Часть 1

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

Шифр: **21204383**

ID профиля: **281739**

Вариант 1

Черновик

№1

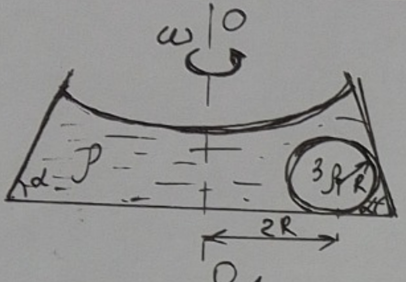
1) $v_0, g \Rightarrow t = \frac{v_0}{g}$ $H_{max} = v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$

$H_{max} = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} + \frac{g\tau^2}{2} = v_0\tau = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow \tau = \frac{v_0}{2g}$ ✓ $\tau = \sqrt{\frac{2H}{3g}}$ ✓

2) $H = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2}\cdot\frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{8gH}{3}$

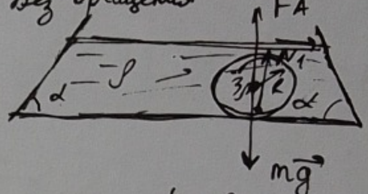
3) $S = 2H_{max} - H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{5v_0^2}{8g} = \frac{5}{8g}\cdot\frac{8gH}{3} = \frac{5}{3}H$ ✓ $v_0 = \frac{2\sqrt{2gH}}{\sqrt{3}} = 2\sqrt{\frac{2gH}{3}}$ ✓

№2



$tg\,\alpha = 2$

1) Без вращения



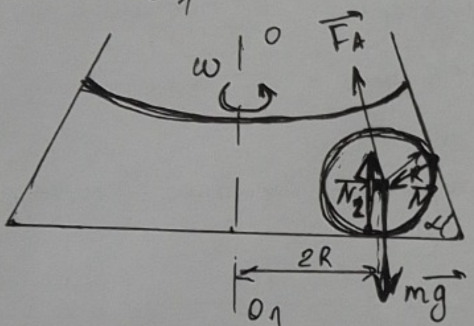
$mg = F_A + N_1$

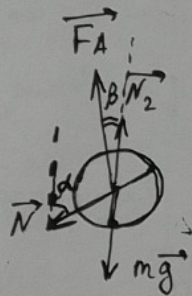
$m = 3\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$

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

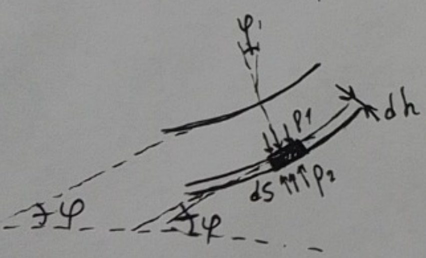
$N_1 = mg - F_A = 2\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3\cdot g = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 g$

2)

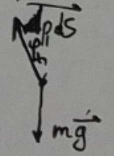




$$\begin{cases} mg + N\cos\alpha = N_2 + F_A\cdot\cos\beta \\ N\sin\alpha + F_A\cdot\sin\beta = m\cdot\omega^2\cdot 2R \end{cases}$$



$p_2 - p_1 = dp$



$$\begin{cases} dp\,dS\cdot\cos\varphi = dmg \\ dp\cdot dS\cdot\sin\varphi = dm\cdot\omega^2\cdot r \end{cases}$$

$tg\,\varphi = \frac{\omega^2\cdot r}{g} \Rightarrow \cos\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+tg^2\varphi}} = \sqrt{\frac{g^2}{g^2+\omega^4\cdot r^2}} = \frac{g}{\sqrt{g^2+\omega^4 r^2}}$

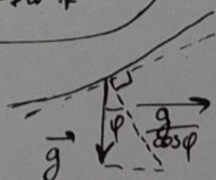
$\sin\varphi = \frac{\omega^2\cdot r}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}}$

$$\begin{cases} dp\,dS\cdot\frac{g}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}} = dm\cdot g \\ dp\cdot dS\cdot\frac{\omega^2 r}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}} = dm\cdot\omega^2 r \end{cases}$$

$dm = \rho\cdot dS\,dh$

$dp\cdot dS = \sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}\cdot\rho\cdot dS\cdot dh$

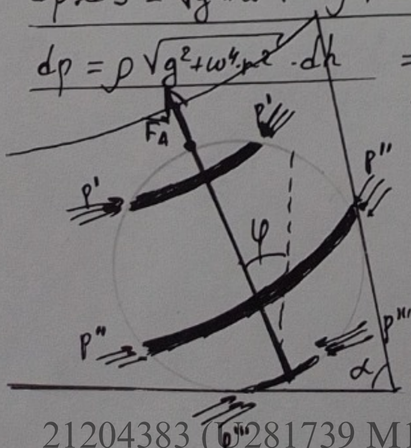
$dp = \rho\sqrt{g^2+\omega^4 r^2}\cdot dh = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot dh$



$p = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot h$

h – расстояние до поверхности воды

φ – угол, к-рый образует образует поверхность в данной точке с горизонталью



Тогда F_A направлена ⊥ водной поверхности (под углом φ к вертикали)

$dF = dp\cdot dS = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot dh\cdot dS = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot dV$

$F_A = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot V$

21204383 (Ф281739 М1280435)

Черновик

$$\begin{cases} mg + N\cdot\cos\alpha = N_2 + F_A\cdot\cos\varphi \\ N\cdot\sin\alpha + F_A\cdot\sin\varphi = m\cdot\omega^2\cdot 2R \end{cases}$$

$$tg\,\varphi = \frac{\omega^2\cdot 2R}{g}$$

$$\begin{cases} mg + N\cos\alpha = N_2 + \rho g V \\ N\sin\alpha + \rho g V\cdot tg\,\varphi = m\cdot\omega^2\cdot 2R \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2\rho g V + N\cos\alpha = N_2 \\ N\sin\alpha = m\omega^2\cdot 2R - \rho V\cdot\omega^2\cdot 2R = 2\rho V\cdot\omega^2\cdot 2R \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2\rho g V + 2\rho V\cdot\omega^2\cdot 2R\cdot ctg\,\alpha = N_2 \\ N = \frac{2\rho V\cdot\omega^2\cdot 2R}{\sin\alpha} \end{cases}$$

$$N_2 = 2\rho g V + \rho V\cdot\omega^2\cdot 2R = 2\rho V(g + \omega^2\cdot R) = \frac{8}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2\cdot R)$$

№3

Дано: $m = 3$ г

изотерм. сжатие при $T = 81°C$

V уменьш. в 3,5 раза, давление ↑ в 1,8 раза

$p_{нас\,T} = 0{,}5\cdot 10^5$ Па

$\mu = 18\ \frac{г}{моль}$ $\quad R = 8{,}31\ \frac{Дж}{моль\cdot K}$

$p_{нач} = ?$

$V_{кон} = ?$

Решение:

1) При $\nu = const$ (изотерм.): $pV = const$

$$p_{нач}\cdot V_{нач} \neq 1{,}8\cdot p_{нач}\cdot\frac{1}{3{,}5}V_{нач}$$

⇓

часть пара перешла в жидкое состояние

⇓

$$p_{кон} = 0{,}5\cdot 10^5\ Па$$

⇓

$$p_{нач} = \frac{p_{кон}}{1{,}8} = 2{,}8\cdot 10^4\ (Па)$$

V

2) $p_{нач}V_{нач} = \nu_{нач}RT$

$$V_{нач} = \frac{\nu_{нач}RT}{p_{нач}} = \frac{mRT}{\mu\cdot p_{нач}} \approx 0{,}018\ (м^3) \approx 18\ (л)$$

$$V_{кон} = \frac{V_{нач}}{3{,}5} = 0{,}50\cdot 10^{-3}\ (м^3) = 0{,}50\ (л)$$

V

Чистовик

№1

Дано: два мяча бросили вертикально вверх при определённых условиях

H, g

1) $\tau = ?$
2) $v_0 = ?$
3) $S_1 = ?$

Решение:

1) Найдём время t, за к-рое мяч достигает максимальной высоты: $t = \frac{v_0}{g}$

Тогда max высота:

$$H_{max} = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

2) Пусть время полёта второго мяча до столкновения — τ. Тогда $H = v_0 \tau - \frac{g\tau^2}{2}$ — путь, пройденный вторым мячом до столкновения

3) За это же время τ первый мяч прошёл:

$$L = \frac{g\tau^2}{2}$$

При этом: $H_{max} = H + L = \left(v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2}\right) + \frac{g\tau^2}{2}$

$$\Downarrow$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = v_0 \cdot \tau \Rightarrow \tau = \frac{v_0}{2g}$$

4) $H = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$

Тогда $v_0^2 = \frac{8gH}{3} \Rightarrow v_0 = 2\sqrt{\frac{2gH}{3}}$

$$\tau = \frac{v_0}{2g} = 2\sqrt{\frac{2gH}{3}} \cdot \frac{1}{2g} = \sqrt{\frac{2H}{3g}} = \tau$$

5) $S_1 = H_{max} + L = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{1}{2g} \cdot \frac{8gH}{3} + \frac{g}{2} \cdot \frac{2H}{3g} = \frac{4H}{3} + \frac{H}{3} = \frac{5}{3}H$

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

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

3) $S_1 = \frac{5}{3}H$.

Чистовик

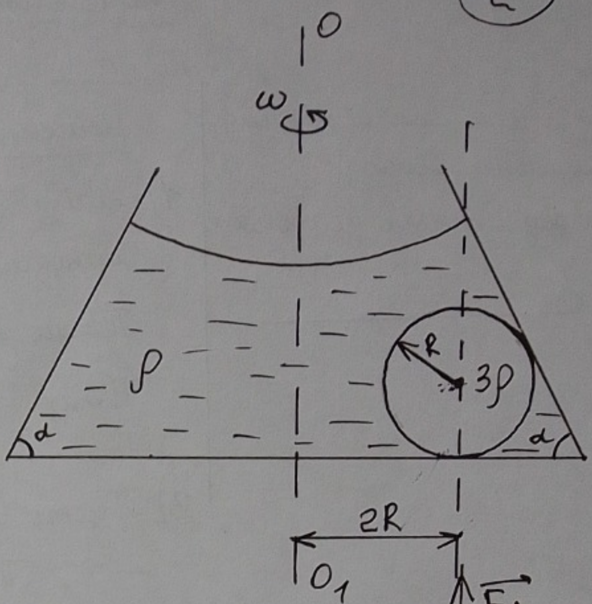
№2

Дано: определённый конический сосуд с саниительным содержимым вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω

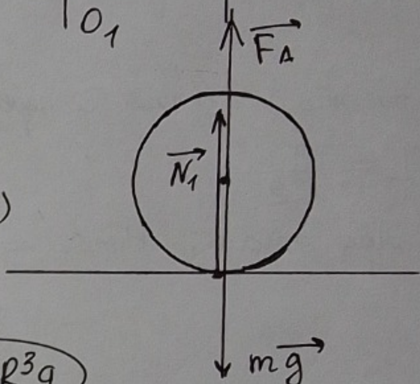
ρ, 3ρ, R, $2R$, α; $\operatorname{tg}\alpha = 2$

1) $N_1 = ?$ (без вращения)

2) $N_2 = ?$



Решение:



1) Решим задачу, если сосуд не вращается ($\omega = 0$):

Тогда на шар действуют три силы: $m\vec{g}$, $\vec{F_A}$ и $\vec{N_1}$. (все вертикальные)

Шар неподвижен $\Rightarrow m\vec{g} + \vec{F_A} + \vec{N_1} = \vec{0}$

В проекциях на вертик. ось: $-mg + F_A + N_1 = 0$

$$mg = \rho g V + N_1$$

$$N_1 = mg - \rho g V = g(3\rho V - \rho V) = 2\rho g \cdot V = 2\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 g$$

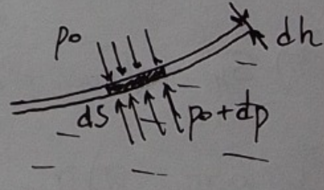
$$N_1 = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 \cdot g$$

2) Теперь решим задачу, когда сосуд вращается.

Для этого потребуется вывести некоторые формулы.

Рассмотрим поверхностный слой воды толщиной $dh \ll 1$.

Так как он граничит с атмосферой ($p_0 = const$), давление в разных участках этого слоя также постоянно (const).



Пусть снизу на кусочек этого слоя, отдалённого от оси вращения на r, площадью dS действует сила $(p_0 + dp)\cdot dS$.

Тогда по законам Ньютона и вращательного движения:

$$\begin{cases} dp\cdot dS\cdot\cos\varphi = dm\cdot g \\ dp\cdot dS\cdot\sin\varphi = dm\cdot\omega^2\cdot r \end{cases}$$

, где φ — угол между поверхностным слоем воды и горизонталью в данной точке

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\varphi = \dfrac{\omega^2\cdot r}{g} \\ dp = \dfrac{dm\cdot\omega^2\cdot r}{dS\cdot\sin\varphi} \end{cases} \Rightarrow \sin\varphi = \frac{\omega^2\cdot r}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}}$$

$$\cos\varphi = \frac{g}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}}$$

$$dm = \rho\cdot dV = \rho\cdot dS\cdot dh$$

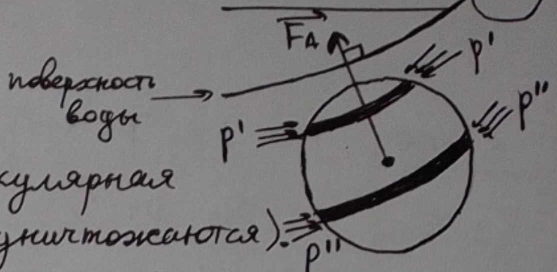
$$dp = \frac{\rho\cdot \cancel{dS}\cdot dh\cdot \cancel{\omega^2\cdot r}}{\cancel{dS}\cdot\dfrac{\cancel{\omega^2\cdot r}}{\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}}} = \rho\cdot\sqrt{g^2+\omega^4\cdot r^2}\cdot dh = \rho\cdot\frac{g}{\cos\varphi}\cdot dh$$

Применяя эту операцию для всех последующих слоёв получим:

$p = \rho\cdot\dfrac{g}{\cos\varphi}\cdot h + p_0$, где h — расстояние до поверхности воды

φ — угол между нужным кусочком поверх. слоя и горизонталью

То есть на одинаковом расстоянии от поверхности воды давление одинаково.



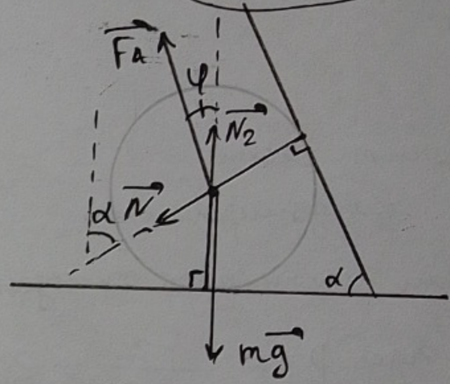
Тогда на шар действует сила Архимеда, перпендикулярная поверхности воды (все боковые составляющие взаимоуничтожаются).

Тогда $\vec{F_A}$ направлена под углом φ к вертикали.

Найдём F_A. Разобьём шар на длинные кусочки с формой параллелепипеда, параллельные направлению F_A.

Для одного кусочка: $dF_A = \Delta p \cdot \underbrace{dS}_{\text{площадь основания}} = \rho \cdot \frac{g}{\cos\varphi} \cdot \Delta h \cdot dS = \rho \cdot \frac{g}{\cos\varphi} \cdot dV$

Суммируем: $F_A = \rho \cdot \frac{g}{\cos\varphi} \cdot V$



Расставим силы, действующие на шар:

По законам Ньютона и вращат. движения:

$$\begin{cases} F_A \cdot \cos\varphi + N_2 - N \cdot \cos\alpha - mg = 0 \\ F_A \cdot \sin\varphi + N \cdot \sin\alpha = m \cdot \omega^2 \cdot 2R \end{cases}$$

$$\begin{cases} \rho g V + N_2 - N \cdot \cos\alpha - 3\rho g V = 0 \\ \rho g V \cdot \operatorname{tg}\varphi + N \cdot \sin\alpha = m \cdot \omega^2 \cdot 2R \end{cases}$$

$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega^2 \cdot 2R}{g}$ (выведено ранее)

$$\begin{cases} N_2 = 2\rho g V + N \cdot \cos\alpha \\ N \cdot \sin\alpha = m \cdot \omega^2 \cdot 2R - \rho V \cdot \omega^2 \cdot 2R = 2\rho V \cdot \omega^2 \cdot 2R \end{cases}$$

$\operatorname{tg}\alpha = 2$

$\Downarrow$

$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{1}{2}$

$$\begin{cases} N_2 = 2\rho g V + 4\rho V \omega^2 R \operatorname{ctg}\alpha \\ N = \frac{4\rho V \omega^2 R}{\sin\alpha} \end{cases}$$

$$N_2 = 2\rho g V + 2\rho V \cdot \omega^2 \cdot R = 2\rho V (g + \omega^2 \cdot R)$$

$$N_2 = 2\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot (g + \omega^2 \cdot R) = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 (g + \omega^2 \cdot R)$$

Ответ: 1) $N_1 = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 g$.

2) $N_2 = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 (g + \omega^2 \cdot R)$.

Чистовик

№3

Дано: $m = 3 г$, $T = 81°C$

$V_2 = \frac{V_1}{3,5}$; $p_2 = p_1 \cdot 1,8$

$p_{max} = 0,5 \cdot 10^5 Па$

$\mu = 18 \frac{г}{моль}$ $R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

1) $p_1 = ?$

2) $V_2 = ?$

Решение:

1) Узнаем, сконденсировалась ли часть пара.

Если нет, то $\nu = const$, изотерм: $T = const$ $\Rightarrow \nu RT = const$

$\Downarrow$

$pV = const$

(по ур-ию Менделеева–Клапейрона)

$pV = const$, если

$p_1 V_1 = p_2 V_2$

$p_1 \cdot V_1 = p_1 \cdot 1,8 \cdot \frac{V_1}{3,5}$

$p_1 \cdot V_1 = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1,8}{3,5}$ — неверно!

Значит, часть пара сконденсировалась.

2) Если часть пара сконденсировалась, то $p_2 = p_{max} = 0,5 \cdot 10^5 Па$

Тогда $p_1 = \frac{p_2}{1,8} = 2,78 \cdot 10^4 (Па)$

3) Найдём V_1 по уравнению Менделеева–Клапейрона:

$$V_1 = \frac{\nu_1 RT}{p_1} = \frac{mRT}{\mu \cdot p_1} = \frac{3г \cdot RT}{18\frac{г}{моль} \cdot p_1} = \frac{3г \cdot 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot (273+81)K}{18\frac{г}{моль} \cdot 2,78 \cdot 10^4 Па} = 0,0177 (м^3)$$

$$V_2 = \frac{V_1}{3,5} = \frac{0,0177}{3,5} = 5,04 \cdot 10^{-3} (м^3) = 5,04 (л)$$

Ответ: $p_1 = 2,78 \cdot 10^4 Па.$

$V_2 = 5,04 л.$

Часть 2

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

Шифр: **21204383**

ID профиля: **281739**

Вариант 1

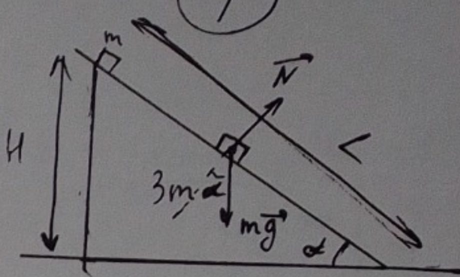
Черновик

№4

нет $F_{тр}$!

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$

$H, m, 3m$



1) Удерживаем клин => клин — ИСО

$$\begin{cases} N = mg\cdot\cos\alpha \\ ma = mg\sin\alpha \end{cases}$$

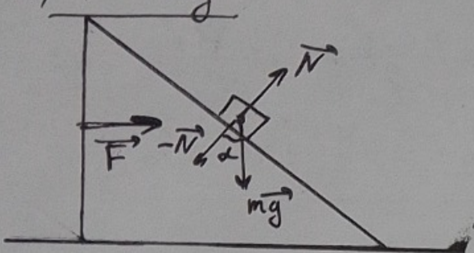
$$a = g\sin\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5}$$

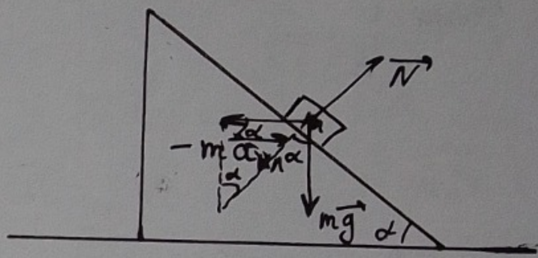
$$\frac{H}{L} = \sin\alpha \Rightarrow L = \frac{5}{3}H$$

$$L = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2\cdot\frac{5}{3}H}{g\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{\frac{10}{3}H}{g\cdot\frac{3}{5}}} = \sqrt{\frac{50H}{g\cdot 9}} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

2) $F = 2mg$



Перейдём в СО клина:



$$\begin{cases} N = mg\cos\alpha + ma_{кл}\sin\alpha \\ m\cdot a_{ш} = mg\sin\alpha - m\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

Также $3m\cdot a_{кл} = F - N\sin\alpha \Rightarrow N = \frac{F - 3m\cdot a_{кл}}{\sin\alpha}$

$$\begin{cases} F - 3m\cdot a_{кл} = mg\sin\alpha\cos\alpha + ma_{кл}\cdot\sin^2\alpha \\ m\cdot a_{ш} = mg\sin\alpha - m\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2mg - 3m\cdot a_{кл} = mg\sin\alpha\cos\alpha + ma_{кл}\cdot\sin^2\alpha \quad |:m \\ m\cdot a_{ш} = mg\sin\alpha - m\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha \quad |:m \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2g - 3a_{кл} = g\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha + a_{кл}\cdot\sin^2\alpha \\ a_{ш} = g\sin\alpha - a_{кл}\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{кл} = \frac{g(2 - \sin\alpha\cdot\cos\alpha)}{3 + \sin^2\alpha} \\ a_{ш} = g\sin\alpha - \frac{g(2 - \sin\alpha\cdot\cos\alpha)}{3 + \sin^2\alpha}\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{кл} = \frac{g\cdot 1{,}52}{3{,}36} = \frac{152}{336}g = \frac{19}{42}g \\ a_{ш} = g\cdot\frac{3}{5} - \frac{19}{42}g\cdot\frac{4}{5} = g\cdot\left(\frac{3}{5} - \frac{38}{105}\right) = \frac{5}{21}g \end{cases}$$

3) $L = \frac{a_{ш}\tau^2}{2}$ $\quad \tau = \sqrt{\frac{2L}{a_{ш}}} = \sqrt{\frac{2\cdot\frac{5}{3}H}{\frac{5}{21}g}} = \sqrt{\frac{14H}{g}}$

$2 - \frac{12}{25} = \frac{38}{25}$

$3 + \frac{9}{25} = \frac{84}{25}$

$\frac{38}{84} = \frac{19}{42}g$

$\frac{3}{5} - \frac{38}{105} = \frac{63 - 38}{105} = \frac{25}{105} = \frac{5}{21}$

$\cancel{\frac{12}{84}}\ 82$

Черновик

№5

Дано: 1-атом.

$p \uparrow$ на 2%

$V \downarrow$ на 1%

$\frac{\Delta p}{p} \ll 1; \frac{\Delta V}{V} \ll 1; \frac{\Delta T}{T} \ll 1$

1) $\frac{\Delta T}{T} = ?$

2) $\frac{Q}{A} = ?$

Решение:

1) $pV = \nu RT$

$(p+\Delta p)(V+\Delta V) = \nu R(\Delta T + T)$

$p\Delta V + \Delta p V + \underbrace{\Delta p \Delta V}_{\ll p\Delta V} = \nu R \Delta T$

$p\Delta V + \Delta p V = \nu R \Delta T \mid : \nu RT (= pV)$

$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$

$\frac{\Delta T}{T} = \frac{0{,}02 p}{p} - \frac{0{,}01 V}{V} = 0{,}01$

$\frac{\Delta T}{T} = 0{,}01 \Rightarrow T \uparrow$ на 1%

$0{,}02 - 0{,}01 - 0{,}02 \cdot 0{,}01 = \frac{\Delta T}{T}$

2) $A = p \cdot \Delta V = -0{,}01 pV$

$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + p\cdot\Delta V = \frac{3}{2}\nu R \cdot 0{,}01 T - 0{,}01 pV = 0{,}015 pV - 0{,}01 pV = 0{,}005 pV$

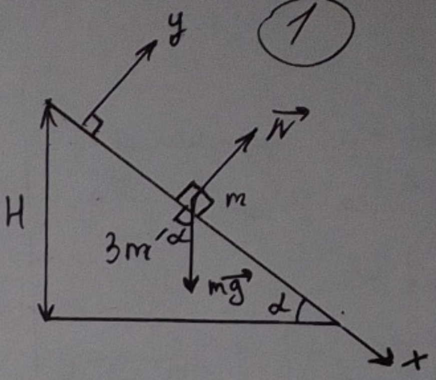
$\frac{Q}{A} = -\frac{1}{2}$

21204383 (U281739 M1280436)

Часть II

Чистовик

№4



Дано: $\cos\alpha = \frac{4}{5}$

$H, m, 3m$

1) $t = ?$

$F = 2mg$

2) $a_{кл} = ?$

3) $\tau = ?$

Решение:

1) Клин удерживают. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ система отсчёта, связанная с клином, инерциальная.

Тогда запишем в ней второй закон Ньютона:

$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$

В проекциях на ось x (см. рис.): $ma = mg\sin\alpha$

ось y (см. рис.): $0 = N - mg\cos\alpha$

$a = g\sin\alpha$

Пусть L – длина поверхности клина. $\Rightarrow \frac{H}{L} = \sin\alpha \Rightarrow L = \frac{H}{\sin\alpha}$

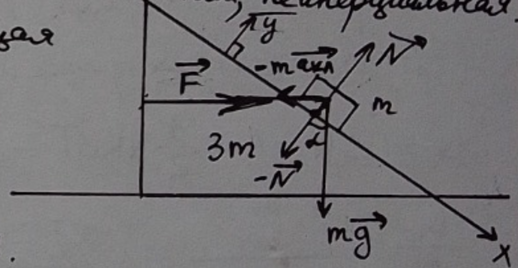
$\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow L = \frac{5}{3}H$

По законам равноускор. движения: $L = \frac{at^2}{2} = \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} = \frac{3gt^2}{10} = \frac{5H}{3} \Rightarrow$

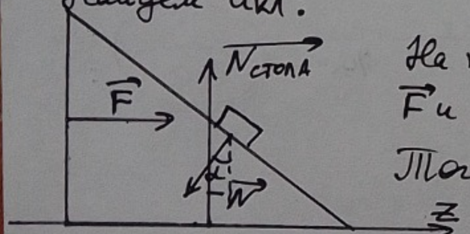
$\Rightarrow t^2 = \frac{50H}{9g} \Rightarrow t = \frac{5}{3}\cdot\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ✓

2) Клин начинает двигаться поступательно. $\Rightarrow$ СО, связанная с клином, неинерциальная.

Перейдём в НСО: добавляется новая сила, действующая на шайбу $(-m\cdot\vec{a}_{кл})$



Найдём $a_{кл}$:



На клин действуют ~~две~~ три силы:

$\vec{F}$ и ~~силы~~ реакции шайбы, стола.

Тогда запишем второй закон Ньютона:

$\vec{F} + \vec{N}_{стола} - \vec{N} = 3m\cdot\vec{a}_{кл}$

В проекциях на ось z (см. рис.): $3ma_{кл} = F - N\sin\alpha$ (I)

Вернёмся к шайбе. Запишем для неё в НСО:

$m\cdot\vec{a}_ш = m\vec{g} + \vec{N} - m\cdot\vec{a}_{кл}$

в проекциях на ось x: $m\cdot a_ш = mg\sin\alpha - ma_{кл}\cos\alpha$

ось y: $0 = -mg\cos\alpha + N - ma_{кл}\sin\alpha$

$\begin{cases} a_ш = g\sin\alpha - a_{кл}\cos\alpha & (II) \\ N = m(g\cos\alpha + a_{кл}\sin\alpha) \end{cases}$

Подставим N в ур-ие (I): $3\cancel{m}a_{кл} = 2\cancel{m}g - \cancel{m}(g\cos\alpha + a_{кл}\sin\alpha)\sin\alpha \mid :m$

$3a_{кл} = 2g - g\cos\alpha\sin\alpha - a_{кл}\cdot\sin^2\alpha$

$a_{кл} = \frac{2-\cos\alpha\cdot\sin\alpha}{3+\sin^2\alpha}g = \frac{19}{42}g \approx \boxed{0{,}452g}$ ✓

3) Тогда из ур-ия (II): $a_ш = g\sin\alpha - \frac{19}{42}g\cos\alpha = g\left(\frac{3}{5} - \frac{19}{42}\cdot\frac{4}{5}\right) = \frac{5}{21}g \approx \boxed{0{,}238g}$

Аналогично п. 1: $L = \frac{a_ш\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2L}{a_ш}} = \sqrt{\frac{2\cdot 5H\cdot 21}{3\cdot 5g}} = \sqrt{14\frac{H}{g}}$ ✓

Ответ: 1) $t = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; 2) $a_{кл} = \frac{19}{42}g \approx 0{,}452g$; 3) $\tau = \sqrt{14\cdot\frac{H}{g}}$.

Чистовик

№5

Дано: одноатомный ид. газ

$p \uparrow$ на 2%

$V \downarrow$ на 1%

$\frac{\Delta p}{p} \ll 1; \frac{\Delta V}{V} \ll 1; \frac{\Delta T}{T} \ll 1$

1) $\frac{\Delta T}{T} = ?$

2) $\frac{Q}{A} = ?$

Решение:

1) Уравнение Менделеева – Клапейрона:

$pV = \nu RT$

Тогда

$(p+\Delta p)(V+\Delta V) = \nu R(\Delta T + T)$

$pV + \Delta pV + p\Delta V + \Delta p \Delta V = \nu RT + \nu R\Delta T$

$\Rightarrow \Delta pV + p\Delta V + \Delta p\Delta V = \nu R\Delta T \quad | : \nu RT (= pV)$

$$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} + \underbrace{\frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{\Delta V}{V}}_{} = \frac{\Delta T}{T}$$

$\frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{\Delta V}{V} \ll \frac{\Delta p}{p} \Rightarrow$ пренебрегаем

$$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

$p \uparrow$ на 2% $\Rightarrow \frac{\Delta p}{p} = 0{,}02$

$V \downarrow$ на 1% $\Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = -0{,}01$

$\Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = 0{,}02 - 0{,}01 = 0{,}01 \Rightarrow T \uparrow$ на 1%

2) $A = p \cdot \Delta V = p \cdot (-0{,}01 V) = -\frac{pV}{100}$

($\frac{\Delta p}{p} \ll 1 \Rightarrow$ считаем процесс изобарным)

$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T - \frac{pV}{100} = \frac{3}{2}\nu R \cdot 0{,}01 T - \frac{pV}{100} = \frac{3pV}{200} - \frac{pV}{100} = \frac{pV}{200}$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{pV}{200}}{-\frac{pV}{100}} = \frac{1}{-2}$$

Ответ: 1) $\frac{\Delta T}{T} = 0{,}01$; T увеличилась на 1%

2) $Q : A = 1 : (-2)$

По модулю: $|Q| : |A| = 1 : 2$