

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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 $2,5V_0$.

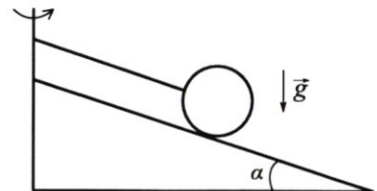
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



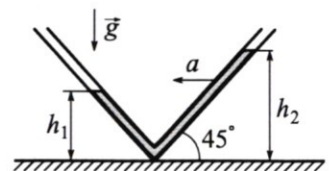
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.



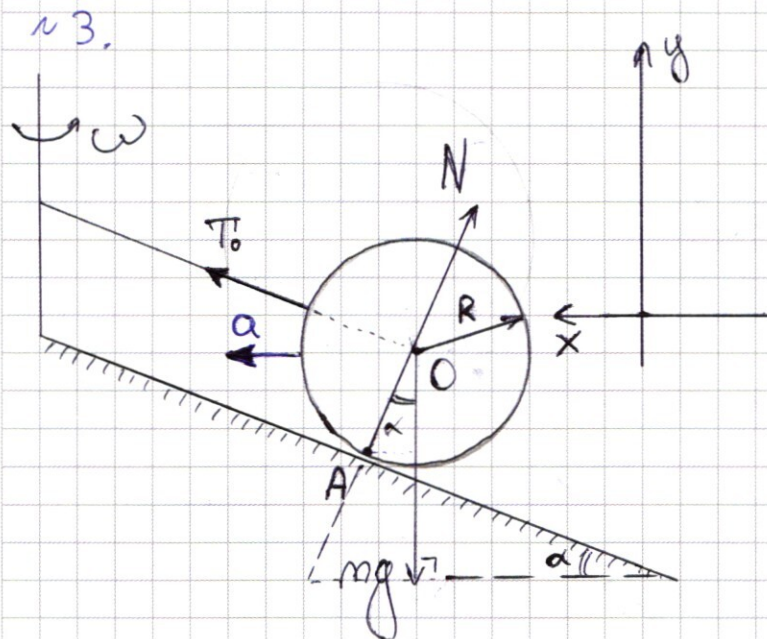
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



Дано: $R, m, \alpha, L,$
 $\omega.$

Найти:

$T_0 - ?$

$T - ?$

1) П.к. клин неподвижен, то $F_{тр} = 0$.

линия действия силы T проходит через т.О
(иначе возник бы не скомпенсированный
вращательный момент отн. т.О).

Из ур-ния моментов отн. т.А:

$$T_0 R = mg \cdot R \sin \alpha \Rightarrow T_0 = mg \sin \alpha$$

2) П.к. шар не отрывается от клина, то
направление

Шар движется по окружности радиуса

$$R_0 = (L + R) \cos \alpha$$

$$\Rightarrow a = \omega^2 R_0 = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

из II з. Ньютона:

$$Ox: T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$$

$$Oy: T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$\Rightarrow N = \frac{mg}{\cos \alpha} - T \operatorname{tg} \alpha$$

$$T \cos \alpha - mg \operatorname{tg} \alpha + \frac{T \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

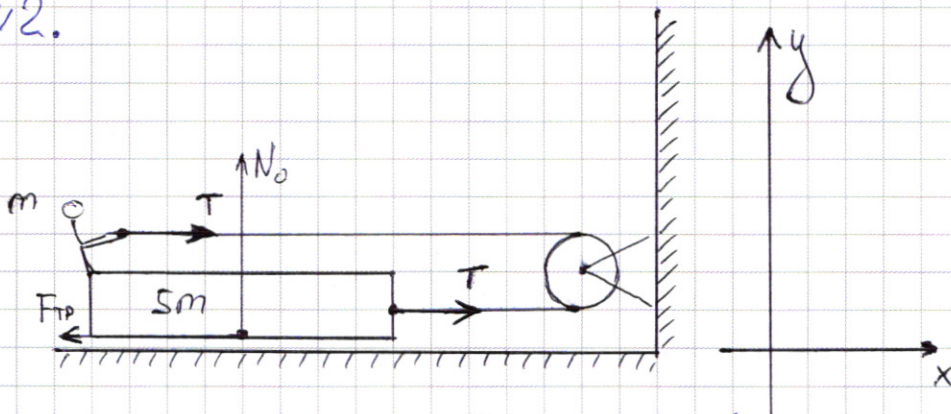
$$\frac{T}{\cos \alpha} = m (g \operatorname{tg} \alpha + \omega^2 (L+R) \cos \alpha)$$

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

Отверстие: $T_0 = mg \sin \alpha$

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

№2.



Дано: m ,

S , M , F

Найти:

F_0 - ?

φ - ?

1) Личик с человеком движется только по Ox . $\Rightarrow mg + 5mg - N_0 = 0$

$\Rightarrow$ личик с человеком всегда давит на пол с силой в $N_0 = 6mg$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Человек тянет за канат с силой F , канат по III закону Ньютона действует с на такую же силой в противоположном направлении $\Rightarrow T = F$.

Из II з. Ньютона:

ОХ: $2T - F_{TP} = ma$ (человек движется вместе с яц.)

Для реализации задуманного нужно проанализировать $\Rightarrow$

$$\Rightarrow F_{TP} = mN_0 = 6 \text{ мкг}$$

$$\text{Тогда: } 2T - 6 \text{ мкг} = ma$$

$$T = 3 \text{ мкг} + 3ma$$

T минимально при $a = 0 \Rightarrow F_0 = 3 \text{ мкг}$

3). Из II з. Ньютона:

$$2F - 6 \text{ мкг} = 6ma \Rightarrow$$

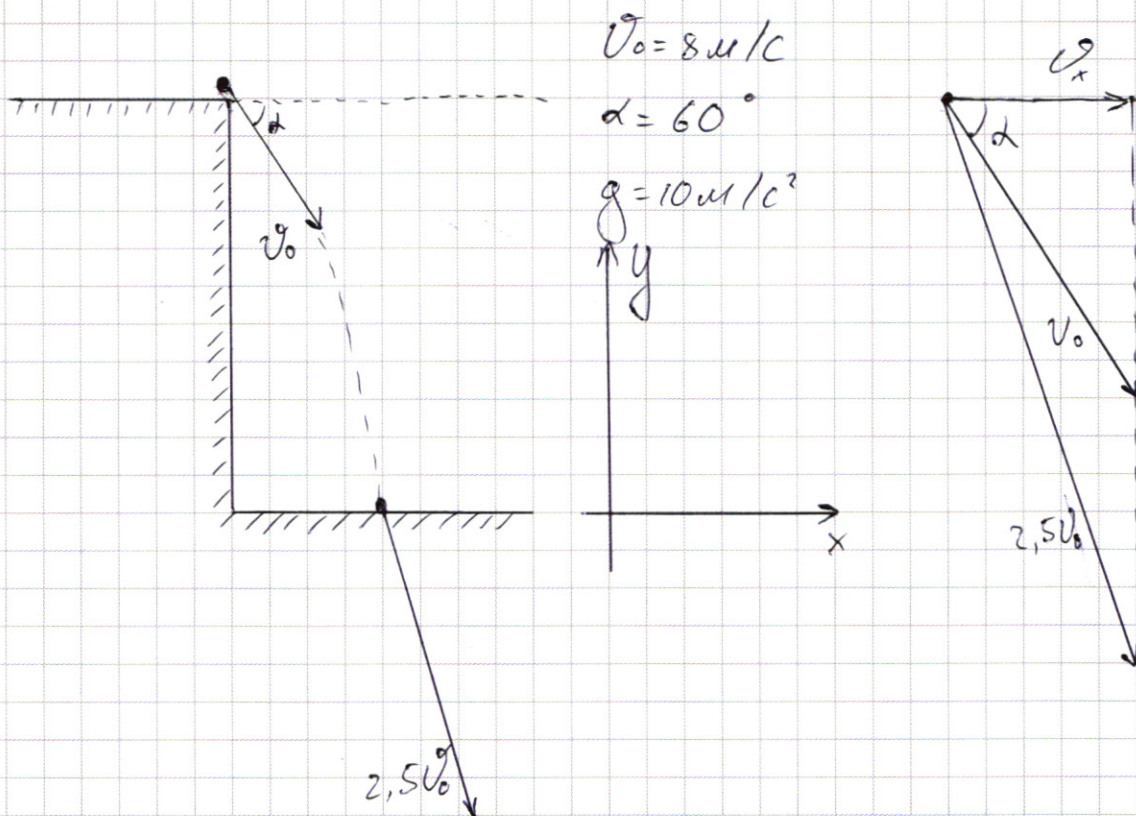
$$\Rightarrow a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

В м.и. движение без нач. скорости, то:

$$S = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)S}$$

Ответ: 1) 6 мкг ; 2) $F_0 = 3 \text{ мкг}$; 3) $v = \sqrt{2\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)S}$

№ 1.



1) П.к. камень всё время полёта приближается к земле, то его кинем вверх.

П.к. $F_{\text{сопр}} = 0$, то $v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha = \frac{v_0}{2}$

$\Rightarrow$ Тогда из векторного Δ скоростей получаем, что в момент касания земли $v_y = \sqrt{(2.5v_0)^2 - v_x^2} = v_0 \sqrt{6} \approx 2.44 v_0 \approx 19.5 \text{ м/с}$

$$2) v_{y0} = v_0 \sin \alpha = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g t = v_y - v_{y0} \Rightarrow t = \frac{v_0}{g} (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) =$$

$$\approx \frac{v_0}{g} \cdot 1.575 = 1.26 \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) III. к. $U_x = \text{const}$, то

$$\Delta x = U_x \tau = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{U_0}{g} \cdot 1,575 = 5,04 \text{ м}$$

Ответ: $U_y = 19,5 \text{ м/с}$; $\tau = 1,26 \text{ с}$; $\Delta x = 5,04 \text{ м}$.

н5.

Дано:

$$P = P_{\text{нас}} = 85 \text{ кПа}$$

$$\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$T = 95^\circ\text{C} = 368 \text{ К}$$

$$\gamma = 4,7 \text{ раз}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

Найти:

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = ? \quad \frac{V_2}{V_0} = ?$$

Решение:

Из уравнений Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

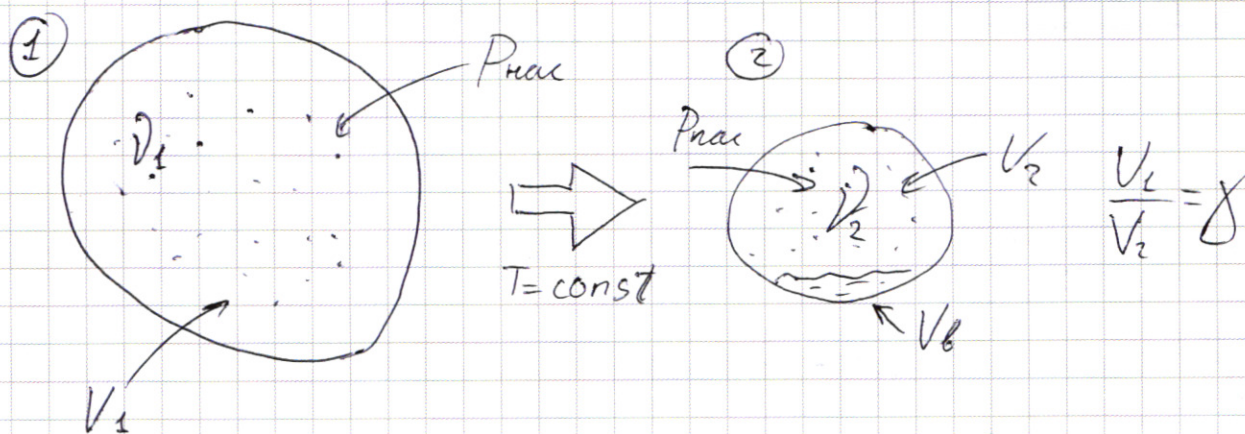
$$\frac{P\mu}{RT} = \frac{m}{V} = \rho \text{ (плотность газа)}$$

III. к. процесс изотермический, то давление насыщенного паров не изменяется

$$P_{\text{нас}} = \text{const} = P, T = \text{const} \Rightarrow \rho = \text{const}$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{P\mu}{RT} = 0,385 \text{ кг/м}^3$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = \frac{P\mu}{RT\rho_0} = 0,385 \cdot 10^{-3}$$



Запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона для 1 и 2 случаев:

$$P_{нас} = P \quad PV_1 = \bar{v}_1 RT \quad - \text{1 случай}$$

$$PV_2 = \bar{v}_2 RT \quad - \text{2 случай}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \gamma \Rightarrow \boxed{\bar{v}_1 = \bar{v}_2 \cdot \gamma}$$

Конденсировалось:

$$\Delta \bar{v} = \bar{v}_1 - \bar{v}_2 = \bar{v}_2 (\gamma - 1) \text{ молей воды}$$

Объем конденсировавшейся воды:

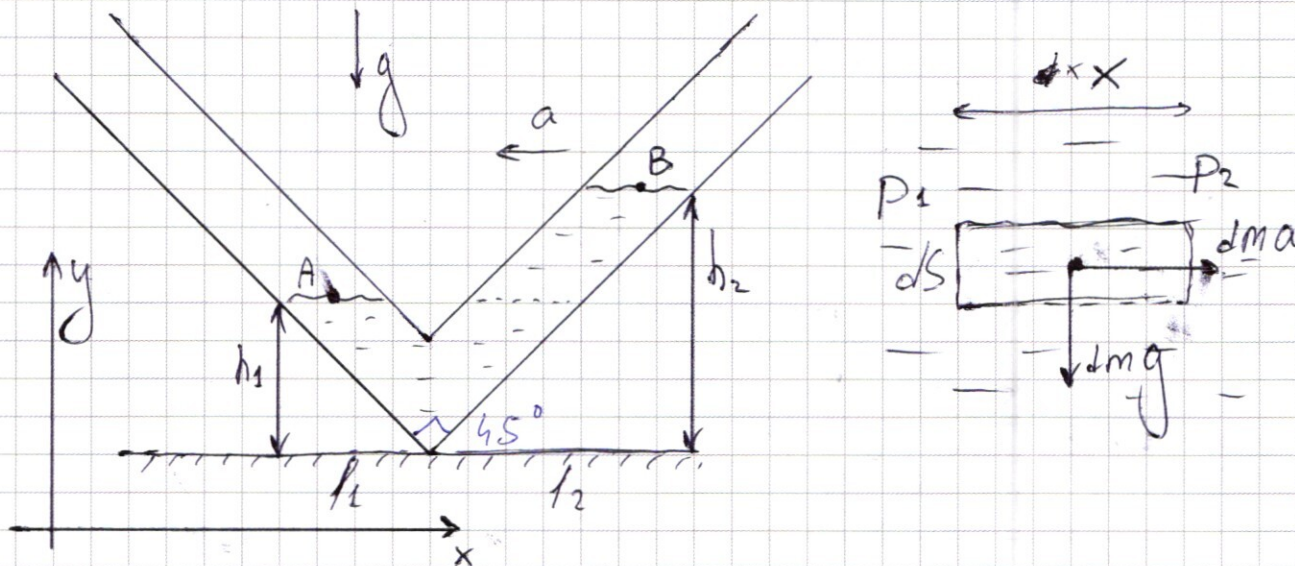
$$V_6 = \frac{\mu \Delta \bar{v}}{\rho_0} = \frac{\mu \bar{v}_2 (\gamma - 1)}{\rho_0}$$

$$V_2 = \frac{\bar{v}_2 RT}{P} \Rightarrow \frac{V_2}{V_6} = \frac{RT \rho_0}{P \mu (\gamma - 1)} = 540,5$$

Ответ: $\frac{\rho_0}{\rho_0} = 0,5 \cdot 10^{-3}$; $\frac{V_2}{V_6} = 540,5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.



Перейдём в КС ИСО трубы. На каждый бесконечно маленький участок воды нача-
ла действовать сила инерции - ma
 $\Rightarrow$ при движении вдоль ox давление
увеличивается. Выбрав рассматриваемый на-
маленький ~~из~~ горизонтальный столбик
жидкости. $P_1 + \frac{dm a}{S} = P_2$ (ум. равновес.)

$$P_1 + \rho g a x = P_2.$$

Тогда давление в т. В: $P_B = P_A + \rho a (l_1 + l_2) + \rho g (h_1 - h_2)$

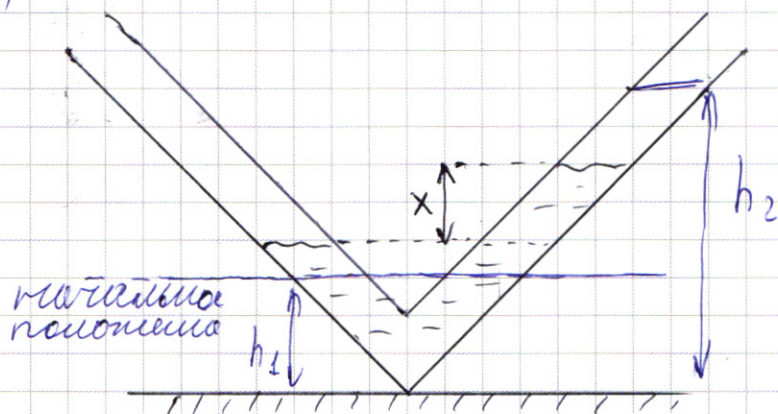
$l_1 = h_1, l_2 = h_2 \Rightarrow P_B = P_A + \rho a (h_1 + h_2) + \rho g (h_1 - h_2)$

В ~~то~~ CO трубки жидкости постоит
 $\Rightarrow P_A = P_B$.

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

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} = \frac{g}{5} = 2 \text{ м/с}^2$$

2)



Перейдём В ИСО трубки. и

В начальной мом. времени скорость
 жидкости $v_0 = 0$.

Пока правый край будет выше левого вода
 будет разгоняться (избыточная сила давления)
 $\Rightarrow$ максимальная скорость достигается
 & когда уровни выравниваются (далее тормо-
 зение)

~~$$из ЗСЭ: 0 + \frac{\rho g(h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{h_2}{2} = \frac{\rho g(h_2 + h_1)}{2 \cos 45^\circ} v^2 +$$~~

~~$$g(h_2 - h_1) \left(\frac{h_2}{2} - \frac{h_2 + h_1}{4} \right) = \frac{(h_2 + h_1) v^2}{2}$$~~

УЗ ЗСЭ:

$$W_1 = 0 + \rho g S \frac{(h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{2}$$

$$W_2 = \rho S \frac{(h_2 + h_1)}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{v^2}{2} + \rho g S \frac{(h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{4}$$

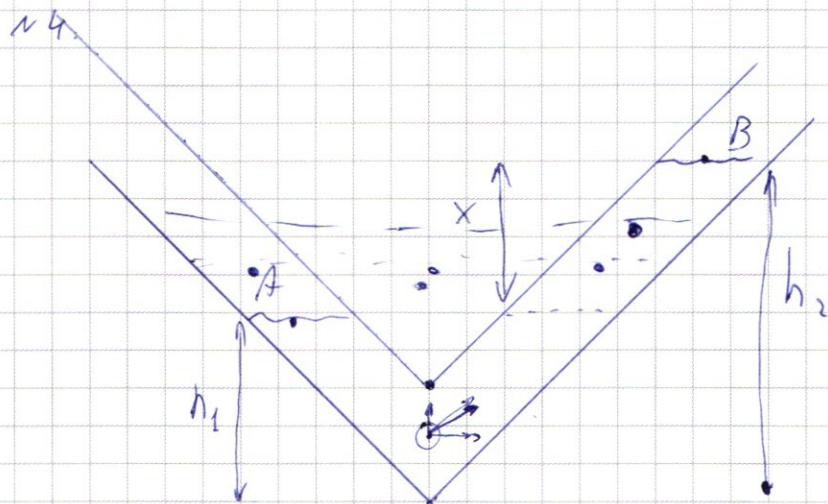
$$W_1 = W_2 \Rightarrow \frac{\rho g S (h_2 - h_1)^2}{4 \cos 45^\circ} = \frac{\rho S}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{v^2 (h_2 + h_1)}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{g (h_2 - h_1)^2}{2 (h_2 + h_1)}} = 0,2 \text{ м/с}$$

Отверстие: $a = 2 \text{ м/с}^2$

$$v = 0,2 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 0,09 \\ > 0,09 \\ \times 0,0016 \\ \hline 5 \\ \hline 0,0080 \end{array}$$

$$\rho a (h_1 + h_2) - \rho g (h_2 - h_1) = 0$$

$$a = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = g \cdot \frac{4}{20} = \frac{g}{5} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{\rho (h_2 - h_1) \sqrt{2} S}{\sqrt{2}} \cdot \frac{(h_2 - h_1) g}{4} = \frac{(h_1 + h_2) \sqrt{2} S}{\cos \alpha} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2(h_1 + h_2)} = \frac{16 \cdot 0,0016 \cdot 10}{2 \cdot 0,2}$$

$$= 0,004 \cdot 10^7 = 0,2 \text{ м/с}$$

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

$\rho m g +$

8.

$$\frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{1210 \cdot 3,7} =$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \quad | \quad 37 \\ - 74 \quad | \quad 2249 \\ \hline 91 \\ - 74 \\ \hline 170 \\ 148 \\ \hline 220 \\ 185 \\ \hline 350 \\ 333 \\ \hline 170 \end{array}$$

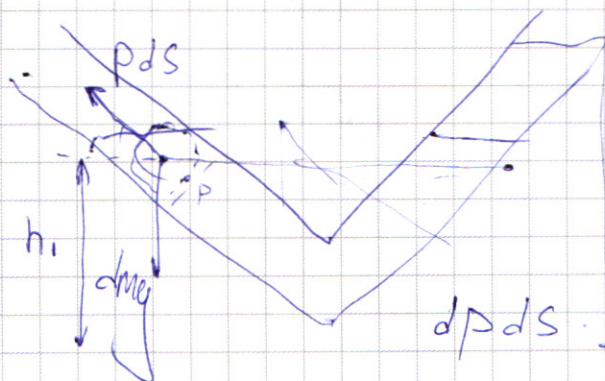
$$\begin{array}{r} 1,856 \\ \times 368 \\ \hline 14848 \\ 11136 \\ 5568 \\ \hline 683,008 = 683 \end{array}$$

$$\frac{2,246}{1,21} \cdot 368$$

$$\begin{array}{r} 368 \quad 2,24 \\ 224,6 \quad | \quad 121 \\ \hline 121 \\ \hline 1036 \\ 1968 \\ \hline 680 \\ 605 \\ \hline 750 \\ 746 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 85 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline \end{array}$$

$$\alpha = 45^\circ$$



$$dp ds \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = dm a$$

$$dm g = dp ds \frac{\sqrt{2}}{2}$$

5

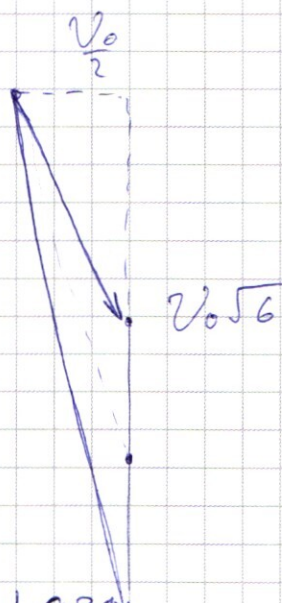
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2T = 6 \text{ мс}$$

$$T = 3 \text{ мс}$$

$$2F = 6 \text{ мтг} = 6 \text{ мН} \Rightarrow a = \frac{F}{3m} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{v^2}{2a} = s \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 0,5} = 2 \text{ м/с}$$



$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \cdot 18 \\ 8,31 \cdot 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1210 \overline{) 368} \\ 1104 \\ \hline 1060 \\ 736 \\ \hline 3340 \\ 3312 \\ \hline 280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 415,76 \overline{) 831} \\ 4157 \\ \hline 4155 \\ \hline 260 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,500 \overline{) 831} \\ 0,3950 \\ \hline 4360 \\ 4350 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3290 \\ 2493 \\ \hline 7970 \\ 7479 \\ \hline 4910 \\ 4155 \\ \hline 755 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 37} \\ 185 \overline{) 540,5} \\ 150 \\ \hline 148 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$0,395 \text{ м/с}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $v_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $2,5 v_0$

2. $v_y = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{6,25 v_0^2 - 0,25 v_0^2} =$

$= \sqrt{6 v_0^2} = v_0 \sqrt{6} = 8 \sqrt{6} \approx 19,5 \text{ м/с}$

$\Delta x = \frac{v_0^2 \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{4g}$

$T = 1,26 \text{ с}$

$\Delta x = \frac{v_0 T}{2} = 5,02 \text{ м}$

3. $v_0 \cos \alpha = \frac{v_0}{2}$

$g T = \frac{v_0 \sqrt{3}}{2} v_0 \sqrt{6} - \frac{v_0^2 \sqrt{3}}{2} =$

$\Rightarrow T = \frac{v_0 (2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{g} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$= \frac{\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1) v_0}{g} = \frac{400 - 16}{g} = \frac{384}{g}$

$\Rightarrow 2,44 v_0$

15.

$$T = 35^{\circ}\text{C}$$

$$P = 85000 \text{ Pa}$$

273

$$\frac{35}{368}$$

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

$$\frac{PM}{RT} = \rho = \text{const}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{PM}{\rho_0 RT}$$

$$\frac{PV_1}{V_1} = \frac{PV_2}{V_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \gamma$$

ред

$$V_B = \frac{\mu(V_1 - V_2)}{\rho_B} ; V_n = \frac{\rho_2 RT}{P}$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\rho_2 RT \rho_B}{PM \rho_2 (\gamma - 1)} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{85000 \cdot 0,018 \cdot 3,7}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \cdot 3 \cdot 368 \\ 8,31 \\ \hline 368 \\ 1104 \\ \hline 2944 \\ 3058,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3058,08 \mid 85 \\ 255 \\ \hline 508 \\ 425 \\ \hline 830 \\ 765 \\ \hline 658 \\ 595 \\ \hline 630 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35,91 \mid 37 \\ 333 \mid 9,12 \\ \hline 267 \\ 258 \\ \hline 80 \\ -24 \\ \hline 60 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9,72 \mid 18 \\ 0 \mid 0,54 \\ \hline 97 \\ 90 \\ \hline 72 \\ -12 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$0,54 \cdot 1000 = 540$$