Часть 1

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

Шифр: **21204863**

ID профиля: **813492**

Вариант 1

Чистовик. $\boxed{1}$

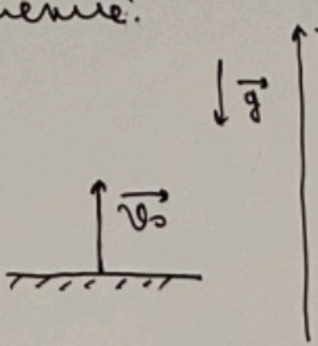
№1.

Дано:
H, g

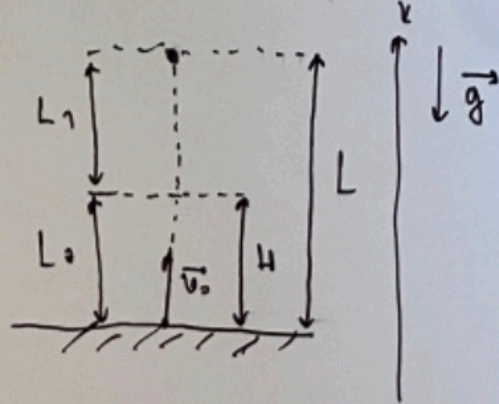
$t_в$ -?
v_0 -?
s_1 -?

Решение:

1)



2)



1) $s_x = \frac{v_{kx}^2 - v_{0x}^2}{2g_x}$, где s_x - макс. высота мяча

$$L = \frac{0 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

2) 1 тело:

$s_{1x} = L_{1x} = v_{0x} t_в + \frac{g_x t_в^2}{2}$, где L_1 - расстояние первого тела от макс. высоты до встречи

$$-L_1 = 0 \cdot t_в - \frac{g t_в^2}{2}$$

$$L_1 = \frac{g t_в^2}{2}$$

3) 2 тело:

$L_{2x} = v_{0x} t_в + \frac{g_x t_в^2}{2}$, где L_{2x} - расстояние второго тела от места броска до встречи

$$L_2 = v_0 t_в - \frac{g t_в^2}{2}$$

4) Т.к. $L_1 + L_2 = L \Rightarrow \frac{g t_в^2}{2} + v_0 t_в - \frac{g t_в^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$

$$v_0 t_в = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$2g t_в = v_0$$

$$t_в = \frac{v_0}{2g}$$

5) Т.к. $L_2 = H \Rightarrow H = v_0 t_в - \frac{g t_в^2}{2}$

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

Чистовик $\boxed{2}$

$\Rightarrow 3v_0^2 = 8gH$

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

$\Downarrow$

$t_2 = t_{в} = \frac{v_0}{2g} = \frac{2\sqrt{\frac{2}{3}gH}}{2g} = \sqrt{\frac{2}{3}\frac{H}{g}}$

$S_1 = L + L_1 = \frac{1}{2g}\cdot v_0^2 + \frac{g}{2}\cdot t_{в}^2 = \frac{1}{2g}\cdot\frac{8gH}{3} + \frac{g}{2}\cdot\frac{2H}{3g} =$

$= \frac{4H}{3} + \frac{H}{3} = \frac{5H}{3}$

Ответ: $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{3g}}$; $v_0 = 2\sqrt{\frac{2}{3}gH}$; $S_1 = \frac{5H}{3}$

N2. Чистовик $\boxed{3}$

Дано:

ω

ρ, 3ρ

R

2R

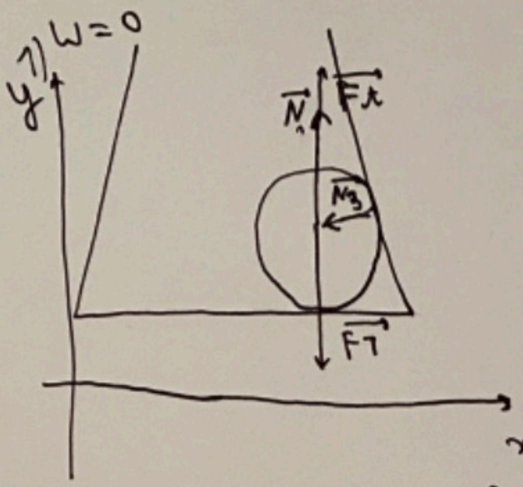
$tg\,\alpha = 2$

N_1 - ?

N_2 - ?

Решение:

1) $\omega = 0$



Т.к. $\omega = 0$, $F_А$ направлена строго вертикально вверх. Запишем II з-н Ньютона:

$$\vec{N_1} + \vec{F_А} + \vec{N_3} + \vec{F_Т} = 0$$

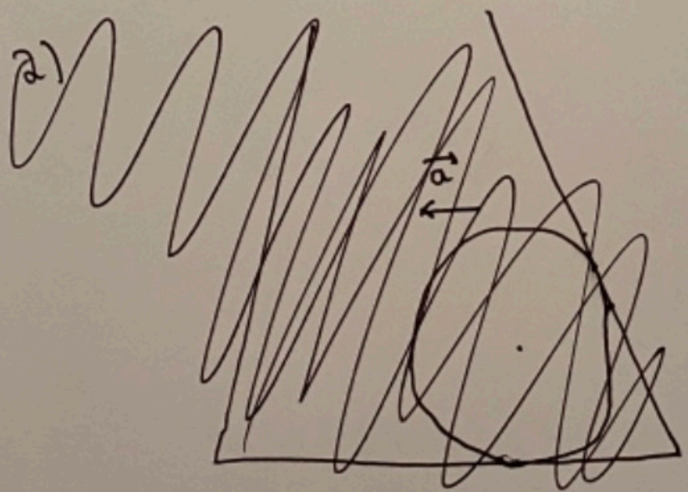
$$\begin{cases} ox: N_{3x} = 0 \Rightarrow N_3 = 0 \Rightarrow N_{3y} = 0 \\ oy: F_А + N_1 + N_{3y} - F_Т = 0 \end{cases}$$

$$F_А + N_1 = F_Т$$

$$\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g + N_1 = 3\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g$$

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

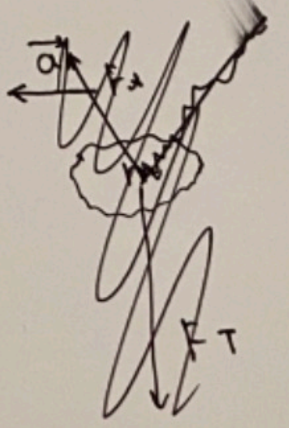
2)

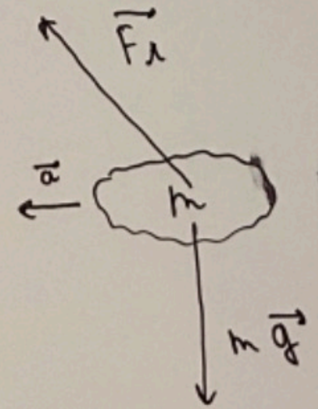


2) $\omega \neq 0$

Рассмотрим фрагмент жидкости какой-то массы m: $\boxed{4}$

Чистовик



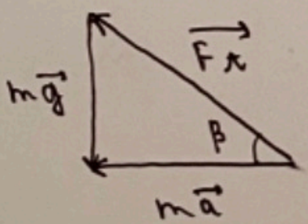


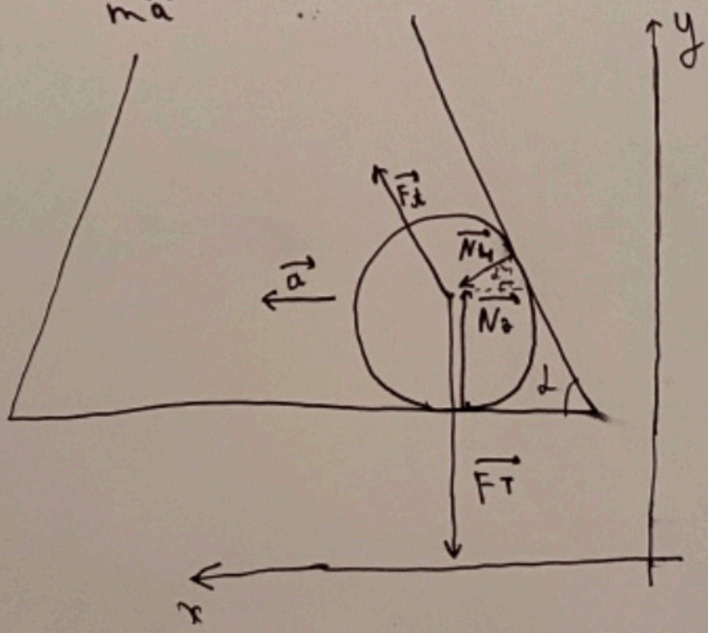
Сила $\vec{F_A}$ направлена в этом случае так, чтобы ~~же~~ этот фрагмент оставался неподвижным => сила F_A действует на всю жидкость в таком же направлении. Запишем II з-н Ньютона:

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

$\exists\ \beta$ - угол между F_A и ускорением =>

$$\Rightarrow tg\,\beta = \frac{mg}{ma} = \frac{g}{a}$$





II з-н Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F_A} + \vec{N_1} + \vec{N_2} + \vec{F_T} \Rightarrow \begin{cases} Ox: & ma = F_A\cos\beta + N_1\sin\alpha \\ Oy: & 0 = F_A\sin\beta - N_1\cos\alpha + N_2 - \cancel{F_T}^{\,F_T} \end{cases}$$

Чистовик

$\boxed{5}$

$$\begin{cases} ma = F_A \cos\beta + N_1 \sin\alpha \\ \cancel{N_2 = F_A \sin\beta - N_1\cos\alpha} \\ N_2 = F_T + N_1 \cos\alpha - F_A \sin\beta \end{cases}$$

Т.к. $a = \omega^2 \cdot 2R = 2\omega^2 R \Rightarrow tg\beta = \frac{g}{2\omega^2 R} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos^2\beta = \frac{1}{tg^2\beta + 1} = \frac{1}{\frac{g^2}{4\omega^4R^2}+1} = \frac{1}{\frac{g^2+4\omega^4R^2}{4\omega^4R^2}} = \frac{4\omega^4R^2}{g^2+4\omega^4R^2}$$

$$\cos\beta = \frac{2\omega^2 R}{\sqrt{g^2+\cancel{2\omega^2}4\omega^4R^2}}$$

$$\cancel{\sin^2\beta}\ \sin\beta = \frac{tg\beta}{\sqrt{1+tg^2\beta}} = \frac{\frac{g}{2\omega^2R}}{\sqrt{1+\frac{g^2}{4\omega^4R^2}}} = \frac{g}{2\omega^2R}\cdot\frac{2\omega^2R}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} =$$

$$= \frac{g}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}}$$

$\cancel{ma =}$

$$2m\omega^2R = \frac{\rho V g \cdot g}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} + N_1\sin\alpha$$

$$N_1 = \frac{2m\omega^2R\sqrt{4\omega^4R^2+g^2} - \rho V g^2}{\sin\alpha\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}}$$

$$N_2 = F_T + \frac{2m\omega^2R\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}-\rho V g^2}{\sin\alpha\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}}\cdot\cos\alpha - \frac{\rho V g\cdot g}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} =$$

$$= 3\rho V g + \frac{6\rho V\omega^2R\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}-\rho V g^2}{tg\alpha\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} - \frac{\rho V g^2}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} =$$

$$= \rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3\left(3g + \frac{6\omega^2R\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}-g^2}{2\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}} - \frac{g^2}{\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}}\right) =$$

$$= \rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3\left(3g + \frac{6\omega^2R\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}-3g^2}{2\sqrt{4\omega^4R^2+g^2}}\right) =$$

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

21204863 (U813492 M1279617)

Ответ: $N_1 = \frac{8}{3}\rho\pi R^3 g$; $N_2 = 4\rho\pi R^3\left(g + \omega^2 R - \frac{g^2}{2\sqrt{4\omega^4 R^2 + g^2}}\right)$ $\boxed{6}$

21204863 (U813492 M1279617)

№3. Чистовик $\boxed{7}$

Дано:

$m_1 = 3г$

$T = 81°C = 354 К$

$V_2 = \frac{V_1}{3,5}$

$p_2 = 1,8 p_1$

$p_{нас} = 0,5 \cdot 10^5 Па$

$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

$\mu_1 = 18 \frac{г}{моль}$

$p_1 - ?$

$V_2 - ?$

Решение:

По з-ну ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu_1 R T \\ p_2 V_2 = \nu_2 R T \end{cases}$$

Если $\nu_1 = \nu_2 \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$, но

$p_2 V_2 = 1,8 p_1 \cdot \frac{V_1}{3,5} = \frac{18 p_1 V_1}{35} \neq p_1 V_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu_1 \neq \nu_2 \Rightarrow$ часть пара ушла $\Rightarrow$

$\Rightarrow p_2$ достигло максимального

значения, т.е. $p_{нас} \Rightarrow p_2 = p_{нас} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{p_2}{1,8} = \frac{p_{нас}}{1,8} = \frac{0,5 \cdot 10^5 Па}{1,8} \approx 0,28 \cdot 10^5 Па \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 V_1 = \nu_1 R T$$

$$V_1 = \frac{\nu_1 R T}{p_1}$$

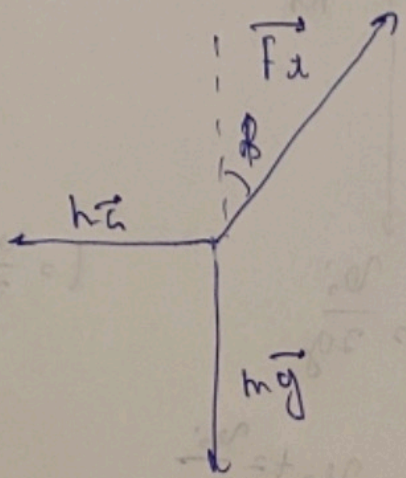
$$3,5 V_2 p_1 = \nu_1 R T$$

$$V_2 = \frac{m_1 R T}{3,5 \mu_1 p_1} = \frac{3г \cdot 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 354 К}{3,5 \cdot 18 \frac{г}{моль} \cdot 0,28 \cdot 10^5 Па} \approx \frac{5}{10^3} м^3 = 5 дм^3$$

Ответ: $p_1 = 0,28 \cdot 10^5 Па$; $V_2 = 5 дм^3$

21204863 (U813492 M1279617)

Черновик

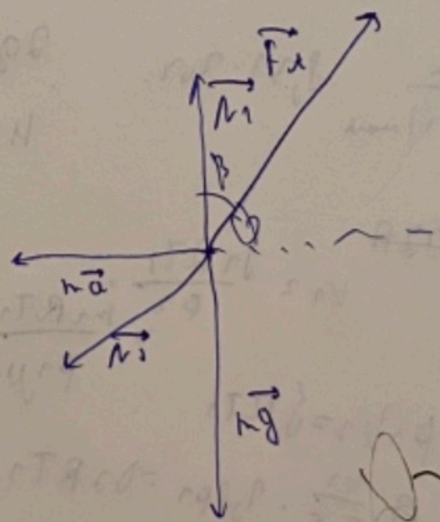


$tg\,\beta = \frac{g}{a}$

$tg^2\beta = \frac{\sin^2\beta}{\cos^2\beta}$

$tg^2\beta\cos^2\beta = 1-\cos^2\beta$

$\cos^2\beta = \frac{1}{tg^2\beta+1}$

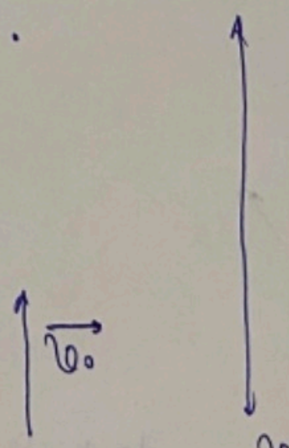


$\cancel{tg^2\beta 6}$

$tg^2\beta - tg^2\beta\sin^2\beta = \sin^2\beta$

$\sin^2\beta = \frac{tg^2\beta}{1+tg^2\beta}$

Черновик



$h_1 = \frac{v_0^2}{2g}$ $t = \frac{v_0}{2g}$

$p_1 V_1 = 450,15$

$v_0 t = \frac{v_0^2}{2g}$

$2gt = v_0$

$p_1 V_1 = \frac{32}{32 г/моль} \cdot 8,31 \cdot 304.$

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

$a = \cancel{\omega^2 R}$

$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} =$

$V_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{p_1} = \frac{m_1 R T_1}{p_1 \mu_1}$

$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} =$

$= \frac{3v_0^2}{8g}$

① $p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$

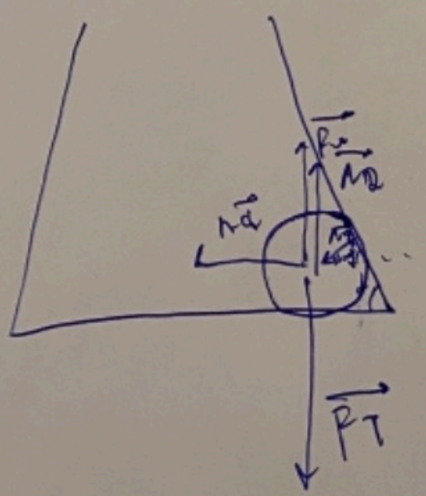
② $\frac{V_1}{3,5} \cdot 7,8 p_1 = \nu_2 R T_1$

$v_0 = \sqrt{\frac{8}{3} gH}$

$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{35}{78}$

$\nu_2 = \frac{78 \nu_1}{35}$ $\frac{m_2}{\mu_2} = \frac{78 m_1}{\mu_1 \cdot 35}$

$m_2 = \frac{78}{35} m_1$



$N_1 = mg - F_A$

$= (3\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \rho \frac{4}{3}\pi R^3) g$

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

$\frac{N_2}{\sin\alpha} = m\frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$

$N_2 = m\omega^2 R \sin\alpha$

$N_2 \cos\alpha = m\omega^2 R \sin\alpha \cos\alpha = \frac{m\omega^2 R}{2} \sin 2\alpha$

21204863 (U813492 M1279617)

Часть 2

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

Шифр: **21204863**

ID профиля: **813492**

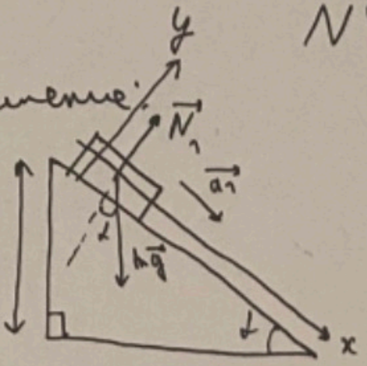
Вариант 1

Дано:
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
H
m
$3m$
$F = 2mg$

t_1-?
$a_к$-?
t_2-?

Решение:

1)

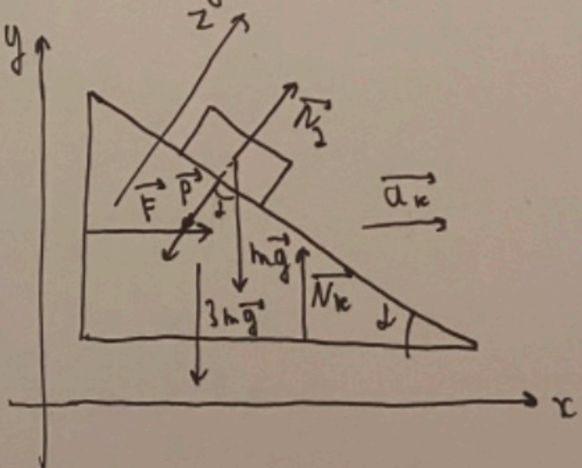


II з-н Ньютона:
$$m\vec{a_1} = m\vec{g} + \vec{N_1}$$
$$Ox:\ ma_1 = mg\sin\alpha$$
$$a_1 = g\sin\alpha$$

$S = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$, где S - длина клина

$$t_1^2 = \frac{2H}{a_1\sin\alpha} = \frac{2H}{g\sin^2\alpha} = \frac{2H}{g(1-\cos^2\alpha)} = \frac{2H}{g\left(1-\left(\frac{4}{5}\right)^2\right)} = \frac{2H}{g\cdot\frac{9}{25}} =$$
$$= \frac{50H}{9g}$$
$$t_1 = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

2)



II з-н Ньютона для клина:
$$\vec{F} + \vec{P} + \vec{N_к} + 3m\vec{g} = m\vec{a_к}$$
$$Ox:\ F - P\sin\alpha = ma_к$$

II з-н Ньютона для шайбы:
$$m\vec{g} + \vec{N_2} = m\vec{a_2}$$
$$Oz:\ -mg\cos\alpha + N_2 = 0$$
$$N_2 = mg\cos\alpha$$

Т.к. $N_2 = P$ по III з-ну Ньютона $\Rightarrow$

$$\Rightarrow F - mg\cos\alpha\sin\alpha = 3ma_к$$

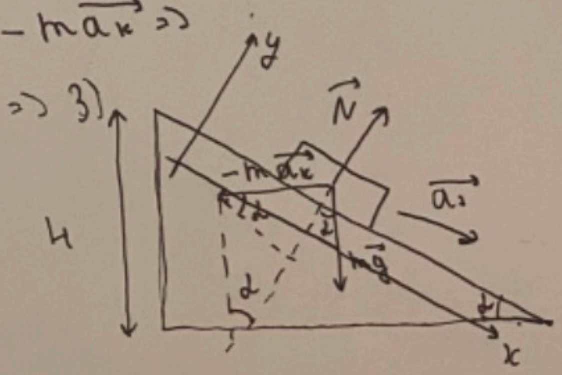
$$2mg - mg\sin\alpha\cos\alpha = 3ma_к$$ Чистовик

$$3a_к = g(2-\sin\alpha\cos\alpha) \quad \left(т.к.\ \sin\alpha\cos\alpha = \frac{\sin 2\alpha}{2} \le \frac{1}{2} \Rightarrow \Rightarrow a_к > 0\right)$$ $\boxed{2}$

$$3a_к = g\left(2-\sqrt{1-\cos^2\alpha}\cdot\cos\alpha\right) = g\left(2-\sqrt{1-\left(\frac{4}{5}\right)^2}\cdot\frac{4}{5}\right) =$$

$$= g\left(2-\frac{3}{5}\cdot\frac{4}{5}\right) = g\left(2-\frac{12}{25}\right) = g\cdot\frac{38}{25} = \frac{38g}{25} \Rightarrow a_к = \frac{38g}{75}$$

Перейдём в неинерциальную С.О. клина $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ на шайбу будет действовать сила инерции
$-m\vec{a_к} \Rightarrow$
$\Rightarrow$ 3)



II з-н Ньютона:

$$m\vec{a_2} = \vec{N} + m\vec{g} - m\vec{a_к}$$

на ox: $ma_2 = mg\sin\alpha - ma_к\cos\alpha$

$$a_2 = g\sin\alpha - a_к\cos\alpha = g\sqrt{1-\cos^2\alpha} - a_к\cos\alpha =$$

$$= g\sqrt{1-\left(\frac{4}{5}\right)^2} - \frac{38g}{75}\cdot\frac{4}{5} = \cancel{\frac{3g}{5} - \frac{152g}{125} = \frac{75g-152g}{125} = -\frac{77g}{125}}$$

$$= \frac{3}{5}g - \frac{152g}{375} = \frac{225g-152g}{375} = \frac{73g}{375}$$

$$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{a_2t_2^2}{2}$$

$$t_2^2 = \frac{2H}{a_2\sin\alpha} = \frac{2H}{\frac{73g}{375}\cdot\frac{3}{5}} = \frac{5^4\cdot 2H}{73g} \Rightarrow t_2 = 25\sqrt{\frac{2H}{73g}}$$

Ответ: $t_1 = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; $a_к = \frac{38g}{75}$; $t_2 = 25\sqrt{\frac{2H}{73g}}$ Чистовик

$\boxed{3}$

N5. Чистовик $\boxed{4}$

Дано:

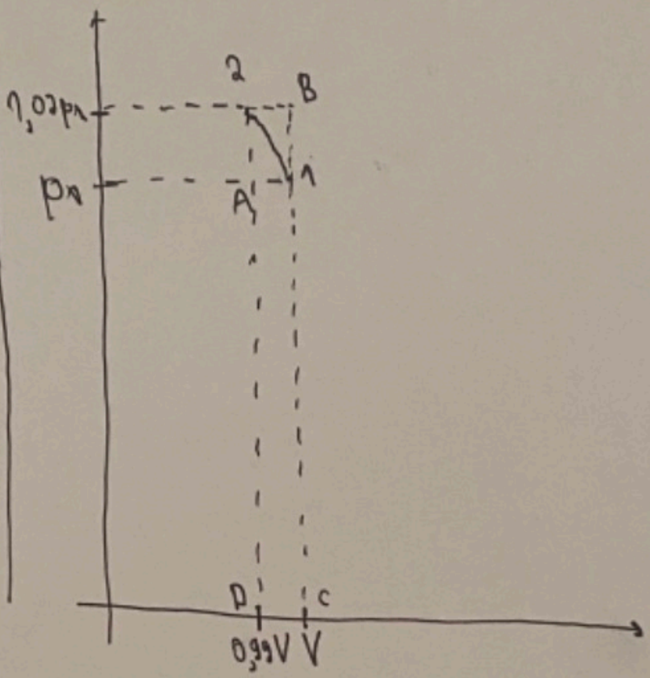
$p_2 = 1{,}02\, p_1$

$V_2 = 0{,}99\, V_1$

$\frac{T_2 - T_1}{T_1}$ — ?

$\frac{Q}{A}$ — ?

Решение:



Ур-я Менделеева-Клайперона для 1 и 2:

$$\begin{cases} pV = \nu R T_1 \\ 1{,}02p \cdot 0{,}99V = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$1{,}02 \cdot 0{,}99 \cdot \nu R T_1 = \nu R T_2$$

$$1{,}0098\, T_1 = T_2 \Rightarrow T_2 > T_1$$

$$\frac{T_2 - T_1}{T_1} = 1{,}0098 - 1 = 0{,}0098 = 0{,}98\%$$

Т.к. $Q = A + \Delta U \Rightarrow \frac{Q}{A} = \frac{A + \Delta U}{A} = 1 + \frac{\Delta U}{A}$

$$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}(1{,}02p \cdot 0{,}99V - pV) =$$

$$= \frac{3}{2}(1{,}0098\, pV - pV) = \frac{3}{2} \cdot 0{,}0098\, pV = 0{,}0147\, pV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{A} = 1 + \frac{0{,}0147\, pV}{A}$$

Т.к. относительные изменения давления и объёма намного меньше единицы $\Rightarrow p \in [p; 1{,}02p]$ и $V \in [0{,}99V; V] \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Представим работу, как площадь трапеции $_{ABCD} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ погрешность $\le \frac{1}{2} \cdot (1{,}02p - p) \cdot (V - 0{,}99V) = pV \cdot 10^{-4}$ — площадь $\triangle A21 \Rightarrow$

21204863 (U813492 M1279618)

$\Rightarrow A = (V - 0{,}99V) \cdot \frac{1}{2}(1{,}02p + p) = 0{,}01V \cdot 1{,}01p = \cancel{1{,}01\,pV}\ 1{,}01 \cdot 10^{-2}pV$

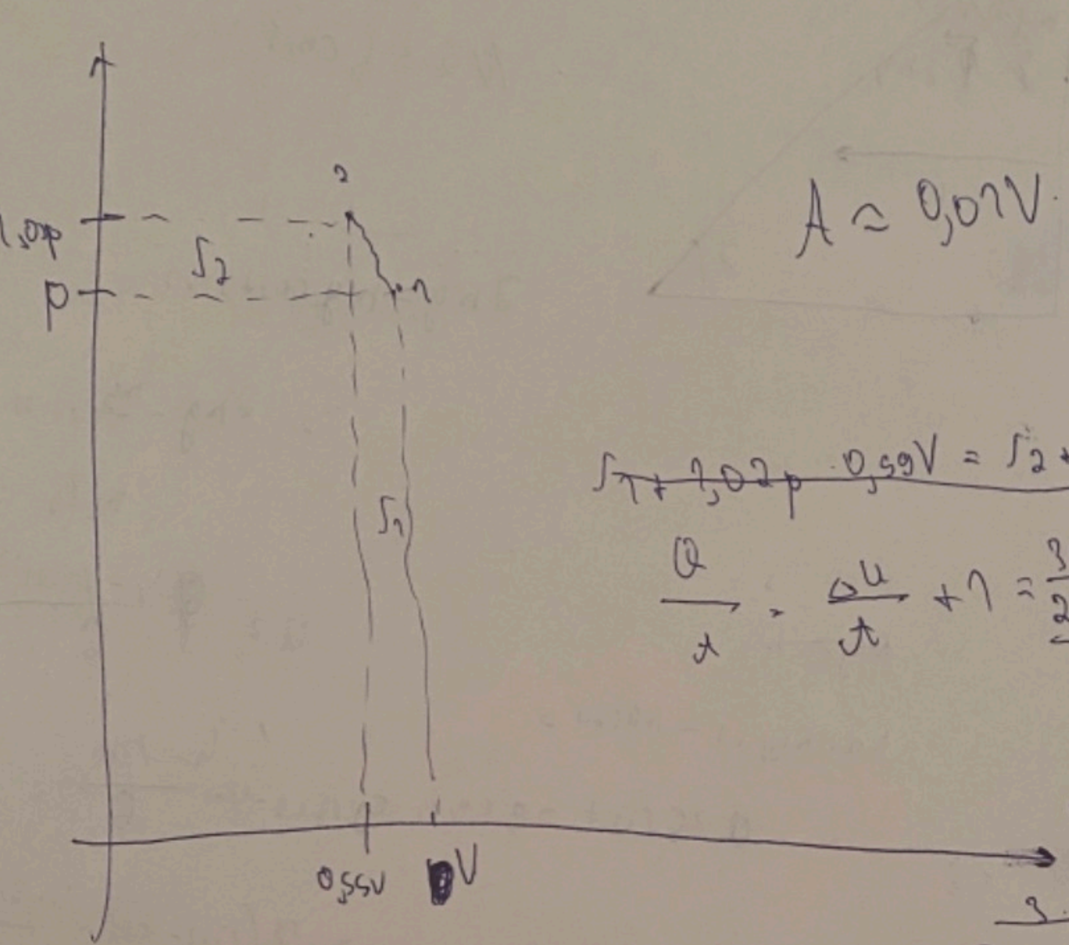
$1{,}01 \cdot 10^{-2}pV$ значительно больше $pV \cdot 10^{-4} \Rightarrow$ пренебрегаем $pV \cdot 10^{-4} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{Q}{A} = 1 + \frac{0{,}0147pV}{1{,}01 \cdot 10^{-2}pV} = 1 + \frac{147}{101} = \frac{248}{101} \approx \cancel{2{,}45}\ 2{,}5$ $\boxed{5}$

Чистовик

Ответ: $\frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0{,}98\%$; $\frac{Q}{A} \approx 2{,}5$

Черновик



$A \approx 0{,}01V \cdot \frac{1}{2} \cdot 1{,}01p_1$

$= 1{,}01p \cdot 0{,}01V \cdot \frac{1}{2}$

$1{,}01 \cdot 10^{-2} pV$

~~$S_1 + 1{,}02p \cdot 0{,}59V = S_2 + pV$~~

$\frac{Q}{t} = \frac{\Delta U}{t} + 1 = \frac{\frac{3}{2}(1{,}01p\,0{,}55V - pV)}{1{,}01 \cdot 10^{-2} pV} =$

$= \frac{3 \cdot 0{,}098}{2 \cdot 0{,}51} = \frac{3 \cdot 98 \cdot 10^{-3} pV}{2 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-2} pV} = \frac{3 \cdot 0{,}98}{2{,}02}$

$1{,}02p \cdot 0{,}59V = \nu R T_1$

$pV = \nu R T_1$

$(1{,}02p - p) \cdot 0{,}01V,$

$= 0{,}01p \cdot 0{,}01V,$

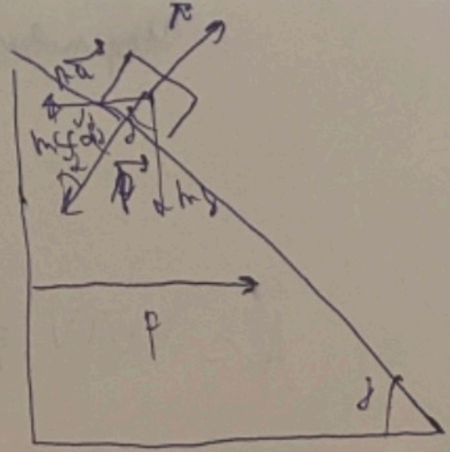
$= 1 \cdot 10^{-4} pV$

$\frac{T_2}{T_1} = 1{,}01 \cdot 0{,}59$

$\frac{T_2}{T_1} = 1{,}02\,0{,}55 = 1{,}0098$

$\frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0{,}0098 = 0{,}98\%$

Черновик



$N = mg\cos\alpha$

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

$= 2mg - \frac{mg}{2}\sin 2\alpha$

$= mg\left(2 - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)$

$a = g\,\frac{4 - \sin 2\alpha}{6}$

~~mg sin α~~

$ma = mg\sin\alpha - ma\cos\alpha =$

$a = g\sin\alpha - a\cos\alpha,\quad g\sin\alpha - g\cos\alpha\,\frac{4 - \sin 2\alpha}{6} =$

$= g\left(\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \frac{4 - 2\sin\alpha\cos\alpha}{6}\right)$

$= g\left(\sin\alpha - \cos\alpha\left(\frac{2 - \sin\alpha\cos\alpha}{3}\right)\right)$

$70 + 5.07$
$= 54.7$