

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.

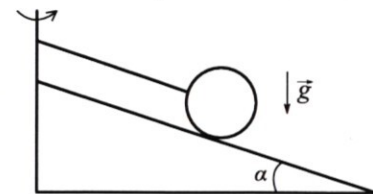
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



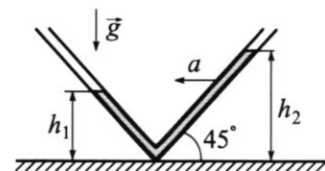
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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

1. $v_0 = 8 \frac{m}{c}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_1 = 2,5 v_0$

1) $v_{16} - ?$
 2) $t - ?$
 3) $L - ?$

1) камень можно бросить 2-мя способами:

П.к. по условию ~~камень~~ камень все время приближается к земле, то вариант 1 не подходит.

2)

По ОХ равнодвиг-е:

$$v_0 \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{v_0 \cos \alpha}{2,5 v_0} = \frac{\cos \alpha}{2,5}$$

3)

$$v_{16} = v_1 \sin \beta = 2,5 v_0 \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = 2,5 v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2,5^2}} = 2,5 v_0 \cdot \frac{\sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha}}{2,5} = v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha}$$

4)

$$v_{16} = 8 \cdot \sqrt{6,25 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = 8 \sqrt{6} \frac{m}{c} \approx 20 \frac{m}{c}$$

4) по ОУ движ-е равноуск.
 $v_{16} = v_0 \sin \alpha + gt$

$$t = \frac{v_{18} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{20 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{20 - 4\sqrt{3}}{10} \approx \underline{1,3 \text{ c}}$$

$$5) L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 = 4,13 \approx \underline{5,2 \text{ м}}$$

Ответ: 1) $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 2) $1,3 \text{ c}$
 3) $5,2 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m; M=5m; \mu;$
 $(F > F_0)$

1) $F_g - ?$
2) $F_0 - ?$
3) $v - ?$

1) $N = (M+m)g = 6mg$

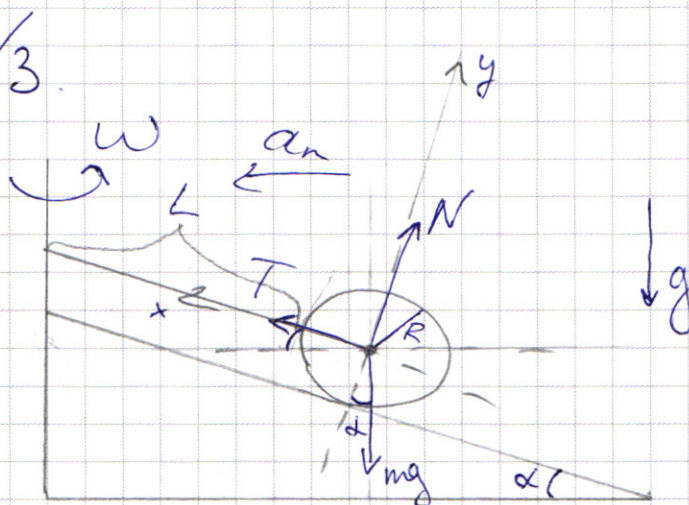
2) II закон Ньютона на систему человек + ящик:
 $ma = 2F - F_{fr} = 2F - \mu N = 2F - 6\mu mg$
 m. Трн $F_{zmin} = F_0, a = 0$
 $2F_0 = 6\mu mg$
 $F_0 = 3\mu mg$

3) ~~теорема об изменении кин. энергии~~
 ~~$F > F_0$~~
 теорема об изменении кин. энергии:
 (для системы ч-к + ящик)
 $\Delta E_k = \sum A$
 $\frac{3}{2} m v^2 = A_{mp} + 2A_F = 2F \cdot S - 6\mu mg S$
 ~~$v^2 = \frac{2(2FS - 6\mu mg S)}{3m} = 2S(\frac{2F}{3m} - 2\mu g) = 2S(\frac{F}{3m} - \mu g)$~~
 $v^2 = \frac{2FS - 6\mu mg S}{3m} = 2S(\frac{F}{3m} - \mu g) \Rightarrow v = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - \mu g)}$

- Ответ: 1) $6mg$
 2) $3\mu mg$
 3) $\sqrt{2S(\frac{F}{3m} - \mu g)}$

m, R, d, L, ω

- 1) $T - ?$
 2) $T_1 - ?$



- 1) система в покое ($a_n = 0$):
 ОХ: $T = mg \sin \alpha$

- 2) система вращ.:
 ОХ: $ma_n \cos \alpha = T_1 - mg \sin \alpha$

$$T_1 = m(g \sin \alpha + \omega^2(R+L) \cos^2 \alpha)$$

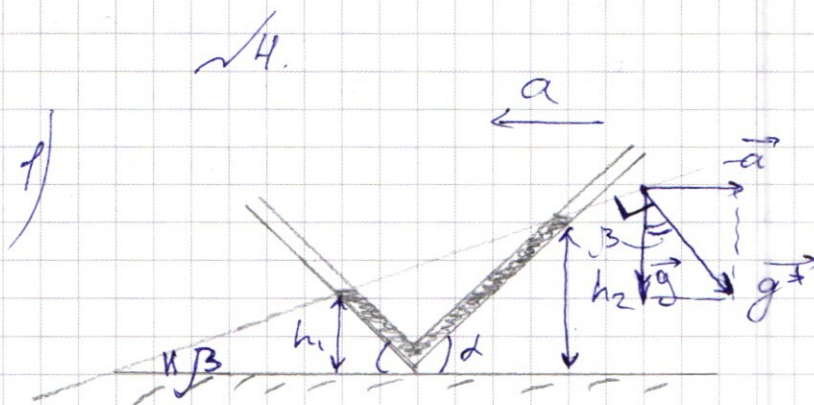
или

- Ответ: 1) $mg \sin \alpha$
 2) $m(g \sin \alpha + \omega^2(R+L) \cos^2 \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$
 $\alpha = 45^\circ$

- 1) a - ?
 2) β - ?



Перегородки в ИМСО, движутся с ускорением $\vec{a}$.

Этот переход будет осуществляться как изменение грав. поля.

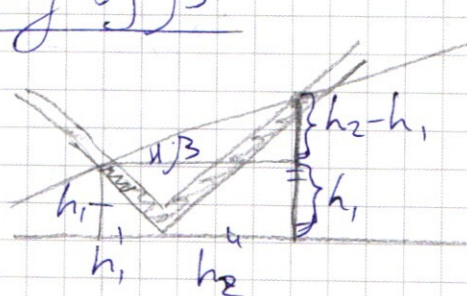
$\vec{g}^*$ - вектор напряжённости эфф. грав. поля.



$$\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$$

Свободный уровень жидкости будет располагаться $\perp \vec{g}^*$.

2) $a = g \tan \beta$



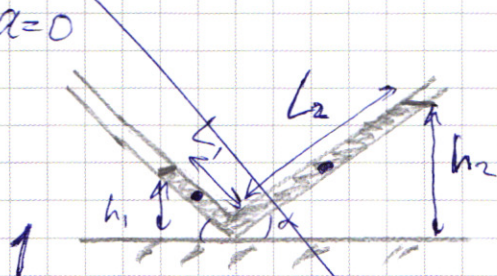
$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = 10 \cdot \frac{12 - 8}{12 + 8} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

3) трубка движется без ускорения

$a=0$



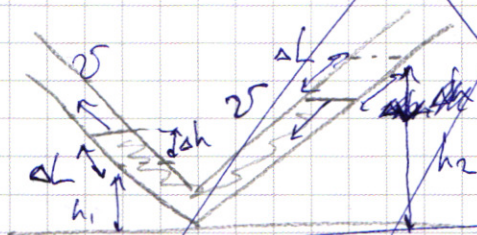
$$L_1 = h_1 \sqrt{2}$$

$$L_2 = h_2 \sqrt{2}$$

Жидкость будет стремиться принять положение с минимальной потенциальной энергией (при этом скорость будет ~~максимальной~~ максимальной)

2

BCD_1



Уровень жидк. в правом колене сместится на δh ; а в левом поднимется на δh .
 $\Delta L = \delta h \sqrt{2}$

m - масса воды

$$3CD: E_{p1} = E_{p2} + E_{k2}$$

$$\frac{m \cdot L_1}{L_1 + L_2} g \frac{h_1}{2} + \frac{m L_2}{L_1 + L_2} g \frac{h_2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m(L_1 + \Delta L)}{L_1 + L_2} g \frac{h_1 + \delta h}{2} + \frac{m(L_2 - \Delta L)}{L_1 + L_2} g \frac{h_2 - \delta h}{2}$$

≈ 208

$$0 = \frac{m v^2}{2} + \frac{m \Delta L (h_1 + \delta h) g}{2(L_1 + L_2)} - \frac{\Delta L (h_2 - \delta h) m g}{(L_1 + L_2) 2}$$

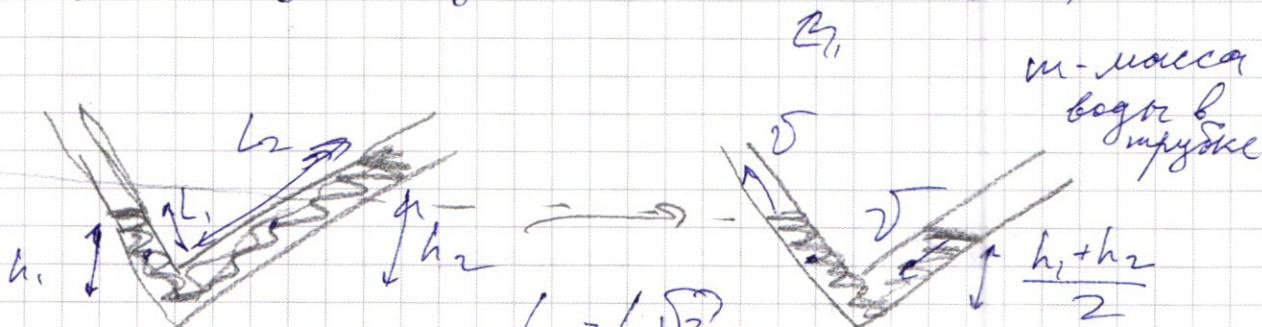
$$\frac{v^2}{2} = \frac{\delta h \sqrt{2} g (h_2 - \delta h)}{(h_1 + h_2) \sqrt{2}} - \frac{\delta h \sqrt{2} g (h_1 + \delta h)}{(h_1 + h_2) \sqrt{2}}$$

$$= \frac{\delta h g}{h_1 + h_2} (h_2 - \delta h - h_1 - \delta h) = \frac{\delta h g (h_2 - h_1 - 2\delta h)}{h_1 + h_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4) \quad (2\sigma^2) = \frac{g(h_2 - h_1 - 2\Delta h)}{h_1 + h_2} - \frac{2\Delta h g}{h_1 + h_2} = \frac{g}{h_1 + h_2} (h_2 - h_1 - 4\Delta h)$$

3) Трубка движется без ускорения



$$\text{ЗСЭ: } \frac{L_1}{L_1 + L_2} m g \frac{h_1}{2} + \frac{L_2}{L_1 + L_2} m g \frac{h_2}{2} = \frac{m \sigma^2}{2} + m g \cdot \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$\frac{h_1^2 \sigma^2 g}{2 \sigma^2 (h_1 + h_2)} + \frac{h_2^2 \sigma^2 g}{(h_1 + h_2) \sigma^2 \cdot 2} = \frac{\sigma^2}{2} + \frac{g(h_1 + h_2)}{4}$$

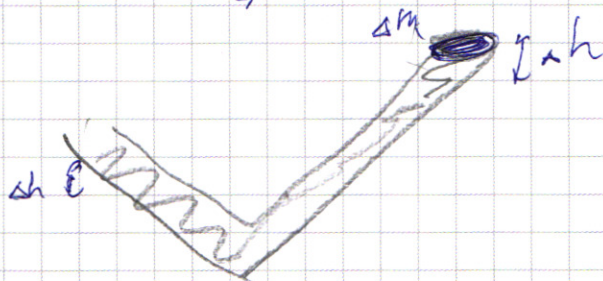
$$\sigma^2 g \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_2} + \frac{h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

$$\sigma^2 = \sqrt{10 \left(\frac{8^2 + 12^2}{8 + 12} - \frac{8 + 12}{2} \right) \cdot 10^{-2}} = \sqrt{10^{-1} \left(\frac{208 - 200}{20} \right)} = \sqrt{\frac{8}{200}} = \frac{2}{10} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $2 \frac{m}{c^2}$

2) $0,2 \frac{m}{c}$

→ $\rho_{\text{жк}} = 60 \text{ н.з.}$
Пусть u - v в прав. колена
исходящая на Δh .



Это будет чувств. как. Будет-то
вода массой Δm опустится из
прав. колена в левое.

Поэтому пока уровни в коленах
не сравняются вода будет
ускоряться (за счет уменьшения
пот. энергии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$t = 95^\circ\text{C}$
 $p = 8,5 \cdot 10^4$
 $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
 $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
 $\gamma = 4,7$

1) $T = \text{const} = 368 \text{ K}$
 $p_{\text{н}} = \text{const} = p$
 $V \downarrow$, p увеличиться не может
 $m \downarrow$ (пар конденсируется)

2) $p = \frac{p_{\text{н}} RT}{\mu}$
 $p_{\text{н}} = \frac{p \mu}{RT}$

3) $\frac{p_{\text{н}}}{p_0} = ?$
 $\frac{V_{\text{н}}}{V_0} = ?$

$\frac{p_{\text{н}}}{p_0} = \frac{p \mu}{RT \cdot p_0} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{1}{25 \cdot 10^2}$
 $\frac{p_{\text{н}}}{p_0} = \frac{1}{2500} = \frac{4}{10000} \approx 0,0004$

3) V - первоначальный объем пара.
 $pV = \frac{m_{\text{но}} RT}{\mu}$ - нач. сост.
 $p \frac{V}{\gamma} = \frac{m_{\text{н}} RT}{\mu}$ - конеч. сост.
 $m_{\text{но}}, m_{\text{н}}$ - масса пара в начальный и конечный момент соотв.
 при объеме пара $\frac{V}{\gamma}$

$\frac{(m_{\text{но}} - m_{\text{н}}) RT}{\mu} = pV - p \frac{V}{\gamma}$

$m_0 = m_{\text{но}} - m_{\text{н}}$ - масса сконденсировавшегося пара, т.е. масса воды в конечной сост.

$$m_g = \frac{pV\mu(1-\frac{1}{\gamma})}{RT}$$

~~V_g~~ 4) V_g - объем воды в конеч. сост.

$$V_g = \frac{m_g}{\rho_g} \Rightarrow V_g = \frac{pV\mu(1-\frac{1}{\gamma})}{RT\rho_g} = \frac{pV\mu(\gamma-1)}{RT\rho_g\gamma}$$

5) ~~V_g~~ V_n - объем пара в конеч. сост.

$$V_n = \frac{V}{\gamma}$$

$$6) \frac{V_n}{V_g} = \frac{V \cdot RT\rho_g\gamma}{\gamma \cdot pV\mu(\gamma-1)} = \frac{RT\rho_g}{p\mu(\gamma-1)}$$

$$\frac{V_n}{V_g} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot (4,7-1)} = \frac{25 \cdot 10^2}{3,7} \approx 6,76 \cdot 10^2 = 676$$

Ответ: 1) 0,0004
2) 676

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

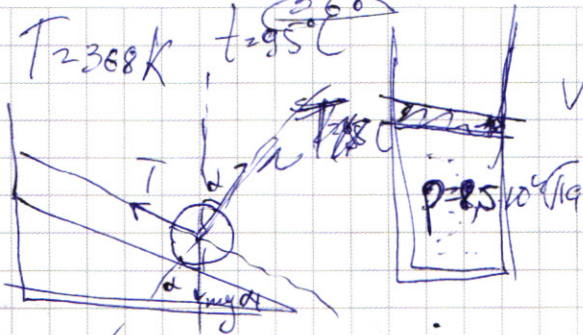
Handwritten physics calculations and diagrams on grid paper. The work includes:

- Top Left:** A diagram of a projectile launched from a height, with velocity components and trigonometric calculations. Equations include $7 \times 2,2$, $4 \times 10 \cos \alpha$, and $5,2 \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5}$.
- Top Right:** A diagram of a square grid with internal lines forming a star-like pattern.
- Middle Left:** A vertical stack of numbers: $2,4$, $+ 2,4$, $\hline 9,6$, $+ 9,6$, $\hline 57,6$.
- Middle Right:** A diagram of a projectile's parabolic path with various labels and calculations. Equations include $v_0 \sin \alpha = 2,5 \sin \beta$, $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$, and $6,25 - \cos^2 \alpha$.
- Bottom Left:** A diagram of a projectile launched from a height, with velocity components and trigonometric calculations. Equations include $7 \times 2,2$, $4 \times 10 \cos \alpha$, and $5,2 \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5}$.
- Bottom Center:** A diagram of a block on a horizontal surface with forces F_0 and F_1 applied. Below it are calculations: $2,45$, $20 - 6,8$, $13,8 - 6,8 = 7$, and 13 .
- Bottom Right:** A diagram of a projectile launched from a height, with velocity components and trigonometric calculations. Equations include $7 \times 2,2$, $4 \times 10 \cos \alpha$, and $5,2 \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5}$.

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 11
(Нумеровать только чистовики)

$T = 2368 K$ $t = 95^\circ C$



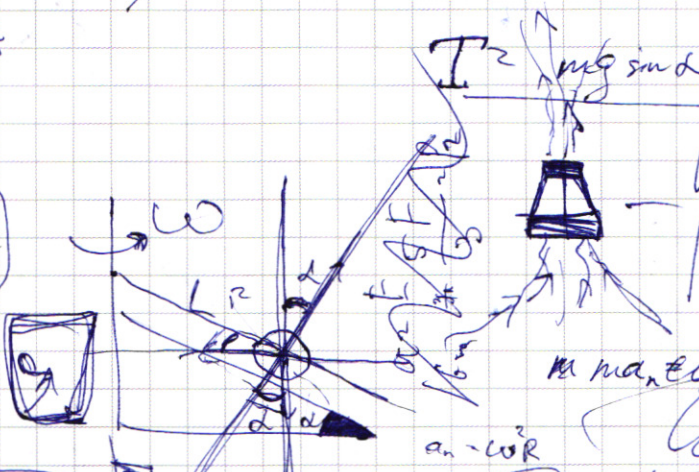
$V \downarrow p = const \Rightarrow m \downarrow$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{pRT}{p_0 R T_0} = \frac{p}{p_0} \frac{T}{T_0}$$

$\frac{p}{p_0}$

3) $\frac{p}{p_0} = \frac{p}{p_0}$

2)

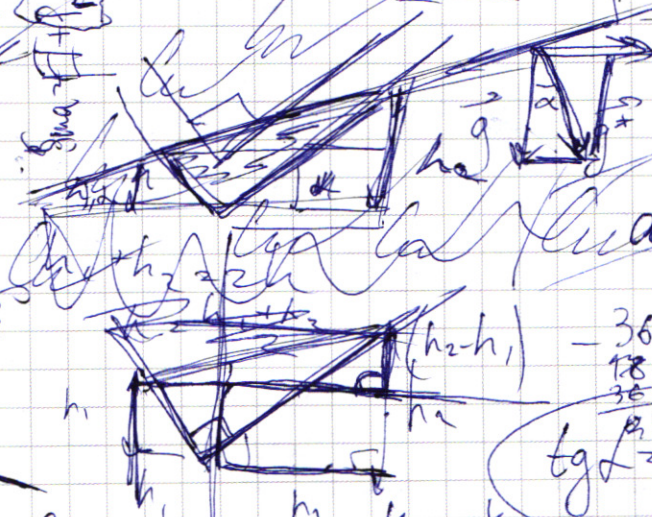


$$pV = \frac{mRT}{\mu}$$

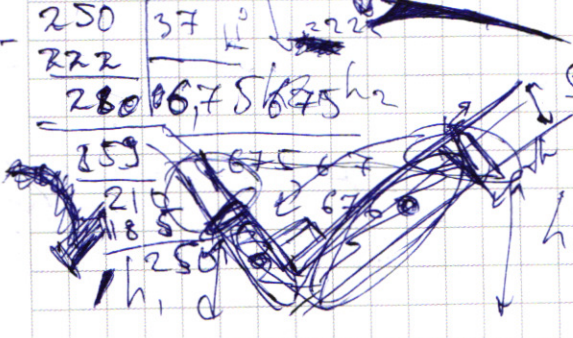
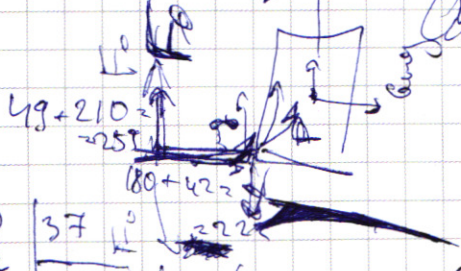
$$\frac{m}{m_0} = \frac{pV}{p_0 V_0} = \frac{p}{p_0} \frac{V}{V_0}$$

$$T - mg \sin \alpha = m a_{\text{centr}} = m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

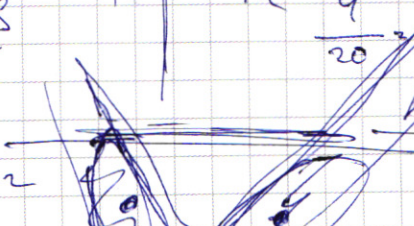
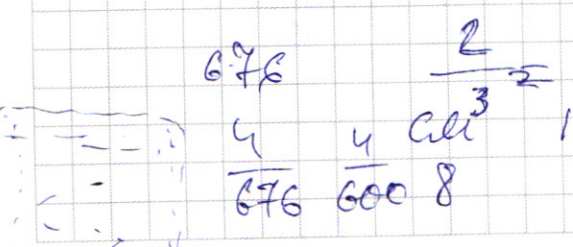
$$T = m (\omega^2 (L + R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$$



$$a = g \tan \alpha$$



$$\tan \alpha = \frac{h_2}{h_1} = \frac{h_2}{h_1}$$



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