

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

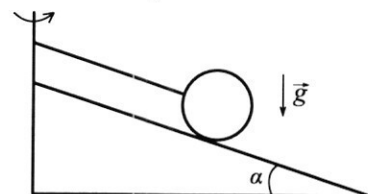
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

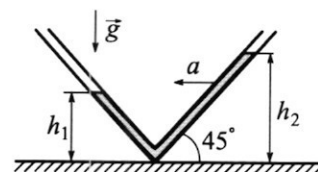
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

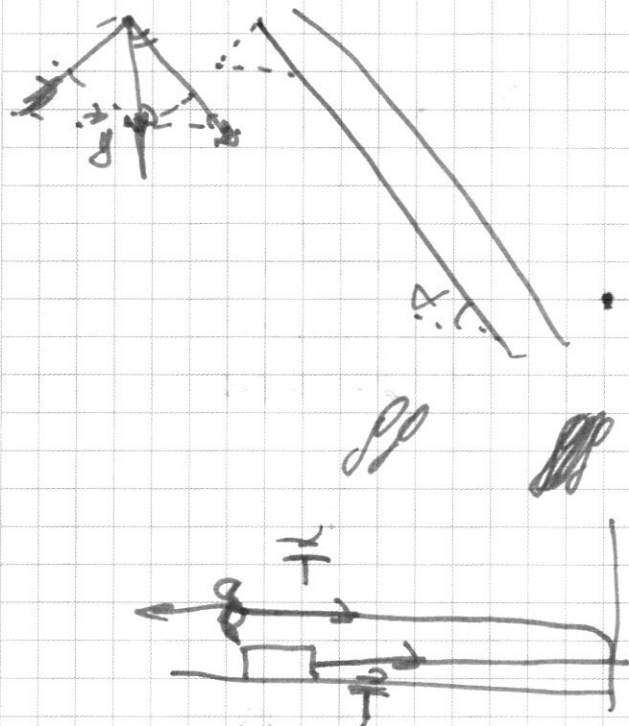


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



$$\rho g h_1 - \rho a h_1 t g \alpha =$$

$$= \rho g h_2 + \rho a h_2 t g \alpha$$

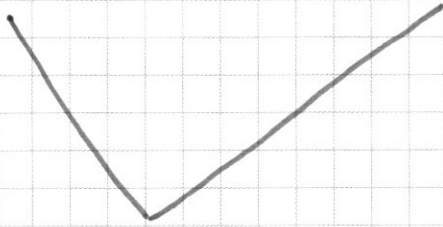
1) 3 мс

2) $2T = 3 \text{ мс}$

$T = \frac{2}{3} \text{ мс}$

3) $S = \frac{2F - 3 \text{ мс}}{3 \text{ м}}$

$\frac{6 \text{ мс}}{2F - 3 \text{ мс}} = t$



$$\begin{aligned}
 & a l_1 \cos \alpha + p l_1 \sin \alpha = \\
 & = a l_2 \cos \alpha + p l_2 \sin \alpha \\
 & p a l_1 \cos \alpha + p p l_1 \sin \alpha = \\
 & = g_0
 \end{aligned}$$

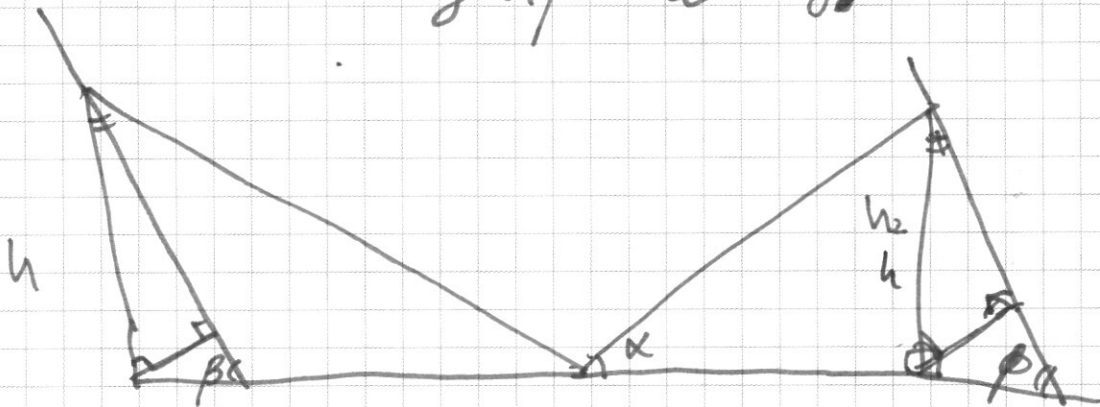
$$p \sqrt{a^2 + g^2} h_1 = p \sqrt{a^2 + g^2} h_2$$



$$\tan \alpha = \frac{g}{a}$$

$$p p l_1 \sin \alpha$$

$$p p l_2 \cos \alpha$$



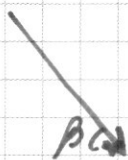
$$h \sin \beta$$

$$p g \sin \alpha$$

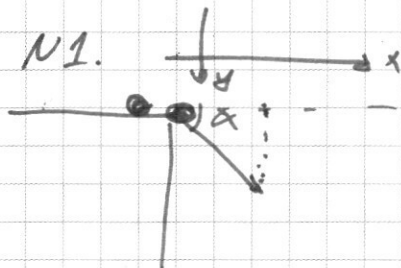


$$\tan \beta = \frac{g}{a}$$

$$\beta \in [0^\circ; 90^\circ)$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$3) \frac{m v_0^2}{2} + mgh = \frac{4 m v_0^2}{2}$$

$$gh = \frac{3 v_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3 v_0^2}{2g}$$

$$1) v_x = \text{const} \Rightarrow 4 v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_y^2 = 4 v_0^2 - (v_0 \cos \alpha)^2 =$$

$$= 4 v_0^2 - \left(v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 =$$

$$= 4 v_0^2 - \frac{3}{4} v_0^2 =$$

$$= \frac{13}{4} v_0^2 \Rightarrow v_y = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$2) t = \frac{v_y - v_{y0}}{g}$$

$$\rho = \frac{p_n R T}{p_n}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{R T}{R T_0}$$

$$T = \text{const} \Rightarrow p_n = \text{const}$$

$$27 + 273 = 300$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,3 \cdot 3 \cdot 10^6} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,3 \cdot 3} \cdot 10^{-6} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 6}{8,3 \cdot 3} \cdot 10^{-6} =$$

$$3,55 \cdot 6 =$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ 600 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\frac{213}{8,3} = \frac{253}{83}$$

$$\begin{array}{r} 335 \\ 2130 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\frac{210}{00} = \frac{21}{8}$$

$$\begin{array}{r} 21781 \\ \times 1612 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21383 \\ \times 166256 \\ \hline 470156 \\ 615 \\ 550 \\ 191 \\ \hline 52 \end{array}$$

$$\frac{1}{4,6} \cdot \frac{1}{2,56 \cdot 10^5} = (4,6 \cdot 2,56)^{-1} \cdot 10^5$$

$$4,6 \cdot 2,6 \cdot 10^5$$

$$46 \cdot 26 = 23 \cdot 2 \cdot 132 =$$

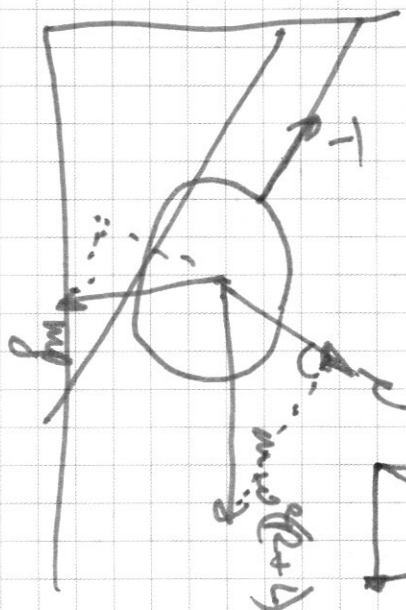
$$= 23 \cdot 13 \cdot 4 = 299 \cdot 4 =$$

$$\approx 1200$$

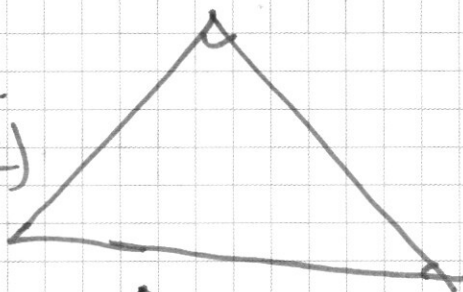
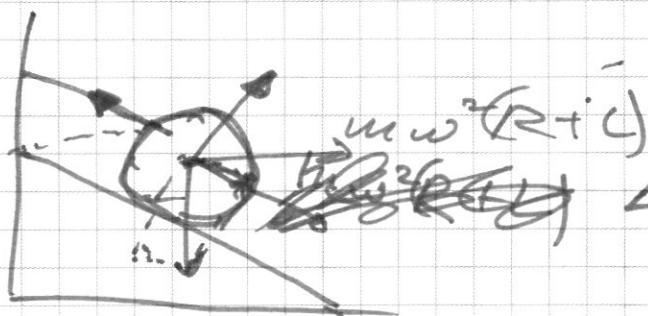
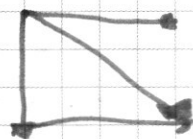
$$\frac{1}{1200} \cdot 10^5 =$$

$$= \frac{1}{12 \cdot 10^2} \cdot 10^5 =$$

$$= \frac{10^3}{12}$$



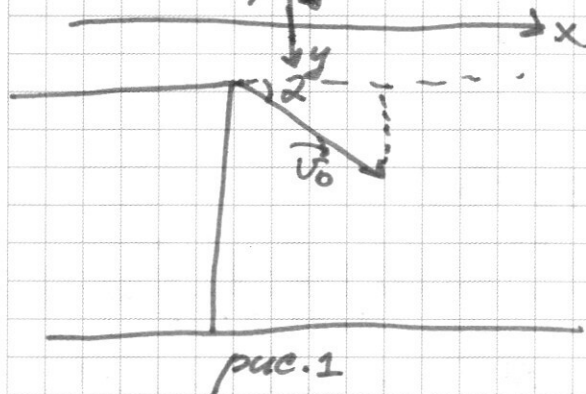
$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 13 \\ \hline 69 \\ 239 \\ \hline \end{array}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1.

Т.к. гайка всё время приближа-
лась к земле, $v_{0y} = 0$ (оси как на
рисунке), v_{0x} — проекция $\vec{v}_0$ на ось x , для
ост. скорости аналогично.



$\vec{g}$ направлено по Oy ,
 $\Rightarrow v_x = \text{const.}$

v_k — конечная скорость.

$$v_k = 2v_0;$$

$$v_k^2 = v_{kx}^2 + v_{ky}^2 \quad (\text{т. Пифагора})$$

$$v_{kx} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{ky}^2$$

$$v_{ky}^2 = 4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha = 4v_0^2 - v_0^2 \cdot \frac{3}{4} = \frac{13}{4} v_0^2$$

$$v_{ky} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 \quad (1) \quad v_{ky} = \frac{\sqrt{13} \cdot 10}{2} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

Запишем $v_y(t)$:

$$v_y(t) = v_{0y} + gt$$

$$v_y(t_n) = v_{ky} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$\frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = \frac{v_0}{2} + gt_n$$

$$t_n = v_0 \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right) / g = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с} \quad (2)$$

Запишем ЗСЗ;

обозначим t_n временем
падения.

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = \frac{v_0}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + mgh = \frac{m v_k^2}{2} = \frac{m 4 v_0^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} + gh = \frac{4 v_0^2}{2} = 2 v_0^2$$

$$gh = \frac{3}{2} v_0^2$$

$$\boxed{h = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{100}{10} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м.} \quad (3)$$

№5.

3-й Канейрона - Менделеев:

~~Вопрос~~

$$p = \frac{p_n RT}{p_n} \quad (p_n - \text{плотность пара)}$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{RT}{p_n} \quad (1) \quad | \quad 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{p_n}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300 \cdot 10^3} = \frac{3,55 \cdot 3 \cdot 6}{8,3 \cdot 3 \cdot 10^5} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 6}{8,3} \cdot 10^{-5} = \frac{213}{83} \cdot 10^{-5} \quad (1) \quad (\approx 2,56 \cdot 10^{-5})$$

В ходе процесса $T = \text{const}$, пер. остаётся насыщенным, $p_n = \text{const}$

В начале в паре m_0 , $V_{\text{пара}} V_0$. $m_0 = p_n V_0$

В момент 2, когда упрет в шток в p

$$V = V_2 = \frac{1}{r} V_0 \Rightarrow p_n V_1 = p_n r V_0 \Rightarrow m_1 = \frac{1}{r} m_0$$

(m_1 - масса пара в момент 2).

$$\text{Масса воды в момент 2 } m_B = m_0 - m_1 =$$

$$= m_0 (1 - \frac{1}{r}) = p_n V_0 (1 - \frac{1}{r}). \quad \text{Объём воды}$$

$$\text{в момент 2 } V_B = \frac{m_B}{p} = \frac{p_n}{p} V_0 (1 - \frac{1}{r})$$

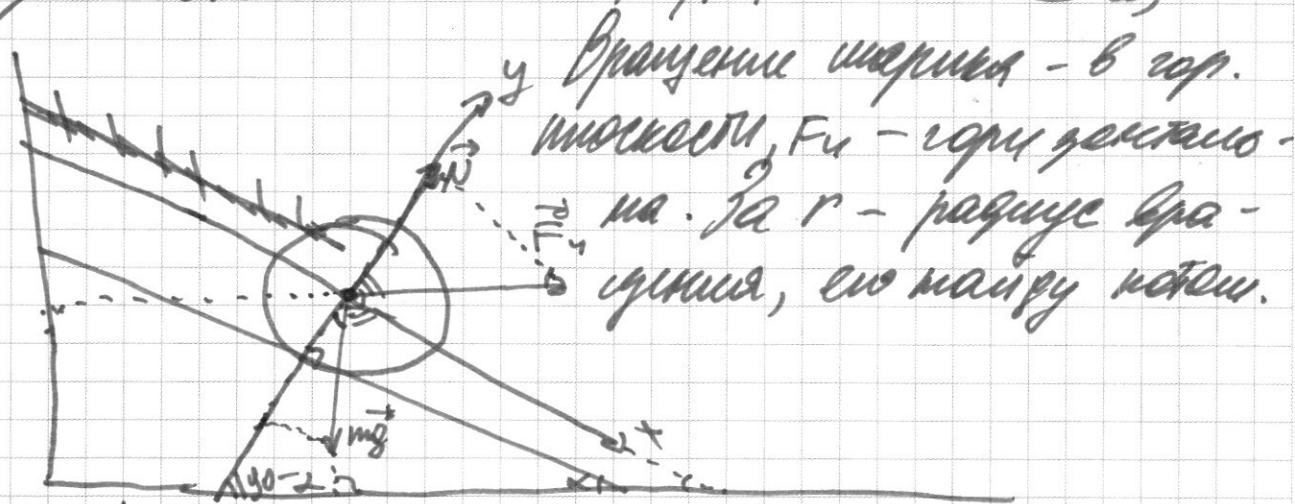
$$\frac{V_1}{V_B} = \frac{r V_0}{\frac{p_n}{p} V_0 (1 - \frac{1}{r})} = \frac{p_n}{p} \frac{r}{1 - \frac{1}{r}} = \frac{p_n}{p} \frac{r}{1 - \frac{1}{r}} =$$

$$= \frac{1}{r - 1} \cdot \frac{p_n}{p} \approx \frac{10^3}{12}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.

Решим 2), 1) - сущай 2 при $\omega = 0$. Перейдем в ИСО, в ко-
торой шарик покоится.
В этой С на шарик
действует F_c (центр-
оискательная сила), $F_c = m \omega^2 r$



N - нормальная р-я сила со
стороны плоскости на шарик.

F_c - сила тащущая на шарик.

II 3-и Ньютона в проекции на ось y :

$$N_y + F_{cy} + F_{ny} = 0 \quad (F_y - \text{проекция}$$

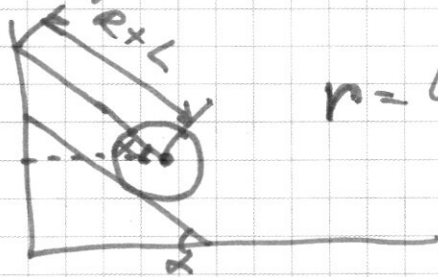
F на ось y)

$$N \cos \alpha - mg \cos \alpha + m \omega^2 r \sin \alpha = 0$$

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

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

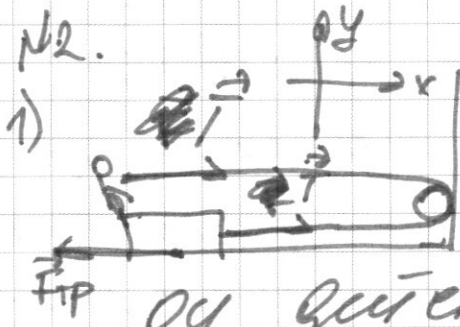
Найдем r .



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

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

$$N_0 = mg \cos \alpha \quad (\text{при } \omega = 0) \quad (1)$$



Сила нат. нити за $\vec{T}$;
 На систему из шара
 и ящика по
 оси действуют только силы тя-
 жести $\Rightarrow$

$$F_{\text{тяж.}} = (m+M)g = 3mg \quad (1)$$

2) Человек действует на нитку с
 силой $\vec{T} = T$; по 3-м нить действует
 на человека с силой натяжения
 $\vec{T}$; Нить невесомая и пружинная $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ на ящик сверху тоже действует $\vec{T}$.

В случае $\vec{F} = \vec{F}_0$ $F_{\text{тр}} = 3mg$, а
 $\sum \vec{F}_i$ на систему из человека и ящи-
 ка $= \vec{0}$. По оси $\sum F_{iy}$ всегда 0.

4 3-м Ньютона в проекции на ось:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2T = 3 \mu m g = 2F_0$$

$$F_0 = \frac{3}{2} \mu m g \quad (2)$$

3). II зм Мюотена в проекции на α .
 $2T - F_{тр} = (m + M) a_x \leftarrow 3m a_x = 3m a = 2F - F_{тр}$

(a — ускорение системы из шара и ящика)

$F > F_0 \Rightarrow F_{тр} = 3 \mu m g$ (система скользит)

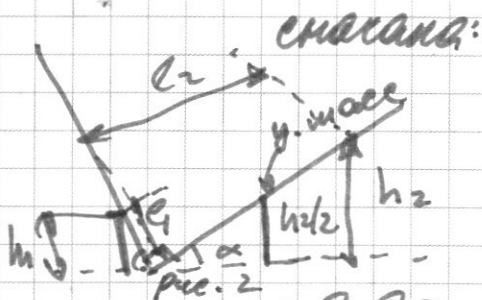
$$2F - 3 \mu m g = 3m a$$

$$a = \frac{2F - 3 \mu m g}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3 \mu m g}} \quad (3)$$

и.

2)

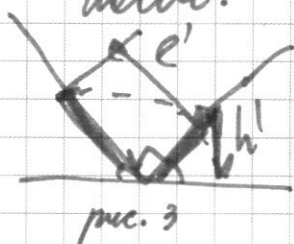


Возьмем за l и h —
длину и высоту
ветви в трубке.

Напишем БЗС:

$$\rho l_1 g h_1 / 2 + \rho l_2 g h_2 / 2 = \frac{\rho (l_1 + l_2) v^2}{2} + \rho l' g h'$$

($l_1, l_2, h_1, h_2, l', h'$ — на рис.)



$$\rho (l_1 + l_2) = \rho 2l'$$

$$l' = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}; \quad l_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha}; \quad l' = \frac{h_1 + h_2}{2 \sin \alpha}$$

$$h' = l' \sin \alpha$$

$$\cancel{\rho l_1 g h_1 + \rho l_2 g h_2 = \rho(l_1 + l_2) \sigma^2 + \frac{\rho(l_1 + l_2)}{2} g h_1}$$

$$\cancel{g \frac{l_1^2}{\sin \alpha} + g \frac{l_2^2}{\sin \alpha} = \frac{l_1 + l_2}{\sin \alpha} \sigma^2 + \frac{l_1 + l_2}{2 \sin \alpha} g}$$

$$\cancel{\sigma^2 = \left(\frac{g}{\sin \alpha} (h_1^2 + h_2^2) - \frac{g}{\sin \alpha} \left(\frac{(h_1 + h_2)^2}{2} \right) \right) \cdot \frac{\sin \alpha}{h_1 + h_2} =}$$

$$\cancel{\sigma = \left(g(h_1^2 + h_2^2) - g(h_1 + h_2)^2 \right) \frac{1}{h_1 + h_2}}$$

$$\frac{l_1 g h_1}{2} + \frac{l_2 g h_2}{2} = \frac{(l_1 + l_2) \sigma^2}{2} + l_1' g h_1'$$

$$l_1 g h_1 + l_2 g h_2 = (l_1 + l_2) \sigma^2 + l_1' g h_1' \cdot 2$$

$$g \frac{l_1^2}{\sin \alpha} + g \frac{l_2^2}{\sin \alpha} = \frac{l_1 + l_2}{\sin \alpha} \sigma^2 + 2 \cdot \frac{(h_1 + h_2)^2}{2 \sin \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot g$$

$$\left(\frac{g}{\sin \alpha} \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{\sin \alpha} \right) - 2 g \sin \alpha \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \sin \alpha} \right)^2 \cdot \frac{\sin \alpha}{h_1 + h_2} \right) \cdot \frac{1}{g} = \sigma$$

1) Заменим условие равенства давлений в Т. А (рис. 4), разность давлений, создаваемые искривлениями $\vec{a}$ и $\vec{g}$:

$$\rho g h_1 + \rho a h_1 \sin \alpha = \rho g h_2 + \rho a h_2 \sin \alpha$$

$$h_1 (g + a \sin \alpha) = h_2 (g + a \sin \alpha)$$

$$h_2 = \boxed{h_1 \frac{g + a \sin \alpha}{g + a \sin \alpha}} = h_1 \frac{g + a}{g + a} = 10 \cdot \frac{6}{14} =$$

$$= \frac{60}{14} = \frac{30}{7} \text{ см.}$$

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

$$\left(g(h_1^2 + h_2^2) - \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} g \right) \cdot \frac{1}{h_1 + h_2} = \sigma$$