

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

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 $M = 2m$. 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 .

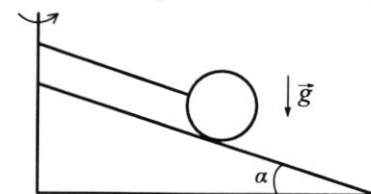


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время 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 давления шара на клин, если система покоится.

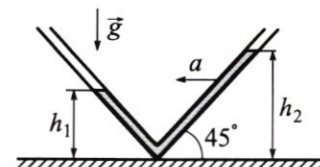
2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ 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 $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

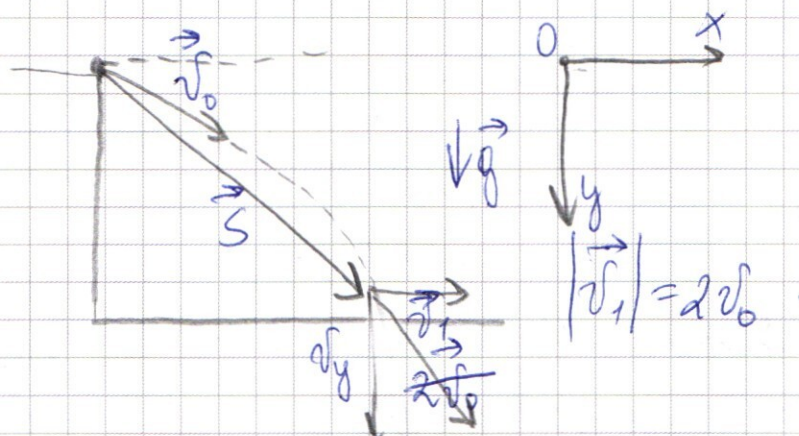
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано: Решение:

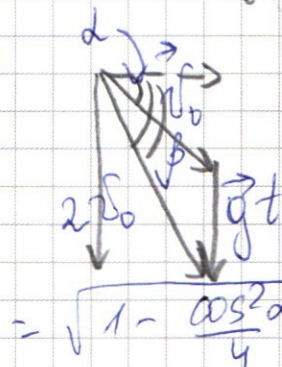
$$V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

- 1) V_y - ?
- 2) t - ?
- 3) h - ?



Препр. скоростей:



$$v_0 \cos \alpha = 2v_0 \cos \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \alpha}{2}\right)^2} =$$

$$v_y = 2v_0 \sin \beta = 2v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}$$

$$v_y = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{3}{4}\right)^2} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{v}_{0y} t + \vec{g} t = \vec{v}_y$$

$$0_y: v_{0y} + g t = v_y \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{18 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,3 \text{ с}$$

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$0_y: h = v_{0y} t + \frac{g t^2}{2}, \quad h = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,3 \text{ с} + 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1,3 \text{ с})^2 \approx 15 \text{ м}$$

Ответ: $V_y = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: $V_y = 2v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} = 1 \frac{\mu\text{м}}{\text{с}}$;

$t = \frac{V_y - v_0 \sin \alpha}{g} = 1,3 \text{с}; h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 15 \text{м}.$

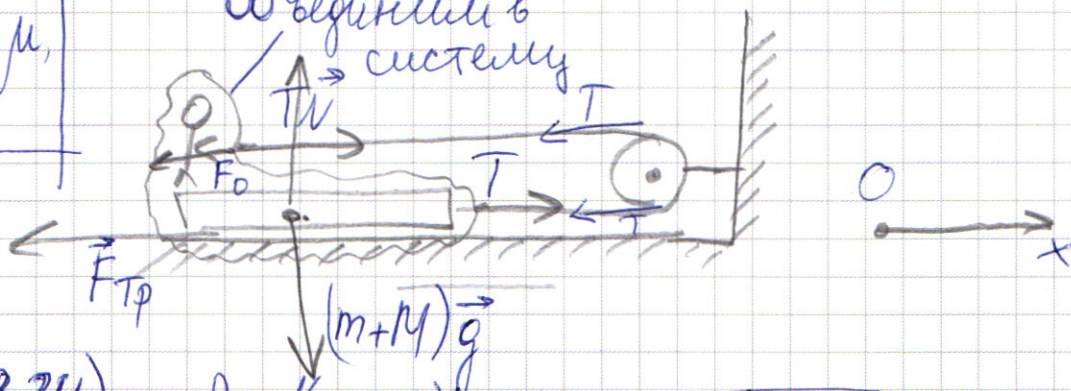
2. Дано:
 $S, m, M = 2m, \mu,$
 F

Решение:

соединим в
 систему

$P = ?$

$F_0 = ?$ $T = ?$



1) $\vec{P} = -N(33\text{Н}) \Rightarrow P = N$
 $(m+M)g = N$ (усл. равновес.) $\Rightarrow \boxed{P = (m+M)g = 3\text{мг}}$

2) В точке, в которой человек тянет канат:
 $F_0 = T$ (1)

23Н для системы отн. Ох

$2T = F_{Tp}$ (для миним. силы) (2)

(1) - в (2): $2F_0 = F_{Tp}$
 $F_{Tp} = \mu N = \mu \cdot 3\text{мг}$ $\Rightarrow 2F_0 = 3\mu\text{мг} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \boxed{F_0 = \frac{3}{2} \mu\text{мг}}$

3) В т. в которой человек тянет канат с силой F :
 $F = T$

23Н для системы (отн. Ох): $2T' - F_{Tp} = 3m \cdot a \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{2T' - F_{Tp}}{3m} = \frac{2F - 3\mu\text{мг}}{3m}$

$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}; t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot (2F - 3\mu\text{мг})}{3m}}; t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu\text{мг}}}$

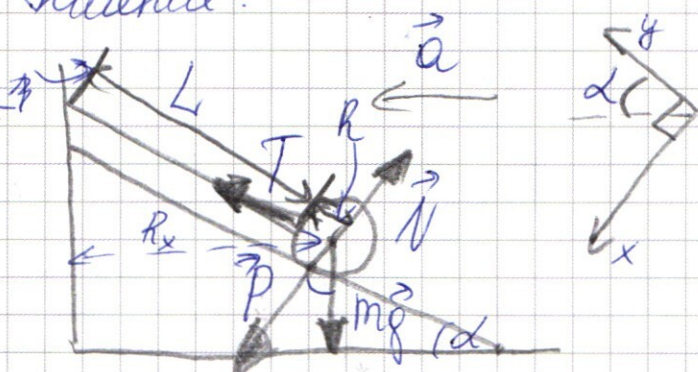
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $P = 3mg$; $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$; $t = \sqrt{\frac{2 \cdot (2F - 3mg)}{3ms}}$
 $t = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3\mu mg}}$

3. Дано: Решение:

m, R, d, L, ω

$P_0 = ?$
 $P = ?$



1) $\vec{P}_0 = -\vec{N} \Rightarrow P_0 = N$
 $N = mg \cos d$ (усл. равн.) $\Rightarrow P_0 = mg \cos d$

2) $\vec{a} = \frac{\vec{v}^2}{R_x}$
 $\vec{v} = \omega R_x \Rightarrow a = \omega^2 R_x$; $R_x = (R+L) \cos d$

234(0x) — 234: $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m \cdot \vec{a}$

Ox: $ma \sin d = mg \cos d - N' \Rightarrow$

$\Rightarrow N' = m(g \cos d - a \sin d) =$

$= m(g \cos d - \omega^2 (R+L) \cos d \sin d) =$

$= m \cos d (g - \omega^2 (R+L) \sin d)$

$N' = P \Rightarrow P = m \cos d (g - \omega^2 (R+L) \sin d)$

Ответ: $P_0 = mg \cos d$; $P = m \cos d (g - \omega^2 (R+L) \sin d)$.

5. Дано:

$$T = 27^\circ\text{C}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$x = \frac{p_n}{p_b} - ?$$

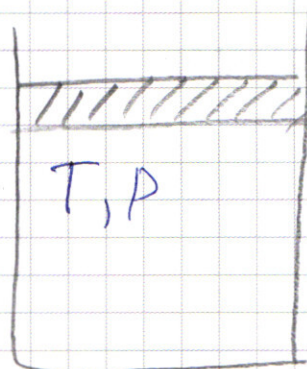
$$\frac{V_n}{V_b} - ?$$

Решение.

$$300 \text{ К}$$

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

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



1) уравн. сост. до сжатия:

$$P \cdot V = \frac{m_{n2}}{\mu} R T \quad | : V \quad (1)$$

$$P = \frac{p_n}{V \cdot \mu} R T \Rightarrow p_n = \frac{P \cdot \mu}{R T}$$

$$x = \frac{p_n}{p_b} = \frac{P \cdot \mu}{p_b R T}; \quad x = \frac{p_n}{p_b} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$2) V_b = \Delta \frac{m}{\rho_b};$$

уравн. сост. газа после сжатия (при $V = \frac{V_0}{\gamma}$):

$$P \cdot \left(\frac{V_0}{\gamma} \right) = \frac{m_{n2}}{\mu} R T \Rightarrow P \cdot \frac{V_0}{\gamma} = \frac{m_{n2}}{\mu} R T \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \gamma = \frac{m_{n1}}{m_{n2}} \Rightarrow m_{n1} = \gamma m_{n2};$$

$$\Delta m = m_{n1} - m_{n2} = (\gamma - 1) m_{n2}$$

$$\text{Из } (2): V_n = \frac{\gamma R T}{P} = \frac{m_{n2} R T}{\mu P}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{m_{n2} R T \cdot \rho_b}{\mu P \cdot (\gamma - 1) m_{n2}} = \frac{R T \rho_b}{\mu P (\gamma - 1)} = \frac{1}{x(\gamma - 1)}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6} = \frac{10^5}{11,5} \approx 8,7 \cdot 10^3$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_n}{p_b} = 2,5 \cdot 10^{-5} = \frac{P \cdot \mu}{p_b R T}; \quad \frac{V_n}{V_b} = \frac{R T \rho_b}{\mu P (\gamma - 1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. $h_1 = 10 \text{ см}$

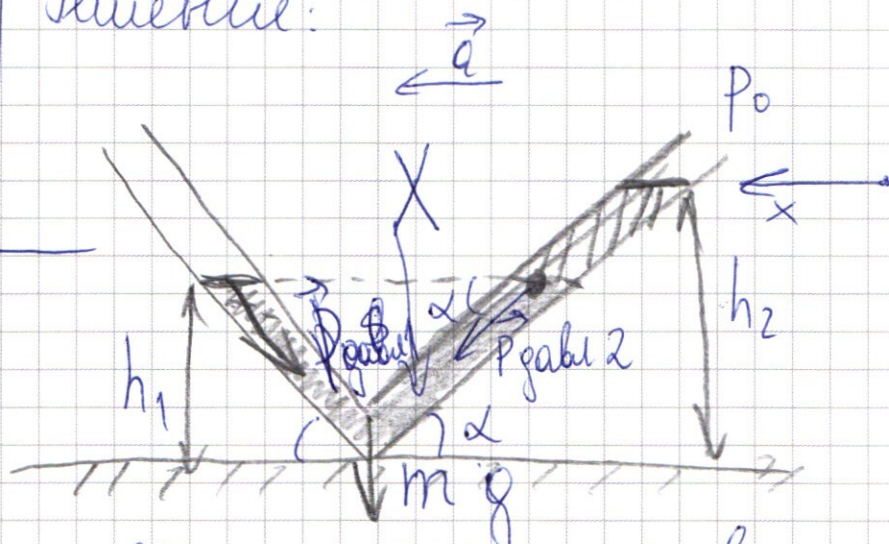
$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$\alpha = 45^\circ$

$h_2 = ?$

$V = ?$

Решение:



Рассмотрим силы, которые действуют на X:

23Н: $m\vec{g} + \vec{P}_{gab1} + \vec{P}_{gab2} = m\vec{a}$

Ox: $P_{gab2} \cos \alpha - P_{gab1} \cos \alpha = ma \Rightarrow m a = (P_{gab2} - P_{gab1}) \cdot \cos \alpha$ (1)

$P_{gab2} = \rho g (h_2 - h_1) S + p_0 S$

$P_{gab1} = p_0 S$

$m = 2 \cdot \frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot S \cdot \rho g = \frac{2 S h_1}{\sin \alpha} \rho$

(1): $(\rho g (h_2 - h_1) S + p_0 S - p_0 S) \cos \alpha = \rho S \cdot \frac{2 h_1 a}{\sin \alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow g (h_2 - h_1) \cos \alpha \sin \alpha = 2 h_1 a \Rightarrow$

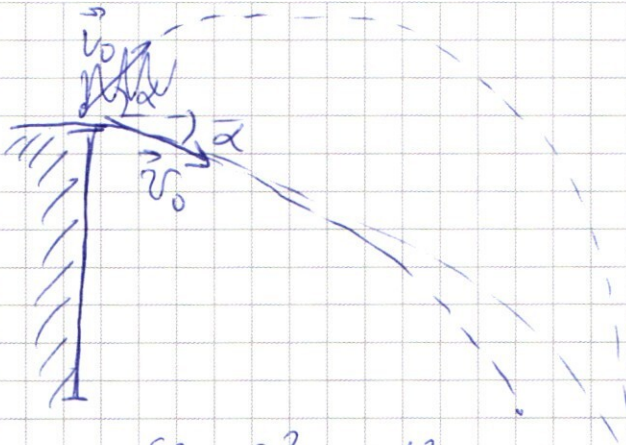
$h_2 - h_1 = h_1 \cdot \frac{a}{g} \cdot \frac{2}{\cos \alpha \sin \alpha}$

$h_2 = h_1 \cdot \left(1 + \frac{a}{g} \cdot \frac{2}{\cos \alpha \sin \alpha} \right);$

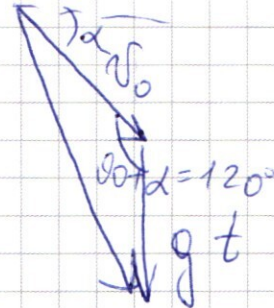
$h_2 = 10 \text{ см} \cdot \left(1 + \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \frac{2}{\frac{1}{2}} \right) = 26 \text{ см}.$

Ответ: $h_2 = 26 \text{ см}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$4v^2 = v_0^2 + g^2 t^2$$



$$v_0 \cos \alpha = 2 v_0 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}$$

$$v_y = 2 v_0 \sin \beta = 2 v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}$$

$$v_y = 2 v_0 \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4} \cdot 20 = 5\sqrt{13}$$

$$v_0 \sin \alpha + g t = v_y \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g}$$

$$t = \frac{5\sqrt{13} - 20}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$4v_0^2 = v_0^2 + g^2 t^2 + v_{0y} t$$

$$g^2 t^2 + t \cdot v_{0y} - 3v_0^2 = 0$$

$$100 t^2 + 100 t - 300 = 0$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 + 12 = \sqrt{13}$$

$$t = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2}$$

$$H = v_{0y} t + \frac{g t^2}{2}$$

$$H = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} + 5 \cdot \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right)^2$$

$$\frac{1}{1.5}$$

$$\begin{array}{r} 100000 \\ 92 \overline{) 92000} \\ \underline{80} \\ 12000 \\ 115 \overline{) 11500} \\ \underline{1035} \\ 1150 \\ 115 \overline{) 1150} \\ \underline{1035} \\ 1150 \\ 115 \overline{) 1150} \\ \underline{1035} \\ 1150 \\ 115 \overline{) 1150} \\ \underline{1035} \\ 1150 \\ 115 \overline{) 1150} \\ \underline{1035} \\ 1150 \\ 115 \overline{) 1150} \\ \underline{1035} \\ 1150 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1035 \overline{) 1100} \\ \underline{65} \end{array}$$

$$\vec{P} = -\vec{N} \quad \vec{P} = -\vec{N}$$

$$Ox: mg \cos d = N \Rightarrow P = mg \cos d$$

$$a = \omega^2 R_x = \omega^2 R \cos d = \omega^2 (L + R \cos d)$$

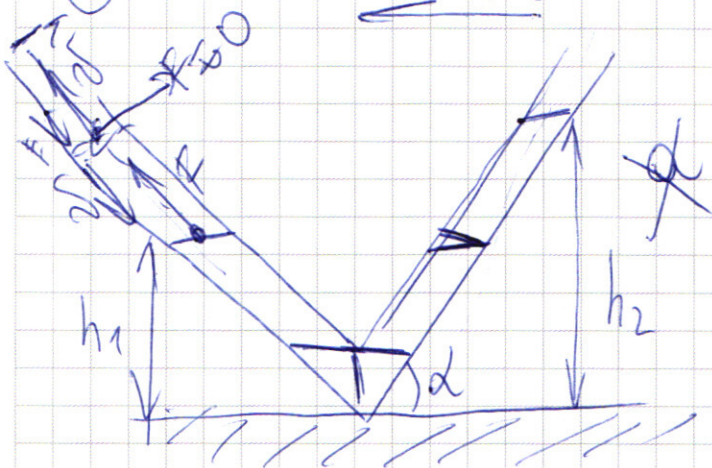
$$Ox: ma \sin d = P - mg \cos d - N \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = m(g \cos d - a \sin d) =$$

$$= m(g \cos d - \omega^2 R \cos d \sin d) =$$

$$= m \cos d (g - \omega^2 R \sin d)$$

$$P = N = m \cos d (g - \omega^2 R \sin d)$$



$$\begin{array}{r} 355000 \mid 831 \\ 3324 \mid 427 \\ \hline 2260 \\ 1662 \\ \hline 5980 \\ 5914 \\ \hline 1630 \end{array}$$

$$x'' + \omega^2 x = 0$$

$$\omega^2 \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{g}{\cos d}$$

$$\begin{array}{r} 426 \mid 831 \\ 4155 \mid 01 \\ \hline 1050 \\ 831 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT \Rightarrow p_n = \frac{\rho \mu}{RT}$$

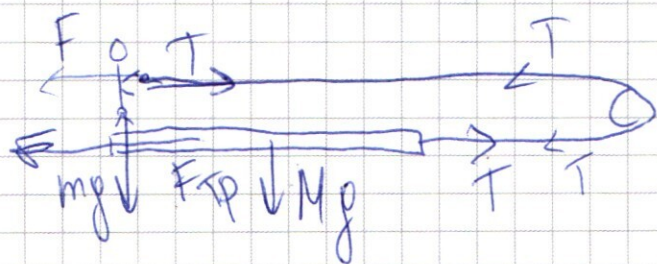
$$X = \frac{p_n}{\rho g} = \frac{\rho \mu}{\rho g RT}$$

$$X_2 = \frac{3.55 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 8.313 \cdot 10^3}$$

$$x'' + \omega^2 x = 0$$

$$\frac{h_2 + h_1}{2} - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

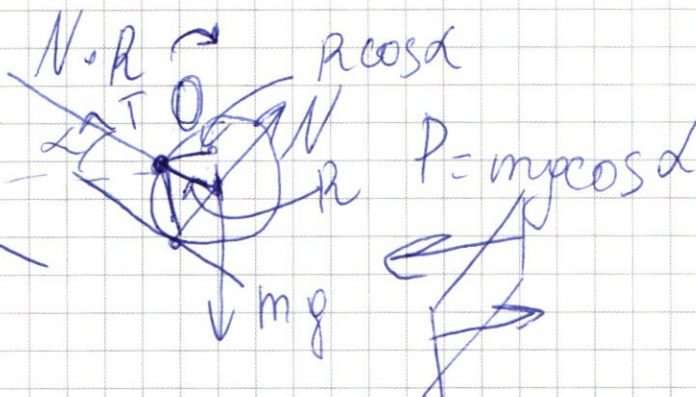
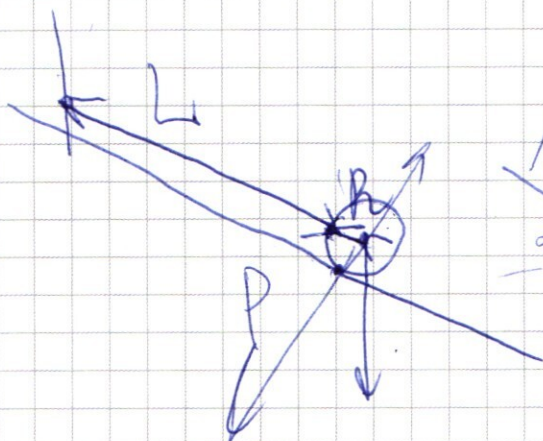


$$F = T$$

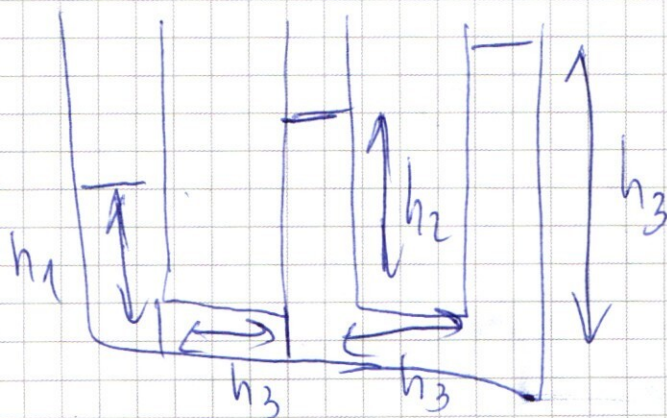
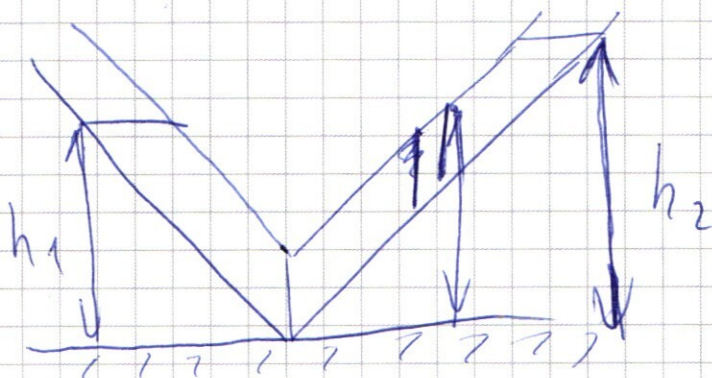
$$F_{тр} = 2T = 2F$$

$$F_{тр} = P_{одоу} \cdot \mu = \mu 3mg$$

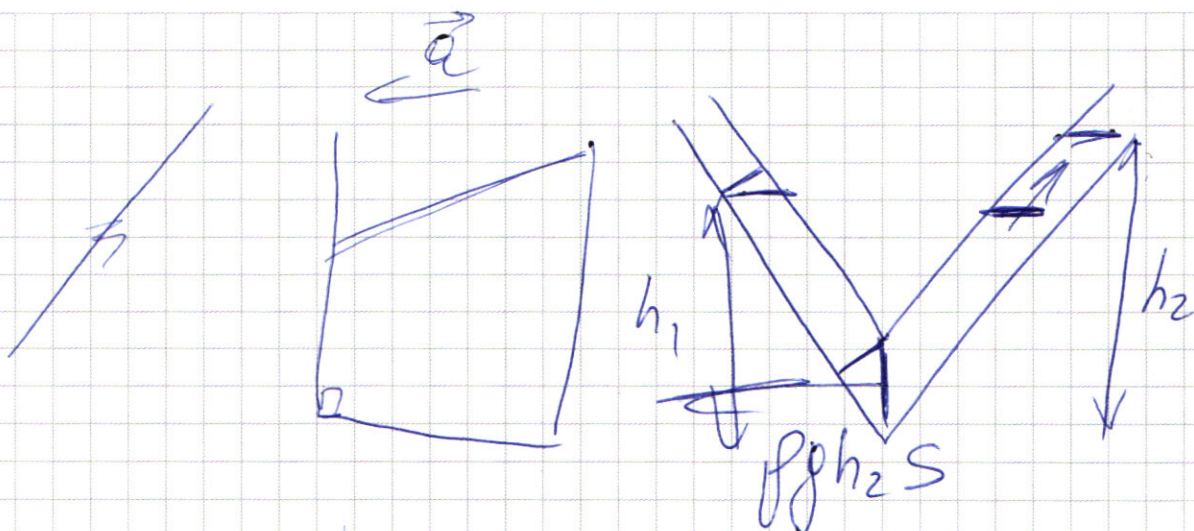
$$3\mu mg = 2F \Rightarrow F = \frac{3}{2} \mu mg$$



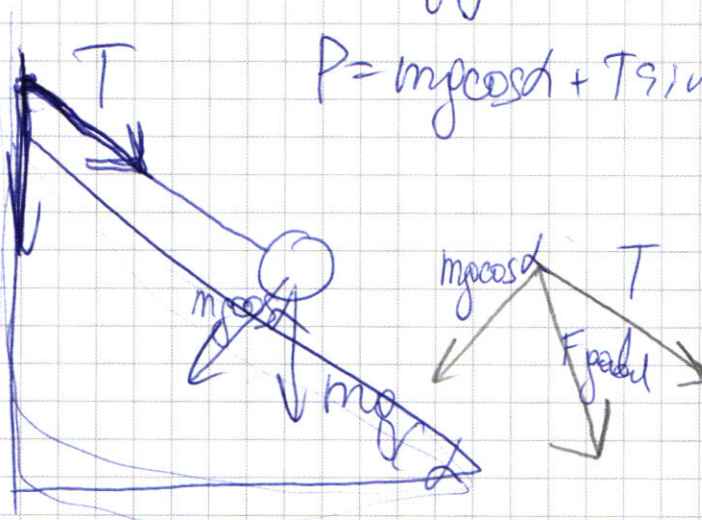
$$P = mg \cos \alpha$$



$$(pgh_2 + p_0)S - (pgh_1 + p_0)S = \Delta m \cdot a$$



$$P = m g \cos \alpha + T \sin \alpha$$



$$P \cdot V = J_1 R T$$

$$P \cdot \frac{V}{r} = J_2 R T$$

$$\frac{J_1}{J_2} = r \Leftrightarrow \frac{m_1}{m_2} = r \Rightarrow m_1 = r m_2$$

$$\frac{m_1 - m_2}{\rho b} = \frac{(r-1)m_2}{\rho b}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{J_2 R T}{P} = \frac{m_2 R T}{\mu P}$$

$$\frac{V_{n2}}{V_{b2}} = \frac{m_2 R T \cdot \rho b}{\mu P (r-1) m_2} = \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1000}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3 \cdot 4,6}$$

