Часть 1

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

Шифр: **21206617**

ID профиля: **344768**

Вариант 1

Задание 1.

- h – макс. высота полёта первого шарика, тогда ЗСЭ: $gh = \frac{v_0^2}{2}$
- Перейдём в свободно падающую СО: расстояние между шариками h, скорости 0 и v_0, тогда $h = v_0 t$, t – время полёта 2-го шарика
- $$\left.\begin{aligned} u &= v_0 - gt \text{ (кин.)} \\ \frac{v_0^2}{2} &= gH + \frac{u^2}{2} \quad \text{ЗСЭ} \end{aligned}\right| \Rightarrow v_0 = \frac{H}{t} + \frac{gt}{2}$$
- $$\left.\begin{aligned} gh &= \frac{v_0^2}{2} \\ h &= v_0 t \end{aligned}\right| \Rightarrow \left.\begin{aligned} v_0 &= 2gt \\ v_0 &= \frac{H}{t} + \frac{gt}{2} \end{aligned}\right| \Rightarrow \begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{2H}{3g}} \\ v_0 &= 2\sqrt{\frac{2}{3}Hg} \end{aligned}$$
- Первый до столкновения пролетел сначала вверх h, а затем вниз на разность h и H.

$$S = h + (h - H) = 2h - H$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{3}H, \text{ тогда } S = \frac{5}{3}H$$

Ответ: 1) $t = \sqrt{\frac{2}{3}\frac{H}{g}}$

2) $v_0 = 2\sqrt{\frac{2}{3}gH}$

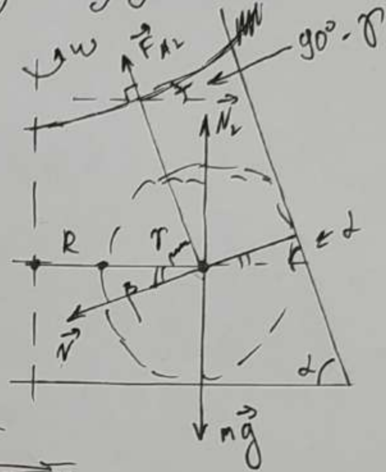
3) $S = \frac{5}{3}H$

Задание 2.

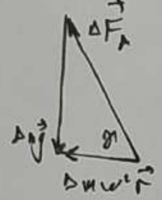
I. Если ~~шар~~ сосуд не вращается, то боковая стенка не давит на шар, т.к. не может быть ничем скомпенсирована, тогда

$$\vec{N}_1 + \vec{F}_{A1} + m\vec{g} = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F_{A1} = 3\rho g V - \rho g V = 2\rho g V$$

II. • $\alpha + \beta = 90° \Rightarrow tg\beta = ctg\alpha = \frac{1}{2}$



• Найдём угол наклона поверхности к горизонту ($90° - \gamma$)



$$\Delta m\vec{g} + \Delta\vec{F}_A = \Delta m\omega^2\vec{r}$$

$$tg\gamma = \frac{\Delta m g}{\Delta m \omega^2 r} = \frac{g}{\omega^2 r} = \frac{g}{2\omega^2 R}$$

$$\Downarrow$$

$$\sin\gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{4\omega^4 R^2}{g} + 1}}, \quad \cos\gamma = \frac{\frac{2\omega^2 R}{g}}{\sqrt{\frac{4\omega^4 R^2}{g^2} + 1}}$$

• $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{A2}$

$OX: \ 2m\omega^2 R = F_{A2}\cdot\cos\gamma + N\cos\beta$

$OY: \ N_2 + F_{A2}\,\cancel{\cos}\,\sin\gamma = mg + N\sin\beta$

$\Rightarrow N_2 = mg - F_{A2}\sin\gamma + tg\beta\,(2m\omega^2 R - F_{A2}\cos\gamma),$

$m = 3\rho V = 4\pi\rho R^3$

$\therefore \ N_2 = 4\pi\rho R^3 (g + \omega^2 R)\left(1 - \frac{1}{3}\frac{g}{\sqrt{4\omega^4 R^2 + g^2}}\right)$, заметим, что 2-я скобка всегда положительна, т.к. $\frac{1}{3}\frac{g}{\sqrt{g^2}} < 1$, а значит шарик не будет всплывать.

Ответ: 1) $N_1 = 2\rho g V$

2) $N_2 = 4\pi\rho R^3 (g + \omega^2 R)\left(1 - \frac{1}{3}\frac{g}{\sqrt{4\omega^4 R^2 + g^2}}\right)$

Лист 2.

Задача 3.

- Проверим начнёт ли пар конденсироваться

$$\left.\begin{aligned} p_0V_0 &= \frac{m_0}{\mu}RT \\ pV &= \frac{m}{\mu}RT \end{aligned}\right| \Longrightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{p}{p_0}\cdot\frac{V}{V_0} = 1{,}8\cdot\frac{1}{3{,}5} \simeq 0{,}514 \overset{def}{=} K_m$$

Масса пара уменьшилась, откуда следует, что началась конденсация пара, а значит конечное давление p равно давлению насыщенных паров $p_{нас}$.

- $p_0 = \frac{1}{1{,}8}p = \frac{1}{1{,}8}p_{нас} = \frac{1}{1{,}8}\cdot 0{,}5\cdot 10^5 \simeq 27{,}8$ кПа

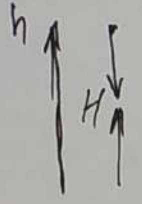
- Менделеев для конечной ситуации:

$$p_{нас}V = \frac{m}{\mu}RT$$

$$V = \frac{mRT}{\mu p_{нас}} = \frac{K_m m_0 RT}{\mu p_{нас}} = \frac{0{,}514\cdot 3\cdot 8{,}31\cdot 354}{18\cdot 0{,}5\cdot 10^5} \simeq 4{,}93\cdot 10^{-3}\,м^3 = 4{,}93\,л$$

Ответ: 1) $p_0 \simeq 27{,}8$ кПа

2) $V \simeq 4{,}93$ л



$\cancel{h \ldots} \quad t;\ v_0;\ 2h \div H$

$h \cancel{H} = \cancel{2} v_0 t \qquad y_1 = h - \frac{gt^2}{2}$

$y_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$h = \frac{v_0^2}{2g} \qquad v_0 t = h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow \boxed{2gt = v_0}$

$\frac{H}{t} + \frac{gt}{2} = 2gt \qquad \cancel{v_0^2 = 2gH} \qquad v_0^2 = 2gH + (v_0 - gt)^2$

$\cancel{v_0^2} = 2gH + \cancel{v_0^2} - 2v_0 gt + g^2t^2$

$\frac{H}{t} = \frac{3}{2} gt \qquad \boxed{v_0 = \frac{H}{t} + \frac{gt}{2}}$

$H = \frac{3}{2} g t^2 \Rightarrow \boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{3g}}}$

$\boxed{v_0 = 2gt = 2\sqrt{\frac{2}{3}gH}} \qquad \boxed{h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4 \cdot \frac{2}{3}gH}{2g} = \frac{4}{3}H}$

$m_0 = 32 \qquad T = 354K \qquad V = \frac{1}{3{,}5}V_0 \qquad p = 1{,}8p_0 \qquad p_{нас} = 0{,}5 \cdot 10^5 Па \qquad \mu = 18 \frac{г}{моль}$

$p_0 V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT \qquad \frac{m}{m_0} = \frac{pV}{p_0V_0} = \frac{1{,}8}{3{,}5} = \cancel{\ldots} = \frac{18}{35} = \frac{2 \cdot 3^2}{5 \cdot 7} \approx 0{,}514 = k$

$pV = \frac{m}{\mu} RT$

$\cancel{p_0 V_0 = V_{нас} p_{нас}} \qquad p \geq p_{нас} = 1{,}8p_0 \Rightarrow p_0 = 0{,}278 \cdot 10^5 = \boxed{27{,}8\ кПа}$

$p_{нас} V = \frac{m}{\mu} RT$

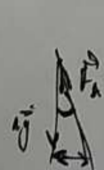
$p_{нас} V = \frac{m_0 k}{\mu} RT \Rightarrow V = \frac{m_0 k RT}{\mu p_{нас}} = \cancel{\ldots}$

$= \frac{3\cancel{2} \cdot 0{,}514 \cdot 8{,}31 \cdot 354}{18 \cdot 0{,}5 \cdot 10^5} \approx 0{,}00493\ м^3 = \boxed{4{,}93\ л}$

$[N_1 = mg - F_{A1} = 3\rho V g - \rho V g = \boxed{2\rho V g}$

$ctg\,\beta = tg\,\alpha = 2$

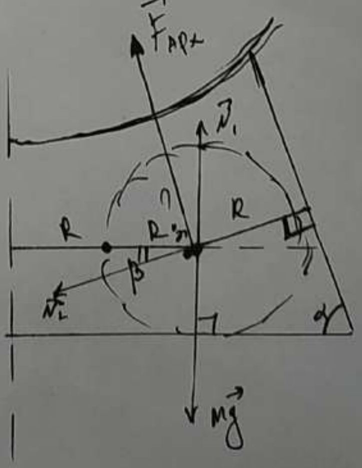
$\cancel{\Delta m \omega^2 r = \Delta mg}$

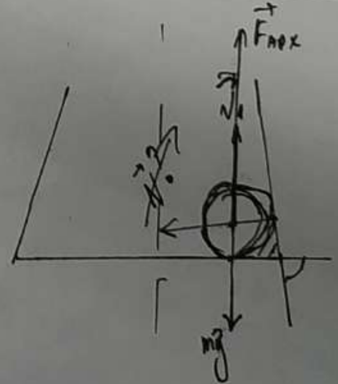


$ctg\,\gamma = \frac{\omega^2 r}{g}$

$m\omega^2 2R = F_A \cos\gamma + N_2' \cos\beta$

$F_A \sin\gamma + N_2 = mg + N_2' \sin\beta$





$ctg\,\beta = 2 \quad \cancel{\cos\beta} \quad \sin\beta = \frac{1}{\sqrt{2^2+1}} = \frac{1}{\sqrt5} \quad \cos\beta = \frac{2}{\sqrt5}$

$ctg\,\gamma = \frac{\omega^2 r}{g} \quad \sin\gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega^4 r^2}{g^2}+1}} \quad \cos\gamma = \frac{\frac{\omega^2 r}{g}}{\sqrt{\frac{\omega^4 r^2}{g^2}+1}}$

$\cancel{N_2' = 2m\omega^2 R - \rho g V \,\omega^2}$

$$N_2' = \frac{2m\omega^2 R - F_A \cos\gamma}{\cos\beta} \qquad r = 2R$$

$$N_2 = mg - F_A \sin\gamma + ctg\,\beta\,(2m\omega^2 R - F_A\cos\gamma)$$

$$= 3\rho V g - \frac{\rho g V}{\sqrt{\frac{\omega^4 r^2}{g^2}+1}} + \frac{1}{2}\left(2\cdot 3\rho V\omega^2 R - \frac{\rho g V \frac{\omega^2 r}{g}}{\sqrt{\frac{\omega^4 r^2}{g^2}+1}}\right)$$

$$= 3\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 g - \frac{\rho g \frac{4}{3}\pi R^3}{\sqrt{\frac{\omega^4\cdot 4R^2}{g^2}+1}} + 3\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3\omega^2 R - \frac{\rho g\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 \frac{\omega^2\cdot 2R}{g}}{2\sqrt{\frac{\omega^2\cdot 4R}{g^2}+1}}$$

$$= 4\pi\rho\left(R^3 g - \frac{1}{3}\frac{R^3 g}{\sqrt{\frac{\omega^2\cdot 4R^2}{g^2}+1}} + R^4\omega^2 - \frac{1}{3}\frac{R^4\omega^2}{\sqrt{\frac{\omega^2 4R+1}{g^2}}}\right)$$

$$= 4\pi\rho\,(R^3 g + R^4\omega^2)\left(1 - \frac{1}{3}\frac{g}{\sqrt{4\omega^4 R^2+g^2}}\right)$$

$$\boxed{= 4\pi\rho R^3 (g+\omega^2 R)\left(1 - \frac{1}{3}\frac{R^3 g^2}{\sqrt{4\omega^4 R^2+g^2}}\right)}$$

$$3\sqrt{4\omega^4 R^2+g^2} \geq g$$

$$36\omega^4 R^2 + 3g^2 \geq g^2$$

Часть 2

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

Шифр: **21206617**

ID профиля: **344768**

Вариант 1

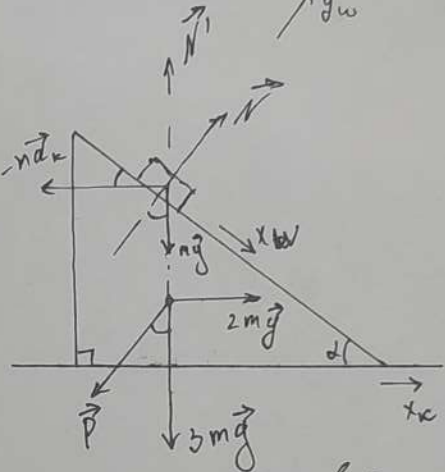
Задача 4. $\boxed{\sin\alpha = \frac{3}{5}}$

I. Если клин неподвижен, то шайба проезжает путь S с ускорением a_0 - проекция g на ось клина.

$S = \frac{H}{\sin\alpha}$ $a_0 = g\sin\alpha$; $S = \frac{a_0 t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

II. Перейдём в СО клина, добавим инерциальную силу $-m\vec{a}_к$, где $\vec{a}_к$ - ускорение клина в лаб. СО.

[силы на шайбу в СО клина; на клин в лаб СО]



$OX_к: 3ma_к = 2mg - P\sin\alpha$

$\Rightarrow P = \frac{10}{3}mg - 5ma_к$

$OY_ш: N = mg\cos\alpha + ma_к\sin\alpha$

$N = P \Rightarrow a_к = \frac{19}{42}g$

$OX_ш: ma_{ш-к} = mg\sin\alpha - ma_к\cos\alpha$, где $a_{ш-к}$ - уск. шайбы в СО клина.

$\Rightarrow a_{ш-к} = \frac{5}{21}g$

Шайбу в СО клина будет проходить также путь S.

$S = \frac{a_{ш-к}t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{14\frac{H}{g}}$

Ответ: 1) $t_1 = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

2) $a_к = \frac{19}{42}g$

3) $t_2 = \sqrt{14\frac{H}{g}}$

Задача 5.

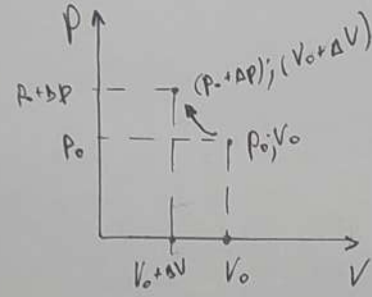
• Запишем уравнение Менделеева в начале и конце процесса.

$$p_0V_0 = \nu R T_0, \quad pV = \nu R T \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{pV}{p_0V_0} = \left(1+\frac{\Delta p}{p_0}\right)\left(1+\frac{\Delta V}{V_0}\right)$$

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{T-T_0}{T_0} = \frac{T}{T_0} - 1 = \frac{\Delta p}{p_0} + \frac{\Delta V}{V_0} + \underbrace{\cancel{\frac{\Delta p\Delta V}{p_0V_0}}}_{\sim 0} = 2\% - 1\% = 1\%$$

• $\Delta Q = \Delta U + A_г$ (1-е нач. ТД)

$$\frac{\Delta Q}{A_г} = \frac{\Delta U + A_г}{A_г} = 1 + \frac{\Delta U}{A_г}$$



• Рассмотрим работу газа и изм. в.н. энергии газа.

$A_г < 0$, т.к. $\Delta V < 0$ и $\Delta U > 0$, т.к. $\Delta T > 0$.

$A_г = \Delta V p_0 + S_{мал\ уч.}$; т.к. $\Delta p \ll p_0 \Rightarrow S_{мал\ уч} \to 0 \to A_г \approx \Delta V p_0$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\Delta(pV) = \frac{3}{2}(\Delta p V_0 + \Delta V p_0 + \underbrace{\cancel{\Delta V\Delta p}}_{\sim 0}) \simeq \frac{3}{2}(\Delta p V_0 + \Delta V p_0)$$

$$\therefore \frac{\Delta Q}{A_г} = 1 + \frac{3}{2}\frac{\Delta p V_0 + \Delta V p_0}{\Delta V p_0} = 1 + \frac{3}{2}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\frac{V_0}{\Delta V} + 1\right) = 1 + \frac{3}{2}(-2+1) = -\frac{1}{2}$$

Ответ: 1) увеличилась на 1%

2) $\frac{\Delta Q}{A_г} = -\frac{1}{2}$

$$3ma_к = 2mg - \frac{3}{5}p$$

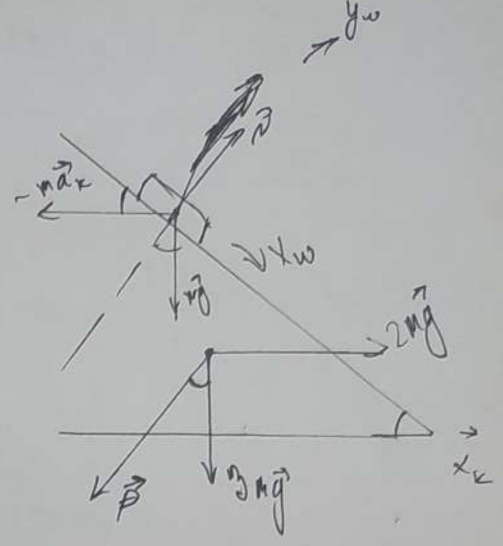
$$N = mg\cdot\frac{4}{5} + ma_к\cdot\frac{3}{5} = \frac{2mg - 3ma_к}{3}\cdot 5$$

$$\frac{4}{5}g + \frac{3}{5}a_к = \frac{10}{3}g - 5a_к$$

$$a_к\left(\frac{3}{5}+5\right) = g\left(\frac{10}{3} - \frac{4}{5}\right)$$

$$a_к \cdot \frac{28}{5} = g\,\frac{38}{15}$$

$$a_к = \frac{38}{28\cdot 3} = \frac{19}{14\cdot 3}g = \frac{19}{42}g$$



$$ma_{w-к} = mg\sin\alpha - ma_к\cos\alpha$$

$$a_{w-к} = \frac{3}{5}g - \frac{4}{5}\cdot\frac{19}{42}g = \frac{g}{5}\left(3 - \frac{19\cdot 2}{21}\right) = \frac{g}{5}\,\frac{63-38}{21} = \frac{5}{21}g$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2H}{\frac{5}{21}g\cdot\frac{3}{5}}} = \sqrt{14\frac{H}{g}}$$

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{T}{T_0} - 1$$

$$p = p_0 + \Delta p$$

$$V = V_0 + \Delta V$$

$$\left(1 + \frac{\Delta p}{p_0}\right)\left(1 + \frac{\Delta V}{V_0}\right)$$

$$= 1 + \frac{\Delta p}{p_0} + \frac{\Delta V}{V_0} + \frac{\Delta p \Delta V}{p_0 V_0} \to 0$$

$$= 0{,}02 + 0{,}001 = 0{,}01\,\%$$

$$\nu R\Delta T = \Delta(pV) - p_0V_0$$

$$= \cancel{p_0V_0} + \Delta p V_0 + \Delta V p_0 + \cancel{\Delta p_0 \Delta V} \sim 0 \; \cancel{+ p_0V_0}$$

$$= \Delta p V_0 + \Delta V p_0$$

$$\frac{\Delta p V_0 + \Delta V p_0}{\Delta V p_0} = \frac{\Delta p}{p_0}\,\frac{V_0}{\Delta V} + 1 =$$

$$= 0{,}02\cdot\left(-\frac{100}{1}\right)$$

$$= -2 + 1 = -1$$

$$\frac{\Delta Q}{A_г} = 1 + \frac{\Delta U}{A_2} = 1 + \frac{\frac{3}{2}\Delta(pV)}{p_0\Delta V} = 1 + \frac{3}{2}\,\frac{\Delta p V_0 + \Delta V p_0}{\Delta V p_0} = 1 + \frac{3}{2}\left(\frac{\Delta p}{p_0}\,\frac{V_0}{\Delta V} + 1\right)$$

$$= 1 + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{100}\cdot\frac{-100}{1} + 1\right)$$

$$= 1 - \frac{3}{2} = -\frac{1}{2}$$

лист 3.