

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

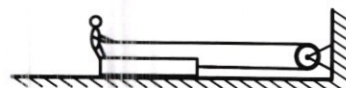
Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

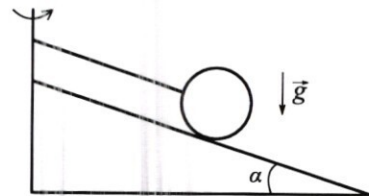
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



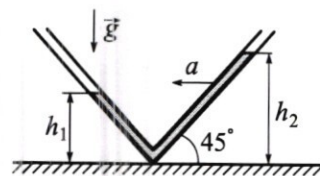
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.



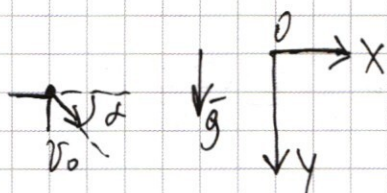
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
 - 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: $v_0 = 8 \text{ м/с}$; $\alpha = 60^\circ$; $2,5v_0$; $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) $v_y' = ?$

2) $\tau = ?$

3) $s_x = ?$

Решение.

1) П.к. камень всё время приближался к земле, то его бросили ^{вниз} под углом α к горизонту.

2) Введём декартову сист. координат. $Oy \uparrow \uparrow g$, $Ox \perp Oy$ показ. на рис.

3) П.к. нет силы сопр. воздуха, то проекц. скор. камня на Ox не изменяется $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$.

4) Пусть v_y' - вертикал. комп. скор. ~~в~~ в мом. пад. на землю, тогда по т. Пифаг.:

$$v_y'^2 + v_x^2 = (2,5v_0)^2$$

$$v_y'^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha = 6,25 v_0^2$$

$$v_y'^2 + v_0^2 \cdot 0,25 = 6,25 v_0^2$$

$$v_y'^2 = 6 v_0^2$$

$$\text{т.е. } v_y' = \sqrt{6} v_0.$$

5) Пусть τ - время полёта камня, тогда:

$$g\tau = v_y' - v_{y0}, \quad v_{y0} = v_0 \sin \alpha \text{ - нач. скор. камня по}$$

$$\tau = \frac{1}{g} (\sqrt{6} v_0 - v_0 \sin \alpha) \quad \text{вертик.}$$

✓1 (продолж.)

$$\tau = \frac{v_0}{g} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{v_0}{g} \cdot \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{v_0}{g} \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{2\sqrt{2}-1}{2} \right) = \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2} \frac{v_0}{g}$$

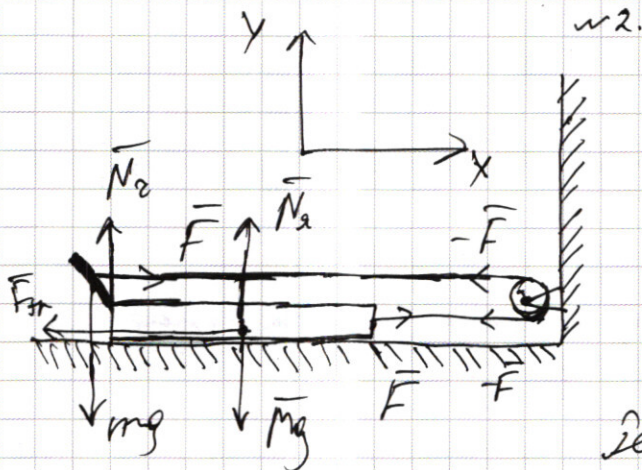
6) Пусть S_x - горизонтальное смещение камня за время полета, тогда: $S_x = v_x \cdot \tau$

$$S_x = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2} \frac{v_0}{g} = v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2} \frac{v_0}{g} = \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{4} \frac{v_0^2}{g}$$

Ответ: 1) $v_y' = \sqrt{6} v_0$

2) $\tau = \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2} \frac{v_0}{g}$

3) $S_x = \frac{(2\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{4} \frac{v_0^2}{g}$



Дано: m ; $M=5m$; S ; α ;

1) $N_2 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $v = ?$, $F > F_0$

Решение.

1) Пусть N_2 - сила реакции со ст. ст. на тел. в вертик. плоск.

2) Введя декартову сист. координат - попог. карик.

3) Так как тело не движется по ОУ, то $0 = N_2 - mg$

зн. $N_2 = mg$ - по III-ему закону Ньютона тел.

давит на ст. в вертик. плоск. с такой же по мод.

силой, т.к. ст. не движется по ОУ, то

$N_2 = Mg + N_2$ зн. $N_2 = 5mg + mg = 6mg$ - с такой силой ст. давит на тел.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

w^2 (градусы)

4) Пусть человек прикладывает минимальную силу к канату, тогда ящик и человек движутся с наст. ускор.:

$$O X: 0 = F_0 + F_0 - F_{тр}$$

По закону Ампера - Бюссона: $F_{тр} = \mu \cdot N_2 = 6 \text{ мН}$

$$\text{зк } 0 = 2F_0 = 6 \text{ мН}$$

$$F_0 = 3 \text{ мН}$$

5) Пусть человек тянет канат с силой $F > F_0$ и ускор. каната $\frac{v}{a}$, тогда: $O X: (m+M)a = F + F - F_{тр}$

$$(m+5m) \cdot a = 2F - F_{тр}$$

$$6ma = 2F - 6 \text{ мН}$$

$$a = \frac{1}{3} \left(\frac{F}{m} - 3 \mu g \right)$$

П.к. движение равноускоренное, то

$$S = \frac{v^2}{2a}, \text{ где } v - \text{конеч. скор. ящика и чел}$$

$$v = \sqrt{2aS} \quad \text{зк. } v = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{F}{m} - 3 \mu g \right) \cdot S}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{F}{m} - 3 \mu g \right) S}$$

Ответ: 1) $N_2 = 6 \text{ мН}$

2) $F_0 = 3 \text{ мН}$

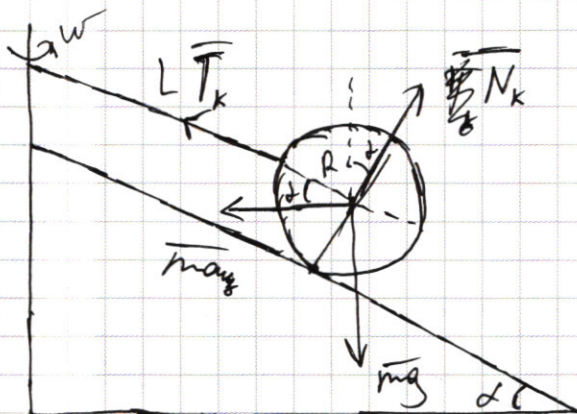
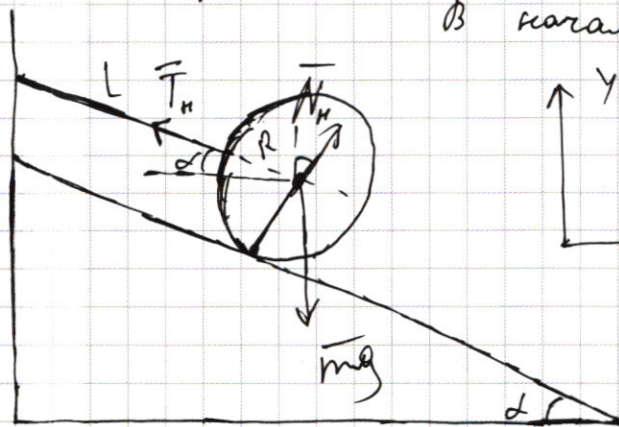
3) $v = \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{F}{m} - 3 \mu g \right) S}$, где $F > F_0$.

в 3.

Дано:
 $\alpha; m; R;$
 $L; g; w;$
 1) $T_H = ?$
 2) $T_K = ?$

Решение.

В начале (конце):



При вращ. с угл. скор. ω .

- 1) М.к. в обоих случаях все силы, кроме T_H - как сила кат. нити (в том направлении), T_K - (сила кат. нити при вращ. проходит через центр шара, то T_H и T_K тоже проходят через центр шара - нить не вращ.).
- 2) Пусть N_H и N_K - сила норм. реакц. опоры в начале (конце) и конце (при вращ.).
- 3) Введем ~~две~~ Декартовы сист. координ. в обоих случ. как показ. на рис.
- 4) Выведем T_H :

$$OX: 0 = N_H \sin \alpha - T_H \cos \alpha$$

$$OY: 0 = N_H \cos \alpha + T_H \sin \alpha - mg$$

$$\begin{cases} N_H \sin \alpha = T_H \cos \alpha & | : \sin \alpha \neq 0 \\ N_H \cos \alpha + T_H \sin \alpha = mg \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 3 (предмет).

$$\begin{cases} N_k = T_k \operatorname{ctg} \alpha \\ N_k \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg \\ T_k \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg \\ T_k \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right) = mg \\ T_k = mg \sin \alpha \end{cases}$$

в случае если $\sin \alpha = 0$ $T_k = 0$ - верно.

5) Рассмотрим T_k :

$$OX: -m a_{\text{ц}} = -T_k \cdot \cos \alpha + N_k \sin \alpha$$

$$OY: 0 = N_k \cos \alpha + T_k \sin \alpha - mg$$

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 r, \text{ где } r = L \cos \alpha + R \cos \alpha = (L+R) \cos \alpha$$

$$\text{т.е. } m a_{\text{ц}} = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$\begin{cases} N_k \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg \\ m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T_k \cos \alpha - N_k \sin \alpha \quad | : \sin \alpha \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_k \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg \\ m \omega^2 (L+R) \operatorname{ctg} \alpha = T_k \operatorname{ctg} \alpha - N_k \end{cases}$$

$$\text{т.е. } N_k = T_k \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 (L+R) \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} \alpha (T_k - m \omega^2 (L+R))$$

$$\text{т.е. } \cos \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha (T_k - m \omega^2 (L+R)) + T_k \sin \alpha = mg$$

$$\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} T_k - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} m \omega^2 (L+R) + T_k \sin \alpha = mg$$

$$T_k \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = mg + m \omega^2 (L+R) \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

~3 (гипотеза)

$$\frac{T_k}{\sin \alpha} = m(g + (L+R) \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \omega^2)$$

$$T_k = m(g \sin \alpha + (L+R) \cos^2 \alpha \omega^2)$$

если $\sin \alpha = 0$ $T_k = m\omega^2(L+R)$ - верно.

Ответ: 1) $T_H = mg \sin \alpha$

2) $T_k = m(g \sin \alpha + (L+R) \cos^2 \alpha \omega^2)$

~5.

Дано:

$$T = 268 K = \text{const}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho_g = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

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

$$\gamma = 4,7$$

1) $\frac{p_n}{p_g} = ?$

2) $\frac{V_n}{V_g} = ?$

Решение



1) Упр-еие Клапейрона - Менделеева:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad \text{зк.} \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT}$$

зк. $\rho_n = \frac{P_n \mu}{RT}$ - плотность пара.

$$\rho_g = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\text{зк.} \quad \frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{P_n}{P_g} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 368 \text{ К}} = \frac{8,5 \cdot 10 \cdot 18}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{18 \cdot 8,5}{368 \cdot 8,3 \cdot 10^2} \approx \frac{18}{368 \cdot 10^2} \approx \frac{20}{400 \cdot 10^2} = \frac{1}{20 \cdot 10^2} = \frac{1}{2000} = \frac{5}{10000} =$$

$$= 0,0005.$$

зк. $\frac{\rho_n}{\rho_g} \approx \frac{1}{2000} = 0,0005 < 1.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~5(продолж.).

2) Пусть первоначальная масса пара m_0 , объём V_0 (всё
конст. масса пара m_1 , объём V_1 ,
цилиндра),

(высокой точности $V_1 = \frac{V_0}{\gamma}$, т.к. $\frac{p_n}{p_0} \ll 1$).

т.к. $V_{пг} = V_1$ — конст. объём пара в треб. точке. мен.
врем.

$$V_0 = \frac{(m_0 - m_1)}{\rho_0}$$

$$m_0 = V_0 \cdot \rho_n, \quad m_1 = V_1 \cdot \rho_n, \quad \rho_n = \frac{p_n}{RT} = \text{const}$$

$$\text{т.к. } V_0 = \frac{(V_0 \cdot \rho_n - V_1 \cdot \rho_n)}{\rho_0}$$

т.к. $p = \text{const}$ — пар насыщен-
ный, идёт конденсация,
 $T = \text{const}$ — то же

$$V_0 = \frac{\rho_n}{\rho_0} \left(V_0 - \frac{V_0}{\gamma} \right) = \frac{\rho_n}{\rho_0} V_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right)$$

$$V_0 = \frac{\rho_n}{\rho_0} \frac{V_0}{\gamma} (\gamma - 1)$$

$$\text{т.к. } \frac{V_n}{V_0} = \frac{V_n}{\frac{\rho_n}{\rho_0} \frac{V_0}{\gamma} (\gamma - 1)} = \frac{\frac{V_0}{\gamma}}{\frac{\rho_n V_0}{\rho_0 \gamma} (\gamma - 1)} = \frac{V_0 \cdot \rho_0 \cdot \gamma}{\rho_n \cdot V_0 (\gamma - 1)} =$$

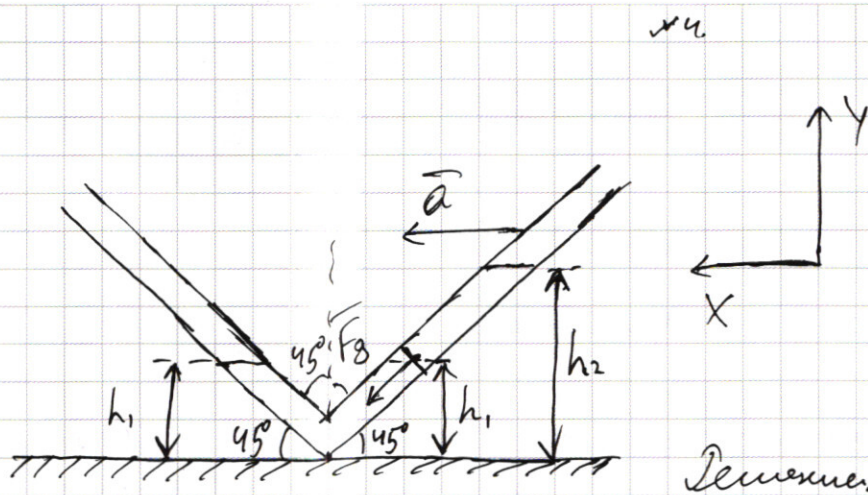
$$= \frac{\rho_0}{\rho_n (\gamma - 1)} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_0} \right)^{-1} \approx \frac{1}{4,7 - 1} \cdot \left(\frac{1}{2000} \right)^{-1} =$$

$$= \frac{1}{3,7} \cdot 2000 \approx \frac{2200}{4} = 550$$

$$\text{т.к. } \frac{V_n}{V_0} \approx 550.$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho_0} \approx \frac{1}{2000} = 0,0005$

2) $\frac{V_n}{V_0} \approx 550.$



1) Пусть масс. поч. сег. трубы S (постоянная в любом месте трубы)

2) Введя декартову сист. коорд. как показано на рис.

3) П.к. жидкость находится при равноускоренном движении, то ОХ: $m \cdot a = F_g \cos 45^\circ$, F_g — сила тяжести на выс. h_1 в левой и правой частях трубы до выс. h_1 .
давления на выс. h_1 со стор. вышерасположенной воды в правой части трубы.

$$\text{т.к. } m = 2 \cdot S \cdot \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot \rho$$

$$F_g = S \cdot \rho g (h_2 - h_1)$$

$$\text{тогда } 2S \cdot \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot \rho \cdot a = S \cdot \rho g (h_2 - h_1) \cdot \cos 45^\circ$$

$$2 \cdot \frac{h_1}{\frac{\sqrt{2}}{2}} a = g (h_2 - h_1) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$2\sqrt{2} h_1 a = \frac{\sqrt{2}}{2} (h_2 - h_1) \cdot g$$

$$4 h_1 a = (h_2 - h_1) \cdot g \quad \text{т.к. } a = \frac{(h_2 - h_1) \cdot g}{4 h_1}$$

$$a = \frac{(12 \text{ см} - 8 \text{ см})}{4 \cdot 8 \text{ см}} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = \frac{1}{8} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 1,25 \text{ м/с}^2$$

Здесь я предполагаю, что трубка достаточно тонкая (на рис. видно, что вода (поверхность) располагается горизонтально при равноускоренном движении).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

и 4 (продолж.)

4) После прекращения („исчерпания“) ускорения вся жидкость начнет двигаться так, что в любой момент времени скорость всех частей жидкости будет одинакова (считая, что жидкость не растекается).

Когда действует сила давления со стороны внешней — внутренней жидкостей (в правом колена) на изгибание), то происходит пока поверхность ~~в~~ ~~на~~ поверхности в обоих коленах не уст. на высоте $\frac{h_1 + h_2}{2}$ — постоянное сечение трубки, далее в левом коленах поверхность ^(поверхность) будет выше, чем в правом и жидкость начнет турбулизироваться, без трения будут происходить колебания поверхности в коленах трубки.

Эт. в том случае, когда пов. жидкости в обоих коленах устанавливается на высоте $\frac{h_1 + h_2}{2}$ ~~жидкость~~ будет иметь максимальную скорость v и кин. энерг. E_k , пусть $E_{пн}$ — пот. энерг. жид. вначале, $E_{пк}$ — в том, когда у жидк. скор. v .

ЗСЗ: $E_{пн} = E_{пк} + E_k$, зн. $E_k = E_{пн} - E_{пк}$

$$E_{пн} = \left(\rho \cdot \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \rho \cdot \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} \right) =$$

$$= \frac{\rho g S}{2 \sin 45^\circ} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{\rho g S}{\sqrt{2}} (h_1^2 + h_2^2)$$

$$E_{\text{ок}} = \rho \cdot S \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot \rho \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot g = \frac{\rho g S (h_1 + h_2)^2}{2 \sin 45^\circ} =$$

$$= \sqrt{2} \rho g S \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} = \frac{\rho g S (h_1 + h_2)^2}{2\sqrt{2}}$$

$$E_k = S \left(\frac{h_1}{\sin 45^\circ} + \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \right) \rho \cdot \frac{v^2}{2} = \sqrt{2} \rho S (h_1 + h_2) \cdot \frac{v^2}{2} =$$

$$= \frac{\rho S (h_1 + h_2) v^2}{\sqrt{2}}$$

$$\text{из } \frac{\rho S (h_1 + h_2) v^2}{\sqrt{2}} = \frac{\rho g S (h_1^2 + h_2^2)}{\sqrt{2}} - \frac{\rho g S (h_1 + h_2)^2}{2\sqrt{2}} \cdot 2$$

$$2(h_1 + h_2) v^2 = (2(h_1^2 + h_2^2) - (h_1 + h_2)^2) g$$

$$2(h_1 + h_2) v^2 = (2h_1^2 + 2h_2^2 - h_1^2 - 2h_1 h_2 - h_2^2) g$$

$$2(h_1 + h_2) v^2 = (h_1^2 - 2h_1 h_2 + h_2^2) g$$

$$2(h_1 + h_2) v^2 = (h_1 - h_2)^2 g$$

$$v^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)} g$$

$$v = \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} \cdot (h_2 - h_1)$$

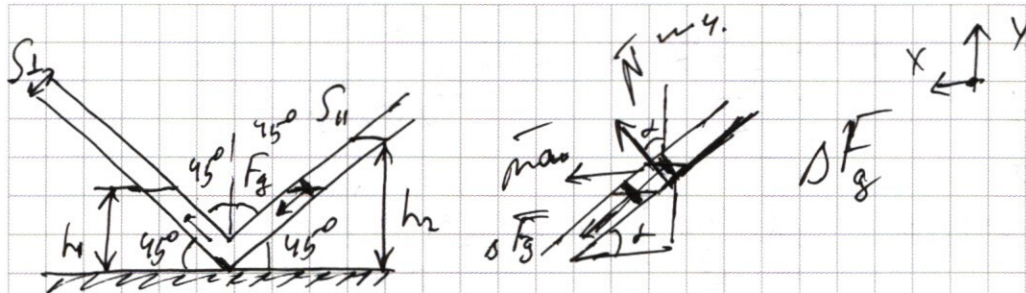
$$v = \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 0,2 \text{ м}}} \cdot 0,04 \text{ м} = \sqrt{\frac{10}{0,4}} \cdot 0,04 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= \sqrt{\frac{100}{4}} \cdot 0,04 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5 \cdot 0,04 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 1) $a = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $v = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \quad OY: 0 = \cancel{ma} - \Delta F_g \sin \alpha + N \cos \alpha$$

$$OX: ma = N \sin \alpha + \Delta F_g \cos \alpha$$

$$2) \quad F_g = S \cdot \rho g (h_2 - h_1)$$

$$ma = F_g \cdot \cos 45^\circ, \quad m = \frac{S \cdot \rho \cdot 2h_1}{\sin 45^\circ} = \frac{S \rho \cdot 2h_1}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 2\sqrt{2} \rho S h_1$$

$$3) \quad \cancel{2\sqrt{2} \rho S h_1} \cdot a = S \rho g (h_2 - h_1) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$2\sqrt{2} \rho S h_1 \cdot a = S \rho g (h_2 - h_1) \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$4h_1 a = (h_2 - h_1) g$$

$$a = \frac{(h_2 - h_1)}{4h_1} g = \left(\frac{12 \text{ см} - 8 \text{ см}}{4 \cdot 8 \text{ см}} \right) \cdot 10 \text{ м/с}^2 =$$

$$= \frac{4 \text{ см}}{4 \cdot 8 \text{ см}} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = \frac{1}{8} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 1,25 \text{ м/с}^2$$

$$2) \quad 3) \quad E_k = \Delta E_n$$

$$\Delta E_n = \left(\frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} \right) -$$

$$- 2 \left(\frac{(h_1 + h_2)}{2 \sin 45^\circ} \cdot S \cdot \rho g \cdot \frac{(h_1 + h_2)}{2} \right) =$$

$$= \rho g S \left(\frac{h_1^2}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} + \frac{h_2^2}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \right) - 2 \rho g S \left(\frac{(h_1 + h_2)^2}{4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \right) =$$

$$= \rho g S \left(\frac{h_1^2}{\sqrt{2}} + \frac{h_2^2}{\sqrt{2}} \right) - \rho g S \left(\frac{(h_1 + h_2)^2}{\sqrt{2}} \right)$$

$$E_{пн} = \int \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \int \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} =$$

$$= \frac{h_1^2}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \rho g + \frac{h_2^2}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \rho g = \left(\frac{h_1^2}{\sqrt{2}} + \frac{h_2^2}{\sqrt{2}} \right) \rho g = \frac{(h_1^2 + h_2^2)}{\sqrt{2}} \rho g$$

$$E_{пк} = 2 \cdot \int \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot \rho \cdot g \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) = 2 \cdot \int \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \rho g =$$

$$= \frac{\left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \rho g S}{\sin 45^\circ} = \frac{(h_1 + h_2)^2 \rho g S}{4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{(h_1 + h_2)^2 \rho g S}{2\sqrt{2}}$$

$$E_{пк} + E_{пк} = E_{пн}$$

$$E_k = \frac{(h_1^2 + h_2^2)}{\sqrt{2}} \rho g S - \frac{(h_1 + h_2)^2}{2\sqrt{2}} \rho g S =$$

$$= \frac{\rho g S}{2\sqrt{2}} (2h_1^2 + 2h_2^2 - h_1^2 - 2h_1 h_2 - h_2^2) =$$

$$= \frac{\rho g S}{2\sqrt{2}} (h_1^2 - 2h_1 h_2 + h_2^2) = \frac{\rho g S (h_1 - h_2)^2}{2\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{\rho g S (h_2 - h_1)^2}{2\sqrt{2}}$$

$$E_k = \int \left(\frac{h_1}{\sin 45^\circ} + \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \right) \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \int (h_1 + h_2) v^2 =$$

$$= \frac{\int (h_1 + h_2) v^2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{\int (h_1 + h_2) v^2}{\sqrt{2}} = \frac{\rho g S (h_2 - h_1)^2}{2\sqrt{2}}$$

$$(h_1 + h_2) v^2 = \frac{\rho (h_2 - h_1)^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{\rho (h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)}} = \sqrt{\frac{g}{h_1 + h_2}} (h_2 - h_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $OX: ma = 2F - F_{\text{тр}}$ $\sim 2(\text{выраст.})$

$ma = 2F - 6\mu mg$ $2FS - F_{\text{тр}}S = (m+M) \cdot \frac{v^2}{2}$

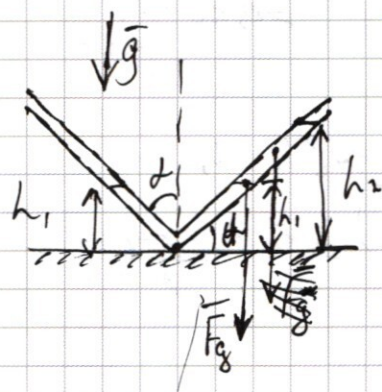
$a = 2\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right)$ $(2F - 6\mu g)S = 6m \cdot \frac{v^2}{2}$

$\text{zn } S = \frac{v^2}{2a}$ $v = \sqrt{\frac{2(F - 3\mu g)S}{3m}}$

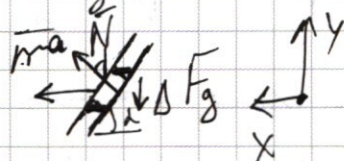
$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 2\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right) \cdot S}$ $S = \frac{a v^2}{2}$

(3) $v = 2\sqrt{\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right)S}$ $x = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

$v = at = \sqrt{2Sa}$



1) $\text{изначально: } F_g = \rho(h_2 - h_1)g$



необ. уч: $OY: N \cos \alpha = \Delta F_g$

$OX: N \sin \alpha = ma$

$\text{zn } \tan \alpha = \frac{ma}{\Delta F_g}$

$\Delta F_g = \rho g \Delta h$

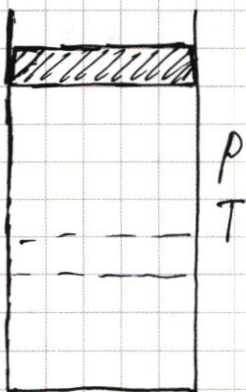
$m = L \cdot S \cdot \rho = \frac{\Delta h}{\sin \alpha} S \rho$

$\text{zn } \tan \alpha = \frac{\frac{\Delta h}{\sin \alpha} S \rho \cdot a}{\rho g \Delta h} = \frac{S \cdot a}{g S \sin \alpha}$

у5.

Дано: $\rho = 1 \text{ г/см}^3$; $\mu = 18 \text{ г/моль}$
 $T = 273 \text{ К} + 95 \text{ К} = 373 \text{ К} + 5 \text{ К} = 368 \text{ К}$

$\rho_n = \rho - \text{влага в газе}$



1) $PV = \frac{m}{\mu} RT$

$\frac{PV}{RT} = \frac{m}{\mu} = \rho_n$

$\rho_n = \frac{P \cdot \rho}{RT} = \frac{18 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 368 \text{ К}} =$
 $= \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{м}^3}}{8,3 \cdot 368} \approx \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{м}^3}}{3046,4} = \frac{18 \cdot 10^{-4}}{368 \cdot 10^6} \cdot \frac{\text{г}}{\text{см}^3} =$

$= \frac{18}{368 \cdot 10^2} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \ll 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

2) $\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{PV}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 368 \text{ К}} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^{-4}}{368 \cdot 8,3 \cdot 10^3} =$

$= \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^{-4}}{368 \cdot 8,3 \cdot 10^3} \approx \frac{18 \cdot 10^{-4}}{368 \cdot 10^2} \approx \frac{20 \cdot 10^{-4}}{400 \cdot 10^2} = \frac{20 \cdot 10^{-4}}{20 \cdot 10^2} = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{200} = \frac{500}{10000} =$
 $\text{т.е. } \frac{\rho_n}{\rho_0} \approx 0,005 = \frac{1}{2000}$

3) $m_0 \xrightarrow{-\Delta m} m_1$ $V_1 = \frac{V_0}{\gamma}$ (1)

$m_0 = \rho_n \cdot V_0$

$m_1 = \rho_n \cdot V_1$

т.е. $\Delta m = m_0 - m_1 = \rho_n (V_0 - V_1)$

$\Delta m = \rho_n (V_0 - \frac{V_0}{\gamma}) = \rho_n V_0 (\frac{\gamma-1}{\gamma}) =$
 $= \frac{\rho_n V_0 (\gamma-1)}{\gamma}$

$V_{n1} = V_1 = \frac{V_0}{\gamma}$

$V_{01} = \frac{\Delta m}{\rho_0} = \frac{\rho_n V_0 (\gamma-1)}{\rho_0 \gamma} = \frac{\rho_n V_0 (\gamma-1)}{\rho_0 \gamma}$

т.е. $\frac{V_{n1}}{V_{01}} = \frac{\frac{V_0}{\gamma}}{\frac{\rho_n V_0 (\gamma-1)}{\rho_0 \gamma}} = \frac{V_0}{\gamma} \cdot \frac{\rho_0 \gamma}{\rho_n V_0 (\gamma-1)} = \frac{\rho_0}{(\gamma-1) \rho_n} =$

$\approx \frac{1}{\gamma-1} \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_0} \right)^{-1} \approx \frac{1}{4,7-1} \cdot \left(\frac{1}{2000} \right)^{-1} = \frac{2000}{3,7} \approx \frac{2200}{4} = 550$ (2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 1.

1) $v_x = v_0 \cos \alpha$
 $v_y = v_0 \sin \alpha$

2) $v_y'^2 + v_x^2 = (2,5 v_0)^2$
 $v_y'^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha = 6,25 v_0^2$
 $v_y'^2 = 6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha$
 $v_y'^2 = 6,25 v_0^2 - 0,25 v_0^2$
 $v_y'^2 = 6 v_0^2 \quad v_y' = \sqrt{6} v_0 \quad (1)$

3) $g\tau = v_y' - v_y$
 $g\tau = \sqrt{6} v_0 - \sin \alpha v_0$
 $\tau = \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} = \left(\frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (2)$

4) $S_x = v_x \cdot \tau = v_0 \cos \alpha \cdot \left(\frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} = \left(\frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{4} \right) \frac{v_0^2}{g} \quad (3)$

~ 3.

1) В канале:

OY: $0 = N \cos \alpha - mg + T \sin \alpha$
 OX: $0 = T \cos \alpha - N \sin \alpha$
 зн. $N = T \operatorname{ctg} \alpha$
 зн. $0 = T \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha - mg + T \sin \alpha$
 $T \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right) = mg$
 $(1) \quad T \left(\frac{1}{\sin \alpha} \right) = mg \quad \text{зн.} \quad T = mg \sin \alpha$

2) найти радиусы:

$$OY: 0 = T_k \sin \alpha + N_k \cos \alpha - mg$$

$$OX: m a_y = T_k \cos \alpha - N_k \sin \alpha$$

$$a_y = w^2 r$$

$$r = L \cos \alpha + R \cos \alpha = (L+R) \cos \alpha$$

$$a_y = w^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$\begin{cases} 0 = T_k \sin \alpha + N_k \cos \alpha - mg \\ m w^2 (L+R) \cos \alpha = T_k \cos \alpha - N_k \sin \alpha \end{cases}$$

$$m w^2 (L+R) \cos \alpha = T_k \cos \alpha - N_k \sin \alpha \quad | : \sin \alpha \neq 0$$

если $\sin \alpha = 0$
↑
отсюда

$$\begin{cases} N_k \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg \\ N_k = T_k \operatorname{ctg} \alpha - m w^2 (L+R) \operatorname{ctg} \alpha \end{cases}$$

$$N_k = T_k \operatorname{ctg} \alpha - m w^2 (L+R) \operatorname{ctg} \alpha$$

$$(T_k \operatorname{ctg} \alpha - m w^2 (L+R) \operatorname{ctg} \alpha) \cos \alpha + T_k \sin \alpha = mg$$

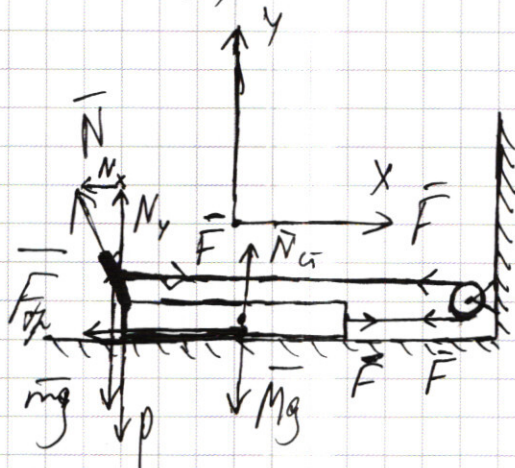
$$T_k \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} - m w^2 (L+R) \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + T_k \sin \alpha = mg$$

$$T_k \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right) = mg + m w^2 (L+R) \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T_k \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = mg + m w^2 (L+R) \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T_k = mg \sin \alpha + m w^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$

$$(2) \quad T_k = m (g \sin \alpha + w^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$



~2.

$$1) OY: 0 = N_y - mg$$

$$\text{zn } N_y = mg$$

$$\text{zn } 0 = N_x - N_y - Mg$$

$$N_x = N_y + Mg = mg + 5mg = 6mg$$

$$(1) N_x = 6mg$$

$$2) F_{\text{pr}} \neq p, N_{\text{pr}} \neq p \cdot 6mg \neq 6p \cdot mg \quad OX: 0 = F_0 + F_0 - F_{\text{pr}}$$

$$\text{zn } F_0 = F_{\text{pr}} = 6p \cdot mg$$

$$2 F_0 = F_{\text{pr}}$$

(2)

$$2 F_0 = 6p \cdot mg \quad \text{zn } F_0 = 3p \cdot mg$$