right)$

? $mv = \int_0^t \frac{Bl\mathcal{E}\,dt}{R_0 + 2\rho x} + \int_0^x \frac{B^2l^2\,dx}{R_0 + 2\rho x}$

$\mathcal{E} - Bvl = I_1 R_0 \quad \mathcal{E} - Bvl = I_2(R_0 + 2\rho x)$

4. Приближение тонкой линзы состоит в том, что мы рассматриваем параксиальные лучи (около ГОО), которые проходят под малыми углами пренебрегаем шириной линзы при выводе формулы тонкой линзы





линза собирающая т.к. изображение получено на экране при том увеличение $\Gamma > 1$, только у соб. линзы.

ФТЛ: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \rightarrow f = \frac{Fd}{|d-F|} \rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{|d-F|}$

$\Gamma = 0,4$ при $d > 2F$; $\Gamma = 2,5$ $d < 2F$

$d_1 = d_1 \quad d_2 = d_1 - S$

$\rightarrow \Gamma_1 = \frac{F}{d_1 - F} \rightarrow \frac{1}{\Gamma_1} = \frac{d_1}{F} - 1$

$\Gamma_2 = \frac{F}{d_1 - S - F}$ или $\Gamma_2 = \frac{F}{F - d_1 + S}$ два случая если $d < F$, $d > F$

$\frac{1}{\Gamma_2} = \frac{d_1}{F} - 1 - \frac{S}{F} \qquad \frac{1}{\Gamma_2} = 1 - \frac{d_1}{F} + \frac{S}{F}$

$\rightarrow \frac{1}{\Gamma_2} = \frac{1}{\Gamma_1} - \frac{S}{F} \qquad \frac{1}{\Gamma_2} = \frac{S}{F} - \frac{1}{\Gamma_1} \qquad \frac{1}{F} = D$

$\rightarrow D = \left(\frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2}\right)\frac{1}{S} \qquad D = \left(\frac{1}{\Gamma_2} + \frac{1}{\Gamma_1}\right)\frac{1}{S}$

$D = \left(\frac{10}{4} - \frac{2}{5}\right)\frac{10}{7}$ м$^{-1}$ $\qquad D = \left(\frac{10}{4} + \frac{2}{5}\right)\frac{10}{7}$ м$^{-1}$

$$D_1 = \frac{50-8}{20} \cdot \frac{10}{7} = \frac{42}{7 \cdot 2} = 3 \text{ дптр}$$

$$D_2 = \frac{58}{20} \cdot \frac{10}{7} = \frac{\cancel{58}^{29}}{7 \cdot \cancel{2}} = \frac{29}{7} \text{ дптр}$$

Ответ: 3 дптр

$\frac{29}{7}$ дптр