

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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?

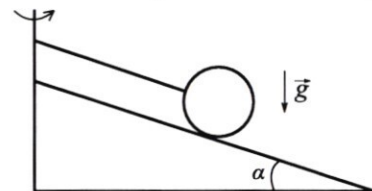
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

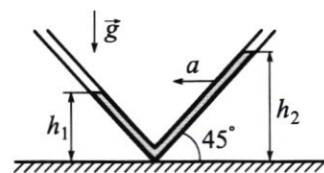


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



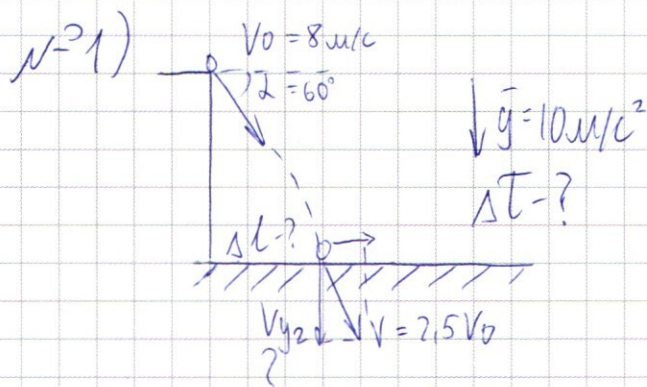
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



Найти: V_{y2} ; ΔT ; Δl

1) $V_x = \text{const}$, т.к. горизонтально силы не действуют.

$$\Rightarrow V_{y2} = \sqrt{V_2^2 - V_x^2} = \sqrt{6,25 V_0^2 - \cos^2 \alpha V_0^2} = V_0 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} = V_0 \sqrt{6}$$

$$V_{y2} \approx 19,6 \text{ м/с}; 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

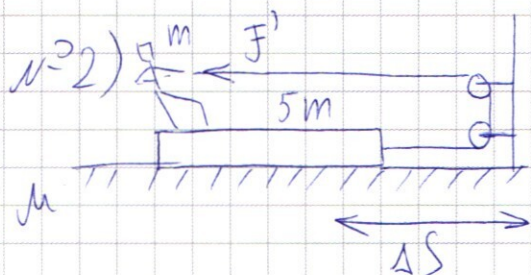
$$2) \Delta V_y = |\sin \alpha V_0 - \sqrt{6} V_0| = (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) V_0$$

$$\Delta V = at = g \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta V}{g} = \frac{V_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} = \frac{8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10}$$

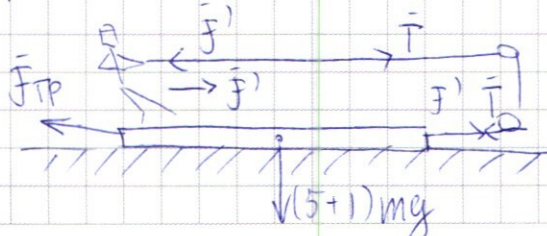
$$\Delta T = 0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \approx 1,28 \text{ с}$$

$$3) \Delta l = V_x \cdot \Delta T = \cos \alpha V_0 \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 8 \cdot 0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) = 3,2(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ м} \approx 5,12 \text{ м}$$

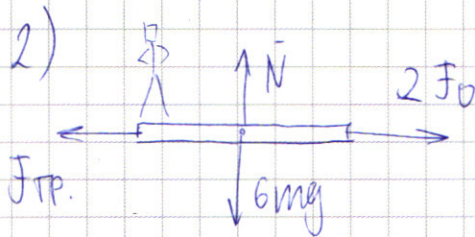
Ответ: $8\sqrt{6} \text{ м/с}$; $0,8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ с}$; $3,2(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) \text{ м}$



1) Рассмотрим все силы:



$$F_{0yR} = \sum (F \cdot \cos \alpha) (\text{к вертук.}) = F_T = 6mg$$



$$2F_0 \geq F_{Tp}$$

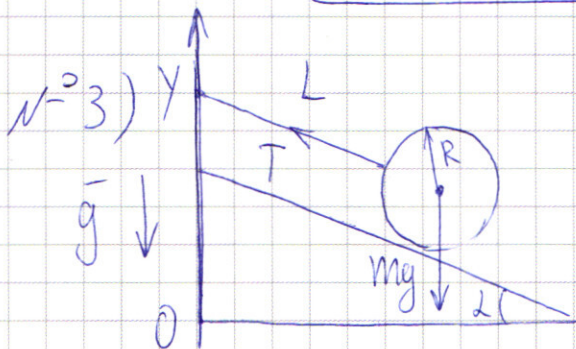
$$F_0 = \frac{F_{Tp}}{2} = \frac{\mu N}{2} = \frac{\mu \cdot 6mg}{2} = \underline{3\mu mg}$$

3) $F > F_0$.

$$F_R = 2F - F_{Tp} = 2F - 6\mu mg \quad a = \frac{F_R}{m} = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

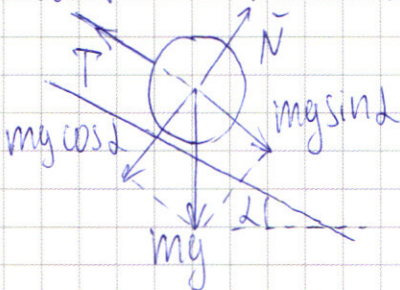
$$S = \frac{at^2}{2} \quad t^2 = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$V = at = \frac{F - 3\mu mg}{3m} \sqrt{\frac{6Sm}{F - 3\mu mg}} \text{ м/с}$$



Найти: T

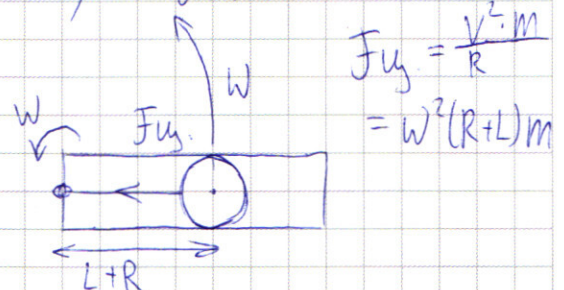
1) Система покоится:



- Нет сил трения.
- F_T приложена к центру тяжести, момента нет.
- $\angle \beta (T; R) = 0; \Rightarrow$ момента нет.

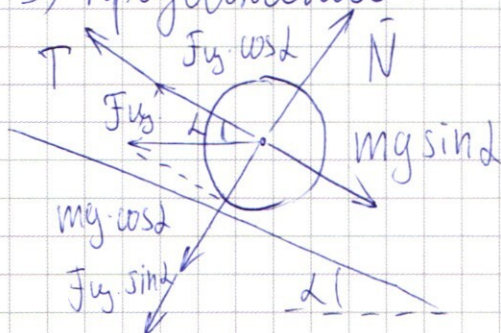
$$T = F_R = mg \sin \alpha$$

2) Система вращается относительно ОУ, скорость = ω



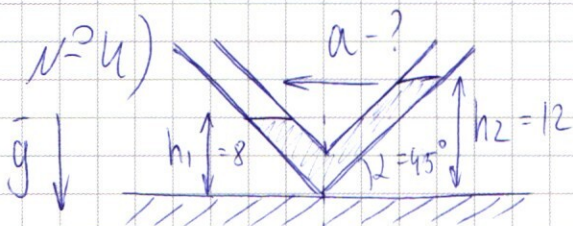
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3) продолжение:



$$T = mg \sin \alpha - F_{\text{ц}} \cos \alpha$$

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



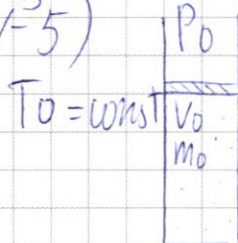
уровни установившиеся,
 $\Rightarrow P_{\text{лев}} = P_{\text{прав}}$

$$P_{\text{лев}} = P_{\text{прав}}$$

$$-p a h_2 + p g h_2 = p g h_1 + p a h_1 \Rightarrow g h_1 - g h_2 = -a h_1 - a h_2$$

$$\Rightarrow a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = \frac{10(12 - 8)}{12 + 8} = 2 \text{ м/с}^2$$

№5)



$$T_0 = 273 + 95 \text{ K}$$

$$P_0 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

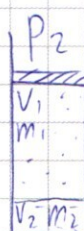
$$\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$M = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$P_2 = ? ; \frac{V_1}{V_2} = ?$$

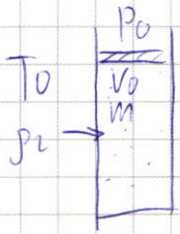
$$\Rightarrow T_0$$



$$\left. \begin{aligned} 1) P_0 V_0 &= \frac{m}{M} R T_0 \Leftrightarrow P_0 \frac{m}{\rho_0} = \frac{m}{M} R T_0 \\ 2) P_2 V_1 &= \frac{m_1}{M} R T_0 \Rightarrow P_2 \frac{m_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{M} R T_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_0}{P_2} \cdot \frac{m}{m_1} = \frac{m}{m_1} \Rightarrow P_0 = P_2 = \text{const.}$$

Рассм. первый случай (исх. условие)



$$P_0 \frac{m}{\rho_2} = \frac{m}{M} R T_0$$

$$\rho_2 = \frac{M P_0}{R T_0} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368} =$$

$$= \frac{3 \cdot 17 \cdot 10}{2,77 \cdot 184 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 10}{30 \cdot 2} = \underline{0,5 \text{ кг/м}^3}$$

2)

The diagram shows two states. On the left, a cylinder with P_0 , T_0 , V_0 , and m . An arrow labeled P_2 points from this cylinder to a larger cylinder on the right. The larger cylinder has P_2 at the top, T_2 on the left, V_2 at the bottom, and m_2 on the right. An arrow labeled P_B points into the larger cylinder from the right.

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_2} = \frac{m}{\rho_2 \cdot \gamma} = \frac{m}{\rho_2 \cdot \gamma}$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_B} = \frac{(m - m_1)}{\rho_B} = \left(m - \frac{m \rho_2}{\rho_B \cdot \gamma} \right) = \frac{m(1 - \frac{1}{\gamma})}{\rho_B}$$

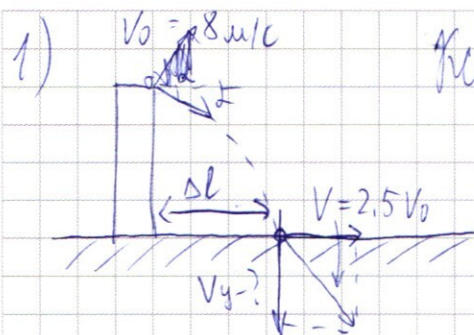
$$V_0 = \frac{m}{\rho_2}$$

$$V_1 / V_2 = \frac{m}{\gamma \cdot \rho_2} \cdot \frac{\rho_B}{m(1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{\rho_B}{(\gamma - 1) \rho_2} =$$

$$= \frac{1000}{3,7 \cdot 0,5} = 545,5 : 1 \text{ (отношение объема пара к } V_{\text{воды}})$$

Ответ: $0,5 \text{ кг/м}^3$; $545,5 : 1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

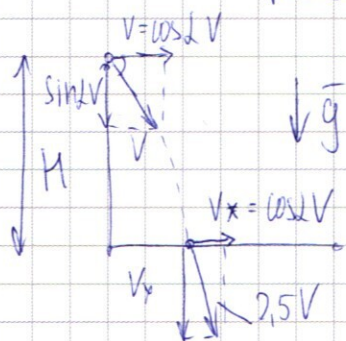


Кинем. во время приземл. к земле

$$\rightarrow \alpha = -\alpha$$

Найти: V_y ; Δt ; Δl

$$\begin{aligned} \sqrt{6} &= 2,45 \\ &\times 8 \\ &= 16 + 3,6 \\ &= 19,6 \end{aligned}$$



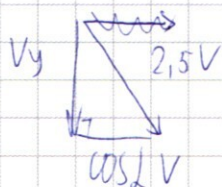
Путь вышка = H

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{2(H - V_{0y} \Delta t)}{a}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2(H - \sin \alpha V_0 \Delta t)}{g}}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{a \Delta t^2}{2} = V_0 \Delta t \\ H &= \Delta t \left(\frac{a \Delta t}{2} + V_0 \right) \\ &= \frac{3,25}{2} \quad 2,45 - \\ &= 1,60 \quad - 1,75 \\ &\times 0,8 = 1,28 \quad = \frac{4,3 - 1,75}{2} \end{aligned}$$

1) $V_{y2} = V \sqrt{6}$ м/с
 $V_{y1} = \frac{V \sqrt{3}}{2}$



$$V_y = \sqrt{6,25 V^2 - \cos^2 \alpha V^2} = V \sqrt{6,25 - 0,75} = V \sqrt{6}$$

2) $\Delta V = a \cdot \Delta t$

вышка б $\frac{\sqrt{6} \cdot 2}{\sqrt{3}} = 2\sqrt{2}$ раз.
на $V(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})$

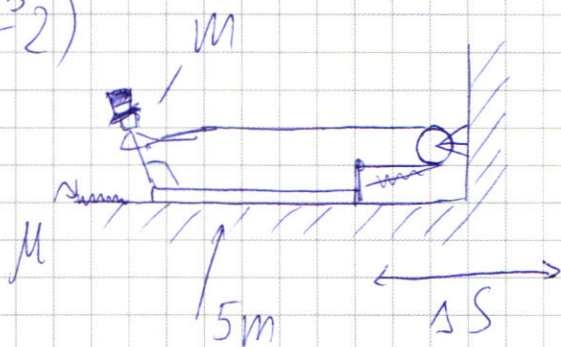
$$\Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{V_0(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

3) $\Delta l = V_x \cdot \Delta t = \cos \alpha V \frac{V(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} = \frac{\cos \alpha V^2 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} =$
 $= \frac{0,5 \cdot 64 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} = 3,2 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})$ м

$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}}{2\sqrt{6} - \sqrt{3}} &= \frac{\sqrt{3}(\sqrt{2} - \frac{1}{2})}{(2\sqrt{2} - 1)\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} (1 - \frac{1}{\sqrt{2}})}{(2\sqrt{2} - 1)\sqrt{3}} \\ &= \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \sqrt{6} \end{aligned}$$

$$3,2 \cdot 1,6 = 5,12$$

$N=2)$

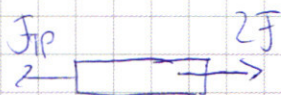


2) F_{min} :



$$F_0 = \frac{1}{2} F_{TP} = \frac{1}{2} N \mu = \frac{1}{2} 6mg \mu = 3mg \mu$$

3) $F = F_0$



$$F_R = 2F - F_{TP} = 2F - 6mg \mu$$

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

$$F = ma$$

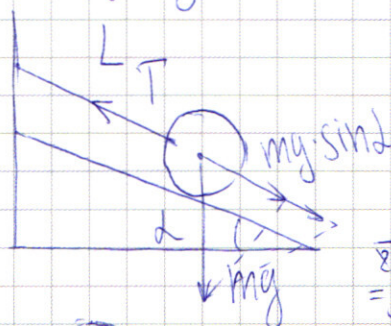
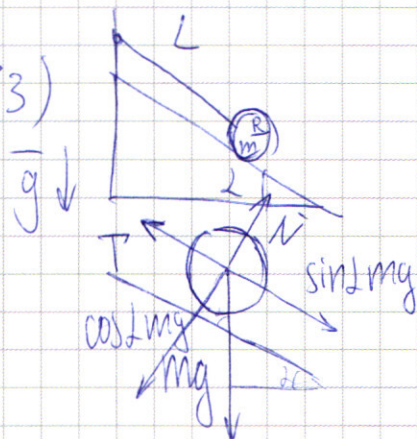
$$\begin{cases} V = at \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

$$V = \frac{F - 3mg \mu}{3m} \sqrt{\frac{6Sm}{F - 3mg \mu}}$$

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

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

$N=3)$



$$T = mg \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{B \cdot 2R \cdot T}{8\pi R} = \frac{B \cdot 2R \cdot T}{8\pi R}$$

$$v = \frac{BR}{\Delta t} = \frac{BR}{\Delta t} = \frac{BR}{\Delta t}$$



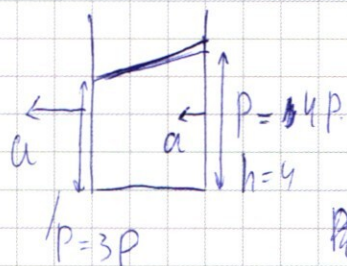
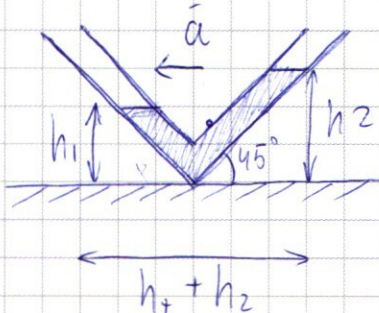
$$T = m(g \sin \alpha - \omega^2(R+L))$$



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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\nu^2 4)$



$$P = 1,5P_0$$

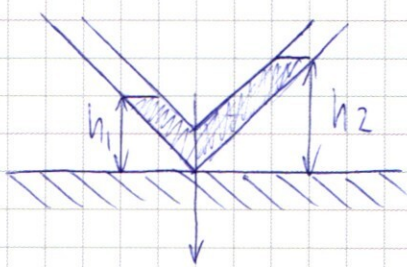
$$P_0 + P = \frac{\rho a m}{h_2 S}$$

$$\bar{P}_0$$

$$\bar{P} = 2P$$

$$P_0 + P = \frac{\rho a m}{h_2 S}$$

$$1,5P_0 + \frac{\rho a m}{h_2 S} = 2P_0 - \frac{\rho a m}{h_2 S}$$



$$P_1 = P_2$$

$$+ 8P = 12P - \sin \alpha \cdot \bar{a} \cdot \rho h$$

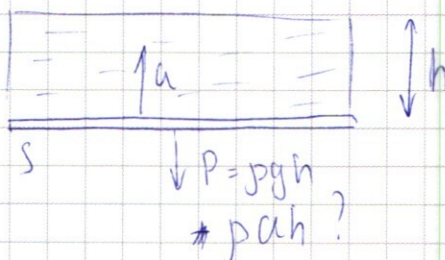
$$h_2 \rho g$$

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

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

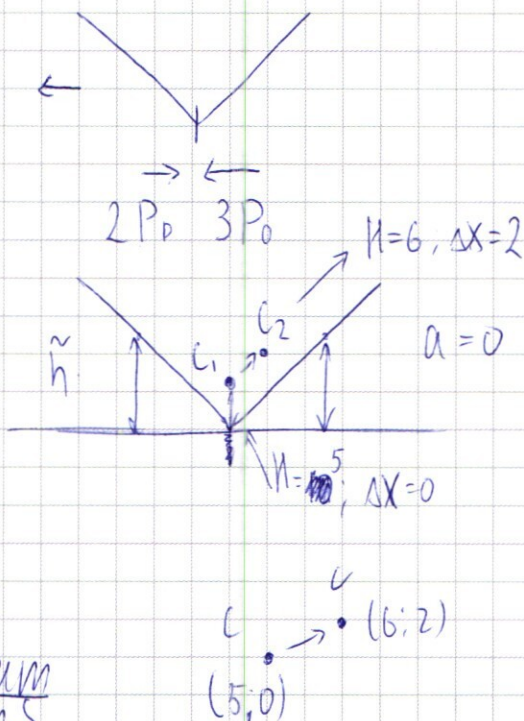
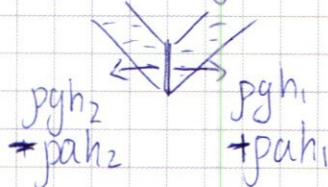
$$\Leftrightarrow 10(8-12) = a(12+8)$$

$$a = \frac{10 \cdot (12-8)}{12+8} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2$$



$$P = \rho g h_2 + \rho a h_2$$

$$= \rho g h \downarrow + \rho a h \leftarrow$$





$\vec{P}_2 \leftarrow \vec{P}_1$
 $\vec{P}_R = \rho g h$

To 
 $V_0 = \frac{m}{\rho_2}$

 $V_1 = \frac{m_1}{\rho_2} = \frac{m}{\rho_2 \cdot 4.7}$

To 
 $V_2 = \frac{m_2}{\rho_0} = \frac{(m - m_1)}{\rho_0}$

$$1 - \frac{1}{4.7} = \frac{4.7-1}{4.7} = \frac{3.7}{4.7}$$

$$m_1 = \frac{m_{P_2}}{P_2 \cdot y_{1,7}} = \frac{m}{y_{1,7}}$$

$$V_1/V_2 = \frac{2}{4.7 \cdot 10^5 \cdot (1 - \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 0.078}{8.31 \cdot 368})} =$$

$$N^2 5) \quad T = 273 + 95 \text{ K} = \text{const}$$

$$P_0 = 8,5 \cdot 10^4$$

$$p_b = 1$$

$$P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} R T_0$$

$$P_0 \frac{m}{\rho_0} = \frac{m}{\mu} R T_0$$

The diagram shows a vertical cylinder with a piston. The piston is a shaded rectangle with a double-headed arrow above it labeled P_2 . The volume of the gas below the piston is labeled V_1 . The temperature of the gas is labeled T_0 . The pressure of the gas is labeled P_2 . The pressure of the atmosphere is labeled P_0 . The volume of the gas is labeled V_2 .

$$P_2 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T_0$$

$$\bar{P} \frac{m_1}{P_2} = \frac{m_1}{\mu} R T_0$$

$$V_0 = \frac{m}{\rho_c} = 2 \text{ m}^3$$

$$V_0 \rightarrow V_1 = \frac{2}{4.7} \text{ m}$$

$$T_0 \left(\begin{array}{c} P_0 \\ V_1 \\ \vdots \\ V_2 \end{array} \right) \leftarrow P_0 \cdot \left(\frac{2m}{4.7} \right) = \frac{m}{M} R T_0$$

$$V_2 = P_0 \frac{(m-m_1)}{P_0 \frac{2m}{4.7} M}$$

$$m_1 = \frac{R T_0}{M} m$$

$$\frac{P_0}{P_2} \cdot \frac{m}{m_1} = \frac{m}{m_1}$$

$P = \text{const?}$ Пьер Ток. $(1 - \frac{1}{r}) = \frac{r-1}{r}$

$$P_0 \frac{M_1}{P_2} = \frac{M_1}{M} RT_0$$

$$p_2 = \frac{\mu P_0}{RT_0} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{2,77 \cdot 184 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 17 \cdot 10^4}{10^4} = 51$$

$$P_0 \frac{M}{p_2} = \frac{M}{M} R T_0$$
$$p_2 = \frac{M P_0}{R T_0} = 18$$

$$\frac{p_2}{p_0} = \frac{0,5}{1000} = \frac{1}{2000}$$

$$V_1/V_2 = \left(\frac{2 \text{ m}}{4.7 \cdot p \cdot (m - m_1)} \right) = \frac{2 \text{ m}}{4.7 \cdot p \cdot \left(m - \frac{p_{\text{rot}} \cdot M}{R \cdot T_0} \right)}$$

$$\begin{array}{r} 10 \overline{) 1083} \\ \underline{10} \\ 83 \\ \underline{80} \\ 30 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

