

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-01

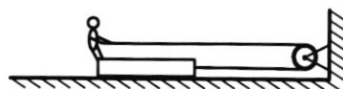
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.

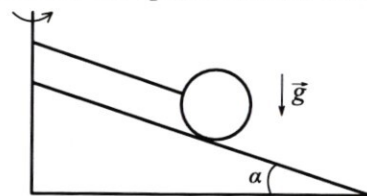
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

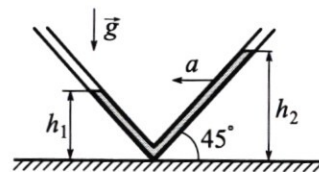
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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.

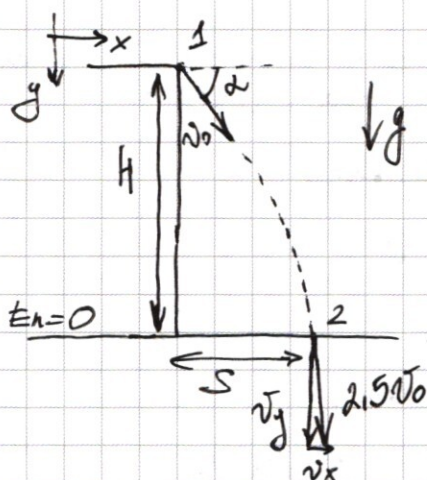
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
 - 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

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

- 1) v_y - ?
- 2) τ - ?
- 3) S - ?



1) т.к. камень всё время падает и землёй по направлению вниз.

2) Из закон сохранения энергии между точками 1 и 2:

$$E_1 = E_2$$

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(2,5v_0)^2}{2}$$

$$2gh = 5,25v_0^2$$

$$H = \frac{5,25v_0^2}{2g}$$

3) $v_y = v_{0y} + g\tau$

т.к. $a_x = 0$, то $v_{0x} = v_x = v_0 \cos \alpha$; Из т.к. Δ : $v_y^2 = v^2 - v_x^2$

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

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

$$v_y = 8 \text{ м/с} \sqrt{6,25 - 0,25} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,2 \text{ м/с}$$

4) $v_y = v_{0y} + g\tau$

$$v_y - v_0 \sin \alpha = g\tau$$

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

$$\tau = \frac{8 \text{ м/с} \sqrt{6} - 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \text{ м/с}^2}$$

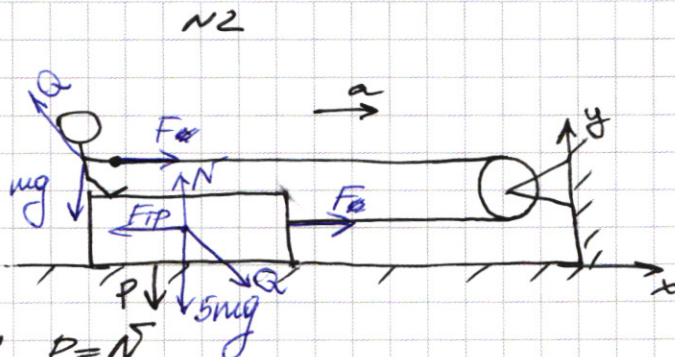
$$\tau = \frac{8\sqrt{3}(\sqrt{2} - \frac{1}{2})}{10} \text{ с} \approx \frac{13,6 \cdot 0,9}{10} \text{ с} \approx 1,22 \text{ с}$$

5) $S = v_{0x} \cdot \tau = v_0 \cos \alpha \cdot \tau = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,22 \text{ с} = 4,88 \text{ м}$

Ответ: 1) $v_y = 19,2 \text{ м/с}$
2) $\tau = 1,22 \text{ с}$
3) $S = 4,88 \text{ м}$

Дано:

$$\begin{aligned} S \\ m \\ M = 5m \\ \sqrt{M} \\ F (F > F_0) \end{aligned}$$



- 1) $N = ?$
- 2) $F_0 = ?$
- 3) $a = ?$

По 33Н $P = N$

- 1) Рассчитаем силы, действующие на ценовона и на линеи.

23Н где ценовона:

$$Ox: F - Q_x = ma \quad (1)$$

$$Oy: Q_y = mg \quad (2)$$

23Н где линеи:

$$Ox: F + Q_x - F_{тр} = 5ma \quad (3)$$

$$Oy: N = Q_y + 5mg \quad (4)$$

$$(2) \rightarrow (4) \quad \boxed{N = 6mg} \quad (5)$$

2) сила F будет минимальной, если $a = 0$, найдем миним. F, F_0 .

тогда (1) $F_0 = Q_x$

$$(1) \rightarrow (3) \quad 2F_0 = F_{тр} \quad (7)$$

По закону Ньютона-Кулона, т.е. $F_{тр}$ - сила трения скольжения

$$F_{тр} = \mu N \quad (6)$$

$$(5) \rightarrow (6) \quad F_{тр} = 6\mu mg \quad (8)$$

$$(8) \rightarrow (7) \quad 2F_0 = 6\mu mg$$

$$\boxed{F_0 = 3\mu mg}$$

3) Если сила равна F , то ускорение равно a .

$$F - ma = Q_x \quad (9)$$

$$(9), (8) \rightarrow (3) \quad F + F - ma - 6\mu mg = 5ma$$

$$2F - 6\mu mg = 6ma$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

т.к. значение скорости равно нулю:

$$S = \frac{at^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v = at = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2SF}{3m} - 2\mu g S}$$

Ответ:

- 1) $N = 6\mu g$
- 2) $F_0 = 3\mu g$
- 3) $v = \sqrt{\frac{2SF}{3m} - 2\mu g S}$

Дано:

m

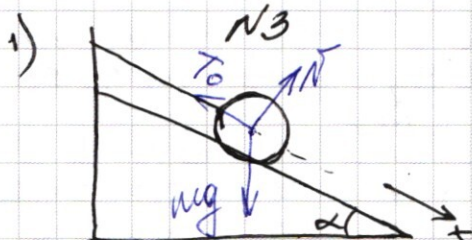
R

α

L, ω

1) $T_0 = ?$

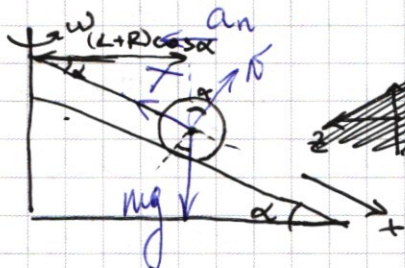
2) $T = ?$



23Н где сфера:

ОХ: $mg \sin \alpha = T_0$

2)



23Н где сфера:

ОУ: $mg = T \cos \alpha + T \sin \alpha$

ОЗ: $ma_n = T \cos \alpha + N \sin \alpha$

ОХ: $mg \sin \alpha - T = -ma_n \cos \alpha$

$T = mg \sin \alpha + ma_n \cos \alpha$

$a_n = \omega^2 (R+L) \cos \alpha$

т.к. шар не сбросит
он имеет у него
есть только центр.
центрострем. ускор.

$$T = mgs \sin \alpha + m\omega^2(L+R)/\cos^2 \alpha$$

Ответ: 1) $T_0 = mgs \sin \alpha$

2) $T = mgs \sin \alpha + m\omega^2(L+R)/\cos^2 \alpha$

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

$h_1 = 0,08 \text{ м}$

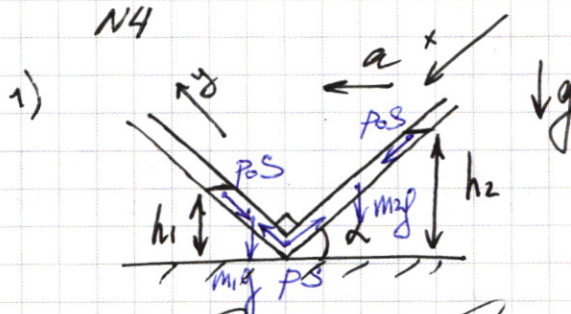
$h_2 = 0,12 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

1) $a = ?$

2) $a = 0$

$v_{\text{max}} - ?$



23H для правой части:

$$m_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho S g$$

$$Ox: P_0 \cos \alpha - P \cos \alpha = m_2 a$$

$$Oy: P_0 \sin \alpha + m_2 g = P \sin \alpha$$

23H для левой части:

т.к. $\alpha = 45^\circ$ то $\sin \alpha = \cos \alpha$
спрощаем, получим всего $\sin \alpha$

Получим на осях параллельные
и перпендикулярные на массу результирующее действо-
вание сил реакции стенок.

23H для правой части:

$$m_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho g S$$

$$Ox: P_0 S + m_2 g \sin \alpha - P S = m_2 a \sin \alpha \quad (1)$$

23H для левой части:

$$m_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho g S \quad Oy: P S - P_0 S - m_1 g \sin \alpha = m_1 a \sin \alpha \quad (2)$$

$$(1) + (2) \quad (m_2 - m_1) g \sin \alpha = (m_1 + m_2) a \sin \alpha$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

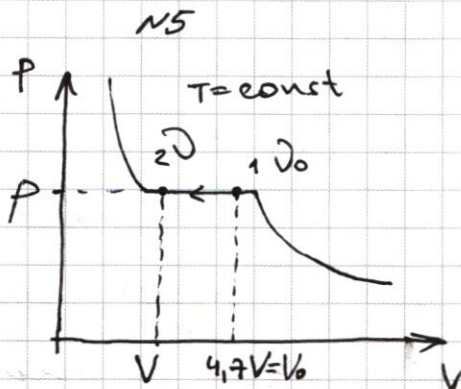
$$a = \frac{(h_2 - h_1) \rho g S \sin \alpha}{\sin \alpha (h_1 + h_2) \rho g S} g = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g \quad \text{ответ}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $T = 95^\circ\text{C} = 368\text{K}$
 $p = 8,5 \cdot 10^4 \text{Па}$
 $T = \text{const}$
 $\rho = 1 \text{г/см}^3 = 10^3 \text{кг/м}^3$
 $M = 18 \text{г/моль}$

1) $\frac{p_n}{p}$

2) $n = 4,7 = \frac{V_0}{V}$
 $\frac{V_0}{V} = ?$



1) $p_n = \frac{m_0}{V_0}$

упр. энерг. - кинетическая:

$p \cdot V_0 = \frac{m_0}{M} RT$

$p_n = \frac{m_0}{V_0} = \frac{pM}{RT}$

$\frac{p_n}{p} = \frac{pM}{RTp} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 368 \text{К} \cdot 10^3 \text{кг/м}^3}$

$\left[\frac{p_n}{p} \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \approx 5 \cdot 10^{-4} \right]$

2) $V_0 = \frac{m_0}{p} = \frac{M \cdot n}{p}$

$V_0 = V + V_B$

упр. энерг. - кин.

① $4,7pV = V_0 RT$

② $pV = V_0 RT$

$4,7 = \frac{V_0}{V}$

$V_0 = 4,7V$

$V_B = 3,7V$

$V = \frac{V_0 RT}{p}$

$$\frac{V}{V_8} = \frac{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К}}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}} \approx 556$$

$$2) \frac{V}{V_B} = 556$$

2) После того как группа резко
сдвинулась влево, в мирно-
сти резко не могли заме-
нить, значаи мирно будет
ничего, то не удовлетворение а и
клевую егореев аннонширова
трудом.

[illegible]

Поиск оптимального закона движения груза

$$S = \frac{at^2}{2}, t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

в максимальной скорости звука

$$v_{\max} = at = \sqrt{as} = \sqrt{\frac{2(h_2 - h_1)g \sin \alpha}{(h_1 + h_2) \sin \alpha}} = h_2 - h_1 \sqrt{\frac{g}{(h_1 + h_2) \sin \alpha}}$$

$$v_{\max, \text{отн}} = 0,04 \text{ м} \sqrt{\frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,2}{0,16 \text{ м} \cdot \sqrt{2}}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{20}{\sqrt{2}}} \text{ м/с} = 0,2 \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} \text{ м/с} \approx$$

$\approx 0,4 \text{ см/с}$

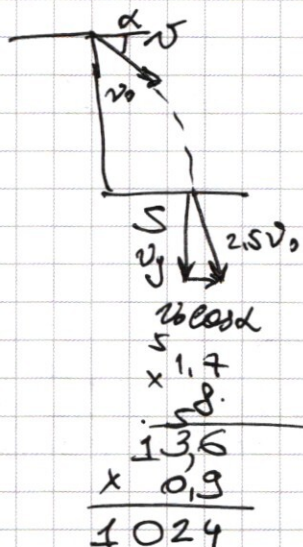
$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g = \frac{4 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

Antwort: 1) $a = 20 \text{ m/s}^2$

$$a) v_{\max} = 0,4 \text{ м/с}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(N1)



$$v_y = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6,25 - 0,25} = v_0 \sqrt{6}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ \times 8 \\ \hline 19,2 \end{array}$$

$$v_y = 19,2 \text{ м/с}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

$$t = \frac{v_0 \sqrt{3} (\sqrt{2} - 0,5)}{g}$$

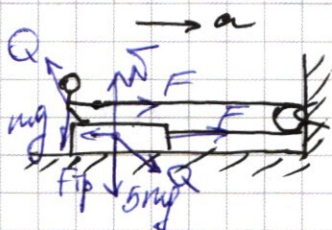
$$1,41 - 0,5 = 0,9$$

$$\begin{array}{r} 13,6 \\ \times 9 \\ \hline 122,4 \end{array}$$

$$t = 1,22 \text{ с}$$

$$s = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,22 = 4,88 \text{ м}$$

(N2)



$$N = 6mg$$

$$2F_0 = F_{fr}$$

$$F_{fr} = \mu N = 6\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

ЗСЗ:

$$2FS - 6\mu mg s = \frac{3}{2} m v^2$$

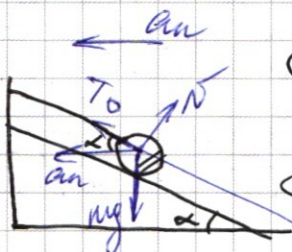
$$2F - 6\mu mg = ma$$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$v^2 = 4FS - 12\mu mg s$$

$$v^2 = \frac{2FS}{3m} - 2\mu g s$$

(N3)



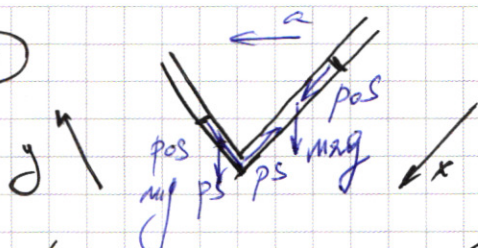
$$mg \sin \alpha = T$$

$$a_n = \omega^2 R = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$m a_n \cos \alpha + mg \sin \alpha = T$$

$$T = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$$

(N4)



$$m_1 a \cos \alpha = p \sin \alpha + m_1 g \cos \alpha - p \sin \alpha$$

$$m_1 a \cos \alpha = p \sin \alpha - p \sin \alpha - m_1 g \cos \alpha$$

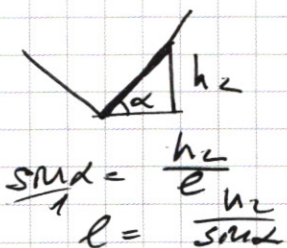
$$(m_1 + m_2) a \cos \alpha = (m_2 - m_1) g \sin \alpha$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

$$m_2 = \frac{h_2}{\cos \alpha} \cdot \rho \cdot g$$

$$m_1 = \frac{h_1}{\cos \alpha} \cdot \rho \cdot g$$

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



$$\frac{\sin \alpha}{1} = \frac{h_2}{l} \Rightarrow l = \frac{h_2}{\sin \alpha}$$



$$\frac{h_1 + h_2}{2 \cdot \sin \alpha}$$

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

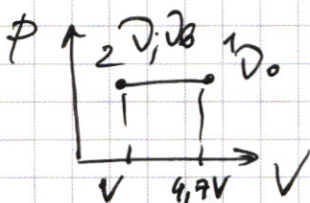


$$S = \frac{a \cdot l^2}{2} = \frac{a \cdot \left(\frac{h_2}{\sin \alpha} \right)^2}{2} = \frac{(h_2 - h_1) g \cdot \rho \cdot (h_2 - h_1)}{(h_1 + h_2) \cdot \rho \sin \alpha} = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{(h_1 + h_2) \sin \alpha}}$$

(N5)

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

$$\phi = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$



$$V_0 = V + \Delta V$$

$$\frac{V_n}{V_0} = ?$$

$$\frac{p_n}{p_0} = ? \quad p_n = \frac{p_0 \mu}{R T}$$

$$\alpha = \frac{p_n}{p_0} = \frac{p_0 \mu}{R T p_0}$$

$$4,7 p V = p_0 R T \quad | : p V = p_0 R T$$

$$4,7 = \frac{p_0}{p} \quad p_0 = 4,7 p$$

$$4,7 V = V + \Delta V \quad \Delta V = 3,7 V$$

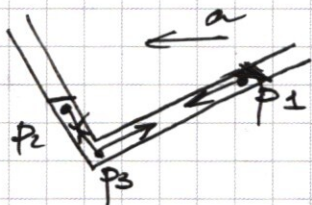
$$V_0 = \frac{\mu V}{p_0} = \frac{\mu \cdot V}{p_0}$$

$$\beta = \frac{p_0 R T \cdot p_0}{p \cdot \mu \cdot 3,7} = \frac{R T p_0}{p \cdot \mu \cdot 3,7}$$

$$\alpha = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{180}{368 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta = \frac{1,31 \cdot 368 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7} = \frac{10}{18 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^4}{18} = \frac{100}{18} \cdot 10^2 = 5,5 \cdot 10^2 = 556$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{cases} p_1 \cos \alpha - p_3 \cos \alpha = m a \\ p_1 \sin \alpha + m a g = p_3 \sin \alpha \\ p_4 g = \frac{p_3 \sin \alpha - m a g}{\sin \alpha} \end{cases}$$

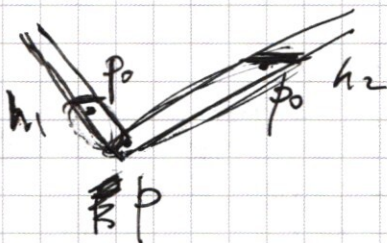
1,44 (1,2)
(2,2) $\frac{2,2}{1,2} \approx 2$

$$p_1 g = p_3 g - \frac{m a g}{\sin \alpha}$$

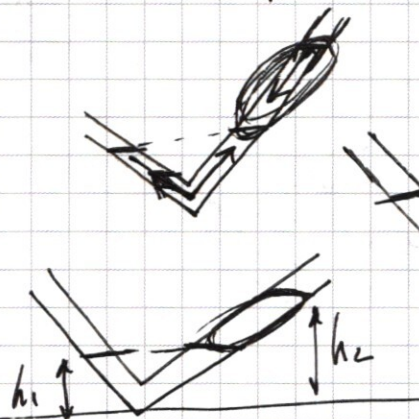
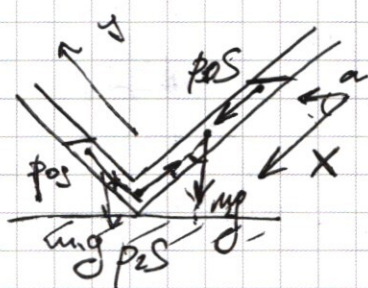
$$p_3 \cos \alpha - m g \cos \alpha - p_3 \sin \alpha = m a$$

0,2

$$a = -g \cos \alpha \quad a = g$$



$$p_3 = p_0 g + \frac{m a g}{\sin \alpha}$$



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

$$\begin{aligned} \text{ox: } m_1 a \cos \alpha &= p_0 s - p_1 s + m_1 g \cos \alpha \\ \text{oy: } m_1 a \cos \alpha &= p_1 s - p_0 s - m_1 g \cos \alpha \\ (m_1 + m_2) a \cos \alpha &= (m_2 - m_1) g \cos \alpha \\ a &= \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_0 &= 0 \\ s &= \frac{a t^2}{2} \\ v &= \sqrt{2 a s} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 2. \\ 2,5 \\ \times 2,5 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 2,5 \\ \times 8 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 6 \quad 9 \\ \underline{2} \quad \underline{3} \\ 3 \quad 2,4 \\ \times 8 \\ \hline 19,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ 13,6 \\ \times 0,9 \\ \hline 1224 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,7 \\ 1,4 \\ \times 8 \\ \hline 13,6 \end{array}$$

$$1,4 - 0,5$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R}{\omega^2 R^2} = \frac{\omega^2 R^2}{R}$$

$$v = \omega R$$

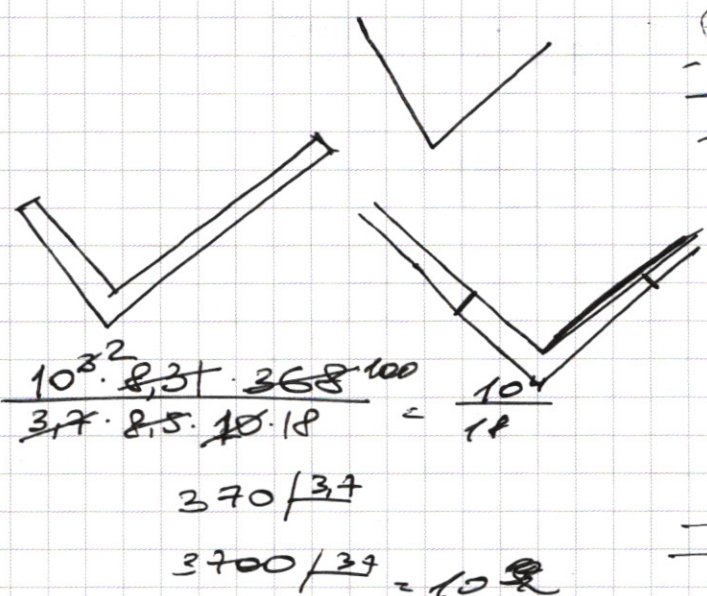
Алгебра

$$- \text{спуск} = \frac{6m v^2}{2}$$

$$v^2 = -2\mu g S$$

$$\frac{2 \cdot dFS}{3 \cdot 6m}$$

$$\frac{2SF}{3m} - 2\mu g S$$



$$\begin{array}{r} 10000 / 18 \\ - 90 \\ \hline 100 \\ - 90 \\ \hline 10 \end{array}$$

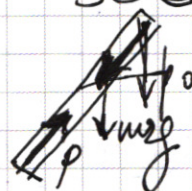
$$555,5...$$

$$\begin{array}{r} 418 \\ \times 5 \\ \hline 90 \end{array}$$

$$a = g$$

$$\frac{104}{18}$$

$$\frac{100}{18} = 5,5 \cdot 10^2$$



$$p \cos \alpha - p \sin \alpha - m \cdot a$$

$$\frac{8,5 \cdot 10 \cdot 18}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{180}{368} \cdot 10^{-3}$$

$$360$$

$$0,5 \cdot 10^{-3}$$