

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 $2,5V_0$.

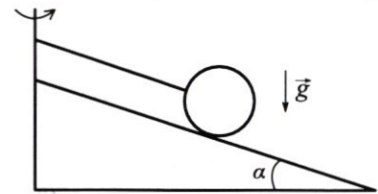
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



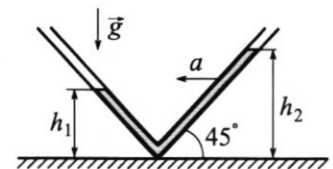
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.



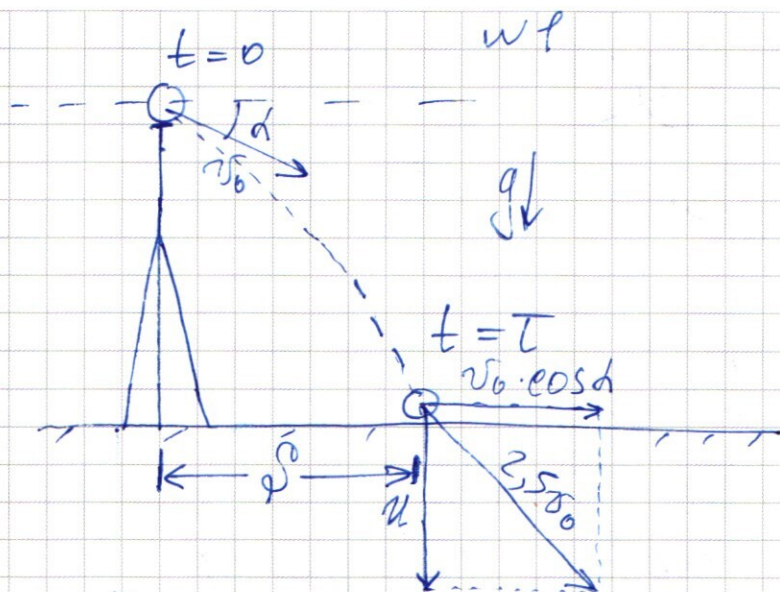
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



т. Пифагора

$$u = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} = 8 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = 8\sqrt{6} \approx 19,68 \text{ м/с}$$

Кинематика: $u - v_0 \cdot \sin \alpha = g \tau$

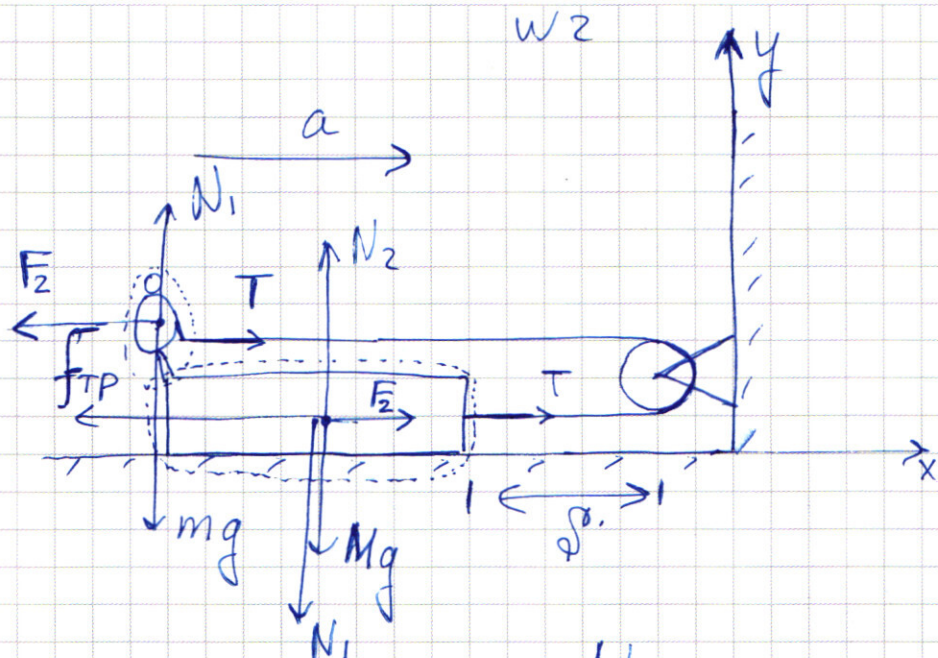
$$\tau = \frac{u - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha}{g} v_0 =$$

$$= \frac{8\sqrt{6} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \approx 1,3 \text{ с}$$

$$\rho = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \tau = \frac{\sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha}{g} v_0^2 \cdot \cos \alpha =$$

$$\approx 1,3 \cdot 8 \cdot \frac{1}{2} \approx 8,8 \text{ м, } 6 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha}$; $19,68 \text{ м/с}$; $\frac{\sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha}{g} v_0$;
 $1,3 \text{ с}$; $\frac{\sqrt{\frac{25}{4} - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha}{g} v_0^2 \cdot \cos \alpha$; $8,8 \text{ м, } 6 \text{ м}$



1-й. Ньютона O_{xy} : $N_1 = mg$

O_{xy} : $N_2 = Mg + N_1$

По 3-й. Ньютона человек с лассиком давит на пол с силой $N_2 = Mg + mg = 6mg$

2-й. Ньютона: O_x : $Ma = T + F_2 - F_{тр}$

O_x : $ma = T - F_2$

$$(m+M)a = 2T - F_{тр} \rightarrow T = \frac{F_{тр} + (m+M)a}{2}$$

Человек тянет за канат с силой T , видно, что T будет минимальна тогда, когда $a = 0$ (практически ноль!).

$$F_0 = \frac{F_{тр}}{2} = \frac{\mu N_2}{2} = 3\mu mg$$

Кинематика

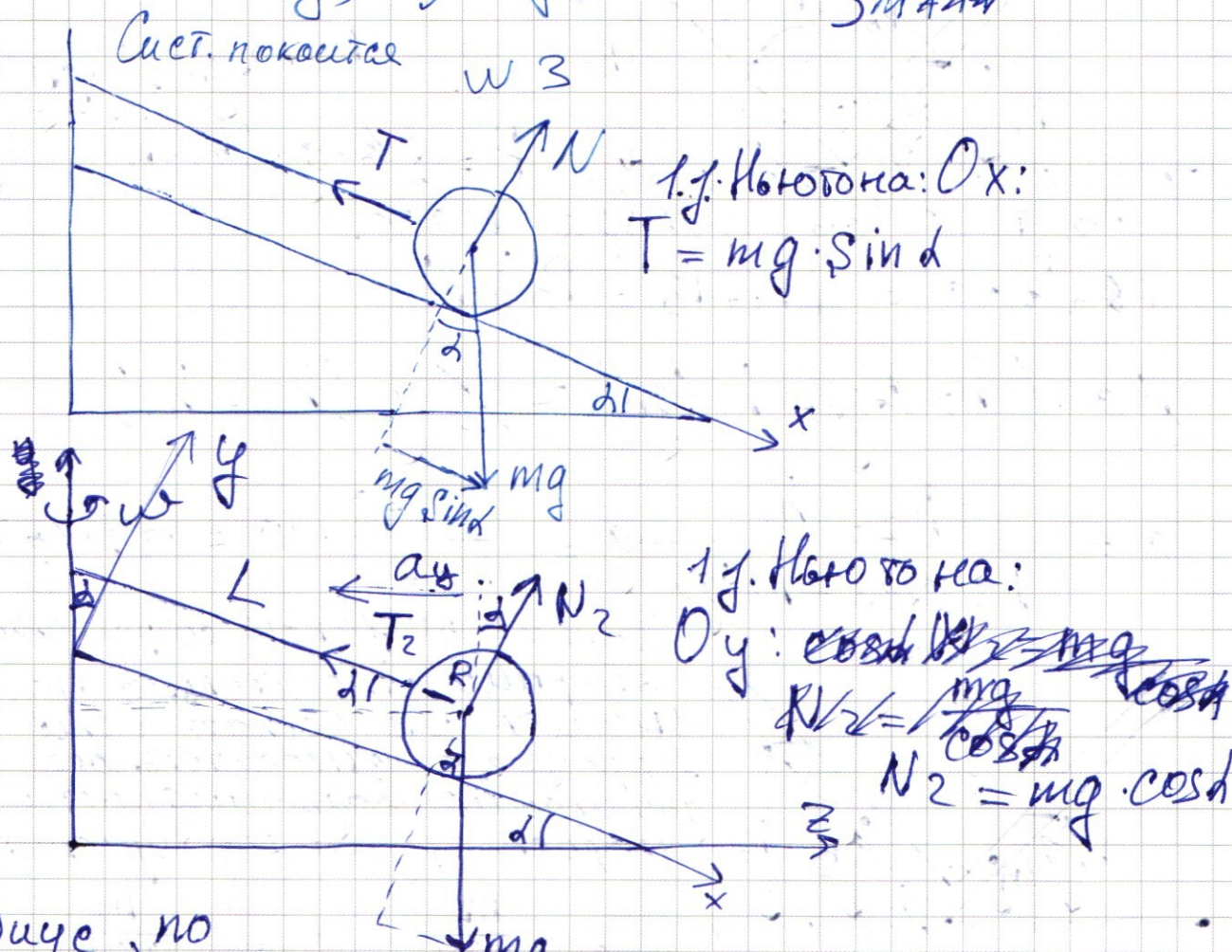
$$s = \frac{v_{кон}^2 - v_{нач}^2}{2a} \rightarrow \text{так } v_{кон} = \sqrt{2as}$$

$$a = \frac{F_{тр} + (m+M)a}{2} \rightarrow a = \frac{2F - F_{тр}}{m+M} = \frac{2F - 6\mu mg}{m+M}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_{\text{кон}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2F - 6\mu mg}{m+M}} = \sqrt{2 \cdot \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$$

Ответ: $6\mu mg$; $3\mu mg$; $\sqrt{2 \cdot \frac{2F - 6\mu mg}{3m+4m}}$



Радиус, по которому будет двигаться центр масс шара $\cos \alpha \cdot (L+R)$

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 \cos \alpha (L+R)$$

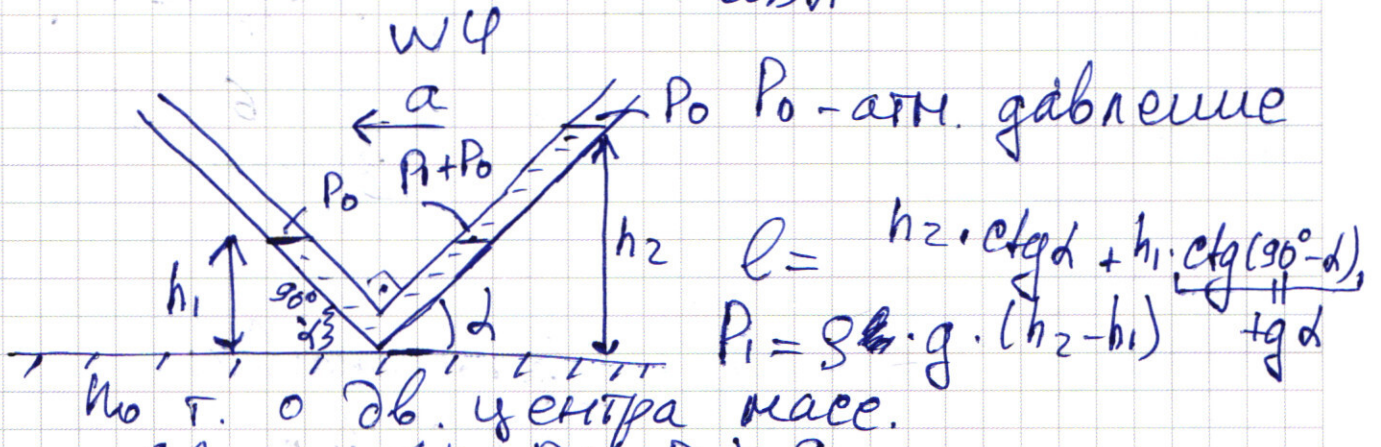
По теореме о движении центра масс:

$$Oz: m a_{\text{ц}} = T_2 \cdot \cos \alpha - \sin \alpha N_2 \Rightarrow$$

$$m \omega^2 \cos \alpha (L+R) = T_2 \cos \alpha - mg \tan \alpha \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$T_2 = m \omega^2 \cos \alpha (L+R) + \frac{mg \tan \alpha \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

Ответ: $m \omega^2 (L+R) + \frac{mg \tan \alpha \sin \alpha}{\cos \alpha}$

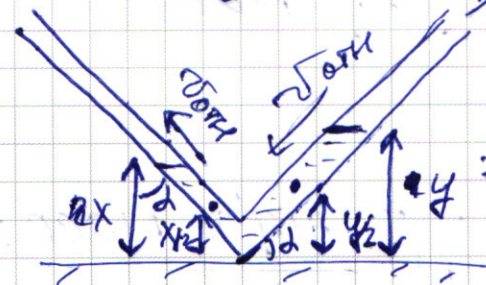
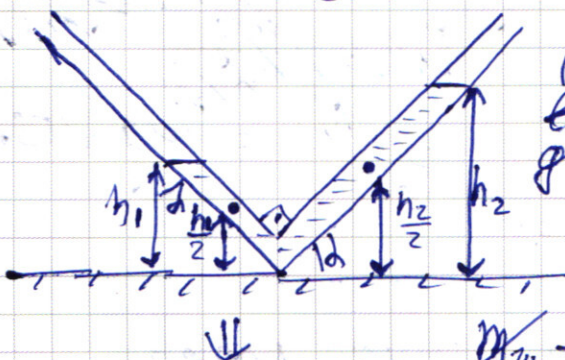


$$\rho \cdot S \cdot a = (P_1 + P_0 - P_0) S$$

$$\rho a \cdot (h_2 \cot \alpha + h_1 \tan \alpha) = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_2 \cot \alpha + h_1 \tan \alpha} \cdot g = \frac{12 - 8}{12 + 8} \cdot 10 = 2 \text{ м/с}^2$$

Запишем закон сохранения энергии относительно трубки (можно это сделать если в процессе относительного движения водной массы скорость трубки не изменится!)



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

$$= \frac{m_m v_{\text{отн}}^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{g}{\sin \alpha} \frac{h_1}{\cos \alpha} + \frac{1}{2} \frac{g}{\cos \alpha} \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

$$\cdot \left(\frac{h_1}{\cos \alpha} + \frac{h_2}{\sin \alpha} \right) m_m$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\frac{h_2 g}{2} \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} + \frac{h_1 g}{2} \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2} =$$

$$= \frac{v_{0TH}^2}{2} + \frac{y g}{2} \cdot \frac{y}{y + x} + \frac{x g}{2} \cdot \frac{x}{x + y}$$

+ Длина столбика широкости:

$$\frac{h_1}{\cos \alpha} + \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{y}{\sin \alpha} + \frac{x}{\cos \alpha} \quad (\alpha = 45^\circ)$$

$$h_1 + h_2 = x + y \rightarrow x + y = \frac{h_1 + h_2}{1}$$

$$\frac{g}{2} \frac{h_2^2}{h_1 + h_2} + \frac{g}{2} \frac{h_1^2}{h_1 + h_2} = \frac{v_{0TH}^2}{2} +$$

$$+ \frac{g y^2}{2} \cdot \frac{1}{h_1 + h_2} + \frac{g x^2}{2} \cdot \frac{1}{h_1 + h_2}$$

$$h_2^2 + h_1^2 = \frac{v_{0TH}^2}{g} (h_1 + h_2) + (x^2 + y^2)$$

$$\frac{v_{0TH}^2}{g} (h_1 + h_2) = \frac{h_2^2 + h_1^2}{1} - (x^2 + y^2)$$

$$+ h_1^2 + h_2^2 - 2(h_1 + h_2)x + 2h_1 h_2$$

$$v_{\text{отн}}^2 = \frac{g}{h_1 + h_2} (-2x^2 + 2(h_1 + h_2)x - 2h_1 h_2)$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{2g \left(x - \frac{x^2 + h_1 h_2}{h_1 + h_2} \right)}$$

поиск максимальный скорости.

$$v_{\text{отн}} = \frac{1}{2} \sqrt{2g \left(x - \frac{x^2 + h_1 h_2}{h_1 + h_2} \right)} (2g - \frac{2g}{h_1 + h_2} \cdot 2x) = 0$$

$$2g = \frac{2g \cdot 2x}{h_1 + h_2}$$

$$x = \frac{h_1 + h_2}{2} \Rightarrow x = y = \frac{h_1 + h_2}{2} = x$$

При $x = y$ скорость будет максимальной

$$v_{\text{отн}}^2 = \frac{g}{h_1 + h_2} \left(-x \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} + x \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} - 2h_1 h_2 \right) =$$

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

$$v = v_{\text{отн}} = \sqrt{g \left(\frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{2h_1 h_2}{h_1 + h_2} \right)} =$$

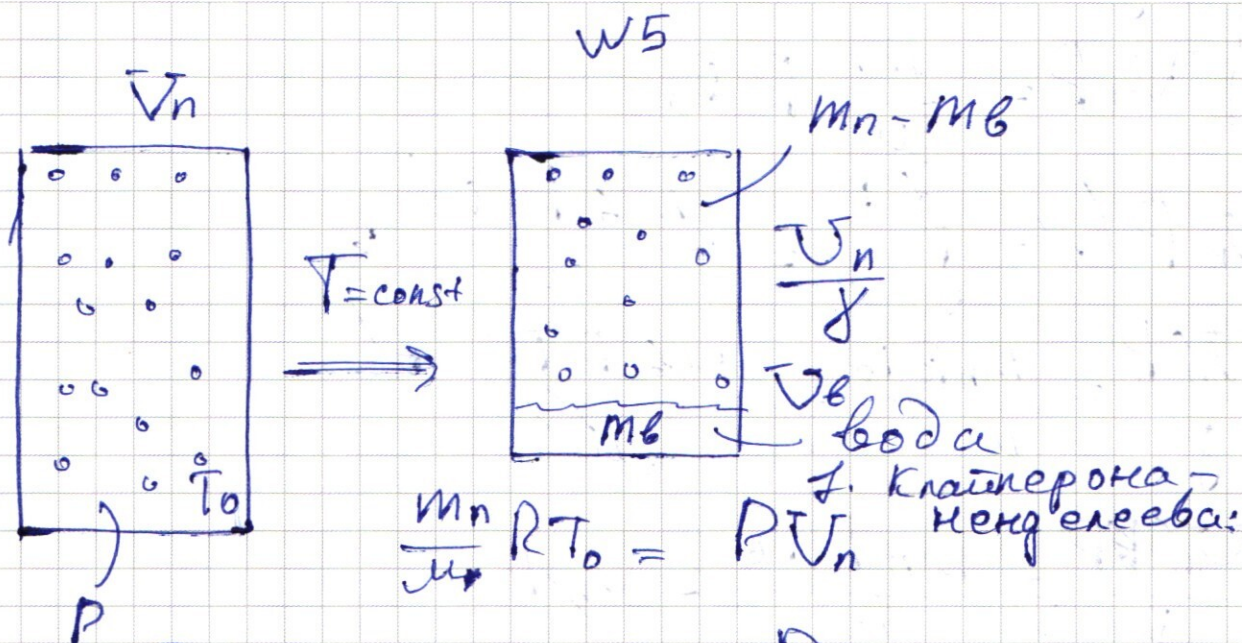
$$= \sqrt{10 \left(\frac{20 \cdot 10^{-2}}{2} - \frac{2 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 10^{-2}}{20} \right)} =$$

$$= \sqrt{1 - 8 \cdot 12 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{1 - 0,96} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $\frac{h_2 - h_1}{h_2 \sin \alpha + h_1 \sin \alpha}$; g ; 2 м/с^2 ; $\sqrt{g \left(\frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{2h_1 h_2}{h_1 + h_2} \right)}$;

$0,2 \text{ м/с}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\lambda = \frac{S_n}{S_b} = \frac{m_n}{S V_n} = \frac{P \mu}{S R T_0} =$$

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

при сжатии пар ~~не~~ всё ещё остаётся насыщенным, и его давление остаётся постоянным и равным P .

$$\varphi = \frac{V_n}{V_b} = \frac{\frac{m_n R T_0}{\mu P}}{\frac{m_b}{S} \gamma} = \frac{m_n R T_0 S}{\mu P m_b \gamma}$$

ур-ие Кэу-перона - Менделеева

$$\frac{V_n P}{\gamma} = \frac{m_n - m_b}{\mu} R T_0$$

$$\frac{V_n P}{\gamma} = \frac{m_n}{\mu} R T_0$$

$$V_n P \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = \frac{m_b R T_0}{\mu}$$

$$\frac{V_n P}{\gamma} = \frac{m_n R T_0}{\mu} - \frac{m_b R T_0}{\mu}$$

$$\frac{V_n P}{\gamma} = \frac{m_n R T_0}{\mu} - V_n P$$

$$\frac{\frac{m_n R T_0}{\mu}}{\frac{m_b R T_0}{\mu}} = \frac{V_n P}{V_n P \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} = \frac{m_n}{m_b}$$

$$\varphi = \frac{\frac{R T_0 \gamma}{\mu P \gamma} \frac{m_n}{m_b}}{\frac{R T_0 \gamma}{\mu P (\gamma - 1)}} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7}$$

$$\approx 5 \cdot 10^2$$

Ответ: $\frac{P \mu}{8 R T_0}$; $5 \cdot 10^{-4}$; $\frac{R T_0 \gamma}{\mu P (\gamma - 1)}$; $5 \cdot 10^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2,5^2 = 6,25$$

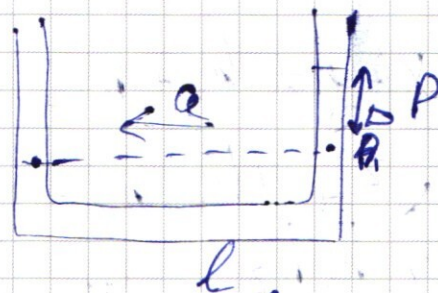
$$\begin{array}{r} 2,48 \\ \times 2,48 \\ \hline 1984 \\ 992 \\ 496 \\ \hline 6,1504 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,46 \\ \times 2,46 \\ \hline \end{array}$$

$$6,1504$$

$$x^2 = 2,48^2$$

$$y^2 = 2,46^2$$



$$a \cdot g \cdot l = \Delta P \cdot g$$

$$6,1504 - y^2 = (2,48 + 2,46) \cdot 0,02$$

$$\frac{4}{20} \cdot 10 = 2$$

$$y^2 = 6,1504$$

$$\begin{array}{r} 2,46 \\ \times 2,46 \\ \hline 13,88 \end{array}$$

$$1,4$$

$$2,8 - 1 = 1,8$$

$$\frac{3,4}{5} \cdot 1,8 = \frac{2,6,809}{10} = \frac{136 \cdot 0,9}{10} = 1,36 \cdot 0,9$$

$$\begin{array}{r} 3,4 \\ - 1,8 \\ \hline \end{array}$$

$$4 \cdot 1,3 \cdot 1,7 =$$

$$\begin{array}{r} \times 1,36 \\ 136 \\ \hline 1,224 \end{array}$$

$$3,4 \cdot 2 \cdot 1,3 = 6,8 \cdot 1,3$$

$$\begin{array}{r} \times 6,8 \\ 1,3 \\ \hline 204 \\ 68 \\ \hline 8,84 \end{array}$$

$$4 \left(x^2 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2} - x \right)^2 \right) = \frac{1000}{90} \cdot \frac{18}{10,5}$$

$$= 4x^2 +$$

$$x + y = h_1 + h_2$$

$$x^2 + (h_1 + h_2 - x)^2 = 2x^2 + h_1^2 + h_2^2 - 2x(h_1 + h_2) + 2h_1h_2$$

$$48 \cdot 2 = 9,6$$

$$10 - \frac{12,8}{10} =$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 8 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$9 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-2}$$

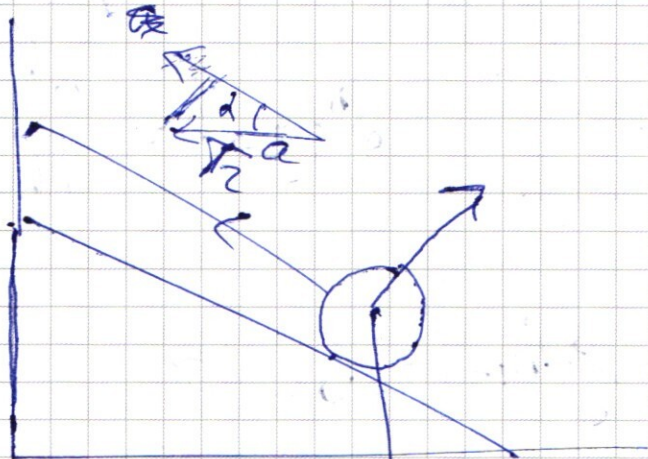
$$\frac{368}{183} = \frac{3}{61}$$

$$\begin{array}{r} 3,000 \\ 2,44 \\ \hline -560 \\ 549 \\ \hline 11 \end{array}$$

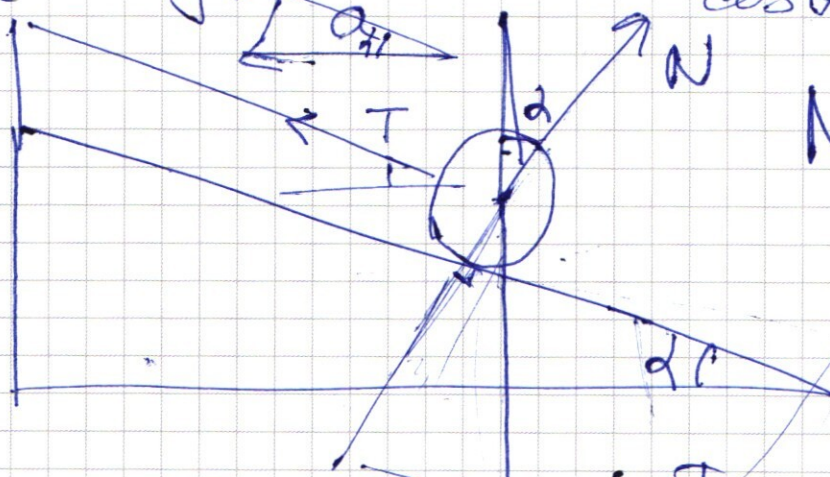
$$\frac{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} =$$

$$\approx \frac{1}{18} \cdot 10^4 \approx 0,05 \cdot 10^4 = 5 \cdot 10^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T_2 = mg \sin \alpha - \cos \alpha \frac{ma}{\cos \alpha}$$



$$N = \cos \alpha mg$$

$$ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha = T \cos \alpha - \cos \alpha \cdot \sin \alpha mg$$

$$ma / \cos \alpha = T - mg \sin \alpha$$

$$T = \frac{ma}{\cos \alpha} + mg \sin \alpha$$



черновик

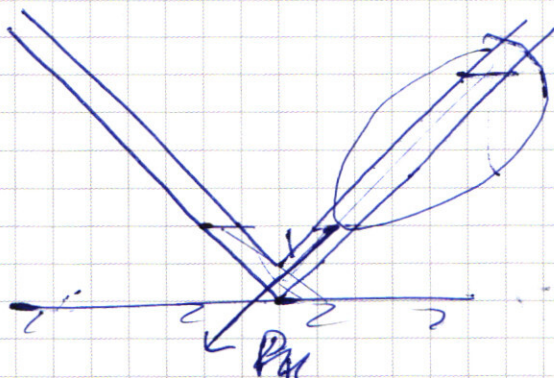


чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)



$$S \Delta g \Delta h = \frac{\Delta h}{h + h} S + h$$

~~$$S \Delta g \Delta h = \frac{S}{\sqrt{2}} (h_1 + h_2) \sqrt{2} a$$

$$a = \frac{\Delta h}{2 + h} g$$~~