

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

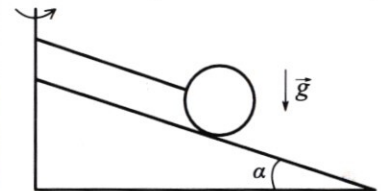
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



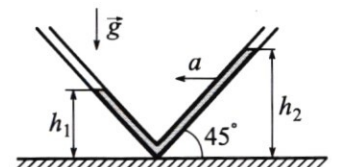
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.

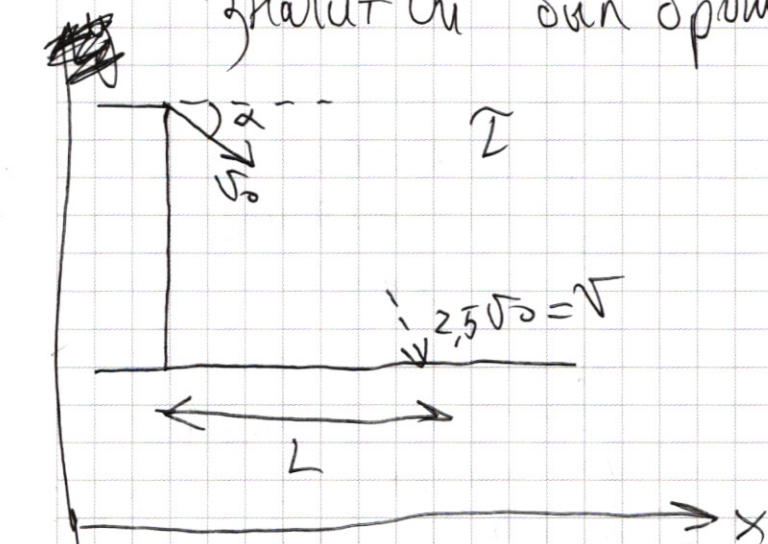
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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.

№1

Раз камень всё время приближался к земле, значит он был брошен вниз.



$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v = 2,5v_0$$

$$1) v_y - ?$$

$$2) t - ?$$

$$3) L - ?$$

1) В проекции на ось x камень движется без ускорения
 $v_{0x} = v_x$

$$v_{0x} = v_x = v_0 \cos \alpha$$

Разложим конечную скорость на оси:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

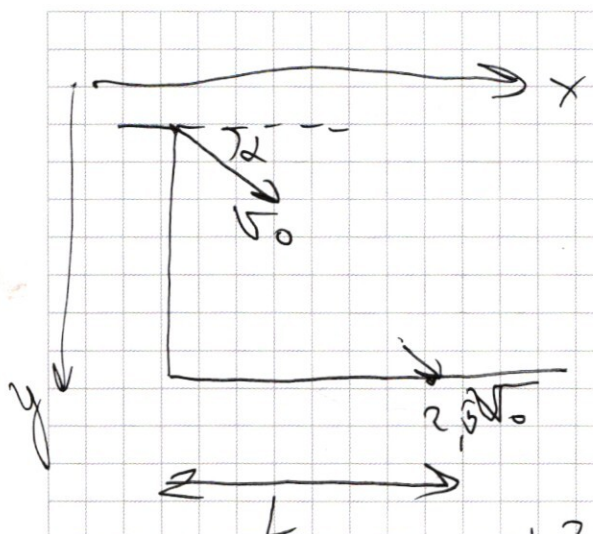
$$\begin{aligned} v_y &= \sqrt{v^2 - v_x^2} = \sqrt{(2,5v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = \\ &= \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \left(\frac{1}{2}\right)^2} = v_0 \sqrt{6,25 - 0,25} = \\ &= \sqrt{6} v_0 = \sqrt{6} \cdot 8 \text{ м/с} = 19,6 \text{ м/с} \end{aligned}$$

2) В проекции на ось y :

$$v_y = v_{0y} + g t$$

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

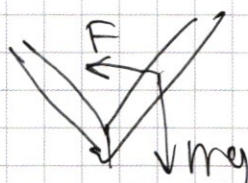
$$I_{a.v.c} = \frac{V^2}{R} = 2 = 60^\circ$$

$$V_0 = 841C$$

$$= \omega^2 R \quad V = 2,5 V_0$$

Diagram illustrating the forces acting on a projectile launched at an angle. The forces shown are the weight mg acting vertically downwards and the normal force $mg \cos \theta$ acting perpendicular to the incline. The velocity vector v is shown at an angle θ to the horizontal. The horizontal component of velocity is $v_x = v \cos \theta$ and the vertical component is $v_y = v \sin \theta$. The horizontal distance traveled is $L = v_x t$.

$$L = \sqrt{0.01} \approx 0.1$$



3gh, S

$$\begin{array}{r} 400 - \\ - 16 \\ \hline 384 \end{array}$$

~~$\sqrt{0 \cos 2}$~~

$$\text{max}(x) = V_0 \cos \alpha \quad \text{min}(x) = V_0 \cos \alpha$$

$$\text{нат}(y) = v_0 \sin \alpha, \quad \text{кор}(y) = u.$$

~~$$v_0^2 \sin^2 \alpha + u^2 = (2.5 v_0)^2$$
$$v_0^2 \sin^2 \alpha + u^2 = 6.25 v_0^2$$~~

~~$$v_0^2 \sin^2 \alpha + u^2 = 6,25 v_0^2$$~~

$$\begin{array}{r} 127 \\ \times 4 \\ \hline 508 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 245 \\ \times 8 \\ \hline 1960 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 214 \\ \hline + 96 \\ 48 \\ \hline 5136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,73 \\ \times 4 \\ \hline 692 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19.8 \\ - 8.9 \\ \hline \end{array}$$

$$m_a = 39155.725$$

$$\begin{array}{r} 245 \\ \times 245 \\ \hline \end{array}$$

7 9 8 0

$$\begin{array}{r} 490 \\ \hline 60025 \end{array}$$

$$\begin{aligned} m_1 g &= \rho g h_2 S \cos \alpha \\ m_2 g &= \rho g h_1 S \cos \alpha \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

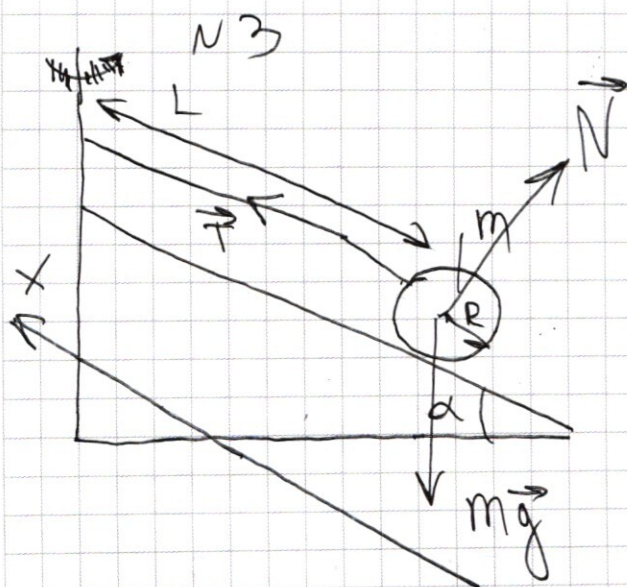
$$= \frac{19,6 \text{ м/с} - 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,27 \text{ с.}$$

2) В проекции на OX

$$L = v_{0x} \tau = v_0 \cos \alpha \cdot \tau =$$

$$= 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,27 \text{ с} = 5,08 \text{ м.}$$

Ответ: $v_y = 19,6 \text{ м/с}$
 $\tau = 1,27 \text{ с}$
 $L = 5,08 \text{ м.}$



1) покоится
 m, R, L

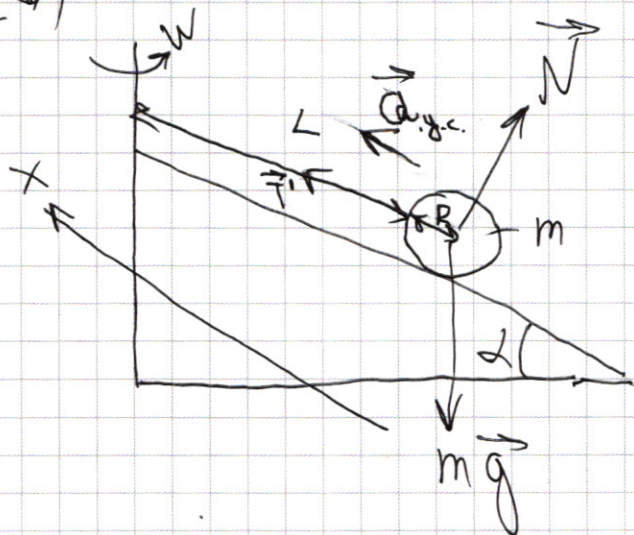
2) $T - ?$

2) вращается
 m, R, L, ω
 $T' - ?$

1) По 2-3. Ньютона в пр. на OX:
 $0 = T - mg \sin \alpha$

$$T = mg \sin \alpha$$

2) 4)



По 2 3. Ньютона в пр. на ox

$$m a_{g.c.} = T' - mg \sin \alpha$$

$$m w^2 (L+R) = T' - mg \sin \alpha$$

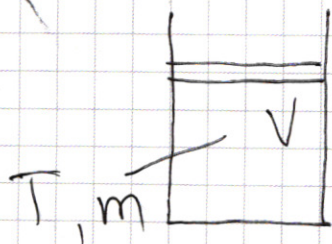
$$T' = m w^2 (L+R) + mg \sin \alpha =$$

$$= m (w^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

Ответ: $T = mg \sin \alpha$

$$T' = m (w^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

№5



$$T = 2826$$

1) $\frac{p_n}{p_b} = ?$

$$T = 268 K$$

2) $\frac{V_n}{V_b} = ?$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 Pa$$

$$n = 47$$

$$T = 2826$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а) В начале:

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

$$p = \frac{p_n}{\mu} RT$$

$$p_n = \frac{p \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ м/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К}} =$$

$$= \frac{8,5 \text{ Па} \cdot 1,8 \text{ м/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 3,68 \text{ К}} = 0,5 \text{ м/м}^3$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{0,5 \text{ м/м}^3}{1000 \text{ м/м}^3} = 0,0005$$

б) В конце

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

$$p \frac{V}{\mu} = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT \quad (2)$$

$$(2) : (1) \quad (1) : (2)$$

$$\mu = \frac{m}{m - \Delta m}$$

$$m = \mu (m - \Delta m)$$

$$m = \rho m - \rho \Delta m$$

$$\rho \Delta m = \rho m - m$$

$$\rho \Delta m = m(\rho - 1)$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\rho - 1}{\rho}$$

$$\Delta m = \frac{m(\rho - 1)}{\rho}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{m - \Delta m}{\rho_n}}{\frac{\Delta m}{\rho_0}} = \frac{\rho_0(m - \Delta m)}{\Delta m \rho_n} =$$

$$= \frac{\rho_0 \left(m - \frac{m(\rho - 1)}{\rho} \right)}{\rho_n m (\rho - 1)} = \frac{\rho_0 \rho m \left(1 - \frac{\rho - 1}{\rho} \right)}{\rho_n m (\rho - 1)} =$$

$$= \frac{\rho_0 \rho \left(1 - \frac{\rho - 1}{\rho} \right)}{\rho_n (\rho - 1)}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{m - \Delta m}{m}$$

5) в начале

в конце

$$p \cdot V = \frac{m_n + m_b}{\mu} R T \quad (1)$$

$$p \frac{V}{\rho} = \frac{m_n}{\mu} R T \quad (2)$$

$$(1) : (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mu = \frac{m_n + m_b}{m_n}$$

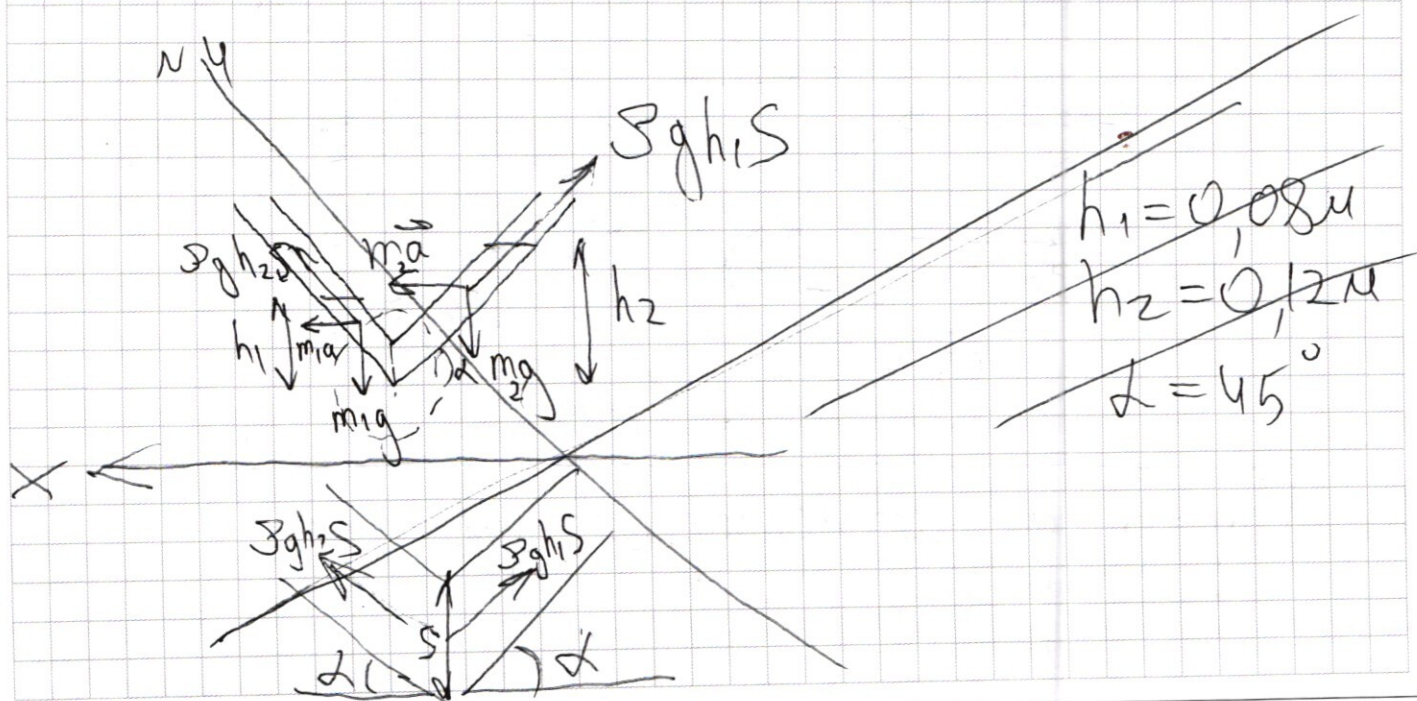
$$\mu = 1 + \frac{m_b}{m_n}$$

$$\frac{m_n}{m_b} = \frac{1}{\mu - 1}$$

$$\frac{V_n}{V_b} \cdot \frac{p_n}{p_b} = \frac{1}{\mu - 1}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{p_b}{p_n(\mu - 1)} = \frac{2000}{43,7 - 1} = 54$$

Ответ: $\frac{p_n}{p_b} = 0,0005$; $\frac{V_n}{V_b} = 54$



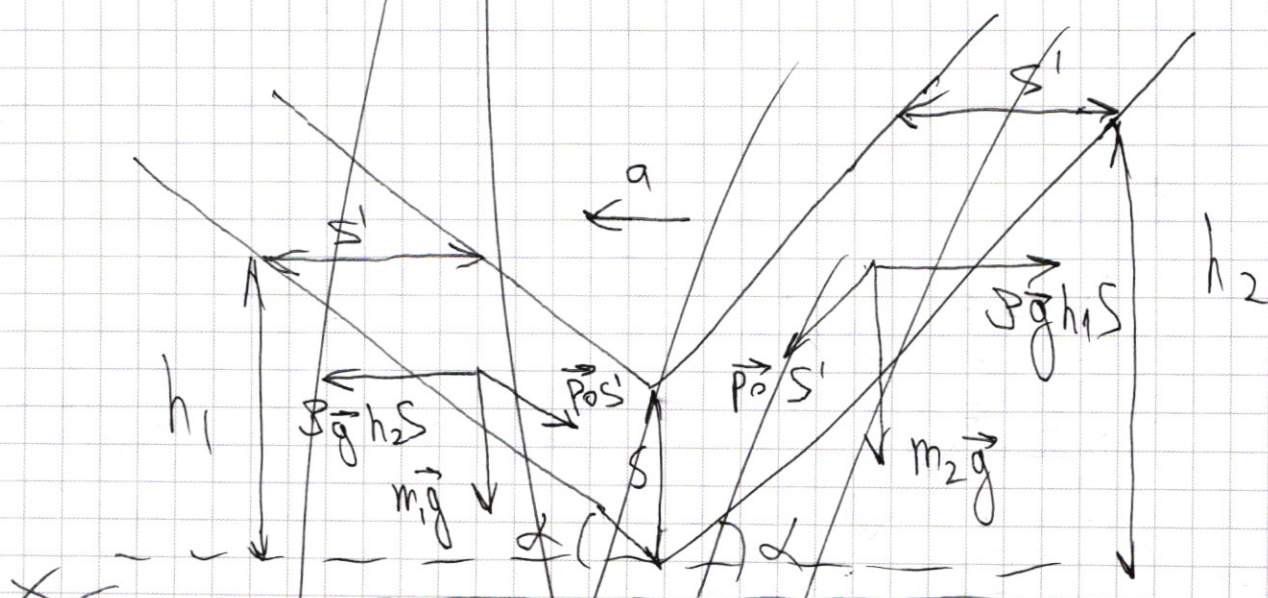
По 2 3. Ньютона на OX :

а) на $\vec{F}_0$ масло в левой части трубы

~~$$m_1 a = \rho g h_2 S$$~~

б) ~~m_2~~ на воду в правой части

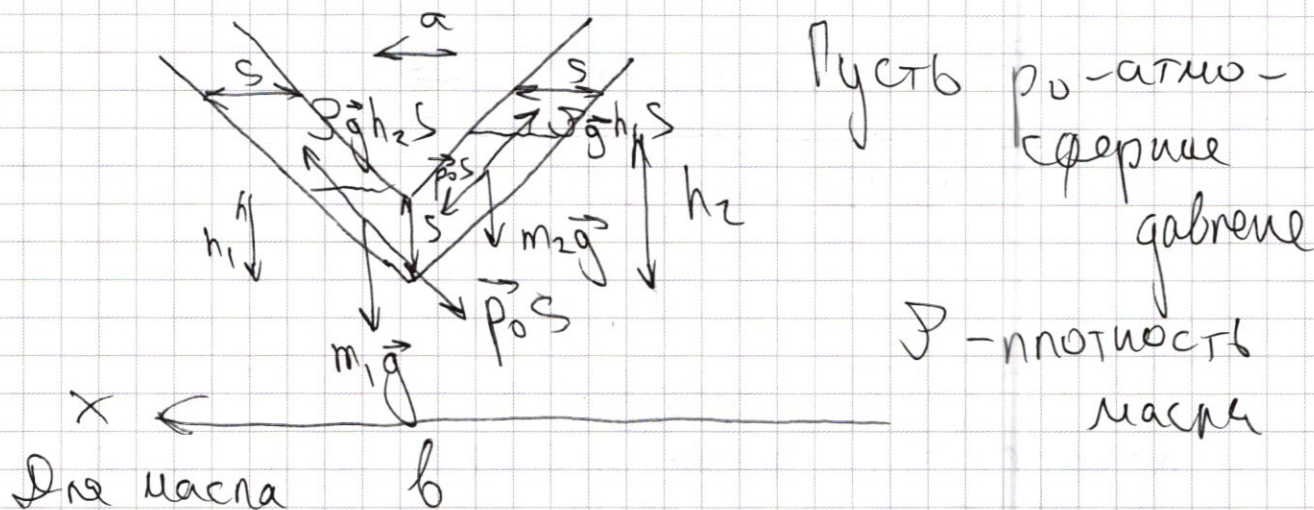
и



Пусть p_0 - атмосферное давление.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4



левой части:

по 2-3. Ньютона в пр. на Ox :

$$m_1 a = \rho g h_2 S \cos \alpha - \rho_0 S \cos \alpha \quad (1)$$

правой части

по 2-3. Ньютона в пр. на Ox :

$$m_2 a = \rho_0 S \cos \alpha - \rho g h_1 S \cos \alpha \quad (2)$$

$$(1) + (2)$$

$$(m_1 + m_2) a = \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$\left(\frac{\rho g h_1 S}{\cos \alpha} + \frac{\rho g h_2 S}{\cos \alpha} \right) a = \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$\rho S \left(\frac{h_1 + h_2}{\cos \alpha} \right) a = \rho g S (h_2 - h_1)$$

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

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

$$= \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,12 \text{ м} - 0,08 \text{ м}) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{0,12 \text{ м} + 0,08 \text{ м}} = 1,41 \text{ м/с}^2$$

Когда трубка моментально потеряет ^{массу} ускорение, ~~вода~~ ^{масло} начнет переходить из левой части в правую. Максимальная скорость будет, когда вся ~~вода~~ ^{масло} окажется в правой части.

Относительная трубка.

Расстояние: $\frac{h_1}{\cos \alpha}$

ускорение: $a \cdot \cos \alpha$

начальная скорость: 0

$$\frac{h_1}{\cos \alpha} = \frac{V^2}{2a \cos \alpha}$$

$$2ah_1 = V^2$$

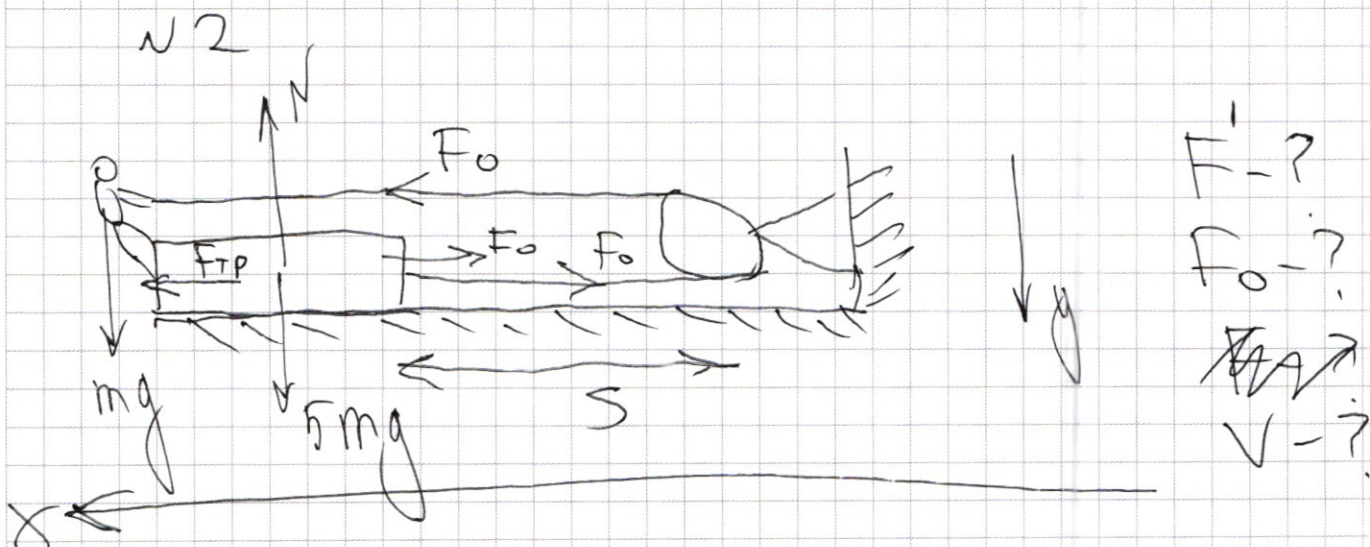
$$V = \sqrt{2ah_1} = \sqrt{2 \cdot 1,41 \text{ м/с}^2 \cdot 0,08 \text{ м}} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= 0,48 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } a = 1,41 \text{ м/с}^2$$

$$V = 0,48 \text{ м/с}$$



1) Т.к. в пр. на Oy все силы скомпенсированы, то человек и ящик движутся по $поп$ также, как $поп$ действует на них

$$F' = N = 5mg + mg = 6mg$$

2) Минимальная сила при равномерном движении
По 2-му закону Ньютона в пр. на Ox

$$F_{\text{тп}} = 2F_0$$

$$\mu N = 2F_0$$

$$6\mu mg = 2F_0$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

2) Если он приложит силу F , то

$$F - F_0 = 6ma$$

$$F - 3\mu mg = 6ma$$

$$S = \frac{V^2}{2a}$$

$$a = \frac{V^2}{2S}$$

$$F - 3\mu mg = \frac{6mV^2}{2S} = \frac{3mV^2}{S}$$

$$3mV^2 = S(F - 3\mu mg)$$

$$V = \sqrt{\frac{S(F - 3\mu mg)}{3m}}$$

Ответ: $F' = 6mg$; $F_0 = 3\mu mg$;
 $V = \sqrt{\frac{S(F - 3\mu mg)}{3m}}$

$$\cancel{\mathcal{P}gh_1 S = m_2 a + \mathcal{P}_0 S \cos \alpha}$$

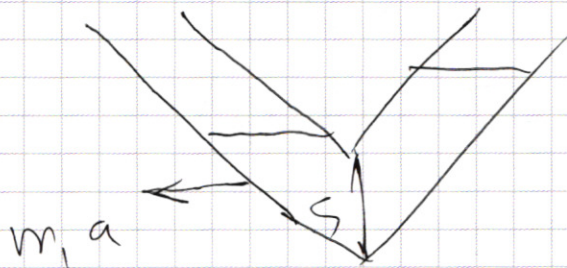
$$\cancel{\mathcal{P}_0 S \cos \alpha = m_1 a + \mathcal{P}gh_2 S}$$

$$\cancel{\mathcal{P}gh_1 S = (m_1 + m_2) a + \mathcal{P}gh_2 S}$$

$$\mathcal{P}gh_2 S = \mathcal{P}_0 S \cos \alpha$$

$$\mathcal{P}_0 S \cos \alpha = \mathcal{P}_0 \mathcal{P}gh_1 S$$

~~$m_1 a =$~~



$$\begin{array}{r} 119 \\ \times 104 \\ \hline 476 \\ 1190 \\ \hline \end{array}$$

$$m_1 a = \mathcal{P}gh_2 S \cos \alpha - \mathcal{P}_0 S \cos \alpha$$

$$m_2 a = \mathcal{P}_0 S \cos \alpha - \mathcal{P}gh_1 S \cos \alpha$$

$$(m_1 + m_2) a = \mathcal{P}g S (h_2 - h_1)$$

$$\left(\frac{\mathcal{P} S h_1}{\cos \alpha} + \frac{\mathcal{P} S h_2}{\cos \alpha} \right) a = \mathcal{P}g S (h_2 - h_1)$$

$$\left(\frac{h_1 + h_2}{\cos \alpha} \right) a = g (h_2 - h_1)$$

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

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 24 \\ + 120 \\ \hline 144 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По 2 3. Ньютона ^{пр. на ось} для масла в левой части трубы

$$m_1 a = \rho g h_2 S - \rho_0 S' \cos \alpha$$

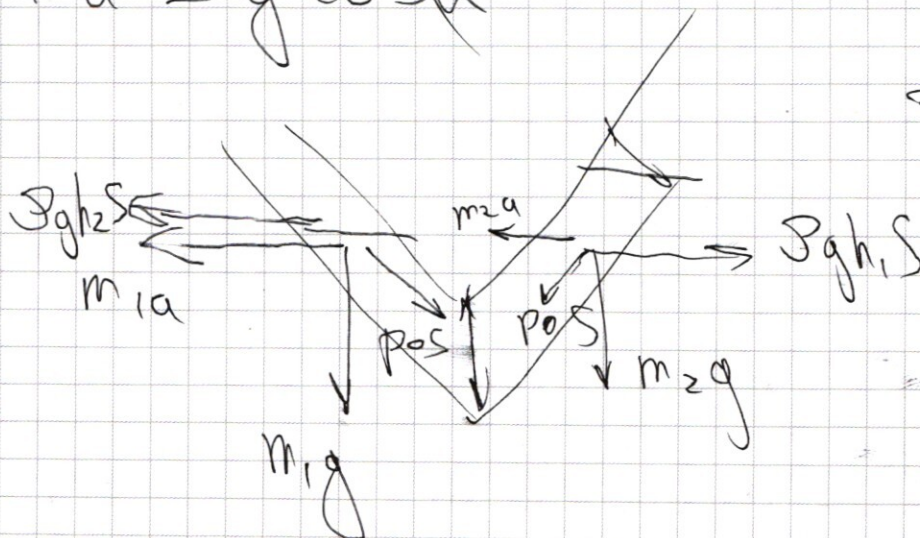
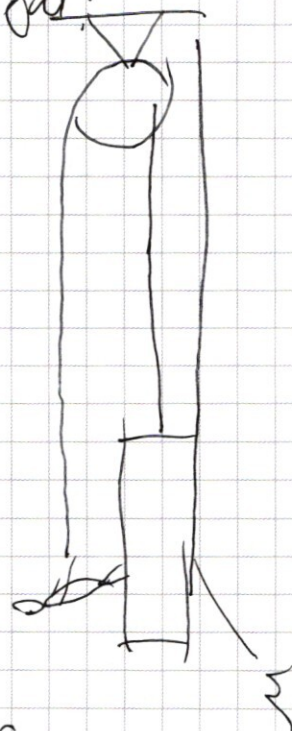
для масла в правой части трубы:

$$m_2 a = \rho_0 S' \cos \alpha - \rho g h_1 S$$

$$(m_1 + m_2) a = \rho g S (h_1 + h_2)$$

$$\left(\frac{\rho S h_1}{\cos \alpha} + \frac{\rho S h_2}{\cos \alpha} \right) a = \rho g S (h_1 + h_2)$$

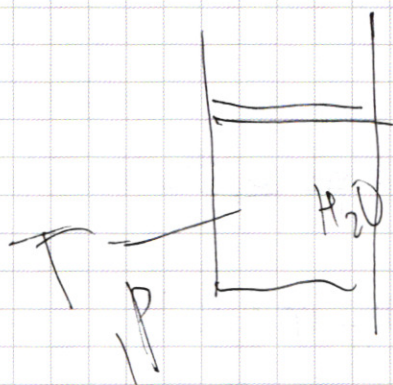
$$a = g \cos \alpha$$



$$0 = m_1 a + \rho g h_2 S - \rho_0 S' \cos \alpha$$

$$0 = m_2 a + \rho_0 S' \cos \alpha - \rho g h_1 S$$

$$0 = a(m_1 + m_2) + \rho g S (h_2 - h_1)$$



$$\frac{m - \Delta m}{m} = \frac{1}{\rho}$$

$$\frac{m - \Delta m}{\Delta m} = x$$

$$pV = \nu RT$$

~~2~~

$$pV = \nu RT$$

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

$$p \frac{V}{V_1} = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$V_1 = \frac{m}{m - \Delta m}$$

$$\rho = \frac{p \mu}{RT}$$

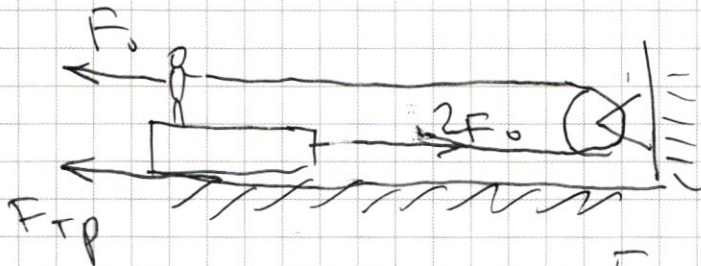
$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К}}$$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 1,8}{8,31 \cdot 3,68} = 50 \text{ м/м}^3$$

$$8,5 \approx 1 \cdot 8,31$$

$$1,8 \approx \frac{1}{2} \cdot 3,68$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

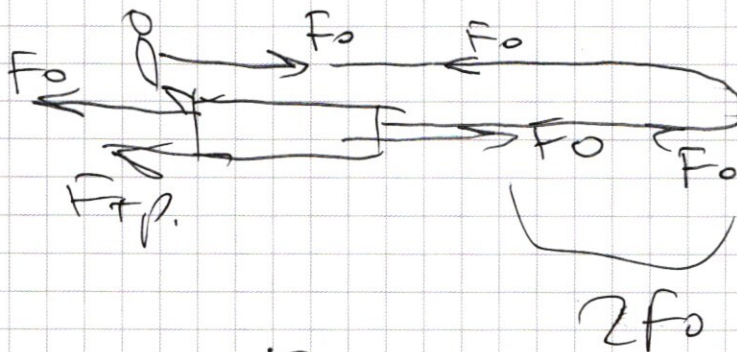


~~$$pV = mRT$$~~

$$pV = (m_n + m_b)RT$$

$$p \frac{V}{4,7} = m_n RT$$

$$F_0 = F_{тр} = 6 \mu mg$$



$$4,7 = \frac{m_b}{m_n} + 1$$

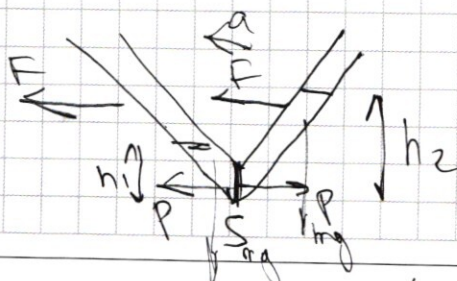
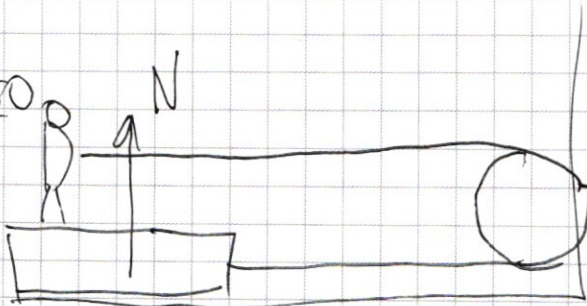
$$\frac{m_b}{m_n} = 3,7$$

$$\frac{m_n}{m_b} = \frac{1}{3,7}$$

$$2F_0 = F_{тр}.$$

$$2F_0 = \mu N = 6 \mu mg$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 37} \\ 185 \overline{) 54} \\ 150 \\ - 148 \\ \hline 20 \end{array}$$



$$2gh + \frac{F}{S}$$

