ТЕТРАДЬ

для Типовой расчет по физике N1
Вариант 8

учени_____класса_____

РКБ-265 школы_____

Петрасова

Станислава

№ 1-1

2 гладкие частицы сфер. форм с массами m_1 и m_2 движ. со скор. $\vec{v}_{10}$ и $\vec{v}_{20}$, сталкив. неупр. З

$\alpha = \frac{\pi}{2}$

$v = 10 \frac{м}{с}$

$m = 10^{-3}$ кг

$m_1 = 2m$

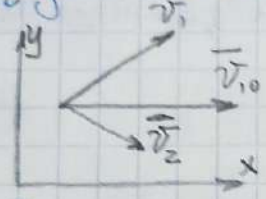
$m_2 = 3m$

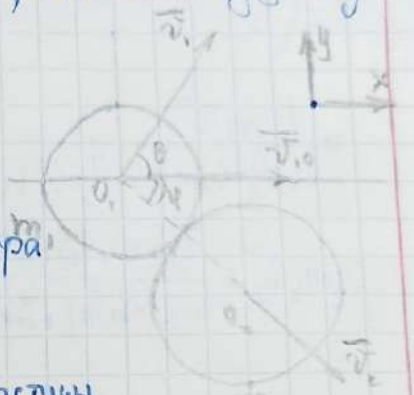
$v_{10} = 2v$

$v_{20} = 0$

$\varphi = \frac{1}{2}\alpha$

$\theta = \frac{1}{3}\alpha$





θ - угол отл. частицы после удара

Удар неупругий (НУУ)

$\vec{P}_1$ и $\vec{P}_2$ - импульсы 1 и 2-ой частицы после удара

P_1 - ?

P_2 - ?

ΔE - ?

1. ЗСИ:

$$m_1\vec{v}_{10} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

$$(x): m_1 v_{10} = m_1 v_1 \cos\theta + m_2 v_2 \cos\varphi \quad (1)$$

$$(y): 0 = m_1 v_1 \sin\theta - m_2 v_2 \sin\varphi \quad (2)$$

$$(2): m_1 v_1 \sin\theta = m_2 v_2 \sin\varphi$$

$$v_2 = \frac{m_1 v_1 \sin\theta}{m_2 \sin\varphi} \quad (3)$$

$$(2) \text{ в } (1): m_1 v_{10} = m_1 v_1 \cos\theta + m_2 \cos\varphi \cdot \frac{m_1 v_1 \sin\theta}{m_2 \sin\varphi} \Big| : m_1$$

$$v_{10} = v_1(\cos\theta + \sin\theta \operatorname{ctg}\varphi)$$

$$v_1 = \frac{v_{10}}{\cos\theta + \sin\theta \operatorname{ctg}\varphi} \quad (4)$$

(4) b(3) $v_2 = \frac{m_1 \sin\theta}{m_2 \sin\psi} \cdot \frac{v_{10}}{\cos\theta + \sin\theta \frac{\cos\psi}{\sin\psi}} = \frac{m_1 v_{10} \sin\theta}{m_2 (\cos\theta \cdot \sin\psi + \sin\theta \cos\psi)} =$

2. $p_1 = m_1 v_1 = m_1 \frac{v_{10}}{\cos\theta + \sin\theta \operatorname{ctg}\psi} = \frac{2m \cdot 2v}{\cos(\frac{1}{3}\alpha) + \sin(\frac{1}{3}\alpha)\operatorname{ctg}(\frac{1}{2}\alpha)} =$

$= \frac{4mv}{\cos(\frac{1}{3}\alpha) + \sin(\frac{1}{3}\alpha)\operatorname{ctg}(\frac{1}{2}\alpha)}$

$p_2 = m_2 v_2 = \frac{v_{10} m_1 \sin\theta}{\cos\theta\sin\psi + \sin\theta\cos\psi} = \frac{4mv \sin\frac{1}{3}\alpha}{\sin(\psi+\theta)} = \frac{4m \sin(\frac{1}{3}\alpha) v}{\sin(\frac{5}{6}\alpha)}$

3. При НУХ вид. E.

ЗСЭ:

$$\frac{m_1 v_{10}^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \Delta E$$

$$\Delta E = \frac{m_1 v_{10}^2 - m_1 v_1^2 - m_2 v_2^2}{2}$$

4. Отдельно вычислим v_1 и v_2

$$v_1 = \frac{2 \cdot 10 \frac{м}{с}}{\cos\frac{\pi}{6} + \sin\frac{\pi}{6}\operatorname{ctg}\frac{\pi}{4}} = \frac{20\frac{м}{с}}{\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{40\frac{м}{с}}{\sqrt{3}+1} = \frac{40(\sqrt{3}-1)\frac{м}{с}}{2} = 20(\sqrt{3}-1)\frac{м}{с}$$

$$v_2 = \frac{2m \cdot 2 \cdot 10 \frac{м}{с} \sin\frac{\pi}{6}}{3m\left(\cos(\frac{\pi}{6})\sin(\frac{\pi}{4}) + \sin(\frac{\pi}{6})\cos\frac{\pi}{4}\right)} = \frac{20}{3} \frac{1 \frac{м}{с}}{\frac{\sqrt{2}}{4} + \frac{\sqrt{6}}{4}} =$$

$$= \frac{80(\sqrt{6}-\sqrt{2})}{3 \cdot 4}\frac{м}{с} = \frac{20}{3}(\sqrt{6}-\sqrt{2})\frac{м}{с}$$

5.

5. $p_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ кг $\cdot 20(\sqrt{3}-1)\frac{м}{с} \approx 0{,}03 \frac{кг \cdot м}{с}$

$p_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ кг $\cdot \frac{20}{3}(\sqrt{6}-\sqrt{2})\frac{м}{с} \approx 0{,}02 \frac{кг \cdot м}{с}$

$\Delta E = \frac{10^{-3}\,кг}{2}\left(2 \cdot (2 \cdot 10\frac{м}{с})^2 - 2(20(\sqrt{3}-1))^2 - 3\left(\frac{20}{3}(\sqrt{6}-\sqrt{2})\right)^2\right) \approx 0{,}1$ Дж*

Ответ: $0{,}03 \frac{кг \cdot м}{с}$

$0{,}02 \frac{кг \cdot м}{с}$

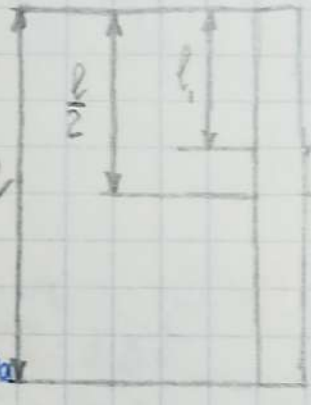
$0{,}1$ Дж*

№2-2

Однород. жестк. верт. стержень длиной l и массой M, движ. поступательно с постоянной гор. скоростью $\vec{v}_0$, налетает на преграду. После удара стержень вращ. вокруг оси. Ось вращ. стержня совп. с ребром преграды и проходит через точку контакта стержня с ребром. Потерями мех эн. пренебречь.

$l = 1$ м
$M = 1$ кг
$\vec{v}_0$
$l_1 = 0{,}1l$
$v_0 = 0{,}5 v_{0m}$

v_{0m} – мин. гор. скор. стержня
ω_{0m} – мин. угл. скор. стержня
ω_0 – угл. скор. после удара
φ_m – макс. угол пов. после удара



ω_0 – ?
v_{0m} – ?
φ_m – ?

1) т.к. стержень однородный, то центр. масс на расстоянии $\frac{l}{2}$. $h = \frac{l}{2} - l_1 = \frac{l}{2} - \frac{l}{10} = \frac{4l}{10}$

2) Момент импульса после удара:

$$L = I\omega_{0m}$$

3) т. Штейнера:

$$I = \frac{Ml^2}{12} + Mh^2 = \frac{Ml^2}{12} + M\frac{16l^2}{100} = \frac{73}{300}Ml^2$$

4) ЗСЭ после удара:

$$\frac{I\omega_{0m}^2}{2} = Mgh$$

$$\omega_{0m} = \sqrt{\frac{2Mgh}{I}} = \sqrt{\frac{2Mg\,4\ell\cdot 300}{10\cdot 73\cdot M\ell^2}} = \sqrt{\frac{240}{73}\frac{g}{\ell}}$$

5) ЗСИ.

$$Mv_{0m}h = I\omega_{0m}$$

$$v_{0m} = \frac{I\omega_{0m}}{Mh} = \sqrt{\frac{240g}{73\ell}}\cdot\frac{73}{300}\cdot\frac{10}{4\ell} =$$

$$= \sqrt{\ell g}\cdot\frac{\sqrt{1095}}{30}\ ;\ v_{0m} = \frac{\sqrt{1095}}{30}\sqrt{\ell g}$$

6) ЗСИ:

$$Mv_0h = I\omega_0$$

$$\omega_0 = \frac{Mv_0h}{I} = \frac{300\,M\ell^2\,1\,\sqrt{1095}}{73\,M\ell^2\,10\cdot 2\,30}\sqrt{\ell g} = \frac{2\sqrt{1095}}{73}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

7) При повороте стержня на угол φ его потенциальная энергия: $E_n = \left(\frac{Mg\ell}{2} - Mg(\ell - \ell_1)\right)\cos\varphi$

$$\left(\frac{Mg\ell}{2} - Mg\left(\ell - \frac{1}{10}\ell\right)\right)(\cos\varphi_m - 1) = \frac{I\omega_0^2}{2}$$

$$\cos\varphi_m = \frac{I\omega_0^2}{Mg\ell - 2Mg\frac{9}{10}\ell} + 1 = -\frac{73\,M\ell^2\,5\,4\cdot 1095\,g}{300\,4\,Mg\ell\,73^2\,\ell} + 1 = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

8) $v_{om} = \frac{\sqrt{1095}}{30}\sqrt{10\frac{м}{с^2}\cdot 1м} \approx 3{,}48\frac{м}{с}$

$\nu_0 = \frac{2\sqrt{1095}}{73}\sqrt{\frac{10\frac{м}{с^2}}{1м}} \approx 2{,}87\,с^{-1}$

$\varphi_m = \arccos\left(\frac{3}{4}\right) \approx 41{,}4°$

Отв.: $2{,}87с^{-1}$; $3{,}48\frac{м}{с}$; $41{,}4°$

№3-2

$m = 0{,}1\,кг$
$m_1 = 0{,}6m$
$m_2 = 0{,}5m$
$K^* = 10\frac{Н}{м}$
$K = 1{,}4K^*$
$l_0 = 1{,}6l^*$
$l = 1{,}2l^*$
$l^* = 0{,}1\,м$
$r^* = 0{,}2\frac{см}{с}$
$r = 1{,}6r^*$
$v_1 = 0$
$v^* = 0{,}1\frac{м}{с}$
$v_2 = 0{,}7v^*$

II) ω - ?
T - ?

I) K_{10} - ?
K_{20} - ?
M - ?
ω_1 - ? ω_2 - ?
T - ?

I) 1)

$$M = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{0{,}3m^2}{1{,}1m} = \frac{3}{11}m$$

- приведённая масса

2) Определим из формулы у.м

$$m_1(r_1 + l_{10}) = m_2(r_2 + l_{20})$$

Т.к. $l_{10} >> r_1$ и $l_{20} >> r_2$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_1 l_{10} = m_2 l_{20} \\ l_0 = l_{10} + l_{20} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} l_{10} &= l_0 \frac{m_2}{m_1 + m_2} \\ l_{20} &= l_0 \frac{m_1}{m_1 + m_2} \end{aligned}$$

3) $Kl_0 = K_1 l_{10} = K_2 l_{20} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{K_1}{m_1}} = \sqrt{\frac{Kl_0}{l_{10}m_1}}; \omega_2 = \sqrt{\frac{K_2}{m_2}} = \sqrt{\frac{Kl_{10}}{l_{20}m_2}}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1{,}4k^* \cdot 1{,}6l^*(m_1+m_2)}{1{,}6l^* m_2 m_1}} = \sqrt{\frac{14 \cdot 11k^*}{10 \cdot 3\,m}} = \sqrt{\frac{73k^*}{15m}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1{,}4k^* \cdot 1{,}6l^*(m_1+m_2)}{1{,}6^* m_1 m_2}} = \sqrt{\frac{73k^*}{15m}}$$

$\Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega_1 = \omega_2 = \omega = \sqrt{\frac{73k^*}{15m}}$$

4) $k_1 = \frac{k l_0}{l_{10}} = \frac{1{,}4k^* \cdot 1{,}6\ell^* (m_1 + m_2)}{1{,}6\ell^* m_2} = \frac{4{,}2k^*}{5m}$

$k_2 = \frac{k l_0}{l_{20}} = \frac{1{,}4k^* \cdot 1{,}6\ell^* (m_1 + m_2)}{1{,}6\ell^* m_1} = \frac{4{,}2k^*}{6m}$

5) $\omega_1 = \omega_2 = \omega \Rightarrow T_1 = T_2 = T$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{15m}{73k^*}}$

6) $M = \frac{3}{11} 0{,}1\,кг \approx 0{,}03\,кг$

$\omega_1 = \omega_2 = \omega = \sqrt{\frac{73 \cdot 10 \frac{Н}{м}}{15 \cdot 0{,}1\,кг}} \approx 22{,}06\ с^{-1}$

$k_1 = \frac{4{,}2 \cdot 10 \frac{Н}{м}}{5 \cdot 0{,}1\,кг} = 84 \frac{Н}{м}$

$k_2 = \frac{4{,}2 \cdot 10 \frac{Н}{м}}{6 \cdot 0{,}1\,кг} = 70 \frac{Н}{м}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{15 \cdot 0{,}1\,кг}{73 \cdot 10 \frac{Н}{м}}} \approx 0{,}28\,с$

Отв.: $M = 0{,}03\,кг$; $\omega_1 = \omega_2 = \omega = 22{,}06\ с^{-1}$

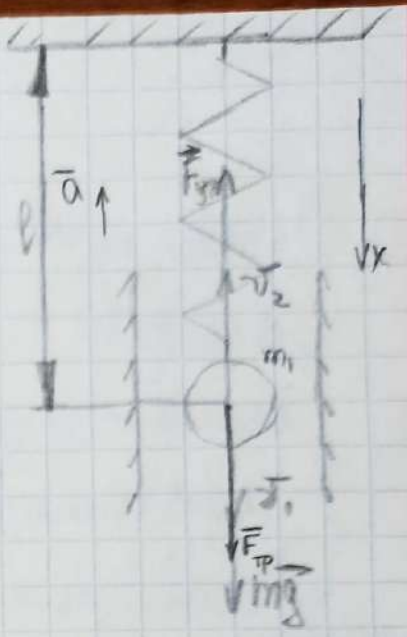
$k_1 = 84 \frac{Н}{м}$; $k_2 = 70 \frac{Н}{м}$; $T_1 = T_2 = T = 0{,}28\,с$

Ⅱ 1) $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_1}} = \sqrt{\frac{1{,}4k^*}{0{,}6m}} = \sqrt{\frac{14k^*}{6m}}$

$\beta = \frac{r}{2m_1} = \frac{1{,}6r^*}{1{,}2m} = \frac{16r^*}{12m} = \frac{4r^*}{3m}$

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{7k^*}{3m} - \frac{16r^{*2}}{9m^2}} =$

$= \sqrt{\frac{21k^*m - 16r^{*2}}{9m^2}}$



2) $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{9m^2}{21k^*m - 16r^{*2}}}$

3) $\omega = \sqrt{\frac{21 \cdot 10\frac{Н}{м} \cdot 0{,}1кг - 16\left(0{,}2\frac{Нс}{с}\right)^2}{9 \cdot (0{,}1кг)^2}} \approx 15{,}04\ с^{-1}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{9 \cdot (0{,}1кг)^2}{21 \cdot 10\frac{Н}{м} \cdot 0{,}1кг - 16\left(0{,}2\frac{Нс}{с}\right)^2}} \approx 0{,}42\ с$

4) 2 з. Ньютона: $m\bar{a} = \bar{F}_{тр} + \bar{F}_{упр}$

$(*)\ -ma = rv - k\Delta l$

$m\ddot{l} + r\dot{l} - k(l - l_0) = 0 \quad | :m$

$\ddot{l} + \frac{r}{m}\dot{l} - \frac{k}{m}(l - l_0) = 0 \quad \left\{ 2\beta = \frac{r}{m};\ \omega_0^2 = \frac{k}{m} \right.$

$\ddot{l} + 2\beta\dot{l} - \omega_0^2(l - l_0) = 0$

$1{,}2\ddot{l}^* + 2{,}4\beta\dot{l}^* + 0{,}4\omega_0^2 l^* = 0$ - ур-е затух. колебаний вертик. пружин. маятника

Отв.: $\omega = 15{,}04\ с^{-1}$; $T = 0{,}42\ с$

№4-2

Для стержня длиной l, рис. 36:

– вывести формулу для возможных частот продольных волн, возбуждаемых в стержне, при которых в нем образуется стоячая волна

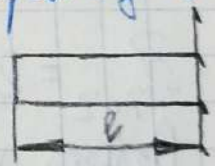
– указать какая частота колебаний явл. основной, а какие частоты к обертонам (к высшим гармоникам)

– определить частоту и длину волны i-ой гармоники

– для этой гармоники нарисовать вдоль стержня качественную картину:

а) стоячей волны амплитуд смещений;

б) стоячей волны амплитуд деформации



Стоячая волна образуется наложением двух противоположных волн:

1. $\xi_1 = A\cos(\omega t - kx + \varphi)$ 2. $\xi_2 = A\cos(\omega t + kx + \varphi_2)$

Тогда стоячая волна имеет вид:

$$\xi = A\cos(\omega t + \tilde{\varphi}_1)\cos(kx + \tilde{\varphi}_2)$$

Натяжение крепления: $\lambda = \frac{4l}{i}$; $i \in N$

Латунь

$\rho = 8{,}5 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$

$E = 12 \cdot 10^{10}$ Па

$l = 1$ м

$i = 2$

$\omega_0 - ?$

$\omega_{обер} - ?$

$\omega_i - ?$ $\lambda_i - ?$

$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ – скор распр. волны в тверд. вещ-ве

1) $\nu = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \left[\nu = \frac{i}{4\ell}\sqrt{\frac{E}{\rho}} \; ; i \in N\right]$ – ограничение на частоту волн, способн. образ. стоячие волны.

2) $\nu_0 = \frac{1}{4\ell}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ – основная частота
при $i > 1$ частоты отн. к обертонам.

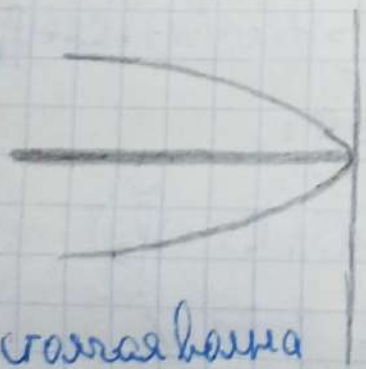
3) частота при $i = 2$ $\nu_{i=2} = \frac{2}{4\ell}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$; $\lambda_{i=2} = \frac{4\ell}{2} = 2\ell$

4) $\nu_0 = \frac{1}{4 \cdot 1м}\sqrt{\frac{12 \cdot 10^{10}\,Па}{8{,}5 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}}} \approx 939{,}34\,с^{-1}$ – осн. частота

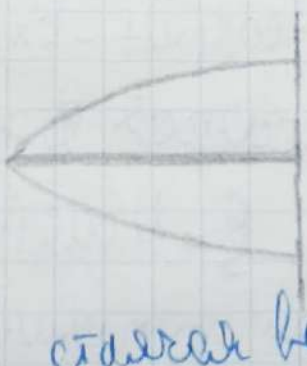
$\nu_{i=2} = \frac{1}{2 \cdot 1м}\sqrt{\frac{12 \cdot 10^{10}\,Па}{8{,}5 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}}} \approx 1878{,}67\,с^{-1}$ – частота для 2-ой гармоники

$\lambda_{i=2} = 2 \cdot 1м = 2м$ – длина волны для 2-ой гармоники

Ответ: $\nu_0 = 939{,}34\,с^{-1}$; $\nu_{i=2} = 1878{,}67\,с^{-1}$; $\lambda_{i=2} = 2м$



стоячая волна
амплитуда
смещения



стоячая волна
амплитуда
деформации