Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21205514**

ID профиля: **320527**

Вариант 2

ЧИСТОВИК ЛИСТ 1.

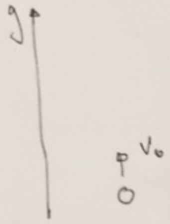
№1. Дано: V_0

1) τ - время до столкновения

2) $\frac{t_1}{t_2}$ - ?

3) h - ?

Реш.:

① 

$y: a_y=-g$

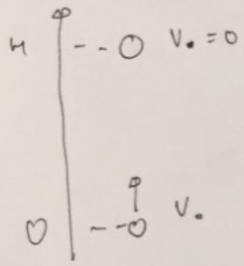
$V_y=V_0-gt$

$V_y=0: V_0-gt_m$

$t_m=\frac{V_0}{g}$ - время полёта до максимальной высоты.

$E_0=\frac{mV_0^2}{2}$; $E_п=mgH$

$E_0=E_п \Rightarrow \frac{V_0^2}{2}=gH \Rightarrow H=\frac{V_0^2}{2g}$ - максимальная (1) высота.

② 

$y:$ $\cancel{y=V_0t-\frac{gt^2}{2},\ gt}$; $y=y_0+V_{0y}t-\frac{gt^2}{2}$

$$\begin{cases} h=V_0t_2-\frac{gt_2^2}{2} \\ h=H-\frac{gt_2^2}{2} \end{cases}$$

- высота, на кот. встретились
t_2 - время полёта второго шарика.

$V_0t_2-\cancel{\frac{gt_2^2}{2}}=H-\cancel{\frac{gt_2^2}{2}} \Rightarrow V_0t_2=H \Rightarrow t_2=\frac{H}{V_0} \overset{из (1)}{=} \frac{V_0}{2g}$ (2)

$h=H-\frac{gt_2^2}{2} \overset{(2)}{=} H-\frac{g}{2}\cdot\frac{V_0^2}{4g^2} \overset{из (1)}{=} \frac{V_0^2}{2g}-\frac{V_0^2}{8g}=\frac{3V_0^2}{8g}$.

$t_1=\tau=t_m+t_2=\frac{V_0}{g}+\frac{V_0}{2g}=\frac{3V_0}{2g}$; $\frac{t_1}{t_2}=\frac{3V_0}{2g}\cdot\frac{2g}{V_0}=3:1$.

Ответ: $\tau=\frac{3V_0}{2g}$; $t_1:t_2=3:1$; $h=\frac{3V_0^2}{8g}$

№3. Дано:

$t = 81°C \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 81 + 273 = 354$ K

$T = const.$

$V = 1{,}7$ л.

$V_0 = 7V$

$\frac{p}{p_0} = 3{,}6$

$p_{нп} = 0{,}5 \cdot 10^5$ Па

$\mu = 0{,}018$ кг/моль

$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)

$p_0 - ?$

$m_0 - ?$

Реш.:

$p_0 V_0 = \nu_0 R T$ (1) – Закон Менделеева-Клапейрона для начального момента.

$pV = \nu R T \Rightarrow 3{,}6 p_0 \cdot \frac{V_0}{7} = \nu R T$ (2) – Закон Менделеева-Клапейрона для конечного момента.

Из (1) и (2): $\frac{p_0 V_0}{\nu_0} = \frac{3{,}6}{7} \frac{p_0 V_0}{\nu}$

$\Rightarrow \nu_0 = \frac{7}{3{,}6} \nu$ – количество ~~газа~~ пара уменьшилось

$\Rightarrow$ часть пара конденсировалась $\Rightarrow$ в сосуде вода и насыщенный пар $\Rightarrow p = p_{н.п.}$

$p_0 = \frac{p}{3{,}6} = \frac{p_{нп}}{3{,}6} = \frac{0{,}5}{3{,}6} \cdot 10^5$ Па $\approx 0{,}139 \cdot 10^5$ Па $= 13{,}9 \cdot 10^3$ Па.

Из (1): $\nu_0 = \frac{p_0 V_0}{RT}$; $p_0 = \frac{p_{нп}}{3{,}6}$; $V_0 = 7V$.

$\nu_0 = \frac{7}{3{,}6} \cdot \frac{p_{н.п.} \cdot V}{RT}$; $\nu_0 = \frac{m_0}{\mu}$

$\Rightarrow m_0 = \mu \cdot \nu_0 = \frac{7}{3{,}6} \cdot \frac{p_{нп} \cdot V}{RT} \cdot \mu = \frac{7}{3{,}6} \cdot \frac{0{,}5 \cdot 10^5 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 354} \cdot 18 \cdot 10^{-3} =$

$= 0{,}01011 \cdot 10^{-1} = 1{,}01 \cdot 10^{-3}$ кг.

Ответ: $p_0 = 13{,}9 \cdot 10^3$ Па, $m_0 = 1{,}01 \cdot 10^{-3}$ кг.

$1,5\omega^2 R$

$p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$

$V = 1,7\cdot 10^{-3}$

$V_0 = 7V = 11,9\cdot 10^{-3}$

$3,6 \,|\, 7$
$28 \,|\, 0,4$

$pV = \nu R T_0$

$\frac{\cancel{p_0 V_0}}{\nu_0} = \frac{3,6}{7}\,\frac{\cancel{p_0 V_0}}{\nu}$

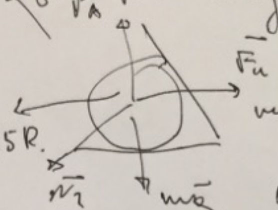
$3,6 p_0 \cdot \frac{V_0}{7} = \nu R T_0.$

для $\nu\cdot\frac{7}{3,6} = \nu_0.$

$F_A \sin\alpha + N_2 \sin\alpha + F_{A\text{ц}} \cos\alpha = mg\sin\alpha + F_\text{ц}\cos\alpha.$

$\nu = \frac{3,6}{7}\nu_0. \Rightarrow$ часть напра

$\Rightarrow p = p_{\text{нп}}.$



$mg = F_A + N_1.$

$\frac{3}{2}\rho g V_\text{ш} \operatorname{tg} + \frac{3N_2}{2} + 1,5\rho\cdot\omega^2 R\cdot V_\text{ш} =$

$p_{\text{нп}} = 0,5\cdot 10^5 \qquad = 6\rho g V_\text{ш}\cdot\frac{3}{2} + 6\rho V_\text{ш}\omega^2\cdot 1,5R.$

$N_1 = mg - F_A =$

$= 6\rho V_\text{ш} g - \rho g V_\text{ш} = 5\rho g\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 =$

$p = 3,6 p_0 \qquad p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$

$V_0 = 7V \qquad pV = \nu R T_0$

$\frac{3N_2}{2} = V_\text{ш}\left(9\rho g - 1,5\rho g + 9\rho\omega^2 R - 1,5\rho\omega^2 R\right)$ $\frac{\nu}{\nu_0} = \frac{p}{p_0}\cdot\frac{V}{V_0} = 3,6\cdot\frac{1}{7} \Rightarrow \nu = \frac{3,6}{7}\nu_0.$ $= \frac{20}{3}\rho g\pi R^3$

$\frac{3N_2}{2} = V_\text{ш}\cdot 7,5\rho\left(g + \omega^2 R\right)$

$p = p_{\text{нп}}.$ $p_0 = \frac{p}{3,6} = \frac{p_{\text{нп}}}{3,6} = \frac{0,5}{3,6}\cdot 10^5 = 0,139\cdot 10^5$ Па $= 13,9\cdot 10^3$ Па.

$N_2 = \frac{4\pi R^3}{3}\cdot\frac{15}{3}\rho\left(g+\omega^2 R\right)$ $\frac{p_0 V_0}{RT}\mu = \frac{\frac{p_{\text{нп}}}{3,6}\cdot 7V}{RT}\mu = \frac{7}{3,6}\cdot\frac{0,5\cdot 10^5\cdot 1,7\cdot 10^{-3}}{8,31\cdot 354}\cdot 18\cdot 10^{-3} =$

$N_2 = \frac{20}{3}\pi R^3\rho\left(g + \omega^2 R\right).$

$= 10^{-1}\cdot 1,01\cdot 10^{-2} = 1,01\cdot 10^{-3}$ кг.

$\frac{\cancel{m}V_0^2}{2} = \cancel{m}gH \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g}.$

$t_\text{п} = \frac{V_0}{g}.$

$V_0 - g t_\text{п} = 0 \Rightarrow$

$\frac{V_0^2}{2g} - \frac{g t_2^2}{2} = h.$

$\frac{V_0^{\cancel{2}}}{2g} = \cancel{V_0}\cdot t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{V_0}{2g}.$

$V_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = h$

$t_1 = \frac{V_0}{g} + \frac{V_0}{2g} = \frac{3V_0}{2g}.$

$\frac{t_1}{t_2} = \frac{3}{1}.$

$h = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{\cancel{g}}{2}\cdot\frac{V_0^2}{4g^{\cancel{2}}} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{8g} = \frac{3V_0^2}{8g}.$

21205514 (U320527 M1280461)

№2. Дано:

ω, $\rho_в = \rho$

$\rho_ш = 6\rho$

R

$r = 1{,}5R$

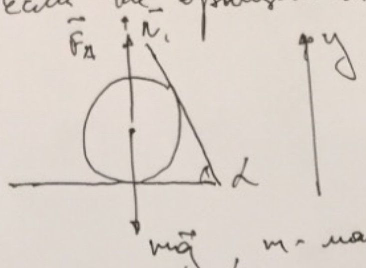
$tg\,\alpha = \frac{3}{2}$

1) N_1 − ?

2) N_2 − ?

Реш.:

① Если не вращается!



$m\vec{g}$, m − масса шара.

y: $N_1 + F_A = mg$.

$N_1 = mg - F_A$, $m = \rho_ш \cdot V_ш$

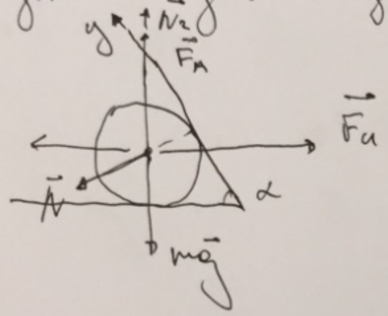
$V_ш$ − объем шара

$N_1 = \rho_ш V_ш g - \rho_в g V_ш =$

$= V_ш g(\rho_ш - \rho_в) = \cancel{\tfrac{4}{3}\pi R^3} =$

$= \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot g \cdot 5\rho = \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$

② Если вращается. Перейдем в СО, связанную с шаром, она не инерциальна => чтобы использовать в ней второй закон Ньютона, нужно вводить несуществующие в природе силы инерции.



$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_и + \vec{F}_{A\text{и}} + \vec{N}_2 + \vec{F}_A = 0$.

y: $F_A \cos(90° - \alpha) + N_2 \cos(90° - \alpha) +$

$+ F_{A\text{и}} \cos\alpha + 0 - mg\cos(90° - \alpha) -$

$- \vec{F}_и \cos\alpha = 0$

$\Rightarrow F_A \sin\alpha + N_2 \sin\alpha + F_{A\text{и}} \cos\alpha = mg \sin\alpha + F_и \cos\alpha \quad | : \cos\alpha.$

где $F_и$ − сила инерции, действующая на шар

$F_{A\text{и}}$ − горизонтальная сила Архимеда.

$\rho_в g V_ш \cdot tg\,\alpha + N_2 \cdot tg\,\alpha + \rho_в \cdot a_{ц.с} \cdot V_ш = \rho_ш V_ш g \, \cancel{\sin\alpha}\,tg\,\alpha + \rho_ш V_ш \cdot a_{ц.с}$

$N_2\, tg\,\alpha = V_ш(\rho_ш g\, tg\,\alpha + \rho_ш \cdot a_{ц.с} - \rho_в \cdot a_{ц.с} - \rho_в \cdot g\, tg\,\alpha)$.

$a_{ц.с} = \omega^2 \cdot r = 1{,}5\omega^2 \cdot R$. − центростр. ускорение.

$\frac{3N_2}{2} = \frac{4\pi R^3}{3} \cdot \left(6\rho g \cdot \frac{3}{2} + 6\rho \cdot 1{,}5\omega^2 \cdot R - 1{,}5\rho\omega^2 R - \frac{3}{2}\rho g\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow N_2 = \frac{8\pi R^3}{9}(7{,}5\rho g + 7{,}5\rho\omega^2 R) = \frac{\cancel{8}^{4}\pi R^3}{3\cancel{9}} \cdot \frac{\cancel{15}^{5}}{\cancel{2}}\rho(g + \omega^2 \cdot R) =$

$= \frac{20}{3}\rho(g + \omega^2 R)\pi R^3$

Ответ: $N_1 = \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$; $N_2 = \frac{20}{3}\rho(g + \omega^2 R)\pi R^3$

21205514 (U320527 M1280461)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205514**

ID профиля: **320527**

Вариант 2

№5 Дано:
$i = 3$
$p = 0{,}99\, p_0$
$V = 1{,}02\, V_0$

1) ΔT - ?
2) $\frac{\Delta Q}{\Delta U}$ - ?

Реш.: ЧИСТОВИК ЛИСТ 2.

$p_0 V_0 = \nu R T_0$ (1) – Закон Менделеева – Клапейрона для начального состояния газа.

$pV = \nu R T$ (2) – для конечного; T, T_0 – конечная и нач. температуры газа.

(2)/(1): $\frac{T}{T_0} = \frac{pV}{p_0 V_0} = \frac{0{,}99 p_0 \cdot 1{,}02 V_0}{p_0 V_0} = 1{,}0098$

$T = 1{,}0098\, T_0$ $\quad T - T_0 = \Delta T = 0{,}0098\, T_0 > 0$. => Температура увеличится на 0,98%.

2) $\delta Q = \delta A + dU \Rightarrow \Delta Q \approx \overbrace{p_0 \Delta V}^{\approx \Delta A} + \overbrace{\frac{i}{2} \nu R \Delta T}^{= dU}$.

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

$\Rightarrow \Delta U \approx \frac{i}{2}(p_0 \Delta V + V_0 \Delta p) =$

$= \frac{3}{2}\left(p_0 \cdot 0{,}02 V_0 + V_0 \cdot (-0{,}01 p_0)\right) = \frac{3}{2} \cdot 0{,}01\, p_0 V_0 = 0{,}015\, p_0 V_0.$

$\Delta Q \approx p_0 \Delta V + \Delta U = p_0 \Delta V + 1{,}5\, p_0 \Delta V + 1{,}5\, V_0 \Delta p = 2{,}5 \cdot p_0 \cdot 0{,}02 V_0 + 1{,}5\, V_0 (-0{,}01 p_0) =$

$= 0{,}05\, p_0 V_0 - 0{,}015\, p_0 V_0 = 0{,}035\, p_0 V_0.$

$\frac{\Delta Q}{\Delta U} \approx \frac{0{,}035\, p_0 V_0}{0{,}015\, p_0 V_0} = \frac{35}{15} = \frac{7}{3}\ (\approx 2{,}33)$

Ответ: 1) Температура увеличится на 0,98%; 2) $\frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{7}{3}\ (\approx 2{,}33)$.

ЧИСТОВИК ЛИСТ 1.

№4. Дано:

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

H

m

$M = 2m$

1) t_1 - ?

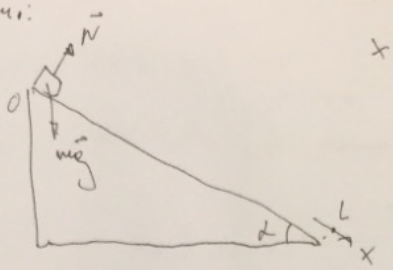
2) $F = mg$

$a_к$ - ?

3) τ

Решение:

(1)



x: $\cancel{m}g\cos(90^\circ - \alpha) = \cancel{m}a_x$

$a_x = g\sin\alpha$.

$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{g\sin\alpha\, t_1^2}{2}$.

$\frac{H}{L} = \sin\alpha \Rightarrow L = \frac{H}{\sin\alpha}$.

$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{g\sin\alpha\, t_1^2}{2} \Rightarrow t_1^2 = \frac{2H}{g\sin^2\alpha} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

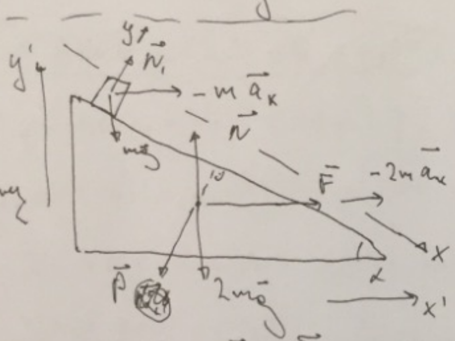
$\Rightarrow t_1 = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

(2)

$\vec P = -\vec N_1$

По III закону Ньютона.

$|\vec F| = mg$



Перейдём в СО, связанную с клином. Это неинерциальная СО ⇒ необходимо ввести силы инерции, для использования в ней второго закона Ньютона. (сила инерции равна минус произведению массы тела на ускорение системы (в векторах))

$m\vec g - m\vec a_к + \vec N_1 = m\vec a$

кл $\vec P + 2m\vec g + \vec N + \vec F - 2m\vec a_к = 0$

$a_{кx}$ – проекция ускорения клина на ось x'

x: $\cancel{m}g\sin\alpha - \cancel{m}a_{кx}\cos\alpha = \cancel{m}a_x$ (1) x': $F - 2ma_{кx} = N_1\sin\alpha$. (3)

y: $N_1 - ma_{кx}\sin\alpha = mg\cos\alpha$. (2)

Из (2) и (3) $N_1 = mg\cos\alpha + ma_{кx}\sin\alpha = \frac{F}{\sin\alpha} - \frac{2ma_{кx}}{\sin\alpha}$

2) $0{,}6\cancel{m}g + 0{,}8\cancel{m}a_{кx} = 1{,}25\cancel{m}g - 2{,}5\cancel{m}a_{кx} \Rightarrow 3{,}3a_{кx} = 0{,}65g$.

$a_{кx} = \frac{6{,}5}{33}g \approx 0{,}197g \Rightarrow a_к = \frac{6{,}5}{33}g \approx 0{,}197g$.

(1): $a_x = g\sin\alpha - a_{кx}\cos\alpha = 0{,}8g - \frac{\cancel{0{,}65}\,0{,}13}{1{,}1\,\cancel{3{,}3}}g\cdot\frac{3}{\cancel{5}} = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1{,}3}{11}\right) = \frac{37{,}5}{55}g = \frac{7{,}5}{11}g$

x: $x = \frac{a_x\tau^2}{2} = L = \frac{H}{\sin\alpha} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_x\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{7{,}5}{11}g\cdot\frac{4}{5}}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{6}{11}g}} = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

Ответ: $t_1 = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; $a_к = \frac{6{,}5}{33}g\ (\approx 0{,}197g \approx 1{,}97\ м/с^2)$; $\tau = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

$$\begin{cases} g\sin\alpha + a_x\cos\alpha = a_x & (1) \\ N_1 + ma_x\sin\alpha = mg\cos\alpha & (2) \\ F + 2ma_x = N_1\sin\alpha & (3) \end{cases}$$

$$p_0V_0 = \nu R T_0$$
$$pV = \nu R T$$
$$\frac{T}{T_0} = \frac{pV}{p_0V_0} = \frac{0{,}99\,p_0\cdot 1{,}02V_0}{p_0V_0}$$

$$\begin{cases} N_1 = mg\cos\alpha - ma_x\sin\alpha \\ N_1 = \frac{F}{\sin\alpha} + \frac{2ma_x}{\sin\alpha} \end{cases}$$

$$\frac{3mg}{5} - \frac{4ma_x}{5} = \frac{5F}{4} + \frac{5ma_x}{2}$$

$$0{,}6\,mg - 0{,}8\,ma_x = 1{,}25F + 2{,}5\,ma_x$$

$$3{,}3\,ma_x = 0{,}6\,mg -$$

$$N_1 - ma_x\sin\alpha = mg\cos\alpha$$
$$mg - 2ma_x = N_1\sin\alpha$$

$$N_1 = \frac{mg}{\sin\alpha} - \frac{2ma_x}{\sin\alpha} = mg\cos\alpha + ma_x\sin\alpha$$

$$1{,}25\,mg - 2{,}5\,ma_x = 0{,}6\,mg + 0{,}8\,ma_x$$

$$3{,}3\,a_x = 0{,}65\,g$$

$$a_x = \frac{0{,}65}{3{,}3}g$$

$$\Delta U = \frac{i}{2}(p\Delta V + V\Delta p) = \frac{3}{2}(0{,}02\,p_0V_0 - 0{,}01\,p_0V_0) = 1{,}5\cdot 0{,}01\,p_0V_0 = 0{,}015\,p_0V_0$$

$$\Delta Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \nu R\Delta T = \frac{i}{2}(p\Delta V + V\Delta p)$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A = 0{,}02\,p_0V_0 + 0{,}015\,p_0V_0 = 0{,}035\,p_0V_0$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{0{,}035}{0{,}015} = \frac{35}{15}$$

$$U = \frac{i}{2}(p\Delta V + V\Delta p) = 1{,}5(p_0\cdot 0{,}02V_0 + V_0\cdot 0{,}01\,p_0) = 1{,}5\cdot 0{,}01\,p_0V_0 = 0{,}015\,p_0V_0$$

$p = 0{,}99\,p_0$

$V = 1{,}02\,V_0$