

# Часть 1

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

Шифр: **21205039**

ID профиля: **862297**

Вариант 2

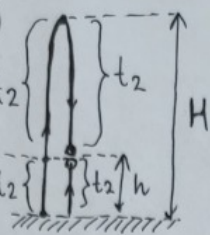
Задача 1)

Дано:  $v_0, g$

Найти:  $t_1$  - ?

$t_1/t_2$  - ?

$h$  - ?



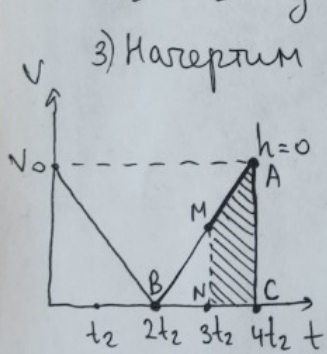
2) От верхней точки траектории до встречи первый шарик летел такое же время, как и второй от земли. Следовательно, время полета шарика

Первый шарик при взлете поднялся на высоту  $h$  (туда, где они встретились) за время  $t_2$  (т.к. он начал с той же скоростью, что и второй шарик), а потом на максимальную высоту еще за время  $t_2$  (т.к. при падении от  $H$  до  $h$  он опустился за

$$t_2) \Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = \frac{t_2 + t_2 + t_2}{t_2} = 3 \quad \left( \begin{array}{l} \text{где } t_1 - \text{время полета I-ого} \\ t_2 - \text{время полета II-ого} \end{array} \right)$$

1) Так как время подъема 2-ого мяча до высоты  $h$  равно времени подъема первого до высоты  $h$ , суммарное время полета мячей до столкновения равно удвоенному времени подъема I-ого мяча.  $4t_2 = 2t_{\text{п}} = 2 \cdot \frac{v_0}{g} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0}{g} \Rightarrow t_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}$$



$$\Rightarrow S_{MNCA} = \frac{3}{4} S_{ABC} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}$$

Ответ: 1)  $\frac{3v_0}{2g}$ ; 2) 3; 3)  $\frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}$

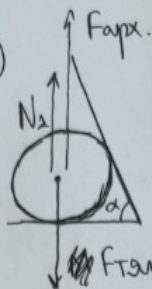
3) Настроим график  $v(t)$  (представим, что траектория первого мяча есть продолжение траектории второго, это можно сделать, т.к. их скорости при столкновении векторно равны). Заштрихованная область по площади  $= h$ .  $S_{ABC} = H = \frac{v_0^2}{2g}$ ;  $MN$  - ср. линия  $\triangle ABC \Rightarrow$

ЧИСТОВИК (1)

Задача 2)

Дано:  
 $\omega, \rho, \rho_m = 6\rho, R,$   
 $r = 1,5R$   
 $\alpha = \arctg \frac{3}{2}.$

I

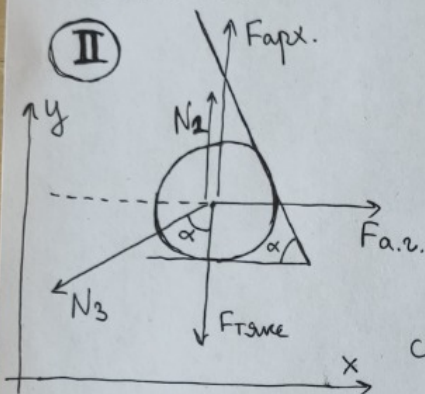


На шар действуют три силы - тяжести (вниз), реакции опоры и Архимеда (вверх). Боковая стенка сосуда не действует на шар, т.к. в противном случае он бы гнулся влево.

$$N_1 = F_{тяж} - F_{арх} = Mg - \rho g V \quad (M \text{ и } V - \text{масса и объем шара})$$

$$= \rho_m \cdot V \cdot g - \rho g V = \frac{4}{3} \pi R^3 g (\rho_m - \rho) = \frac{20}{3} \pi R^3 g \rho.$$

II



Если сосуд вращается, то шар за счёт центростремительной силы "вжимается" в стенку сосуда и та нажимает на него давить с силой  $N_3$ . В противовес ей возникает горизонтальная сила Архимеда ( $F_{а.р.}$ ), равная по

своему  $CO$  с сосудом. по  $Ox$   $a = a_{ц.с.} = \omega^2 r$ .

Запишем для  $Ox$  второй закон Ньютона:

$$N_3 \cdot \sin \alpha - F_{а.р.} = M \cdot a; \quad N_3 = \frac{6\rho V a + \rho V a}{\sin \alpha} = \frac{7 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{14 \pi R^4 \rho \omega^2}{\sin \alpha}$$

По  $Oy$  шар не гнется. Запишем условие равновесия

$$N_2 + F_{арх} = F_{тяж} + N_3 \cdot \cos \alpha; \quad N_2 = \underbrace{(F_{тяж} - F_{арх})}_{= N_1} + N_3 \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = \frac{20}{3} \pi R^3 g \rho + \frac{14 \pi R^4 \rho \omega^2}{\sin \alpha} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho (5g + 7\omega^2 R)$$

Ответ: 1)  $\frac{20}{3} \pi R^3 g \rho$

2)  $\frac{4}{3} \pi R^3 \rho (5g + 7\omega^2 R)$

Чистовик (2)

Задача 3)

Дано:

$$T = 81^\circ\text{C} = \text{const}$$

$$V_2 = 4,7 \text{ л}$$

$$V_1 = 7V_2$$

$$P_2 = 3,6 P_1$$

$$P_H = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$P_1 = ?, M_1 = ?$$

$$81^\circ\text{C} = 81 + 273 = 354 \text{ К}$$

Запишем ур-я Менделеева-Клапейрона для газа в начале и в конце сжатия:

$$\left. \begin{aligned} P_1 V_1 &= \nu_1 R T \Rightarrow P_1 = \frac{\nu_1 R T}{V_1} = \frac{\nu_1 R T}{7V_2} \\ P_2 V_2 &= \nu_2 R T \Rightarrow P_2 = \frac{\nu_2 R T}{V_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_2 R T}{V_2} = 3,6 \cdot \frac{\nu_1 R T}{7V_2} \quad (\text{по ус.})$$

$$7\nu_2 = 3,6\nu_1$$

Сначала при сжатии повышалось давление пара. Но если бы оно повышалось до конца, то  $P_1 V_1$  было бы  $= P_2 V_2$ , а это не так. Значит, в какой-то момент пар стал насыщенным (с давлением  $P_H$ ), а затем излишки просто конденсировались.  $\Rightarrow P_2 = P_H$ .

$$P_H = \frac{\nu_2 R T}{V_2} \Rightarrow \nu_2 = \frac{P_H V_2}{R T}; \quad \nu_1 = \frac{M_1}{\mu} = \frac{7}{3,6} \nu_2 = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{P_H V_2}{R T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_1 = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{\mu \cdot P_H \cdot V_2}{R \cdot T}; \quad M_1 = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{0,018 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 354} = \frac{10,71}{10,590} =$$

$$= 0,001 \text{ (кг)} = 1 \text{ (грамм)}.$$

$$P_1 = \frac{\nu_1 R T}{7V_2} = \frac{M_1 R T}{7\mu V_2}; \quad P_1 = \frac{0,001 \cdot 8,31 \cdot 354}{7 \cdot 0,018 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{2,94174}{0,2142 \cdot 10^{-3}} = 13,73 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

Ответ: 1)  $13,73 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$

2) 1 грамм.

Чистовик (3)

Dano: 354 K

$T = 81^\circ\text{C} = \text{const.}$

$$V_2 = 1,7 \text{ l}$$

$$V_1 = 7V_2$$

$$p_2 = 3,6 p_1$$

$$p_H = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$M = 18 \text{ g/mol}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$p_1 = ?$

$$p_2 V_2 = \nu R T$$

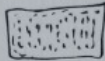
$$p_2 = \frac{\nu R T}{V_2}$$

$$p_1 = \frac{\nu_1 R T}{7 V_2} = 3,6 \cdot \frac{\nu_2 R T}{V_2}$$

$$\frac{\nu_1}{7} = \frac{\nu_2}{3,6}$$

$$3,6 \nu_1 = 7 \nu_2$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R T$$



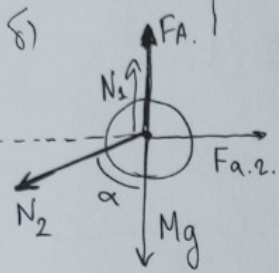
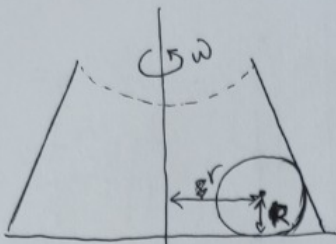
$$p_2 = p_H$$

$$p_H = \frac{\nu_2 R T}{V_2} \Rightarrow \nu_2 = \frac{p_H V_2}{R T}$$

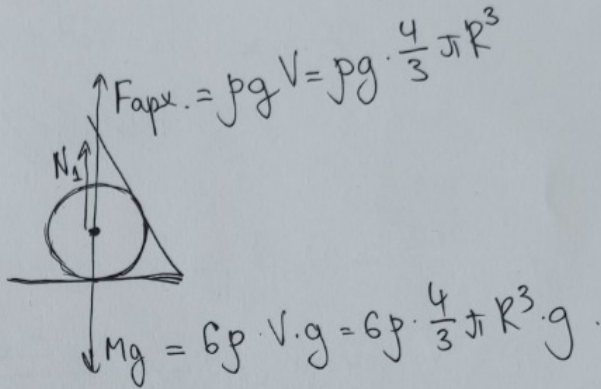
$$\nu_1 = \frac{7 p_H V_2}{3,6 \cdot R \cdot T} = \frac{M}{\mu} \Rightarrow M = \frac{7 p_H V_2 \cdot \mu}{3,6 \cdot R \cdot T}$$

УЕРПЛОБУК

Дано:  $\omega, p, 6p, R, \frac{r}{R} = 1,5, \alpha = \arctg \frac{3}{2}$ .



а)



$$N_1 = Mg - F_{a.p.x.} = 6\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g - \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g = 5\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g$$

$$N_2 \cdot \sin \alpha = F_{a.2.} = \rho \omega^2 r \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

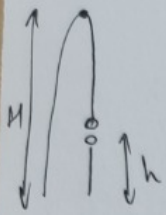
$$N_2 = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{\sin \alpha}$$

$$N_3 \cdot \sin \alpha - \rho a V = a M = 6\rho V a$$

$$N_3 \cdot \sin \alpha = 7\rho a V$$

$$N_3 \cdot \sin \alpha = 6\rho V a$$

ЧЕРТОВА

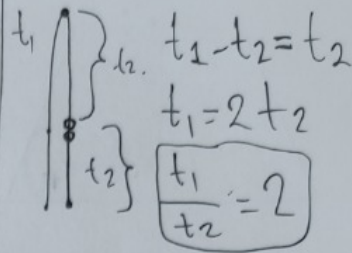


$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

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

$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

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



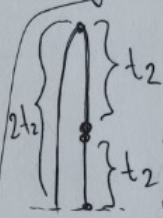
$$\frac{t_1}{t_2} = 2$$

$$t_{\text{avg}} = \frac{3}{2} t_1$$

$$\frac{g}{2} t_1^2 - v_0 t_1 + h = 0$$

$$D = v_0^2 - 2gh, \quad t_{1/2} = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$$

$$t_{1/1} = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$$

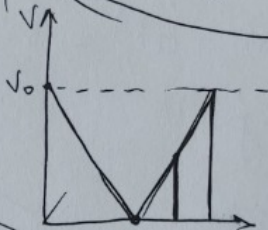


$$t_1 = 3t_2$$

$$h t_1 = \frac{4}{3} t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot 2v_0}{g}$$

$$\frac{t_{1/1}}{t_{1/2}} = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}$$

$$t_1 = \frac{2v_0}{g} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}$$



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

4E P H O B U K

# Часть 2

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

Шифр: **21205039**

ID профиля: **862297**

Вариант 2



Задача 5)

Дано:

$$i=3$$

$$p_2 = 0,99 p_1$$

$$V_2 = 1,02 V_1$$

Отн. изм-я параметров  $\ll 1$

$$T_2 = n T_1, n = ?$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = ?$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$0,99 p_1 \cdot 1,02 V_1 = \nu R T_2$$

у-р-я М.-К. газа  
I-ого и II-ого состояний

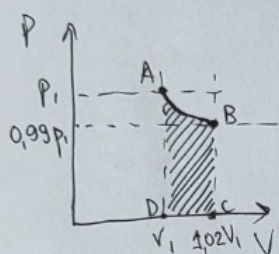
$$\frac{\nu R T_2}{\nu R T_1} = \frac{0,99 \cdot 1,02 \cdot p_1 V_1}{p_1 V_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1,0098 \approx 1,01$$

$\Rightarrow T$  увеличилась на 1%.

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \nu R T_1 (1,01 - 1)$$

Начертать график зависимости

$p(V)$ :



Все относительные изменения параметров малы  $\Rightarrow$  AB можно приближённо считать ~~кривой~~ отрезком, а ABCD - трапецией

$$A_{\text{газа}} = S_{ABCD} = V_1 (1,02 - 1) \cdot \frac{p_1 (1 + 0,99)}{2}$$

$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$  (по I-ому началу Термодинамики)

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{\Delta U + A_{\text{газа}}}{\Delta U} = \frac{1,5 \cdot 0,01 \nu R T_1 + 0,01 \cdot 1,99 p_1 V_1}{1,5 \cdot 0,01 \nu R T_1} \stackrel{\text{по М.-К.}}{=} \frac{1,5 + 1,99}{1,5}$$

$$= \frac{7}{3}$$

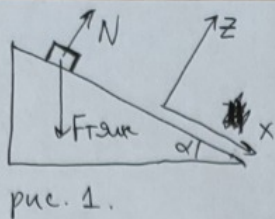
Ответ: 1)  $T$  увеличилась на 1%.

2)  $\frac{7}{3}$ .

Чистовик (1)

Задача 4) 1)

Дано:  
 $\cos \alpha = 3/5$   
 $H, m, M = 2m$   
 $F = mg$   
 $t_1 = ?$   
 $a_{\text{кл.}} = ?$   
 $t_2 = ?$



Если клин статичен, то брусок по оси z не ускоряется. На него действуют 2 силы — тяжести и р. опоры (см. рис.)

рис. 1.

~~Алгоритм решения~~

Заменим II закон Ньютона для  $Ox$ :

$$F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha = am \Rightarrow a = g \cdot \sin \alpha = g \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{4}{5} g$$

$$S = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{H}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{5}{4} H. \quad (\text{Длина пути движения шарика})$$

$$S = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} = 0 + \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

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

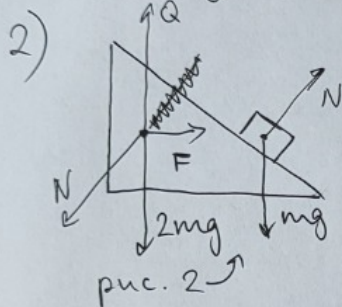


рис. 2

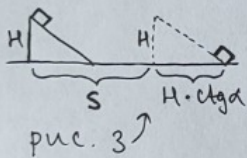


рис. 3

$a_{12}$  — горизонтальное ускорение груза (вправо)

$a_{1B}$  — вертикальное ускорение груза (вниз)

$a_2$  — ускорение клина (вправо)

$$a_{12} = \frac{N \cdot \sin \alpha}{m} \quad (1); \quad a_{1B} = \frac{mg - N \cdot \cos \alpha}{m} \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{F - N \cdot \sin \alpha}{2m} \quad (3)$$

Выразим N из (2):  $N = \frac{a_{12} m}{\sin \alpha}$ . Подставим это в (3):

$$a_2 = \frac{mg - a_{12} m}{2m} \Rightarrow a_2 = \frac{g - a_{12}}{2}$$

На рисунке 3  $S$  — расстояние, которое пройдет клин за то время, пока груз опустится.

Чистовик (2)

$$S = \frac{a_2 t_2^2}{2}; S + H \cdot \text{ctg} \alpha = \frac{a_{12} t_2^2}{2} \quad (\text{см. пус. 3})$$

$$\Rightarrow \frac{S}{S + H \cdot \text{ctg} \alpha} = \frac{a_2}{a_{12}} = \frac{g - a_{12}}{2a_{12}} \quad (4)$$

Также рассмотрим  $N$ , выразив ее из (1)

$$b(2): a_{12} = \frac{mg - m \cdot a_{12} \cdot \text{ctg} \alpha}{m} = g - a_{12} \cdot \text{ctg} \alpha.$$

~~$$S = \frac{a_2 t_2^2}{2}; H = \frac{a_{12} t_2^2}{2} \quad (\text{см. пус. 3})$$~~

$$\Rightarrow \frac{S}{H} = \frac{a_2}{g - a_{12} \cdot \text{ctg} \alpha} = \frac{g - a_{12}}{2(g - 0,75 a_{12})} \quad (5)$$

$$\text{из (4)} \Rightarrow \frac{S}{S + 0,75H} = \frac{g}{2a_{12}} - \frac{1}{2}; \frac{g}{2a_{12}} = \frac{S}{S + 0,75H} + \frac{1}{2};$$

$$i \frac{g}{2a_{12}} = \frac{2S + 0,75H}{2(S + 0,75H)} \Rightarrow a_{12} = \frac{g(S + 0,75H)}{2S + 0,75H} \quad \text{Подставим это в (5)}$$

$$\frac{S}{H} = \frac{g \left( 1 - \frac{S + 0,75H}{2S + 0,75H} \right)}{2g \left( 1 - \frac{0,75(S + 0,75H)}{(2S + 0,75H)} \right)} = \frac{S}{1,25S - 0,5625H} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 1,25S - 0,5625H \Rightarrow S = \frac{1,5625}{1,25} H = 1,25H.$$

$$\text{Тогда } a_{12} = \frac{g(1,25H + 0,75H)}{(2,5H + 0,75H)} = g \cdot \frac{2}{3,25} = \frac{8}{13} g$$

$$\text{Тогда } a_2 = \frac{g - \frac{8}{13}g}{2} = \frac{5}{26} g$$

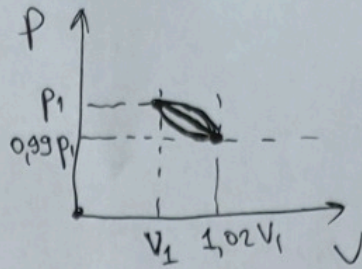
$$\text{Тогда } t_2 = \sqrt{\frac{2S}{a_2}} = \sqrt{\frac{5/4 H}{\frac{5}{26} g}} = \sqrt{\frac{26 \cdot 8 H}{4 \cdot 8 g}} = \sqrt{\frac{13H}{2g}}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{5}{4} \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad 2) \frac{5}{26} g \quad 3) \sqrt{\frac{13H}{2g}}$$

УЧУСТОВУК (3)

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$0,99 p_1 \cdot 1,02 V_1 = \nu R T_2$$



$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{0,99 \cdot 1,02}{1} = 1,0098 \approx 1,01 \Rightarrow T \text{ увеличилась на } 1\%$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 0,01 T_1$$

$$A = 0,02 V_1 \cdot \frac{p_1 + 0,99 p_1}{2} = 0,01 V_1 \cdot 1,99 p_1 = 0,01 \cdot 1,99 \nu R T_1$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = (1,5 \cdot 0,01 + 0,01 \cdot 1,99) \nu R T_1$$

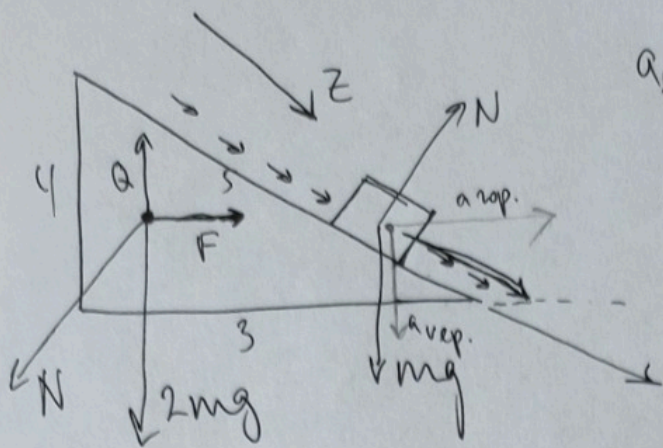
$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{1,5 \cdot 0,01 + 0,01 \cdot 1,99}{1,5 \cdot 0,01} = \frac{1,5 + 2}{1,5} = \frac{3,5}{1,5} = \frac{7}{3}$$

$$N = \frac{a_{12} m}{\sin \alpha} ; a_2 = \frac{F - a_{12} m}{2m} = \frac{g - a_{12}}{2}$$

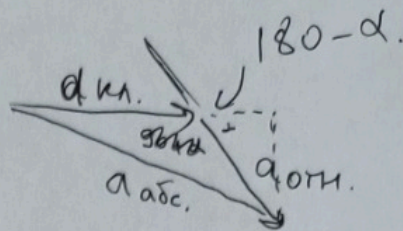
$$a_{12} = \frac{mg - m a_{12} \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{m} = g - a_{12} \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

УЕПНОВУК



$$a_{\downarrow} = \frac{mg - N \cdot \cos \alpha}{m}$$

$$a_{\rightarrow} = \frac{N \cdot \sin \alpha}{m}$$



$$a_z = \cancel{mg} \sin \alpha = a_{\text{отн.}}$$

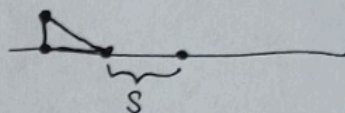
$$a_{\text{кл.}}^2 + a_{\text{отн.}}^2 + 2a_{\text{кл.}} \cdot a_{\text{отн.}} = a_{\text{абс.}}^2$$

$$a_{\text{отн.}} \cdot \cos \alpha$$

$$a_{\text{кл.}} \rightarrow = \frac{F - N \cdot \sin \alpha}{2m} = \frac{mg - N \cdot \sin \alpha}{2m}$$

$$N = \frac{a_{\text{п.}} \rightarrow m}{\sin \alpha}$$

$$a_{\text{кл.}} \rightarrow = \frac{g - a_{\text{п.}} \rightarrow}{2}$$



$$\frac{g - a_{\text{п.}} \rightarrow}{2 a_{\text{п.}} \rightarrow}$$

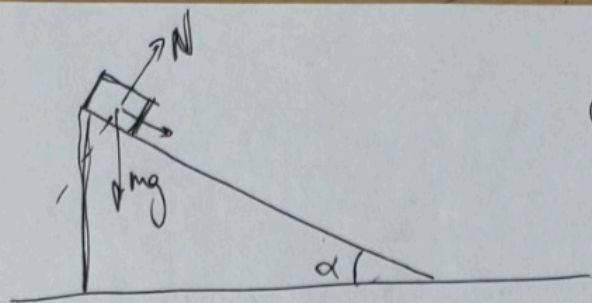
$$s = \frac{at^2}{2} \quad \frac{s_{\text{кл.}}}{s_{\text{п.}}} = \frac{a_{\text{кл.}}}{a_{\text{п.}}} = \frac{s}{s + H \cdot \text{ctg} \alpha}$$

$$\frac{g - a_{\text{п.}} \rightarrow}{2 a_{\text{п.}} \rightarrow} = \frac{s}{s + 0,75H}$$

$$Fs =$$

$$\frac{mg - a_{\text{п.}} \rightarrow m \cdot \text{ctg} \alpha}{m} = \frac{g - a_{\text{п.}} \rightarrow \text{ctg} \alpha}{g - a_{\text{п.}} \rightarrow} = \frac{H}{s}$$

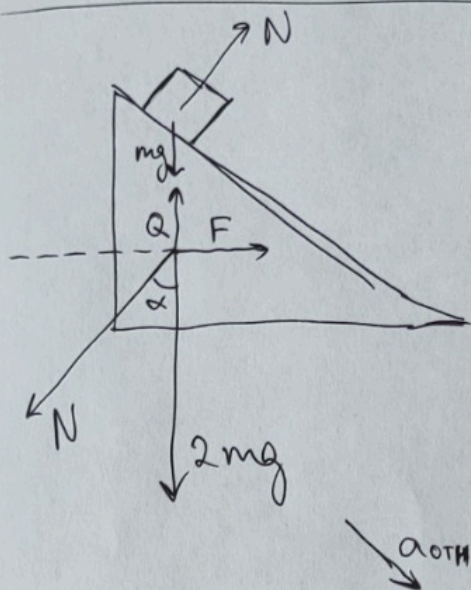
ЧЕРНОВИК



$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{4}{5} \text{ (no ocm. ....)}$$

$$S = \frac{H}{\sin \alpha} ; a = \frac{F}{m} = \frac{mg \cdot \sin \alpha}{m} = g \cdot \sin \alpha$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2H}{g \cdot \sin^2 \alpha}} = \frac{5}{4} \sqrt{\frac{2H}{g}}$$



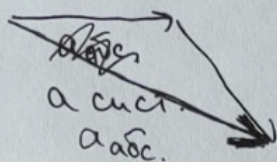
$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$a_k = \frac{F - N \cdot \sin \alpha}{2m}$$

$$a_k = \frac{mg - mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{2m} =$$

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

$$= g \cdot \frac{13}{25} = \frac{13}{50} g = 0,26g$$



$$a_{abc} = a_{OTH} + a_{cucr.}$$

$$E_0 = mgh$$

$$E_k = \frac{2mV_1^2}{2} +$$

ЧЕПХОДУК.