

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 .

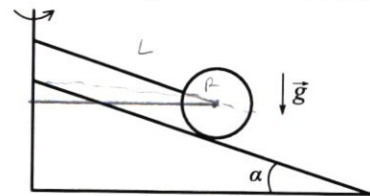


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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.



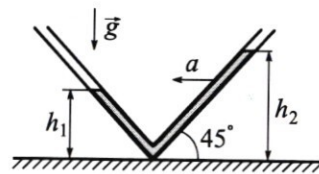
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

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.

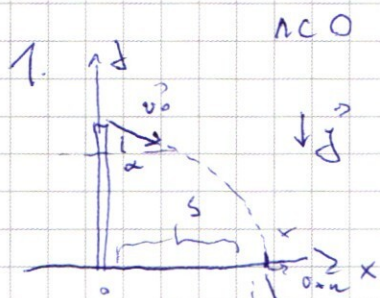
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



также мы

разложим

вектор

на

горизонталь

и

вертикаль

т.е.

получим

ЛСО



v_{yx} — тангенс вертикального составляющей

скорости,

v_{xk} — горизонтальная составляющая

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

и x''

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

— горизонтальная составляющая

составляющей скорости, т.е. и v_{0y}

$$-v_{yx} = -v_0 \sin \alpha - g t \quad \text{и} \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha + g t, \quad \text{где}$$

t — время полета камня

$$1.) \quad v_k^2 = v_{xk}^2 + v_{yk}^2 \quad \Leftrightarrow \quad v_{yk} = \sqrt{v_k^2 - v_{xk}^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{5}{2} v_0\right)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6} = 856 \text{ м/с} \approx 12,2 \text{ м/с}$$

$$2.) \quad v_{yk} = v_0 \sin \alpha + g t \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{v_0 \sin \alpha - v_{yk}}{g}$$

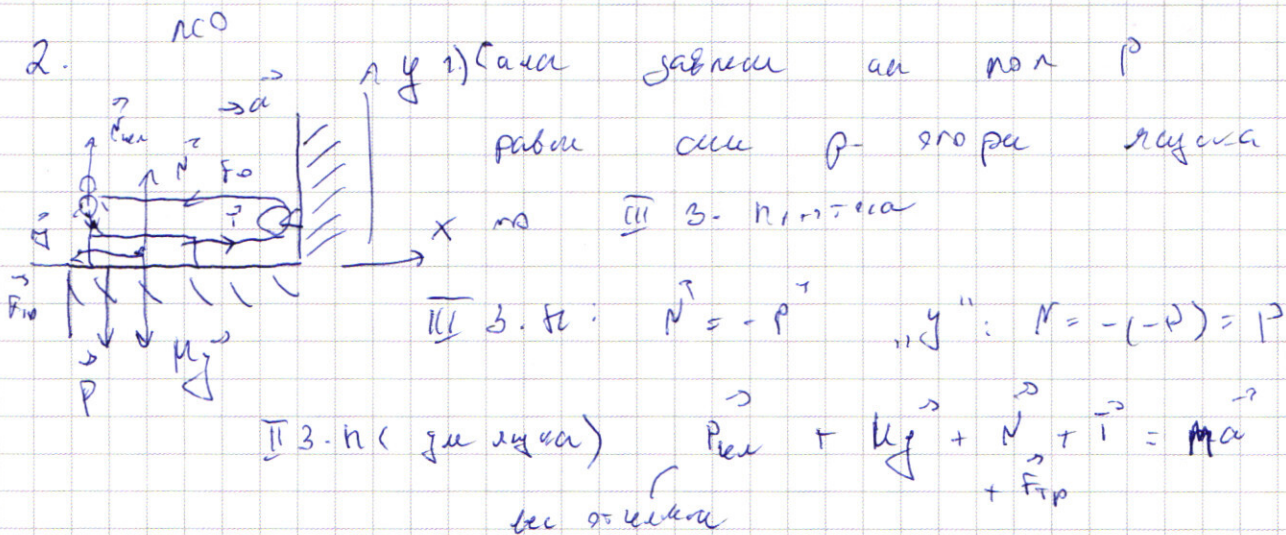
$$= \frac{12,2 - 8 \cdot \frac{\sqrt{6}}{2}}{10} = \frac{12,2 - 7,2}{10} = 1,2 \text{ с}$$

$$3.) \quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$x = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$x - x_0 = S = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м}$$

Ответ: 1) 12,2 м/с 2) 1,2 с 3) 4,8 м



"y" $N - K_y - P_{\text{гн}} = 0 \Rightarrow N = K_y + P_{\text{гн}}$

Все ищется при этом же. Равенство сил P груза $P_{\text{гн}} = -(-P_{\text{гн}})$, а по Π З.Н. Π З.Н. $K_y + K_{\text{гн}} = m\vec{a}$

"x" $N - K_y = 0 \Rightarrow P_{\text{гн}} = K_{\text{гн}} = m\vec{g}$

$\Rightarrow P = K_y + m\vec{g} = 3 m\vec{g}$

2.) Рассматриваем систему. Грузы соединены, масса сила натяжения троса везде равна силе тяжести груза, T — сила натяжения троса

Π З.Н: $P_{\text{гн}} + K_y + F_{\text{тр}} + \vec{T} + N = 0$

"x" $-F_{\text{тр}} + T = 0$

"y" $N - K_y - P_{\text{гн}} = 0$ Равенство $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (3m\vec{g}) = 6 \mu m\vec{g}$

$\Rightarrow T = F_{\text{тр}} = 6 \mu m\vec{g}$

Т.к. трос невесомый, то $F_0 = T = 6 \mu m\vec{g}$

~~Решение~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Дуге ракеты под действием вес-верт-силы

"x" $T - F_{TP} = Ma$

по оси дуги $T = F$

(2) $a = \frac{F - F_{TP}}{m}$ Он пройдет расстояние S ,

$S = \frac{at^2}{2}$, t - время дуги, (2)

$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{F - F_{TP}}{m}}}$

За это время он пройдет расстояние $V = at =$

$$= \frac{F - F_{TP}}{m} \cdot \sqrt{\frac{2Sm}{F - F_{TP}}} = \sqrt{\frac{F - F_{TP}}{m} \cdot 2S} = \sqrt{\frac{F - 6mg}{5m} \cdot 2S}$$

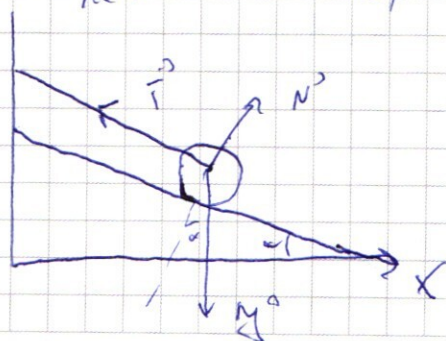
$$= \sqrt{\frac{2S(F - 6mg)}{5m}}$$

Ответ: 1) $6mg$ 2) $6mg$ 3) $\sqrt{\frac{2S(F - 6mg)}{5m}}$

3.

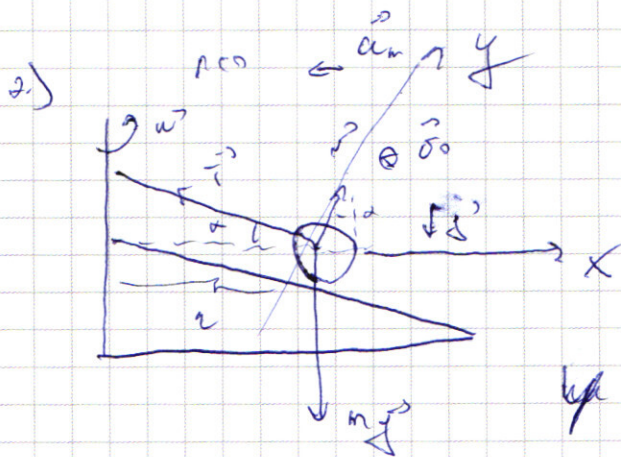
ЛСО

1) II 3. И $\vec{T} + \vec{N} + \vec{mg} = \vec{0}$



"x": $mg \sin \alpha - T = 0$ (5)

$T = mg \sin \alpha$



Шарик вращ. вращ 2 осей
по направлению вращения

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

шарик в 2-х осей, центр - ось

общее центрострем. ускорение $a_n = \omega^2 r$

II 3-н $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

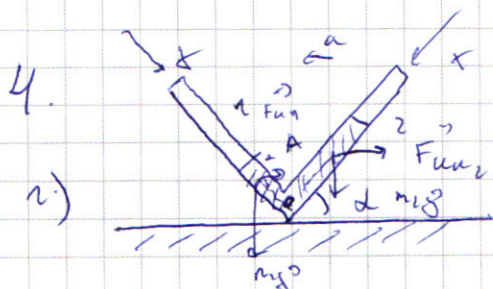
"к" $T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma_n = m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

"б" $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

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

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

Ответ: 1) $mg \sin \alpha$ 2) $m (\omega^2 (L + R) + g \sin \alpha)$



длина стержня l и 2 в:

A равны

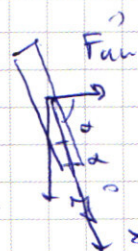
"к" $p_1 = p_2 \Leftrightarrow \frac{F_{A1}}{l} = \frac{F_{A2}}{l}$

"б" $F_{A1} = F_{A2}$ или равны при этом

"г" $F_{A1} \sin \alpha + mg \cos \alpha$ и "к" $-F_{A2} + mg \cos \alpha$

(Перегоним в левую часть с.б) m_1 - масса первого стержня,
 m_2 - второго,

F_{A1} и F_{A2} - силы реакции



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow F_{\text{тин}} \sin \alpha + m_2 g \cos \alpha = -F_{\text{тин}} \sin \alpha + m_1 g \cos \alpha \quad \alpha = 45^\circ$$

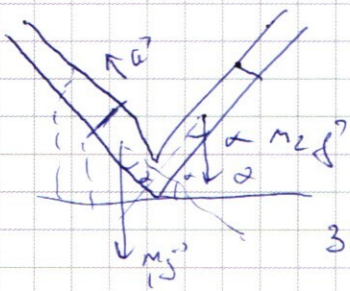
$$m_1 a + m_1 g = -m_2 a + m_2 g$$

$$a(m_1 + m_2) = g(m_2 - m_1) \quad \Rightarrow \quad a = g \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2} \quad \Rightarrow \quad a = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \cdot \frac{12 - 8}{12 + 8} = 10 \cdot \frac{4}{20} = 2 \text{ м/с}^2$$

2) После того как дорожки "соединят" себя на вершине.

Вся в 2-ой полке имеет логическое изъяснение
физическим путем



Она будет равна

$$F_{\text{н}} = m_2 g \cos \alpha - m_1 g \sin \alpha = g \cos \alpha (m_2 - m_1)$$

Значит, ускорение $a = \frac{g \cos \alpha (m_2 - m_1)}{m_1 + m_2} = \frac{g \cos \alpha (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1}$

Итак, барьеры, все в 2-ой полке имеет изъяснение

протекать по пути или $(h_2 - h_1) \cos \alpha$.

Значит время $t = \sqrt{\frac{2(h_2 - h_1) \cos \alpha}{a}} = \sqrt{\frac{2(h_2 - h_1) \cos \alpha}{\frac{g \cos \alpha (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1}}} = \sqrt{\frac{2(h_2 + h_1)}{g}}$

А скорость за это время:

$$v = a \cdot t = \frac{g \cos \alpha (h_2 - h_1)}{m_1 + m_2} \cdot \sqrt{\frac{2(h_2 + h_1)}{g}} =$$

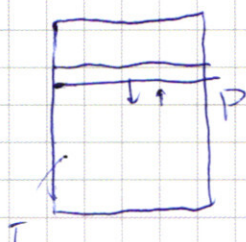
5

$$c \frac{\int \cos \alpha (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \cdot \sqrt{\frac{2(h_2 + h_1)}{g}} = \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 4}{20} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,2}{10}} =$$

$$= \sqrt{2} \cdot \sqrt{0,94} = \frac{1}{5} \sqrt{2} \approx \frac{1,4}{5} \approx 0,3 \text{ м/с}$$

Ответ: 1.) 2 м/с² 2.) 0,3 м/с

5.



1) Ч. к-мез: $pV = \nu RT$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad \Leftrightarrow \quad p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$\Leftrightarrow \rho = \frac{p\mu}{RT} = \frac{8,3 \cdot 10^4 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 368} \approx \frac{150}{368} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{p}{p_{\text{нб}}} = \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2) V_0 - изн. Т. и м, состоят б. и м паре - V_1 , V_2 - изн. б. и м

Ч. к-мез

$$\begin{cases} pV_0 = \nu_0 RT \\ pV_1 = \nu_1 RT \end{cases}$$

Давление насыщенного пара

изменяется а м зависит от б. и м при данной

температуре $\Rightarrow p = \text{const}$. Масса м. б. и м
и к-мез б. и м

$$\begin{cases} pV_0 = \frac{m_0}{\mu} RT \\ pV_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \end{cases} \quad \text{Найдём массу д. м. соотв. б. и м}$$

$$\Delta m = m_0 - m_1 = \frac{pV_0 \mu}{RT} - \frac{pV_1 \mu}{RT} = \frac{p\mu}{RT} (V_0 - V_1) =$$

$$= \frac{p\mu}{RT} (\gamma V_1 - V_1) = \frac{p\mu V_1}{RT} (\gamma - 1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Требуется найти отношение

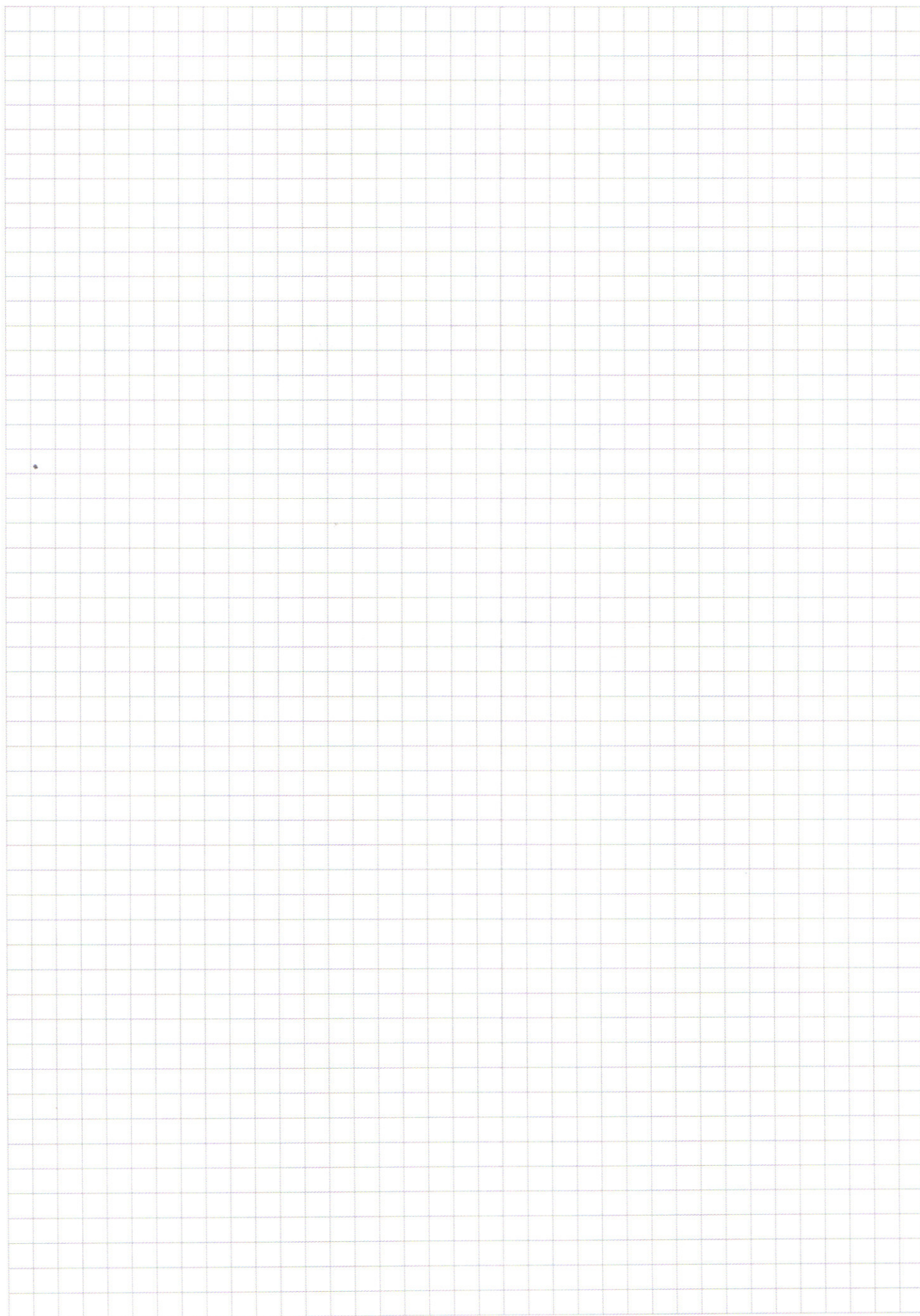
$$\frac{V_1}{V_2}$$

V_2 при этом $V_2 = \frac{1}{\rho} \cdot \Delta m = \frac{\rho \mu V_1}{\rho R T} (\gamma - 1)$

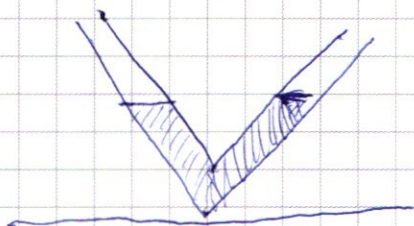
$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{\frac{\rho \mu V_1 (\gamma - 1)}{\rho R T}} = \frac{\rho R T}{\rho \mu (\gamma - 1)}$$

$$= \frac{1000 \cdot 8,314}{1,5 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7} = \frac{1000}{3,7} \cdot \frac{368}{150} = \frac{1000}{3,7} = \frac{2000}{3,7} \approx 55$$

Ответ: 1) $5 \cdot 10^{-4}$ 2) 55



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



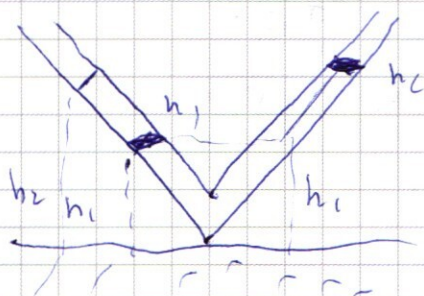
$$F = m_2 g \cos \alpha - m_1 g \cos \alpha$$

$$a = g \cos \alpha \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{5}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ \times 0,2 \\ \hline 4,4 \\ + 0,0 \\ \hline 0,44 \end{array}$$

$$2,2 \cdot 0,2 = 0,44$$

=



$$(h_2 - h_1) \cos \alpha$$

$$(h_2 - h_1) \cos \alpha = \frac{a t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2(h_2 - h_1) \cos \alpha}{a}} = \sqrt{\frac{2(h_2 - h_1) \cos \alpha}{g \cos \alpha \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}}}$$

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

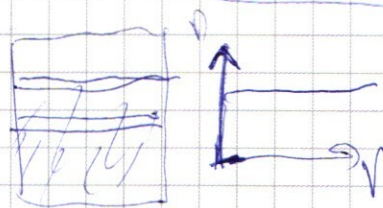
$$v = a \cdot t = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}}$$

$$= g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \sqrt{0,4} = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \sqrt{\frac{2}{5}} =$$

$$= g \cdot \frac{2}{10\sqrt{5}} = g \cdot \frac{1}{5\sqrt{5}} = \frac{10}{5\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5} = 1,88 \text{ м/с}$$

$$pV = \nu RT$$

$$p_0 V = \nu_0 R T_0$$



$$p = \frac{\nu}{M} R T$$

$$p = \frac{\rho M}{R T}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\rho M}{\rho_0 M} \cdot \frac{R T_0}{R T} = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$p = \frac{\rho M}{R T}$$



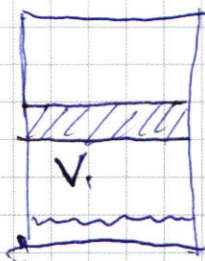
$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 365} =$$

$$\begin{array}{r} 123 \\ + 55 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$180 \overline{) 365}$$

$$= \frac{8,5 \cdot 28 \cdot 20}{8,3 \cdot 365} = \frac{90}{284} = \frac{45}{92} = 0,5 \text{ м, м}^3$$

$$\approx 2 \quad 45 \quad \frac{0,5}{1000} = \frac{5}{10000} = 5 \cdot 10^{-4}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} pV_2 = \nu_2 RT \\ pV_1 = \nu_1 RT \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} pV_2 = \frac{m_2}{\mu} RT \\ pV_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \Delta m = m_2 - m_1 = \frac{pV_2 \mu}{RT} - \frac{pV_1 \mu}{RT} =$$

$$= \frac{p \mu}{RT} (V_2 - V_1)$$

$$\begin{array}{r} 123 \\ + 55 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$V_{\text{вык}} = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{\frac{p \mu}{RT} (V_2 - V_1)}{\rho} = \frac{p \mu}{\rho RT} \cdot (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{p \mu V_1}{\rho RT} (\gamma - 1)$$

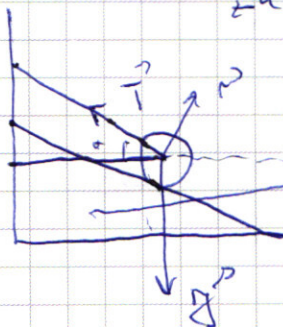
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{\frac{p \mu V_1}{\rho RT} (\gamma - 1)} =$$

$$\frac{p RT}{\rho \mu (\gamma - 1)} = \frac{1000 \cdot 8,3 \cdot 368}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 28 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{1000}{3,7} = \frac{368 \cdot 2}{280} = \frac{2000}{3,7} =$$

$$\begin{array}{r} 20090 \overline{) 37} \\ - 185 \\ \hline 250 \\ - 248 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\approx 54,54 \approx 55$$



$$T \cos \alpha = mg$$

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

$$T = m \omega^2 (R + L)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$56 - \frac{53}{2} = \frac{256 - 53}{2}$$

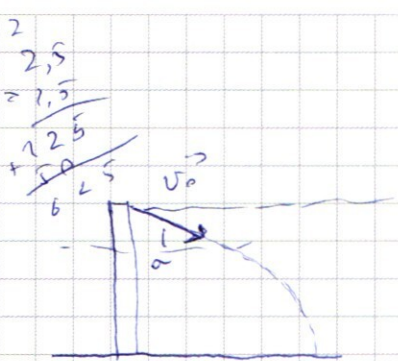
$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 14 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times 0,3 \\ \hline 69 \\ 746 \\ \hline 522 \\ \times 2,2 \\ \hline 44 \\ 484 \\ \hline 2,48 \\ \times 2,48 \\ \hline 2,48 \end{array}$$

$$56 = \frac{44}{4,84}$$

$$2,48 = 2,48$$

$$2,48 = 2,48$$



$$v_0 = 8 \text{ м/с} \quad \alpha = 60^\circ$$

$$x: v_0 \cos \alpha t = L$$

$$y: v = v_0 \cos \alpha$$

$$y: v_y(t) = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$(2,5 v_0)^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + g t)^2$$

$$v_y = v_0 \sqrt{2,5^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{24}{4}} = \sqrt{6} v_0$$

$$v_0 \sin \alpha + g t = \sqrt{6} v_0 \quad \Rightarrow \quad g t = \sqrt{6} v_0 - v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \sin \alpha}{g} \quad \begin{array}{r} 19,2 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 9,9 \\ 10 \end{array}$$

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,2 = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м}$$

1) $6 \mu \text{г}$

$$2.) \text{ ПЗ.4: } \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} + \vec{P} + \vec{Mg} = 0$$

$$x: T - F_{\text{тр}} = 0$$

$$y: N - P - Mg = 0 \Rightarrow N = P + Mg$$

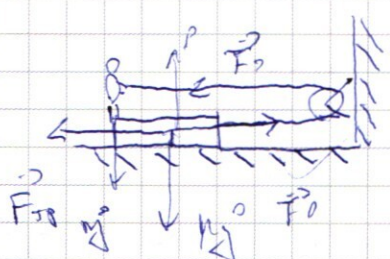
$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (P + Mg) = \mu \cdot 6 \mu \text{г}$$

$$\Rightarrow T = F_0 = 6 \mu \text{г}$$

$$a = \frac{(F - F_{\text{тр}})}{M} \quad s = \frac{at^2}{2}$$

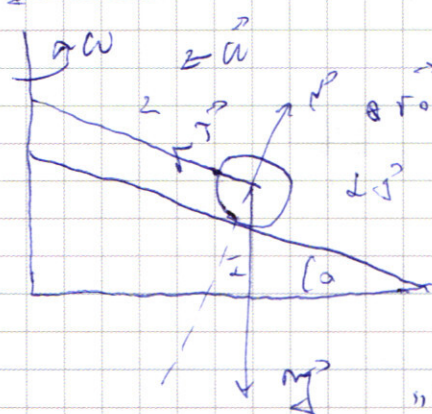
$$3.) (F - F_{\text{тр}}) \cdot at = Mv \Rightarrow$$

$$v = a t = \frac{F - F_{\text{тр}}}{M} \cdot \sqrt{\frac{2sM}{F - 6\mu \text{г}}} = \sqrt{\frac{2sM}{F - 6\mu \text{г}}}$$



$$\int \frac{(F - F_{\text{up}})^2}{(F - F_{\text{up}})^2} \cdot \frac{M}{M^2} \cdot 2s = \int \frac{M}{F - 6\mu g} \cdot 2s \cdot \mu g$$

$$= \int \frac{8m \cdot 2s}{F - 6\mu g} = \int \frac{10ms}{F - 6\mu g}$$



$$\text{ЗБ.и } \vec{N} + \vec{T} - m\vec{g} = 0$$

$$\text{"x"} \quad m g \sin \alpha - T = 0 \Rightarrow T = m g \sin \alpha$$

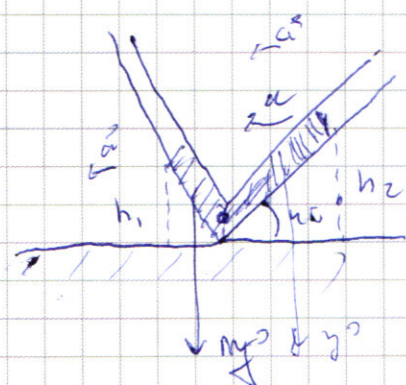
$$\text{"y"} \quad N - m g \cos \alpha = 0$$

$$\text{"x"} \quad T - m g \sin \alpha = m a_{\text{кр}} = m \frac{v^2}{R} = m \frac{\omega^2 R^2}{R}$$

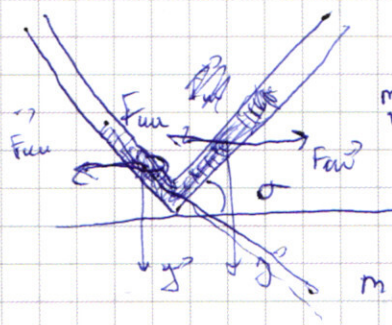
$$= m \omega^2 \cdot (R + L \cos \alpha)$$

$$= m \omega^2 R$$

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



$$m_1 g + m_2 g = m_1 g - m_2 a$$



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\frac{m_1 g \cos \alpha + m_2 a \sin \alpha}{S} = \frac{m_2 g \cos \alpha - F_{\text{up}} \sin \alpha}{S}$$

$$a (m_1 + m_2) = (m_2 - m_1) g \Rightarrow a (R g h_1 + R g h_2) = (R g h_2 - R g h_1) g$$

$$\Rightarrow a = \frac{(h_2 - h_1) g}{h_1 + h_2} = \frac{12 - 8}{12 + 8} \cdot g = \frac{4}{20} g = \frac{1}{5} g = 2 \text{ мс}^2$$

$$v = 2 \text{ мс}^2$$