

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

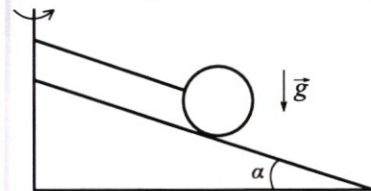
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

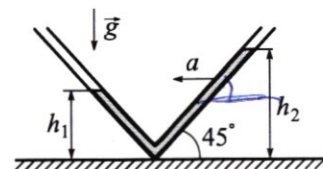
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 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

ул. Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

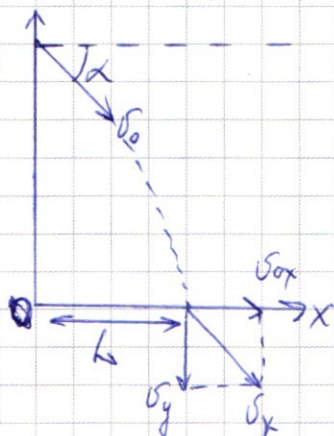
$$v_k = 2,5 v_0$$

$$v_y = ?$$

$$t = ?$$

$$L = ?$$

Решение:



по теореме Пифагора:

$$v_k^2 = v_y^2 + v_{0x}^2$$

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

$$v_y = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6} =$$

$$= 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t$$

$$-v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8\sqrt{6} - \frac{8\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} =$$

$$= \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} = \frac{2(2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{5} = \frac{2(2\sqrt{3}\sqrt{2} - \sqrt{3})}{5} =$$

$$= \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ с}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t = 8 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \right) =$$

$$= \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_y = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$

2) $t = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ с}$

3) $L = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ м}$

~3. Дано:

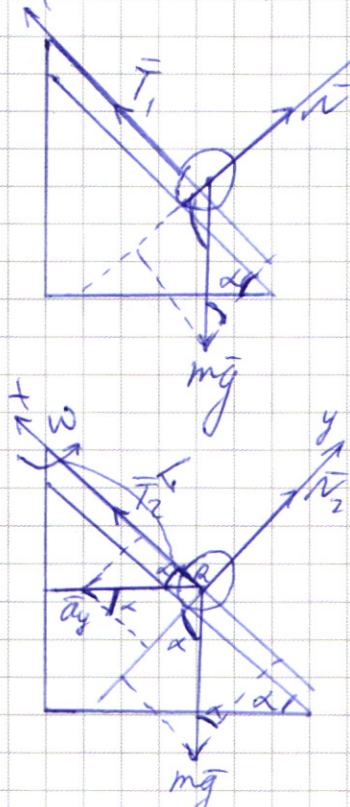
m, R, α

L, ω

$T_1 - ?$

$T_2 - ?$

Решение:



1). Запишем второй закон Ньютона в проекции на координ. оси.

$$Ox: 0 = T_1 - mg \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

2). Запишем II закон Ньютона в проекции на координатные оси.

$$Ox: m a_y \cos \alpha = T_2 - mg \sin \alpha$$

$$Oy: -m a_y \sin \alpha = N_2 - mg \cos \alpha$$

$$T_2 = m(a_y \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$a_y = \omega^2 r$$

$$\cos \alpha = \frac{r}{L+R}; r = \cos \alpha (L+R)$$

$$T_2 = m(\omega^2 \cos^2 \alpha (L+R) + g \sin \alpha)$$

Ответ:

1). $T_1, mg \sin \alpha$

2). $T_2 = m(\omega^2 \cos^2 \alpha (L+R) + g \sin \alpha)$

~2. Дано:

$S, \mu = 5m,$

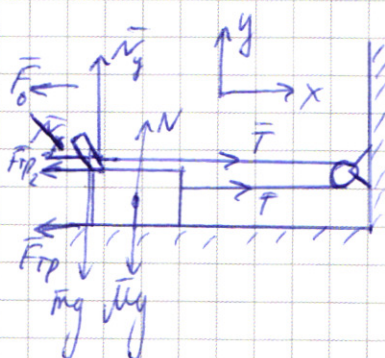
μ

$P_0 - ?$

$F_0 - ?$

$\sigma - ?$

Решение:



Запишем II з. Ньютона в проекции на координ. оси.

$$Ox: 0 = T - F_{TP} - F_0$$

$$Ox: 0 = T - F_{TP} - F_{TP}$$

$$Oy: 0 = 2Mg + N$$

$$Oy: 0 = N_y - mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \begin{aligned} F_0 &= T - \mu_2 N_y \\ mg &= N_y \\ N_y &= N \end{aligned} \right. & \left\{ \begin{aligned} T &= F_0 + \mu_1 N_y \\ F_0 + \mu_1 N_y &= \mu N + \mu_2 N_y \\ F_0 &= \mu N - \mu_2 N_y \end{aligned} \right. & T = T \\
 & T = \mu N + \mu_2 N_y & F_0 = \mu N = & F_0 = \mu N = \\
 & \mu N + \mu_2 N_y = F_0 + \mu_1 N_y + N_x & F_0 = \mu N - 2\mu_2 mg & = \mu N_y = 5\mu mg \\
 & F_0 = N_x - \mu N & F_0 = 5\mu mg - 2\mu_2 mg = & \\
 & 1) P_0 = P_1 + P_2 = |N_y| + |N| = 6mg = mg(5\mu - 5\mu_2) \\
 & 3) \left\{ \begin{aligned} -ma &= T - F_{\text{тр}1} - F \\ ma &= T - F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2} \\ T &= F + F_{\text{тр}2} = ma \\ T &= F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} + ma \end{aligned} \right. & 2ma = -F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}1} - F - F_{\text{тр}2} & \\
 & v = at & v = \sqrt{2as} & \\
 & s = \frac{v^2}{2a} & & \\
 & a = \frac{2s}{v^2} & & \\
 & a = \frac{v^2}{2s} & & \\
 & v = \frac{2s}{t} & &
 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $P_0 = 6mg$
2) $F_0 = 5\mu mg$

5. Дано:

$$T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$V_1 = 8V_2, \gamma = 1,7$$

$$\rho = 12/\text{см}^3$$

Решение:

$$\begin{array}{|c|} \hline P, V, T \\ \hline \end{array}$$

$$P = P_{\text{кл.п}}$$

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

$$PV = \frac{P_0 V}{\mu} RT$$

$$P = \frac{P_0}{\mu} RT; \rho n = \frac{P/\mu}{RT}$$

Запишем уравн.
Менделеева-Клапейрона

$$\mu = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_n = \frac{85 \cdot 10^4 \cdot 0.018}{8,3 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8,3 \cdot 368} = 0,06 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho} = ?$$

$$\frac{V_2}{V_6} = ?$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{0,06}{1000} = 0,00006 = 6 \cdot 10^{-5}$$

2) Масса молекулы воды под поршнем остаётся неизменной.

$$m = \rho_n V_1$$

$$m = \rho_n V_2 + \rho V_6$$

$$\rho_n V_1 = \rho_n V_2 + \rho V_6$$

$$4 \cdot \rho_n V_2 = \rho_n V_2 + \rho V_6$$

$$3 \cdot \rho_n V_2 = \rho V_6$$

$$\frac{V_2}{V_6} = \frac{\rho}{3 \cdot \rho_n} = \frac{1000}{3 \cdot 0,06} \approx 451$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho} = 6 \cdot 10^{-5}$
2) $\frac{V_2}{V_6} = 451$

~ 4. Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

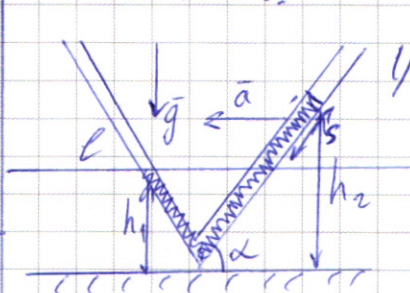
$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$a = ?$$

$$b = ?$$

Решение:



1) Так высота в левом и в правом коленях трубки одинаковая не будет, то давление в левом и правом колене под поршнем равно.

$$\rho a (h_1 + h_2) = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$a h_1 + a h_2 = g h_2 - g h_1 \quad a (h_1 + h_2) = g (h_2 - h_1)$$

$$a h_1 + g h_1 = g h_2 - a h_2 \quad a = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_1 + h_2}$$

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

$$= \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \text{ м/с}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2). когда трубка будет двигаться равномерно, то маля выровняется, и конечная скорость маля относительно трубки будет равно 0.

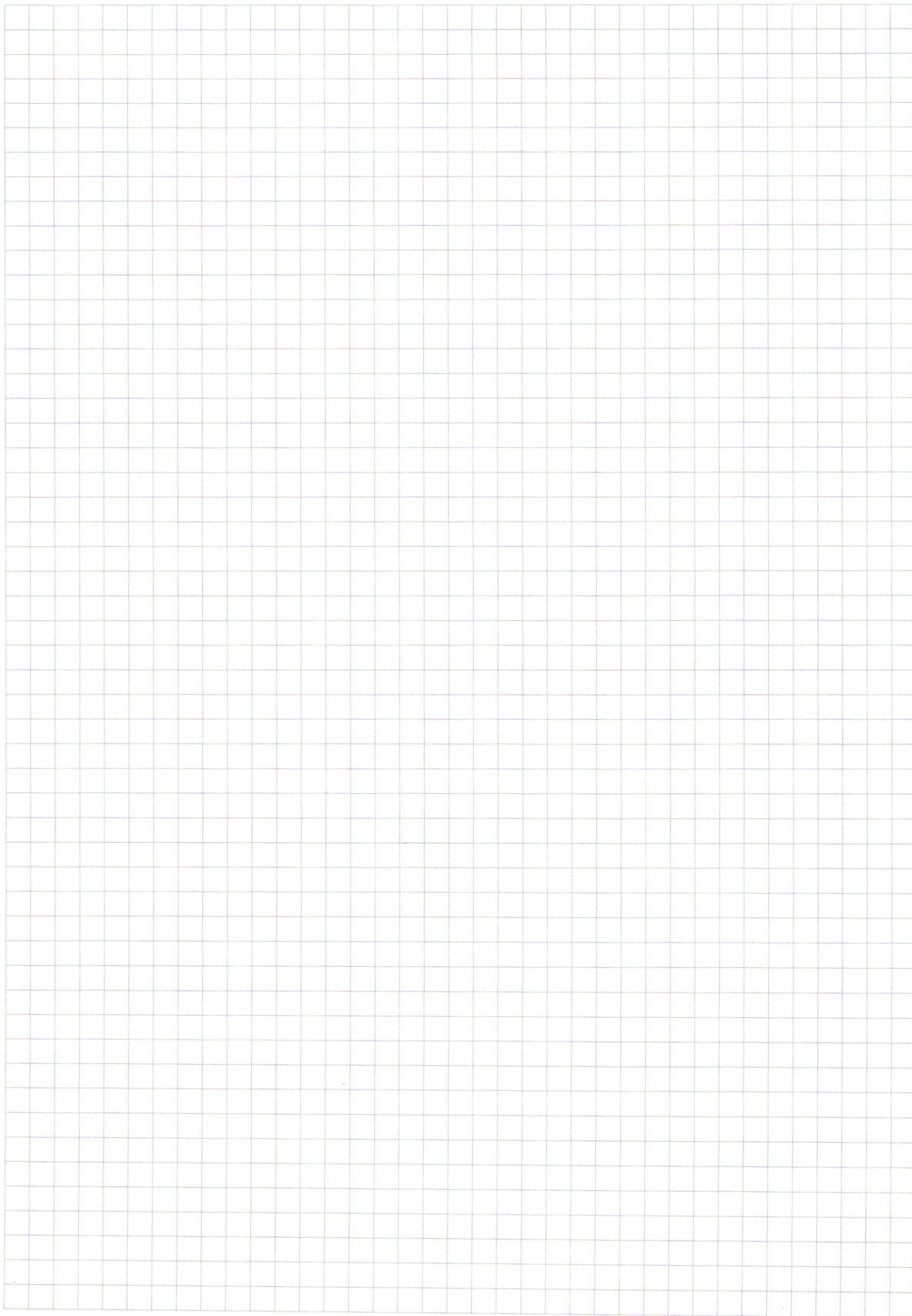
$$S = \frac{v^2}{2a}$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{S}$$

$$S = \frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha}$$

$$v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2a \frac{(h_2 - h_1)}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{4a(h_2 - h_1)}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 0,04}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,04}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,04}{1,4}} = \sqrt{0,23} \text{ м/с}$$

Ответ: 1). $a = 2 \text{ м/с}^2$
2). $v = \sqrt{0,23} \text{ м/с} \approx 0,15 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$t = 95^\circ$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \text{ K} \end{array}$$

85. $\frac{PV}{T} \approx \frac{PV}{T}$ $\left[\frac{PV}{T} \right]$

$$\begin{array}{r} 111 \\ \hline 000005 = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 18 \\ \hline + 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153009 \overline{) 30549} \\ - 152720 \cancel{0} \cancel{0} \\ \hline 28000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 280000 \\ - 274 \\ \hline \end{array}$$

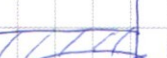
$$m = \rho \cdot V$$

$$\frac{006}{1000}$$

00006

$$\begin{array}{r} 2000 \\ \hline 900 \times \\ 2 \frac{1}{2} \\ 4 \\ 2 \frac{3}{4} \times \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.220 \\ \times 1.37 \\ \hline 0.220 \\ 0.660 \\ 0.220 \\ \hline 0.3014 \end{array}$$



$$P = \frac{\rho g h}{s} + p_0$$

$$P, V, T$$

$$m = \rho n V = \rho V$$

$P_i V_i T$

$$P = \frac{J_n RT}{\mu}$$

$$p_n = \frac{P_M}{RT} = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 0.010}{8.314 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ 22 \\ \hline 8 \times 368 \\ 173 \\ \hline + 1104 \\ + 2944 \\ \hline 30549 \\ 27 \\ -44 \\ 5 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153000 \\ - 152720 \\ \hline 280 \end{array}$$

$$\begin{aligned} & 10000 \quad \underline{85} \\ & 85 \cdot 10^3 \cdot 0.018 = \\ & = 1518 \\ & \underline{83.368} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 1530 \\ \hline 30544 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 30544 \\ \times \quad 8 \\ \hline 244352 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 1530 \times 30544 \\ \hline 274896 \end{array}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\Delta}$$

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}}$$

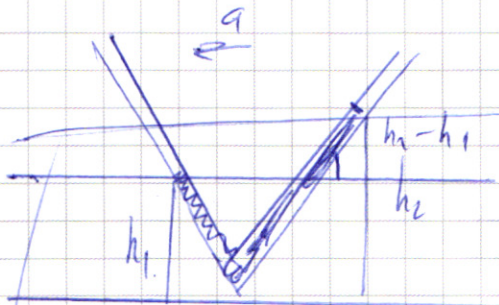
$$m_0 = V_1$$

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

$$\delta = \frac{V_1}{V_2}$$

$$v_0 = v_1 - v_2$$

$$\lambda = \frac{v_1}{v_2}$$



$$\rho g(h_2 - h_1) = \rho a(h_1 + h_2)$$

~~1000~~

$$P_1 = h_1 \cos \alpha \rho g$$

$$P_2 = h_2 \cos \alpha \rho g$$

$$T = \frac{m_1 g + F_0}{2}$$

$$T = \frac{m_1 g + m_2 g}{2}$$

$$\frac{4 \times 3}{280}$$

$$0 = v - at$$

$$v = at$$

$$s = \frac{vt}{2}$$

$$t = \frac{2s}{v}$$

$$v = \frac{a2s}{v}$$

$$v^2 = 2as$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{s}$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{s}$$

$$\frac{0.32}{1.4} =$$

$$\frac{32}{140} = \frac{16}{70} =$$

$$= \frac{8}{35}$$

$$\frac{0.04}{1.8} = \frac{0.32}{1.8}$$

$$\begin{array}{r} 0.19005 \\ \times 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \end{array}$$

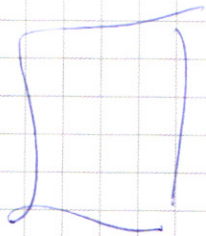
$$\begin{array}{r} 0.22105 \\ \times 2.5h \\ \hline 2.5h \\ 2.5h \\ 2.5h \\ \hline 2.5h \\ 2.5h \\ \hline 2.5h \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.46505 \\ \times 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 564405 \\ \times 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.95 \\ \times 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \\ 1.5h \\ \hline 1.5h \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.0000 \\ \times 5100 \\ \hline 5100 \\ 5100 \\ 5100 \\ \hline 5100 \\ 5100 \\ \hline 5100 \end{array}$$



$$p_1 + 2p_2 = p_3$$

$$p_1 + 2p_2 = m$$

$$p_3 = m$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$v_0 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$v_k = 2,5 v_0$

$v_y = ?$

$t = ?$

$L = ?$

3) $L = v_0 \cos \alpha t =$

$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$

$0 = h + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$h = v_0^2 \sin^2 \alpha / 2g$

$gt = \sqrt{v_0^2 - 2gk}$

$25 v_0^2 = v_y^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha$

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

$v_y = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{6,25 \cdot 64 - 64 \cdot 0,25} = \sqrt{64(6,25 - 0,25)} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,6 \text{ м/с}$

$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{4\sqrt{3}}{10} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \text{ с}$

$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{64 \cdot \frac{3}{4}}{20} = \frac{48}{20} = 2,4 \text{ м}$

$L = v_0 \cos \alpha t = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{5} = \frac{48}{5} = 9,6 \text{ м}$

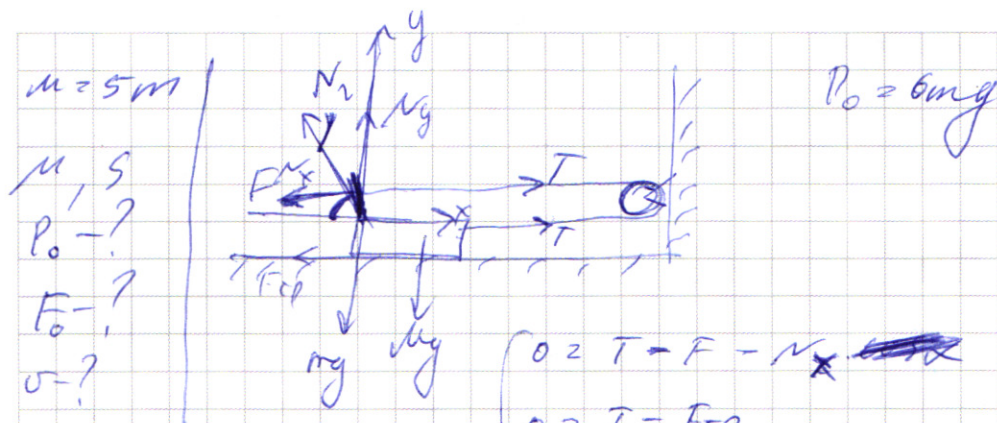
$2gh = v_0^2 \sin^2 \alpha$

$L = 0 + v_0 \cos \alpha t$

$h = 0 + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$0 = h - v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$L = 0 + v_0 \cos \alpha t$



$$\begin{cases}
 0 = T - F - N_x \\
 0 = T - F_{cp} \\
 0 = N_x - mg \\
 0 = N_y - \mu g
 \end{cases}$$

$$N_2 = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$T = F + N_2 \cos \alpha = F + mg \operatorname{ctg} \alpha$$

$$T = \mu N_1 = \mu mg$$

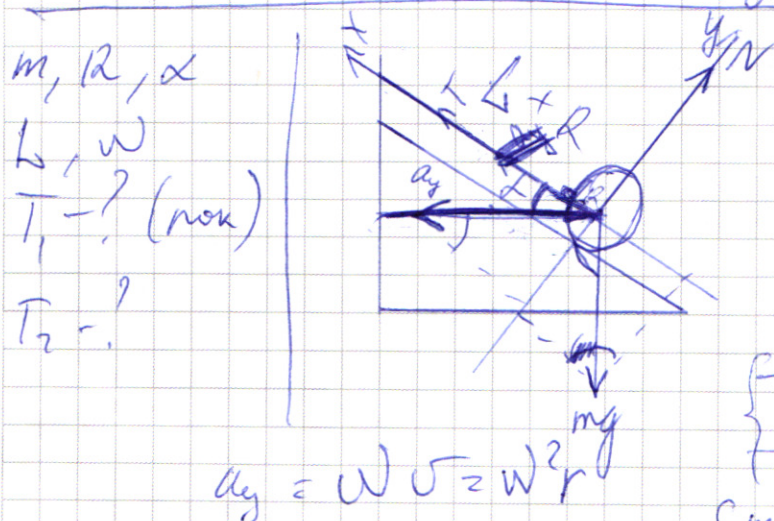
$$\mu mg = F + mg \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\mu 5mg = F + mg \operatorname{ctg} \alpha$$

$$5\mu = F + \operatorname{ctg} \alpha$$

$$v = at$$

$$5 = \frac{v}{2a}$$



$$\begin{cases}
 0 = T_1 - mg \sin \alpha \\
 0 = N - mg \cos \alpha
 \end{cases}$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

$$a = \frac{v}{25}$$

$$v = \frac{v}{9}$$

$$25 = \frac{v}{2}$$

$$5 = \frac{v}{2}$$

$$\begin{cases}
 -m a_y = T_2 - mg \sin \alpha \\
 0 = N - mg \cos \alpha
 \end{cases}$$

$$m a_y \cos \alpha = T_2 - mg \sin \alpha$$

$$-m a_y \sin \alpha = N - mg \cos \alpha$$

$$T_2 = m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$T_2 = m (W^2 r \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{L + R}$$

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