0 865484 780004

86-54-84-78
(126.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 05

Место проведения г. Екатеринбург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьёвы горы!"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шошина Никиты Федоровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«5» апреля 2024 года

Подпись участника
Шош

86-54-84-78 (126.1)

№2 **Вопрос.** Уравнение состояния идеального газа: Чистовик!

$pV = \nu RT$. Изменение: $d(pV) = \nu R\,dT \Rightarrow V\,dp + p\,dV = \nu R\,dT$.

Адиабатический процесс: $0 = dU + A \Rightarrow A = -dU = -\frac{5}{2}\nu R\,dT$. $A = p\,dV$

$-\frac{5}{2}\nu R\,dT = p\,dV \;/ : pV \Rightarrow -\frac{5}{2}\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V}$.

$V\,dp + p\,dV = \nu R\,dT \;/ : pV \Rightarrow \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$

Пусть $n = 0{,}7\% = 0{,}007 \Rightarrow dp = np$ и т.к. $n = 0{,}007$, $dp \ll p$. ⇓ Эти формулы применимы

$\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} + \frac{np}{p} = \frac{dV}{V} + n$

$\frac{dT}{T} = -\frac{5}{2}\frac{dT}{T} + n \Rightarrow \frac{7}{2}\frac{dT}{T} = n$

$dT = \frac{2}{7}nT$ $\quad |A| = \frac{5}{2}\nu R\,dT = \frac{5}{7}\nu R n T =$

$= \frac{5}{7}\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot 301\cdot 0{,}007 = 5\cdot 8{,}31\cdot 301\cdot 10^{-3} =$

$= 8{,}31\cdot 1505\cdot 10^{-3} \approx 13000\cdot 10^{-3} \approx 13$ Дж ← Ответ

Задача. Понимаем, что т.к. сосуд полностью теплоизолирован, то все процессы в нём адиабатические. ~~Значит, ... Значит: $A = -\Delta U$.~~

Воспользуемся формулой политропы: $pV^{\gamma} = const$.

При адиабатическом процессе $\gamma = \frac{i+2}{i}$. Где i - кол-во степеней свободы. У двухатомного газа $i = 5$

$\gamma = \frac{7}{5}$.

~~Поле~~ ~~Формулы политропы для моментов, когда на поршень поставили груз и поршень не „упал" и когда „упал":~~

1	2	3	4	5
3	5	4	5	
10	2	19	20	

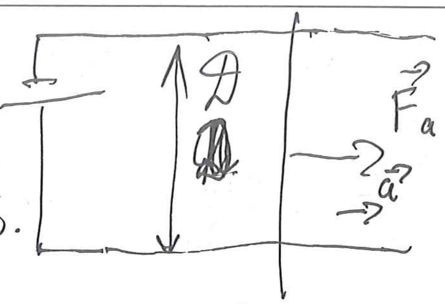
68

Чистовик | Начальное положение: $p_0 S h_0 = \nu R T_0$

Положение с шариком: $p_1 S h_1 = \nu R T_1$

Конечное положение: $p_0 S h_2 = \nu R T_2$

№3 Чистовик!



I случай.

$ma = F_a$ $F_a = BID$

$I = \frac{\varepsilon}{R_0}$

$ma = BD\frac{\varepsilon}{R_0}$. $BD\frac{\varepsilon}{R_0} = const \Rightarrow a = const$

$a = \frac{v_k^2}{2S_0}$ $m\frac{v_k^2}{2S_0} = BD\frac{\varepsilon}{R_0}$. v_k – скорость в конце. $v_k^2 = \frac{2BD\varepsilon S_0}{mR_0}$

II случай. $ma' = F_a'$ $F_a' = BDI'$ $I' = \frac{\varepsilon}{R_0 + 2R(x)}$

$R(x)$ – сопротивление каждого участка рельсы по которой течёт ток

$R(x) = \rho \cdot x$ $I' = \frac{\varepsilon}{R_0 + 2\rho x}$

$ma^x = BD \cdot \frac{\varepsilon}{R_0 + 2\rho x}$

Понимаем, что только сила Ампера разгоняет перемычку, а работа источника идёт на выделение тепла.

$\delta A = BD\frac{\varepsilon}{R_0 + 2\rho x}dx \Rightarrow A = BD\varepsilon\int_0^S \frac{1}{R_0 + 2\rho x}dx$

$= \frac{BD\varepsilon}{2\rho}\left(\ln(R_0 + 2\rho S) - \ln(R_0)\right) = \frac{BD\varepsilon}{2\rho}\ln\left(1 + \frac{2\rho S}{R_0}\right)$

$\frac{mv_k^2}{2} = \frac{BD\varepsilon}{2\rho}\ln\left(1 + \frac{2\rho S}{R_0}\right) \Rightarrow \frac{S_0}{R_0} = \frac{1}{2\rho}\ln\left(1 + \frac{2\rho S}{R_0}\right)$

$\ln\left(1 + \frac{2\rho S}{R_0}\right) = \frac{2\rho S_0}{R_0} \Rightarrow 1 + \frac{2\rho S}{R_0} = e^{\frac{2\rho S_0}{R_0}}$

$S = \frac{R_0}{2\rho}\left(e^{\frac{2\rho S_0}{R_0}} - 1\right)$ Ответ: $S = \frac{R_0}{2\rho}\left(e^{\frac{2\rho S_0}{R_0}} - 1\right)$

№1 | Вопрос. Полная энергия ~~частицы~~ точки. $E = V(x,y) + \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{m\dot{y}^2}{2} = const = \frac{k(4x^2+y^2)}{2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{m\dot{y}^2}{2}$

Берём производную по dt

$$\frac{k(8x\cdot\dot{x}+2y\cdot\dot{y})}{2} + \frac{m\cdot 2\dot{x}\cdot\ddot{x}}{2} + \frac{m2\dot{y}\ddot{y}}{2} = 0$$

Понимаем, что если колебания происходят вдоль одной прямой, то $y = bx$, где b - некий коэффициент задающий прямую. $\dot{y} = b\dot{x}$, $\ddot{y} = b\ddot{x}$

$$k(4x\cdot\cancel{\dot{x}} + bx\cdot b\cancel{\dot{x}}) + m\cancel{\dot{x}}\ddot{x} + mbb\cancel{\dot{x}}\ddot{x} = 0$$

$$kx(4+b^2) + m\ddot{x}(1+b^2) = 0$$

$$\ddot{x} + x\frac{k(4+b^2)}{m(1+b^2)} = 0 \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}\frac{(4+b^2)}{(1+b^2)}}$$

№2 Заметим, что $\frac{(4+b^2)}{(1+b^2)}$ принимает макс значение при $b=0$ и равно 4, а дальше ~~экспонен~~ стремится к 1.

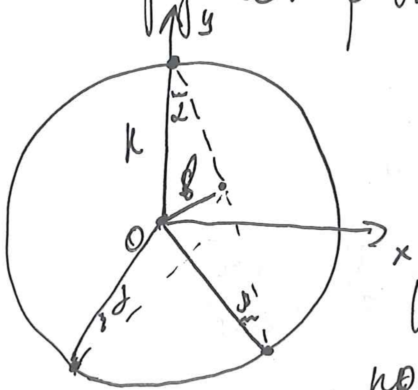
Значения $\omega_{max} = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$ $\omega_{min} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $\nu_{min} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ $\nu_{max} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Чистовик !

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

№1 Задача. Из рисунка видно, что положение [Чистовик] равновесия — центр окружности, значит длины всех пружин равны R и они недеформированы



Понимаем, что углы α, β, γ — малы $\Rightarrow \cos\alpha \approx \cos\beta \approx \cos\gamma \approx 1$

Из теоремы косинусов следует, что новые длины пружин $l = R \pm b$

$(b^2 = l^2 + R^2 - 2lR\cos\alpha = (l-R)^2)$

Следовательно изменение длины каждой пружины равно b

b — расстояние на которое отвели пружину.

$b^2 = x^2 + y^2$

З.С.Э.: $\dfrac{k' \cdot b^2}{2} + kb^2 + \dfrac{mv^2}{2} = const$

$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2$

$\dfrac{k'(x^2+y^2)}{2} + k(x^2+y^2) + \dfrac{m}{2}(\dot{x}^2+\dot{y}^2) = const \,/ :dt$

Пусть $x = cy \Rightarrow \dot{x} = c\dot{y}$ и $\ddot{x} = c\ddot{y}$ (сказано, что шарик по прямой колеблется)

$\dfrac{k'(2x\cdot\dot{x} + 2y\dot{y})}{2} + k(2x\dot{x} + 2y\dot{y}) + \dfrac{m}{2}(2\dot{x}\ddot{x} + 2\dot{y}\ddot{y}) = 0$

$(2k+k')(x\dot{x} + c^2 x\dot{x}) + m(\dot{x}\ddot{x} + c^2 \dot{x}\ddot{x}) = 0$

$(2k+k')x(1+c^2) + m\ddot{x}(1+c^2) = 0$

$\ddot{x} + \dfrac{(2k+k')}{m}x = 0$ $\cancel{T = 2\pi\sqrt{\dfrac{(2k+k')}{m}} \Rightarrow t = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{(2k+k')}{m}}}$

Чистовик

№1 прод) Начальная энергия ~~ш~~ перешла в кинетическую

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{k's^2}{2} + ks^2 \Rightarrow v = s\sqrt{\frac{2k+k'}{m}} = 1{,}2\sqrt{\frac{2\cdot 1+8}{0{,}25}}$$

$$= 1{,}2\cdot 2\cdot\sqrt{10}\ \frac{\text{см}}{\text{с}} = 2{,}4\cdot\sqrt{10}\ \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k+k'}} \Rightarrow t = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{m}{2k+k'}}$$

Ответ: $v = s\cdot\sqrt{\frac{2k+k'}{m}}$; $t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k+k'}}$

№4) Вопрос. Считаем, что толщина линзы d, куда меньше радиусов кривизны линзы. $d \ll R_{кр}$. Так же считаем, что ~~п~~ все лучи падают на линзу под малыми углами, что даёт приближение $\sin\alpha \approx \alpha$; $\cos\alpha \approx 1-\frac{\alpha^2}{2}$.

Задача. Заметим, что т.к. $|\Gamma'| = 2{,}5$, то изображение увеличенное, а рассеивающая линза всегда даёт уменьшенные изображения $\Rightarrow$ линза собирающая.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D \qquad D \text{ - опт. сила линзы}$$

$$\cancel{f_1 = \frac{Dd_1-1}{d_1}} \qquad \Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} = \frac{1}{Dd_1-1}$$

$$f_1 = \frac{d_1}{Dd_1-1}$$

Уменьшенное изображение могло получиться только если предмет был за двойным фокусом, а увеличенное если от двойного фокуса до линзы предмет стоял. Значит линзу подвинули к ~~ней~~ свече. $(L=5)$

$$D = \frac{1}{(d_1-L)} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{(d_1-L)}{D(d_1-L)-1} \quad \Gamma_2 = \frac{f_2}{d_1-L} = \frac{1}{D(d_1-L)-1}$$

$\boxed{\text{№4 прод}}$ $D d_1 - 1 = \frac{1}{\Gamma_1} \Rightarrow d_1 = \left(\frac{1}{\Gamma_1} + 1\right)\frac{1}{D}$

$$\Gamma_2 = \frac{1}{D(d_1 - L) - 1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\Gamma_1} + 1\right) - LD - 1} = \frac{1}{\frac{1}{\Gamma_1} - LD}$$

$$\frac{1}{\Gamma_1} - LD = \frac{1}{\Gamma_2} \Rightarrow LD = \frac{1}{\Gamma_1} - \frac{1}{\Gamma_2}$$

$$D = \frac{\Gamma_2 - \Gamma_1}{\Gamma_1 \Gamma_2} L = \frac{2,5 - 0,4}{2,5 \cdot 0,4} \cdot \frac{1}{0,7} = \cancel{2,1 \cdot 7 \ldots}$$

$(L = S)$

$\cancel{= 21,7 = 147 \ldots}$

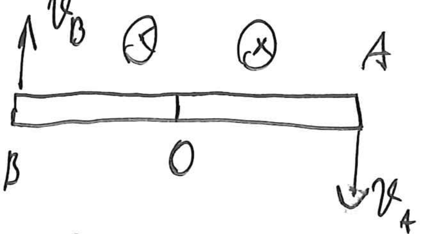
~~Ответ: 147~~

$D = 2,1 \cdot \frac{1}{0,7} = 3$ дптр Ответ: 3 дптр

+

$\boxed{\text{чистовик!}}$

№3. Вопрос



$\varphi' - \varphi_0 = \varepsilon = B v dL$

$$\varphi_A - \varphi_0 = \int_0^{\frac{L}{2}} B v dL =$$

$v = L\omega$

$$= B\omega \int_0^{\frac{L}{2}} L dL = B\omega \cdot \frac{L^2}{4}$$

Аналогично со второй половиной стержня

$$\varphi_0 - \varphi_B = B\omega \int_0^{\frac{L}{2}} L dL = B\omega \cdot \frac{L^2}{4}$$

$\varphi_A - \varphi_B = B\omega \frac{L^2}{4} \cdot 2 = B\omega \frac{L^2}{2}$. Ответ: $B\omega \frac{L^2}{2}$

Черновик. $\frac{dq}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r_{pk}}$

$I^2 R\, dt$

$\frac{dq^2 R}{dt}$ $\cancel{U^2/R}\, dt$

$ma = BD \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$

$m\,dV = BD\, \frac{\mathcal{E}\, dt}{R}$

$BDq = mV_k$

$q = \frac{mV_k}{BD}$

$\int_0^t \frac{dt}{R} = \frac{mV_k}{BD\mathcal{E}}\, \mathcal{E}^2$

$\cancel{F_A = B}$ $V = \frac{BD}{m}\, q$

$F_A = \cancel{qB}\, BID \cdot V \cdot dt$

$\frac{mV_k^2}{2} = BID \cdot V\,dt = BD\,dq\,V$

Сначала: $p_0 S \cdot h_0 = \nu R T_0$ $\quad m v_к = BD \cdot q$ Черновик

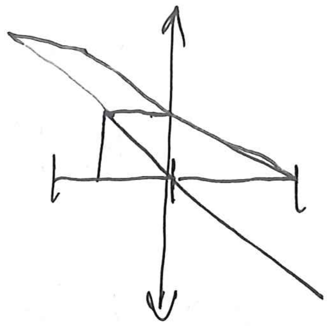
$p_1 S \cdot h_1 = \nu R T_1$ $\quad$ Внизу $a_к = \frac{BD}{m}$

$p_0 S \cdot h_0 = \nu R T_0$ $\quad \frac{k(4x^2+y^2)}{2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{m\dot{y}^2}{2} =$

$T_2 \nu R =$ $\quad a = \frac{v_к^2}{2x}$

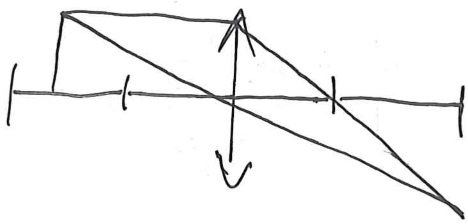
$m\ddot{x} = \frac{k}{x}$

$S^2 = R^2 + x^2 - 2xR$ $\quad \frac{k}{2} \cdot \delta x \cdot \dot{x}$



$x \cdot \ddot{x} = \frac{k}{m}$

$S^2 = (R-x)^2$ $\quad x \cdot \frac{d\dot{x}}{dt} = \frac{k}{m}$



$x = R - S$ $\quad a = \frac{dv(2v+dv)}{2dx}$

$p_0 S h_0 = \nu R T_0$

$p_2 S h_1 = \nu R T_1$ $\quad 2dx \cdot \frac{dv}{dt} = dv(2v+dv)$

$2v = 2v + dv$

$\frac{(4+b^2)b - (1+b^2)b}{(1+b^2)^2} = \frac{3b}{(1+b^2)^2} = \frac{3b}{(1+b^2)^2}$

$\frac{21}{2{,}5 \cdot 4} = \frac{21}{10} = 2{,}1$

$\frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_0) = p_2 \cdot S(h_0 - h_1)$