

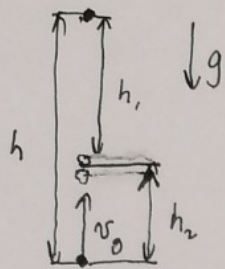
Часть 1

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

Шифр: **21204291**

ID профиля: **283390**

Вариант 2



1) К моменту броска второго мячика, первый успевает подняться на максимальную высоту. По ЗСЭ:
 $E_k = E_p$, E_k - кинет. эн. мяча в момент броска, E_p - потенциальная энергия мяча в момент броска второго мяча.
 $\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$
 за время равноуск. движ. изменение скорости мяча равно v_0
 При этом $gt_1 = v_0$, t_1 - время подъема первого мяча

на максимальную высоту. $\Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g}$

После броска 2-го мяча мячи прошли расстояния h_1 и h_2 (до столкн.):

$$\begin{cases} h_1 = \frac{gt_2^2}{2}, & t_2 - \text{время от момента броска 2-го мяча до столкновения} \\ h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \\ h_1 + h_2 = h. \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{gt_2^2}{2} + v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = h \Rightarrow v_0 t_2 = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{v_0}{2g} \Rightarrow \text{Суммарное время полёта 1-го мяча: } t_1 + t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g}$$

2) t_2 - время полёта 2-го мяча!

$$\frac{t_0}{t_2} = \frac{3v_0}{2g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 3$$

3) h_2 - искомая высота

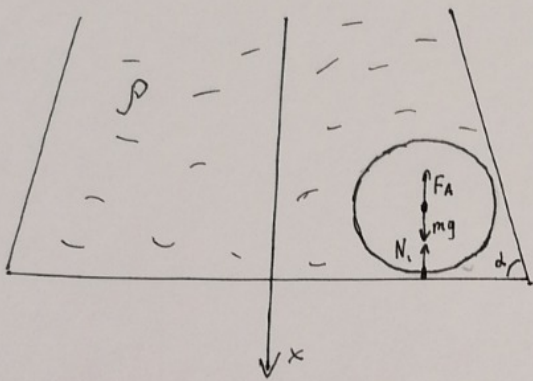
$$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

Ответ: $t_0 = \frac{3v_0}{2g}$; $\frac{t_0}{t_2} = 3$; $h_2 = \frac{3v_0^2}{8g}$

Чистовик.

(2)

1)



Если бы сосуд не вращался, то шар не взаимодействовал бы с боковой стенкой. Он находился бы в равновесии под действием 3-х сил:

$$m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_A = 0$$

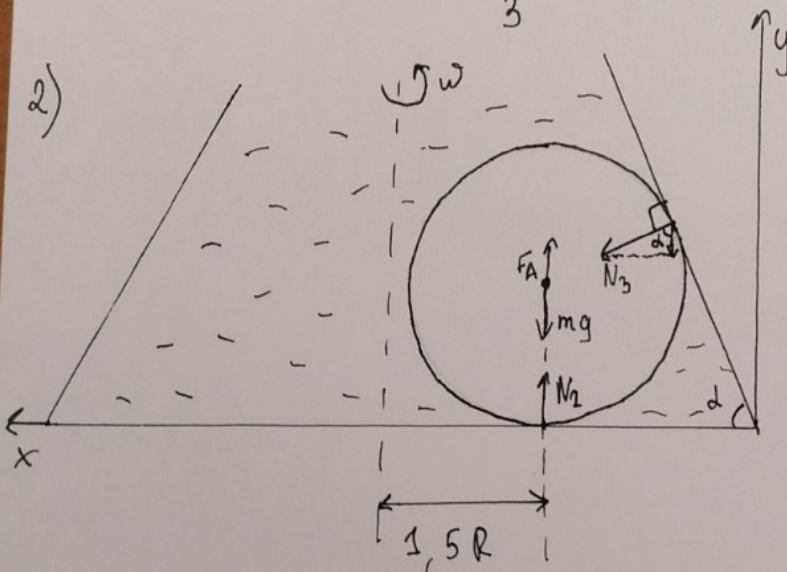
$$Ox: mg - N_1 - F_A = 0$$

$$mg = N_1 + F_A$$

$$6\rho Vg = N_1 + \rho Vg \Rightarrow N_1 = 5\rho Vg$$

$$N_1 = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 5\rho = \frac{20\rho\pi R^3}{3}$$

2)



Когда сосуд вращается, шар взаимодействует с боковой стенкой.

$$Ox: N_3 \sin \alpha = ma_y = m\omega^2 \cdot 1,5R$$

$$\Rightarrow N_3 = \frac{1,5 m \omega^2 R}{\sin \alpha}$$

$$Oy: F_A + N_2 = mg + N_3 \cos \alpha$$

$$N_2 = mg + N_3 \cos \alpha - F_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_2 = 6\rho Vg + \frac{1,5 m \omega^2 R \cos \alpha}{\sin \alpha} - \rho Vg = 5\rho Vg + \frac{1,5 m \omega^2 R}{\tan \alpha} = 5\rho Vg + \frac{1,5 m \omega^2 R}{1,5} =$$

$$= 5\rho Vg + 6\rho V\omega^2 R = \rho V(5g + 6\omega^2 R) = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho (5g + 6\omega^2 R)$$

Ответ: $N_1 = \frac{20\rho\pi R^3}{3}$; $N_2 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho (5g + 6\omega^2 R)$

Чистовик
№3.

3

1) Закон Менделеева-Клапейрона для начального состояния:

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T$$

для конечного: $p_2 V_2 = \nu_2 R T$

по усл.: $V_1 = 7 V_2$; $p_2 = 3,6 p_1$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3,6 p_1 V_2 = \nu_2 R T \\ 7 p_1 V_2 = \nu_1 R T \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{7}{3,6}$$

Т.о. в процессе сжатия часть пара конденсировалась. А это значит, что в какой-то момент давление пара достигло значения ^{при данной температуре} давления насыщенного пара и после этого не ~~менялось~~.

$$\Rightarrow p_2 = p_{\text{н}} \Rightarrow p_1 = \frac{p_{\text{н}}}{3,6} = \frac{0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{3,6} = 13,89 \text{ кПа}$$

2) $p_1 V_1 = \nu_1 R T = \frac{m_1 R T}{\mu}$

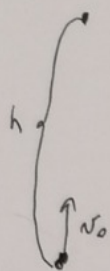
$$\Rightarrow m_1 = \frac{p_1 V_1 \mu}{R T} = \frac{7 V_2 p_1 \mu}{R T}$$

$$m_1 = \frac{7 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 13,89 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 354 \text{ К}} \approx 0,001 \text{ кг} = 1 \text{ г}$$

Ответ: $p_1 = 13,89 \text{ кПа}$; $m_1 = 1 \text{ г}$

Чертовик

№1



$$\frac{gt_1^2}{2} = h$$

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

$$gt_1 = v_0$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{gt_2^2}{2} = h_1$$

$$v_0 t_2 = h$$

$$v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = h_2$$

$$t_2 = \frac{h}{v_0} = \frac{v_0}{2g}$$

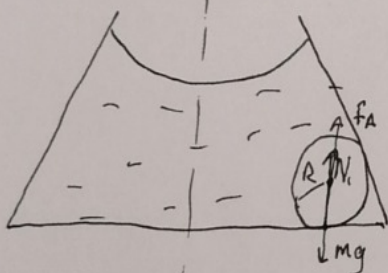
$$\frac{t_0}{t_2} = \frac{3v_0 \cdot 2g}{2g \cdot v_0} = 3$$

$$h_1 + h_2 = h$$

$$t_0 = t_1 + t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g}$$

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

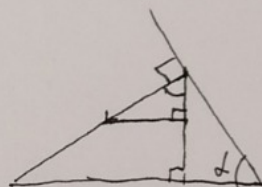
№2.



$$1) mg = N_1 + F_A$$

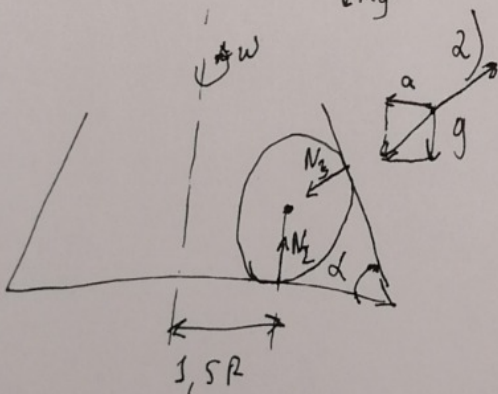
$$6\rho Vg = N_1 + \rho Vg$$

$$N_1 = 5\rho Vg = 5\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{20\rho g \pi R^3}{3}$$



$$N_3 \sin \alpha = m a_y$$

$$N_2 = N_3 \cos \alpha + mg - F_A$$



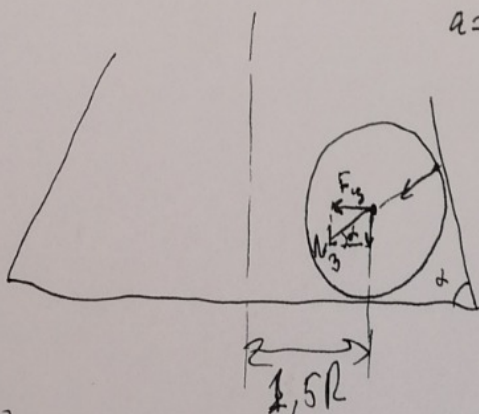
$$a = \omega^2 \cdot 1,5R$$

$$N_3 = \frac{m a_y}{\cos \alpha}$$

$$N_3 \cos \alpha = m a_y$$

$$N_3 \sin \alpha =$$

$$N_2 = N_3 \sin \alpha + mg - F_A$$



$$N_2 = m a_y \operatorname{tg} \alpha + mg - \rho V g = 6\rho V \cdot \omega^2 \cdot 1,5R \operatorname{tg} \alpha + 6\rho V g - \rho V g = 5\rho V g + 6\rho V \omega^2 \cdot 1,5R \operatorname{tg} \alpha$$

$$= \rho V (5g + 9\omega^2 R \operatorname{tg} \alpha) = \rho V (5g + 13,5\omega^2 R) = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho (5g + 13,5\omega^2 R)$$

Черновик.
№3

$$T = \text{const}$$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T = \frac{m_1 R T}{\mu}$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T$$

$$3,6 p_1 \cdot \frac{7}{4} V_1 = \nu_2 R T = \frac{m_2 R T}{\mu}$$

$$\frac{3,6 \cdot \frac{7}{4} \cdot m_1 R T}{\mu} = \frac{m_2 R T}{\mu}$$

$$p_1 = \frac{p_H}{3,6} = \frac{0,5}{3,6} \cdot 10^5 \text{ Па} = \frac{5}{36} \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 7 V_2 = 7 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

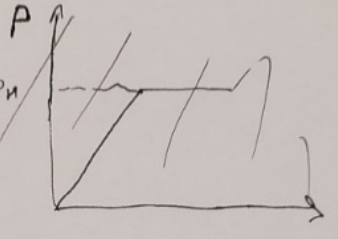
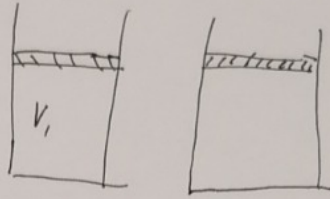
$$p_1 V_1 = \frac{m_1 R T}{\mu} \Rightarrow m_1 = \frac{p_1 V_1 \mu}{R T} = \frac{5 \cdot 7 \cdot 1,7 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,018}{36 \cdot 8,31 \cdot 354} \text{ кг} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1 \text{ г}$$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T$$

$$7 p_1 V_2 = \nu_1 R T$$

$$3,6 p_1 V_2 = \nu_2 R T$$



Часть 2

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

Шифр: **21204291**

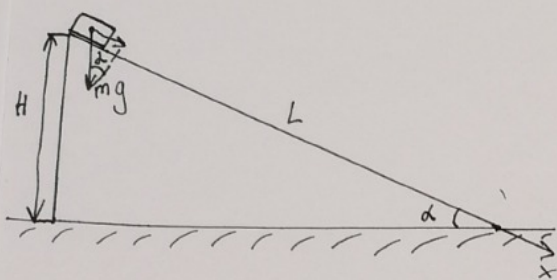
ID профиля: **283390**

Вариант 2

Чистовик.

N4.

(1)



$$1) L = \frac{H}{\sin \alpha}$$

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

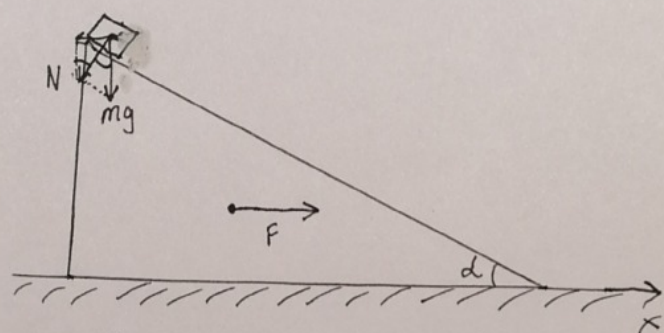
$$\Rightarrow L = \frac{5}{4} H$$

$$Ox: \frac{a\tau^2}{2} = L; \quad a = g \sin \alpha$$

$$\frac{g \sin \alpha \tau^2}{2} = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$\Rightarrow \tau^2 = \frac{2H}{g} \cdot \frac{1}{\sin^2 \alpha} \Rightarrow \tau = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{4} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1,25 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

2)



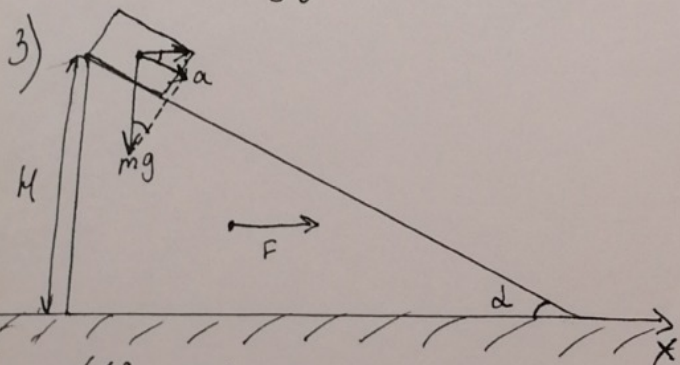
Брусок действует на клин с силой \vec{N} , $N = mg \cos \alpha$

Ускорение клина направлено вдоль оси Ox:

$$Ox: 2ma_k = F - N \sin \alpha = mg - mg \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= mg(1 - \sin \alpha \cos \alpha) = mg \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 4}{25}\right) = mg \cdot \frac{13}{25}$$

$$\Rightarrow a_k = g \cdot \frac{13}{50}$$



Проекция ускорения \vec{a} бруска на ось Ox равна $a \cos \alpha = g \sin \alpha \cos \alpha$

Ускорение бруска относительно клина вдоль оси Ox можно найти так:

$$Ox: a_{отн} = a \cos \alpha - a_k = g \sin \alpha \cos \alpha - g \cdot \frac{13}{50} =$$

$$= g \left(\frac{12}{25} - \frac{13}{50} \right) = g \cdot \frac{11}{50}$$

Когда брусок достигнет стола, то относительно клина он переместится

$$\text{на } \frac{H}{\tan \alpha} \text{ вдоль оси Ox. } \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{3} = \frac{4}{3}$$

Чистовик

№4 (продолжение)

(2)

Тогда имеем следующее ур-ние:

$$\frac{a_{отн} \tau_1^2}{2} = \frac{3}{4} H \Rightarrow \tau_1^2 = \frac{3H}{2a_{отн}}$$

$$\tau_1 = \sqrt{\frac{3H}{2a_{отн}}} = \sqrt{\frac{3H}{2} \cdot \frac{50}{g \cdot 11}} = 5 \sqrt{\frac{3H}{11g}}$$

$$\text{Ответ: } \tau = 1,25 \sqrt{\frac{2H}{g}}; \quad a_k = \frac{13}{50} g; \quad \tau_1 = 5 \sqrt{\frac{3H}{11g}}$$

Чистовик.

(3)

№5.

1) Пусть Δp - изменение давления газа; ΔV - изменение объёма, ΔT - изменение температуры.

По условию: $\frac{\Delta p}{p} = -0,01$; $\frac{\Delta V}{V} = 0,02$

Запишем закон Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний:

$$pV = \nu RT; \quad p - \text{нач. давление газа, } V - \text{нач. объём; } T - \text{нач. температура}$$

$$(p + \Delta p)(V + \Delta V) = \nu R(T + \Delta T) - \text{конечное состояние}$$

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

Т.к. Δp и ΔV - малы, $\Delta p\Delta V \rightarrow 0$

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

$$\frac{\Delta pV}{pV} + \frac{p\Delta V}{pV} = \frac{\nu R\Delta T}{pV} \Rightarrow \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\nu R\Delta T}{\nu RT} = \frac{\Delta T}{T}$$

Т.о. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = 0,02 - 0,01 = 0,01 = 1\%$

Температура газа увеличилась на 1%

2) $\frac{Q}{\Delta U} = \frac{A + \Delta U}{\Delta U} = \frac{A}{\Delta U} + 1$, A - работа газа в процессе, ΔU - изменение внут. энергии газа

По доказанному: $\Delta pV + p\Delta V = \nu R\Delta T$

Заметим, что $p\Delta V = A \Rightarrow \Delta pV + A = \nu R\Delta T \quad | : pV$

$$\frac{\Delta p}{p} + \frac{A}{pV} = \frac{\nu R\Delta T}{\nu RT} \Rightarrow \frac{A}{pV} = \frac{\Delta T}{T} - \frac{\Delta p}{p} = 0,01 - (-0,01) = 0,02$$

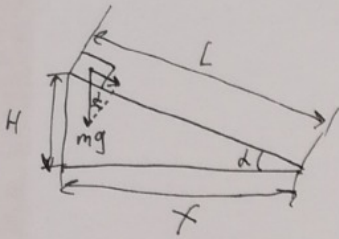
$$\Rightarrow A = 0,02 \cdot \nu RT \quad \left| \Rightarrow \frac{Q}{\Delta U} = \frac{A}{\Delta U} + 1 = \frac{0,02 \cdot \nu RT \cdot 2}{3 \cdot \nu R\Delta T} + 1 = \frac{0,02 \cdot 2}{3} \cdot \frac{T}{\Delta T} + 1 =$$

$$= \frac{0,04}{3} \cdot \frac{1}{0,01} + 1 = \frac{4}{3} + 1 = \frac{7}{3}$$

Ответ! температура увеличилась на 1%; $\frac{Q}{\Delta U} = \frac{7}{3}$

Чертовик.

№4.



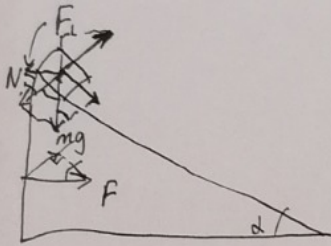
$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

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

$$x = L \cos \alpha = \frac{5}{4} \cdot \frac{3}{5} H = \frac{3}{4} H$$

$$L = g \sin \alpha t^2$$

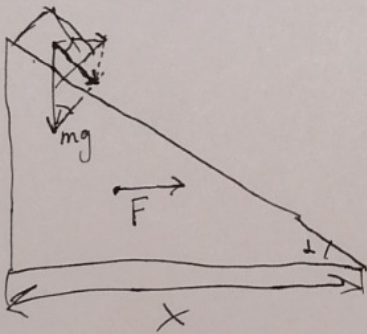
$$\frac{5}{4} H = \frac{4}{5} g \frac{t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{25 H}{16 g} \cdot 2 \Rightarrow t = \left(\frac{5}{4} \sqrt{\frac{2H}{g}} \right)$$



$$F_f = N \sin \alpha = mg \cos \alpha \sin \alpha \quad x = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} H \cdot 25}{12 \cdot 4} = \frac{85 \cdot 24}{16 \cdot 9}$$

$$F_p = F - F_f = \frac{1}{2} mg - mg \cos \alpha \sin \alpha = mg (1 - \cos \alpha \sin \alpha)$$

$$a = \frac{F_p}{2m} = \frac{mg}{2m} (1 - \cos \alpha \sin \alpha) = \frac{mg}{2m} \left(1 - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} \right) = \left(\frac{13mg}{50m} \right)$$



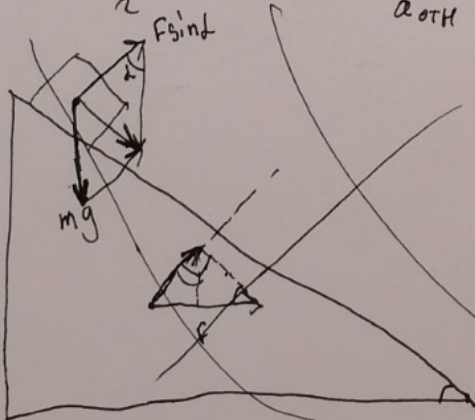
$$a_r = mg \sin \alpha \cos \alpha = mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{25} mg$$

$$a_{\text{отн}} = a_r - a = \left(\frac{12}{25} - \frac{13}{50} \right) mg = \frac{11}{50} mg$$

$$L = \frac{a_{\text{отн}} t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2L}{a_{\text{отн}}} = \frac{5H \cdot 2 \cdot 50}{4 \cdot 11mg} = \frac{5 \cdot 100 H}{4 \cdot 11 g}$$

$$t = \frac{10}{2} \sqrt{\frac{5H}{11g}} = 5 \sqrt{\frac{5H}{11g}}$$

$$x = \frac{a_{\text{отн}} t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2x}{a_{\text{отн}}} = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} H \cdot 50}{4 \cdot 11g} \Rightarrow t = 5 \sqrt{\frac{3H}{11g}}$$



$$F_p^2 = F \sin^2 \alpha + (mg)^2 - 2F \sin \alpha mg \cos \alpha =$$

$$= m^2 g^2 \sin^2 \alpha + (mg)^2 - 2m^2 g^2 \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= (mg)^2 (\sin^2 \alpha + 1 - 2 \sin \alpha \cos \alpha) = (mg)^2 \left(\frac{16}{25} + \frac{25}{25} - \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{25} \right)$$

$$= (mg)^2 \left(\frac{17}{25} \right) \quad F_p = mg \sqrt{\frac{17}{25}} > mg \sin \alpha$$

Черновик
№5.

$$\left| \frac{\Delta p}{p} \right| = 0,01 \quad \left| \frac{\Delta V}{V} \right| = 0,02$$

$$pV = \nu RT$$

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

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

$$p\Delta V - \Delta pV = \nu R\Delta T \quad | : pV$$

$$\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta p}{p} = \frac{\nu R\Delta T}{pV} = \frac{\nu R\Delta T}{\nu RT} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta p}{p} = 0,02 - 0,01 = 0,01 \quad - \text{температура } \uparrow \text{ на } 1\%$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = ? \quad \frac{Q}{\Delta U} = \frac{A + \Delta U}{\Delta U} = \frac{A}{\Delta U} + 1 = \frac{\nu RT \cdot 0,02 \cdot 2}{3\nu R\Delta T} + 1 = \frac{0,02 \cdot 2}{3 \cdot 0,01} + 1 = \frac{4}{3} + 1 = \frac{7}{3}$$

$$A - \Delta pV = \nu R\Delta T$$

$$A = \nu R\Delta T + \Delta pV \quad | : pV$$

$$\frac{A}{\nu RT} = \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta p}{p} = 2\% \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T$$