

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.

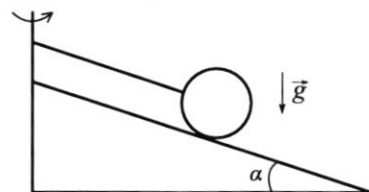
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

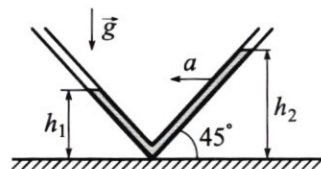
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

~~$pV = \frac{m}{M} RT$~~

~~$p = \frac{p_0}{m_0} RT$~~

~~$\frac{p_n}{p_0} = \frac{p \cdot M_0}{RT \cdot p_0}$~~

~~$p_n = \frac{p M_0}{RT}$~~

1) ~~$p_n = \frac{p \cdot M_0}{RT \cdot p_0}$~~

нч,

Заменить давление давлением

$$pgh, \sin \alpha = \frac{ma}{s} + pgh, \sin \alpha$$

N3.

Дано:

m, R, L, ω

$P - ?$

$P' - ?$

Решение:

1) Система покоится:



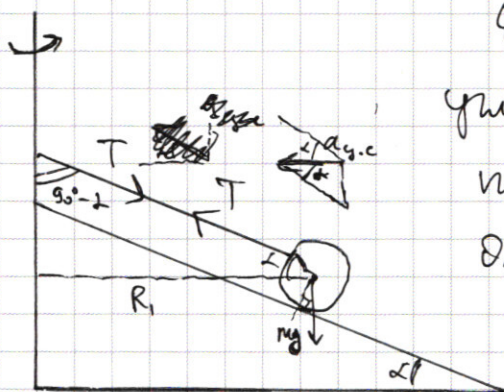
По 2 закону Ньютона

$$\text{ог: } N = mg \cos \alpha.$$

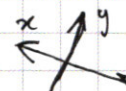
По III закону Ньютона

$$1) \underline{P = N = mg \cos \alpha.}$$

2)



Если система вращается с угловой скоростью ω , у шарика появляется центр. ускор. $a_{y.c}$, он направлен вверх по окружности.



$$R_1 = (L+R) \sin(90^\circ - \alpha).$$

$$R_1 = (L+R) \cos \alpha.$$

По 2 закону Ньютона:

~~$$mg \cos \alpha = N - mg \sin \alpha.$$~~

$$\text{ог: } N = mg \cos \alpha - m a_{y.c} \sin \alpha.$$

$$a_{y.c} = \frac{v^2}{R_1} = \frac{\omega^2 R_1^2}{R_1} = \omega^2 R_1 = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

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

Ответ. $mg \cos \alpha; \quad mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

$m, M = 2m,$
 μ, S

$P = ?$

$F_{\min} = ?$

$t = ?$

Решение:



Будем рассматривать человека и ящик как одно тело.

Поскольку человек упирается ногами в ящик, то на ящик будут действовать две силы P (со стороны веревки и со стороны человека).

Возьмем в закон Ньютона:

$$a_{\text{ц}}(M+m) a = 2F - F_{\text{fr}}$$

$$\text{ог: } N = (m+M)g = 3mg$$

$$F_{\text{fr}} = \mu N = 3\mu mg$$

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

По IV з-ку Ньютона:

$$1) \underline{P = N = 3mg}$$

Условие движения ящика: $a \geq 0$.

$$\frac{2F - 3\mu mg}{3m} \geq 0, \text{ откуда } F \geq \frac{3\mu mg}{2}, \text{ тогда } F_{\min} = \frac{3\mu mg}{2}$$

3) $a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$, т.к. движение происходит с нулевой скоростью, то:

$$S = \frac{at^2}{2}, \text{ откуда } t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ. $3mg$; $\frac{3\mu mg}{2}$; $\sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$.

N1

 v_k - конечная скорость.

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0$$

$$v_{ky} = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$



$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha = \text{const.}$$

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

$$1) \quad v_{ky} = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_{0x})^2} =$$

$$= \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{4 \cdot 100 - 100 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}$$

$$2) \quad v_{ky} = v_{0y} + gt$$

$v_{ky} = v_0 \sin \alpha + gt$, где t - время падения
танка.

$$t = \frac{v_{ky} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ (с)},$$

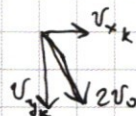
3) Воспользуемся формулой $h = \frac{v_{ky}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ по

$$h = \frac{v_{ky}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{325 - 100 \cdot \frac{1}{4}}{20} = 15 \text{ (м)}$$

Ответ. $5\sqrt{13}$ м/с; $\frac{\sqrt{13} - 1}{2}$ с; 15 м.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 v_{yk} - конечная вертикальная составляющая.



Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = v_0 \cdot 2$$

Решение:

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const.}$$

$$v_{yk} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{400 - 100 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}.$$

v_{yk} -!

t_n -!

h -!

$$v_{yk} = v_0 \sin \alpha + gt$$

откуда

$$t = \frac{v_{yk} - v_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$\frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ (с)}.$$

$$h = \frac{v_{yk}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} =$$

$$\frac{325 - 100 \cdot \frac{1}{4}}{20} = 15 \text{ (м)}.$$

Ответ: $5\sqrt{13} \text{ м/с}$; $\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$; 15 м .

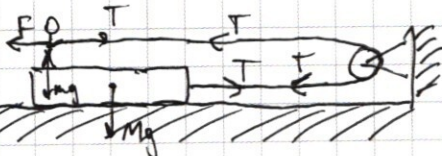
№2.

Дано:

$$m, M = 2m$$

$$S, \text{ м}.$$

Решение:



Для ящика.

1) По II закону Ньютона

$$Ox: Ma = F + F - F_{тр}.$$

$$Oy: N = (M+m)g = 3mg.$$

По III закону Ньютона: $P = N = 3mg$

Так как человек упирается ногами в ящик, то пошину сила F со стороны веревки на ящик действует сила F со стороны ящика.

Итого:

$$2ma = 2F - F_{\text{тр.}}$$

$$F_{\text{тр.}} = \mu N = 3 \mu mg.$$

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

Условие сцепления шлука: $a \geq 0$.

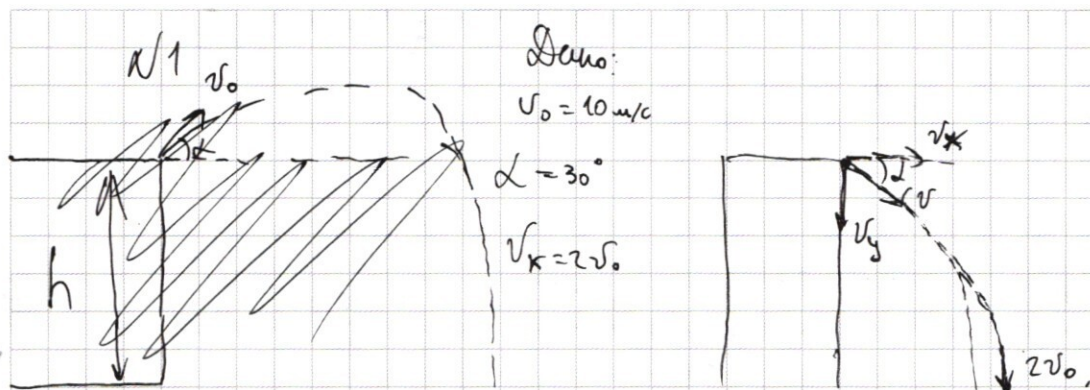
$$\frac{2F - 3\mu mg}{2m} \geq 0, \quad F \geq \frac{3\mu mg}{2}, \quad \text{тогда}$$

$$F_{\text{min}} = \frac{3\mu mg}{2}.$$

$$3) F > F_{\text{min}}, \quad F = \text{const.}$$

$a = \frac{2F - 3\mu mg}{2m}$ — для шлука, но на кем
стоит человек, поэтому второй закон Ньютона
для человека и шлука выглядит так:
($M+m$)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_y = v_0 \sin \alpha$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const.}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\begin{array}{r} 325 \overline{) 5} \\ \underline{-30} \\ 25 \overline{) 65} \\ \underline{-50} \\ 15 \overline{) 13} \end{array}$$

$$v_y + gt =$$

$$v_y \sin \alpha + gt = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$t = \frac{\sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{400 -}{g}$$

$$v_{y_k} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{400 - 100 \cdot \frac{3}{4}} =$$

$$= \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}.$$

$$v_0 \sin \alpha + gt = v_{y_k}$$

$$t = \frac{v_{y_k} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 50}{10} = \frac{\sqrt{13} - 10}{2} \text{ (с)}.$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 5 \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} + \frac{10(\sqrt{13}-1)^2}{2} = \frac{5\sqrt{13}-5}{2} + \frac{130-20\sqrt{13}+10}{2} = \frac{135-15\sqrt{13}}{2} \text{ (m)}$$

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

$$h = \frac{v_{yk}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{325 - 600 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{300}{20} = 15 \text{ (m)}$$

Ответ: 15 (м).

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

$$10h_2 - 10h_1 = 4h_2 + 4h_1$$

По II закону Ньютона:

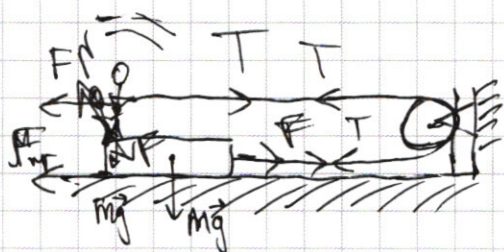
$$Ox: Ma = F - F_{mp}$$

$$Oy: N = (M+m)g$$

$$\frac{14}{6} \cdot \frac{700}{3} = \frac{20}{3} = 23$$

$$6h_2 = 4h_1$$

$$h_2 = \frac{6}{4}h_1 = \frac{3}{2} \cdot 10 = 15$$



По 3 закону Ньютона:

$$P = N, F = T$$

$$F_{mp} = \mu N = 3 \mu mg$$

$$\frac{F - 3 \mu mg}{2m} \geq 0$$

$$F > 3 \mu mg$$

$$3) F > F_{min}, F = const.$$

$$Ma = F - 3 \mu mg$$

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

$$2) \text{ условие движения } a \geq 0$$

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

$$2F - 3 \mu mg = 2Ma$$

$$a = \frac{2F - 3 \mu mg}{2M}$$

$$a \geq 0$$

$$2F \geq 3 \mu mg$$

$$F \geq \frac{3 \mu mg}{2}$$

$$F_{min} = 3 \mu mg$$

$$v_0 = 0$$

$$v_k = v_0 + at$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} = \frac{a^2 t^2}{2a} = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

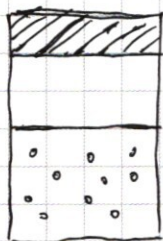
$$T = 27^\circ \text{C}$$

$$\rho = 1^2/\text{см}^3$$

$$M = 18 \text{ г/моль}$$

$$\gamma = 5,6$$

Решение:



$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\rho_n}{M_B} RT$$

$$\rho_n = \frac{p M_B}{RT}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} ; \frac{V_{n1}}{V_B} ?$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{p \cdot M_B}{R \cdot T}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3} =$$

№4.

Дано:

$$h_1 = 10 \text{ м}$$

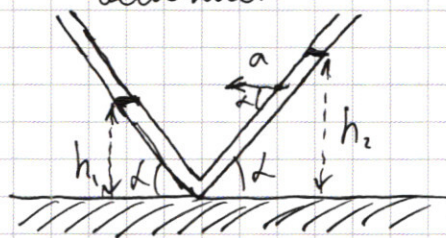
$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_2 = ?$$

$$v = ?$$

Решение:



$$1) \rho g (h_2 - h_1) \cdot S = \rho (h_1 + h_2) \cdot a \cdot S$$

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

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

$$h_2 = \frac{h_1 (g + a)}{g - a} = \frac{10 \cdot 14}{10 - 4} \approx 23 \text{ (м)}$$

2) Возьмем h_1 как нулевой уровень и запишем ЗСЭ.

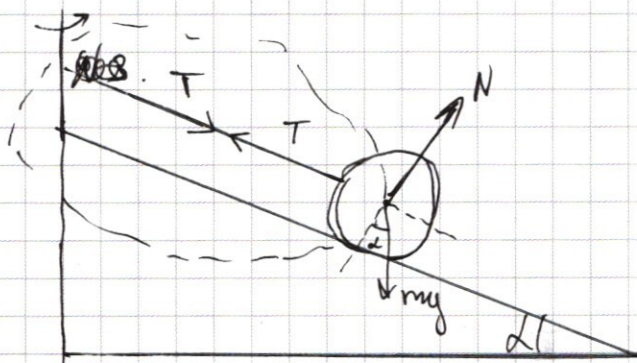
$$mg (h_2 - h_1) = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (23 - 10)} = \sqrt{260} = 2\sqrt{65} \text{ (м/с)}$$

Ответ. 23 м; $2\sqrt{65}$ м/с.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 2m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{4ms}{2F - 3\mu mg}}$$



оу: $N = mg \cos \alpha$

1) $P = N = mg \cos \alpha$ (III закон Ньютона).

2) Если система начинает вращаться, шар будет двигаться по окр. с угловой скоростью ω

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

$$a = \frac{v^2}{R_1} = \frac{\omega^2 R^2}{R_1} = \omega^2 R_1 = \omega^2 (L + R)$$

$$N = mg \cos \alpha$$

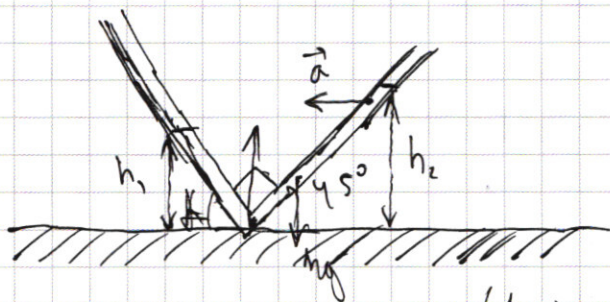
$$N = \frac{2F - 3\mu mg}{2m}$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 2m}{2F - 3\mu mg}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

№4.



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

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

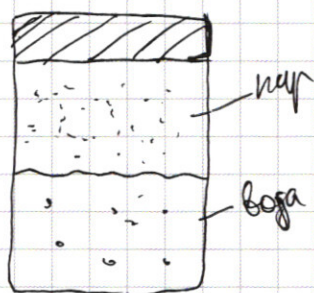
$$g h_1 = a \sin \alpha (h_1 + h_2) + h_2 g$$

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

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

$$h_2 = \frac{h_1 (g - a \sin \alpha)}{g + a \sin \alpha} = \frac{10 \left(10 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}{10 + \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10 \left(10 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}{9,5} =$$

№5.



$T = \text{const}$

$t = 27^\circ \text{C}$

$\rho = 3,55 \cdot 10^3$

$\frac{\rho_n}{\rho_0} = ?$

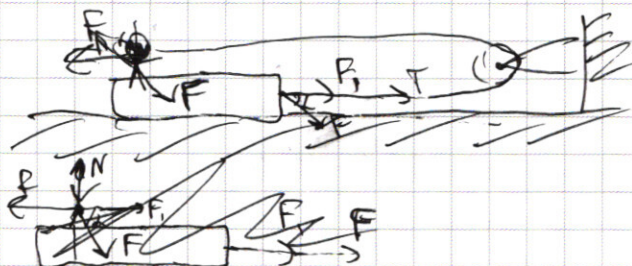
$$= \frac{36 - 30,2}{18} = \frac{5,8}{18} = 0,32$$

$$\frac{36}{1,64} = \frac{18}{3,2} \cdot \frac{9}{1,8}$$

$$6,4 + 1,4 = 8,8$$

$$8,8 \cdot 5 = 44$$

№2



$$N = F \sin \alpha + 3 \mu m y$$

$$F \cos \alpha + F$$

$N =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4.

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

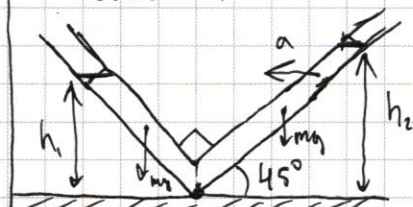
$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см.}$$

$$h_2 = ?$$

$$v_0 = ?$$

Решение:



$$\rho g h_1 \sin \alpha = \frac{\rho (h_1 \sin \alpha + h_2 \sin \alpha) \cdot a \sin \alpha \cdot S}{S} + \rho g h_2 \sin \alpha$$

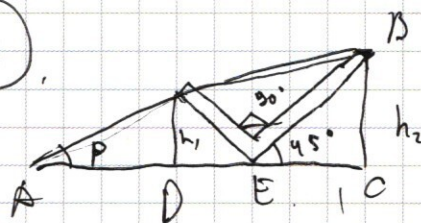
$$g h_1 = a \sin \alpha (h_1 + h_2) + g h_2$$

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

$$1) \quad h_2 = \frac{h_1 (g - a \sin \alpha)}{g + a \sin \alpha} = \frac{10 \cdot (10 - 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2})}{10 + 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10 (10 - 2\sqrt{2})}{10 + 2\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{5(10 - 2\sqrt{2})}{5 + \sqrt{2}} = \frac{10(5 - \sqrt{2})}{5 + \sqrt{2}} = \frac{10 \cdot 3,6}{6,4} = \frac{36}{6,4} =$$

$$\frac{10 \cdot 6,4}{3,6} = \frac{64}{3,6} = 23 \text{ (см.)}$$



$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 3,6 \\ \hline 138 \\ 690 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{\rho (h_1 \sin \alpha + h_2 \sin \alpha) \cdot a \sin \alpha \cdot S}{S} =$$

N5.

Dano:

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 27^\circ\text{C} \quad (300\text{K})$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

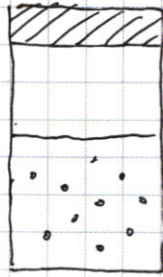
$$M = 18 \text{ г/моль}$$

$$\delta = 5,6$$

$$\frac{p_n}{p_0} = ?$$

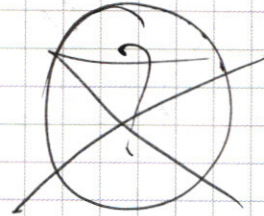
$$\frac{V_n}{V_0} = ?$$

Решение:

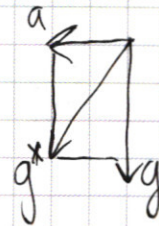
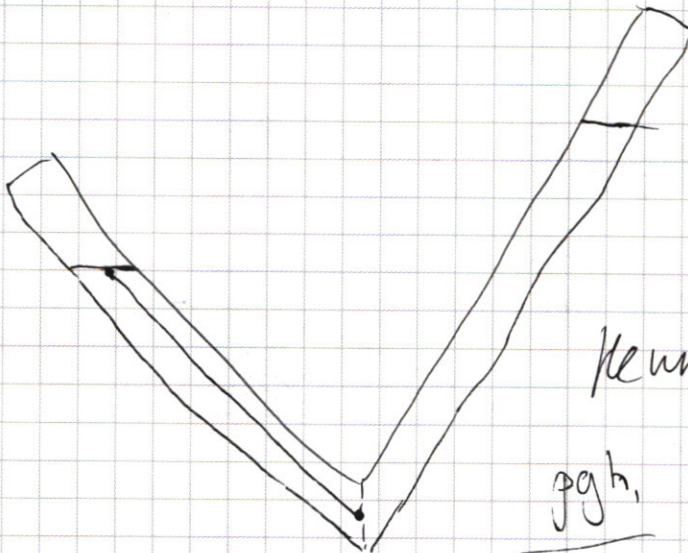


$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}$$

1) ~~$pV = \frac{m}{M} RT$~~
 ~~$p = \frac{p_n}{M} RT$~~ , ~~$p_n = \frac{pM}{RT}$~~
 ~~$\frac{p_n}{p_0} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T \cdot p_0}$~~



N4



Решение. Со.

$$\frac{ggh_1}{\sin \alpha}$$