

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?

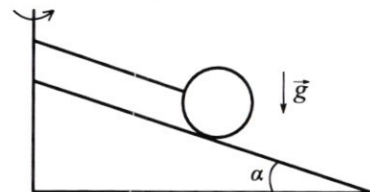
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

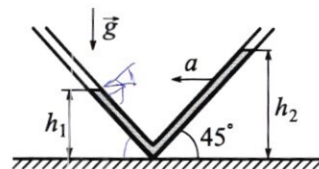


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

①

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ (м/с)}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_1 = 2v_0$$

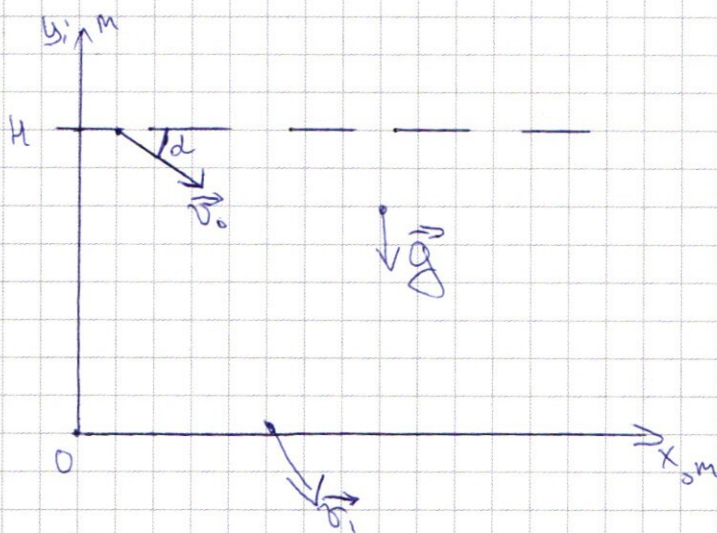
$$v_{y1} = ?$$

$$t = ?$$

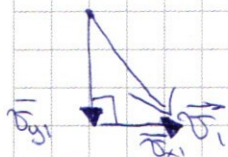
$$h = ?$$

$$g = 10 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Решение:



$\vec{v}_0$ направлена так, потому что
"Гайка все время приближалась к земле";
при α "выше горизонта" первое
время гайка бы удалялась от земли
 α - "по горизонтали"



A)

$$v_1^2 = v_{y1}^2 + v_{x1}^2$$

т.к. по оси x не действует никакой силы

$$v_{x1}^2 = v_{x0}^2 = v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha$$

$$\begin{cases} v_1^2 = v_{y1}^2 + v_{x1}^2 \\ v_{x1}^2 = v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha \end{cases}$$

$$v_{y1}^2 = v_1^2 - v_{x1}^2 = v_1^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = 4v_0^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = v_0^2 \left(4 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \right)$$

$$v_0^2 \cdot \frac{13}{4}$$

$$v_{y1} = \frac{v_0}{2} \cdot \sqrt{13} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}$$

Б) $\text{Время полёта гайки} = \text{Время, за которое пролетит на } \sqrt{g}$
 $\tau \text{ увеличится с } \tau_0 \text{ до } 2\tau_0$

$$t = t_1 = \frac{v_{y1} - v_{y0}}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 10 \cdot \sin 30^\circ}{10} = \frac{\sqrt{13} - 2 \cdot \frac{1}{2}}{2}$$

B)

$$y = v_{y0} \cdot t + \frac{a_y t^2}{2} = \frac{10 \cdot \sin 30^\circ \cdot (\sqrt{13} - 1)}{2} + \frac{10^3 \cdot (\sqrt{13} - 1)^2}{84} =$$

$$z = \frac{10(\sqrt{13}-1) + 5(\sqrt{13}-1)^2}{4} = \frac{(\sqrt{13}-1)(10+5\sqrt{13}-5)}{4}$$
$$z = \frac{5(\sqrt{13}-1)(1+\sqrt{13})}{4} \quad z = \frac{(13-1)5}{4} = \frac{12 \cdot 5}{4} = 15 \text{ (m)}$$

① ТБСТ: $5\sqrt{3}$ (м/с); $\frac{\sqrt{13}-1}{2}$ (с); 15 (м)

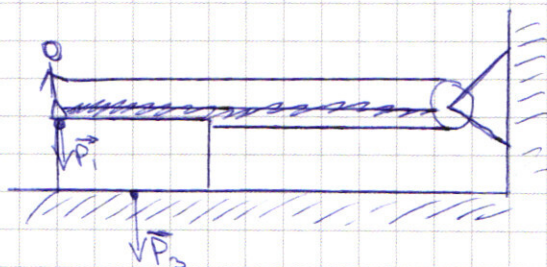
1. $\frac{1}{m} \text{ AHO}^*$

S



$P_3 = ?$
 $F_{\min} = ?$
 $t = ?$

Решение:



A) $P_3 = P_1 + P_2$ (gemeinsame Leistung des Systems) = $mg + 2mg$
 $3mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Б)

$$F_{\min} = F_{\text{тр}} = N \cdot \mu = P_3 \cdot \mu = 3mg \cdot \mu$$

В)

при $F > F_0$ сила по ОХ будет некомпенсирован:

х:

$$(M+m)a_x = F - F_{\text{тр}} = F - 3mg\mu$$

$$a_x = \frac{F - 3mg\mu}{M+m} = \frac{F - 3mg\mu}{3mg}$$

тогда:

$$S = \frac{a_x \cdot t^2}{2}, \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a_x}} = \sqrt{\frac{3mg \cdot 2S}{F - 3mg\mu}} = \sqrt{\frac{6Smg}{F - 3mg\mu}}$$

Ответ: $P_3 = 3mg$; $F_{\min} = 3mg\mu$; $t = \sqrt{\frac{6Smg}{F - 3mg\mu}}$

3)

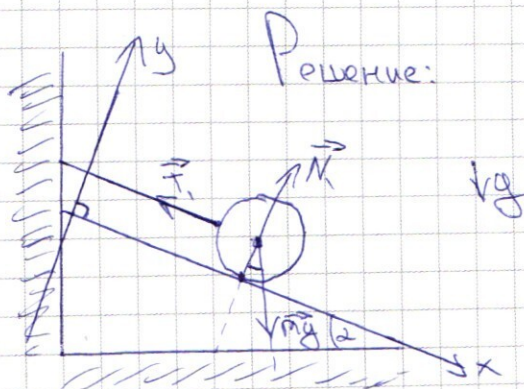
Дано:

m, R, α

L, ω

$P_{g1} = ?$

$P_{g2} = ?$



Решение:

А) $\sum \vec{F} = 0 = \vec{N}_1 + \vec{mg} + \vec{F}_1$ (равновесное положение)

Разложим по осям X и Y :

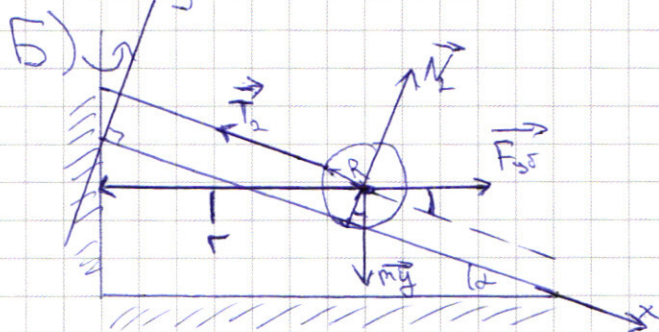
~~$T = \sin \alpha \cdot mg$~~

X :

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

Y :

$$N_1 = \cos \alpha \cdot mg = P_1$$



при вращении к силам,

действ. на шар добавится

$$F_{цб} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 \cdot r$$

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

Равновесное положение:

$$\sum \vec{F} = 0 = \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{цб} + m\vec{g}$$

Разложим по осям:

X :

$$T_2 = mg \cdot \sin \alpha + F_{цб} \cdot \cos \alpha$$

Y :

$$N_2 = mg \cdot \cos \alpha - F_{цб} \cdot \sin \alpha = P_2$$

$$P_2 = mg \cdot \cos \alpha - m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \sin \alpha = m (g \cdot \cos \alpha - \omega^2 \cdot (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha)$$

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

Ответ: $P_1 = mg \cdot \cos \alpha$; $P_2 = m \cdot \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \cdot \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

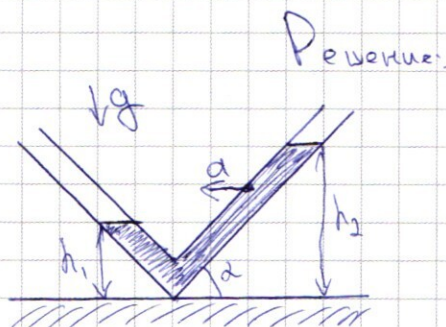
$$a = 4 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$h_1 = 10 \text{ (см)}$$

$$g = 10 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$h_2 = ?$$

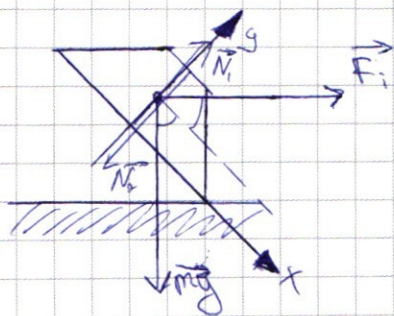
$$v = ?$$



Масса расположится так из-за $F_i = m \cdot a$
— аналогичная сила 'отталкивает' массу вверх
автоматически назад, когда тот разгоняется.

A)

Рассмотрим левый рукав сосуда:



разпишем по осям:

y:

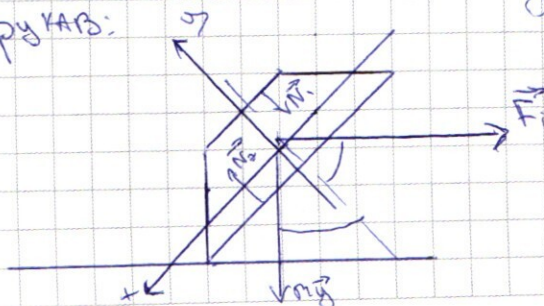
Все силы и проекции сил будут компенсироваться силами реакции стенок рукава.

$$F_{RL} = m(\text{лев.рук}) \cdot a_x = F_i \cdot \cos \alpha + m g \cdot \cos \alpha$$

масса реагирует на разгон лев. рукава

$$\cos \alpha (F_i + m g) = m \cos \alpha (g + a)$$

Аналогично правый рукав:



y:

To we have

x:

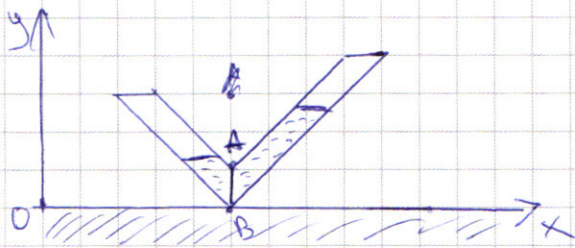
$$F_{\text{пр}} = m_{\text{г}} \cdot g \cdot \sin \alpha - F_{\text{н}} \cdot \sin \alpha = \sin \alpha \cdot \textcircled{m} (g - a)$$

↓
масса
равн. правого рычага

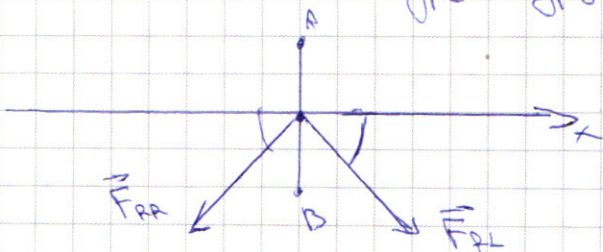
$$m = m(\text{лев. рук}) + m_{\text{год}}$$

↓ ↓
масса масса
рычага A,

масса левого и правого рычагов взаимодействуют по плоскости AB:



для составления равновесия проекции равнодействующей массы рычагов ($F_{\text{рл}}$ и $F_{\text{ре}}$) на ось OX должны компенсировать друг друга:



$$F_{\text{ре}} \cdot \cos \alpha = F_{\text{рл}} \cdot \cos \alpha$$

↓

$$F_{\text{ре}} = F_{\text{рл}}$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cancel{\sin \alpha} (m(\text{лев. рук.}) + m_{\text{год}}) \cdot (g - a) = m(\text{лев. рук.}) \cdot \cancel{\cos \alpha} \cdot (g + a)$$

$$\cancel{m(\text{лев. рук.})} g - m(\text{лев. рук.}) a + m_{\text{год}} g - m_{\text{год}} a = \cancel{m(\text{лев. рук.})} g + m(\text{лев. рук.}) a$$

$$m_{\text{год}} = \frac{2 \cdot m(\text{лев. рук.}) \cdot a}{g - a}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m = \rho \cdot S \cdot l = \rho \cdot S \cdot l \cdot \cos \alpha$$

~~или~~

разны для $m_{\text{доб}}$ и $m(\text{лев. рука})$

сопоставим на $(\rho \cdot S \cdot \cos \alpha)$

$$h_{\text{доб}} = \frac{2 \cdot l_1 \cdot a}{g - a} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 42}{63} = \frac{0,4}{3} = \frac{4}{30} \approx 0,133 \text{ (м)}$$

или

13,3 (см)

$$h_2 = l_1 + h_{\text{доб}} = 10 + 13,3 = 23,3 \text{ (см)}$$

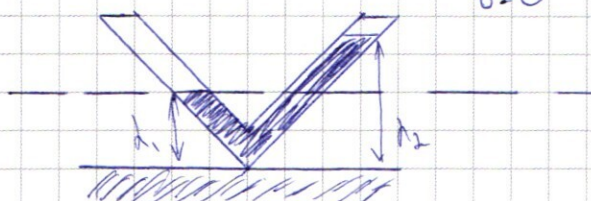
Б)

~~разный~~ ~~перекося~~ ~~или~~ равномерное движение

равновесно состоянию покоя → можем

заменить движущую систему на неподвижную,

$v = 0$



система стремится к положению $l_1 = l_2$ (принят сообщ. сосуда),

так будет при опускании уровня правого рукава на

$$\frac{h_{\text{доб}}}{2}$$

и поднятии уровня левого на $\frac{h_{\text{доб}}}{2}$

- При этом потенциальная энергия опускающегося масла будет переходить в кинетическую энергию всего масла

при этом

$$E_p \neq mgh, \text{ но}$$

$$E_p = (mg \cdot \cos \alpha) \cdot (h \cdot \cos \alpha)$$

"Потенциальную работу" будет совершать не компенсирующая проекция $\vec{mg}$ на ось параллельную правому рукаву сосуда

$$E_p = \frac{m g \cos \alpha}{2} \cdot g \cdot \frac{h g \cos \alpha}{2} \cdot \cos^2 \alpha = \frac{M v^2}{2}, \quad M - \text{масса всего сосуда}$$

совершает сокращение попутное сопротивлению
из А):

$$\frac{h g \cos \alpha}{2} \cdot g \cdot \frac{h g \cos \alpha}{2} \cdot \cos^2 \alpha = \frac{(h_1 + h_2) v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{(h g \cos \alpha)^2 \cdot g}{2(h_1 + h_2)}, \quad v = h g \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}}$$

$$10^2 \cdot 6,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 10^3 (10 + 23,3)}} =$$

$$= \frac{0,66 \cdot \sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 33,3}}$$

Ответ: $h_2 = 23,3 \text{ (cm)}$; $v = \frac{33\sqrt{2}}{100} \sqrt{\frac{10}{66,6}} \text{ (m/s)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано:

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

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

$$\rho_0 = 11^\circ \text{ (cm}^3\text{)}$$

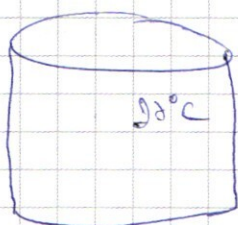
$$\mu = 18 \text{ (г/моль)}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$\frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_0} = ?$$

$$\frac{V_{\text{нас}}}{V_{\text{воз}}} = ?$$

Решение:



$$A) pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{P}{\mu} \cdot RT$$

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{P \cdot \mu}{RT}$$

$$\rho_0 = 11^\circ \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\rightarrow \frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_0} = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T}$$

$$\frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{R \cdot (27 + 273)}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,314 \cdot R}$$

$$\frac{11}{213}$$

$$B) pV = \nu RT, \text{ объем } \downarrow \text{ и } \gamma \text{ const} \Rightarrow \nu \downarrow \text{ и } \gamma \text{ const}$$

$$p \left(\frac{1}{5,6} \right) = \left(\frac{\nu}{5,6} \right) RT$$

$$pV_1 = \nu_1 RT$$

$V_1 = \frac{V}{5,6}$ - кон-до пара при уменьш V

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{V \cdot \mu}{\rho}$$

$$V_{\text{пара}} = \frac{V_1 \cdot \mu}{\rho_{\text{нас}}}$$

$$V_{\text{воз}} = \frac{(V - V_1) \cdot \mu}{\rho_{\text{в}}}$$

Т.к. в-во
из системы не пропадает:
оно либо газ, либо вода

$$\rho_{\text{нас}} = \rho_{\text{в}} \cdot \frac{213}{R}$$

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{воз}}} = \frac{V_1 \cdot \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{нас}} \cdot (V - V_1)}$$

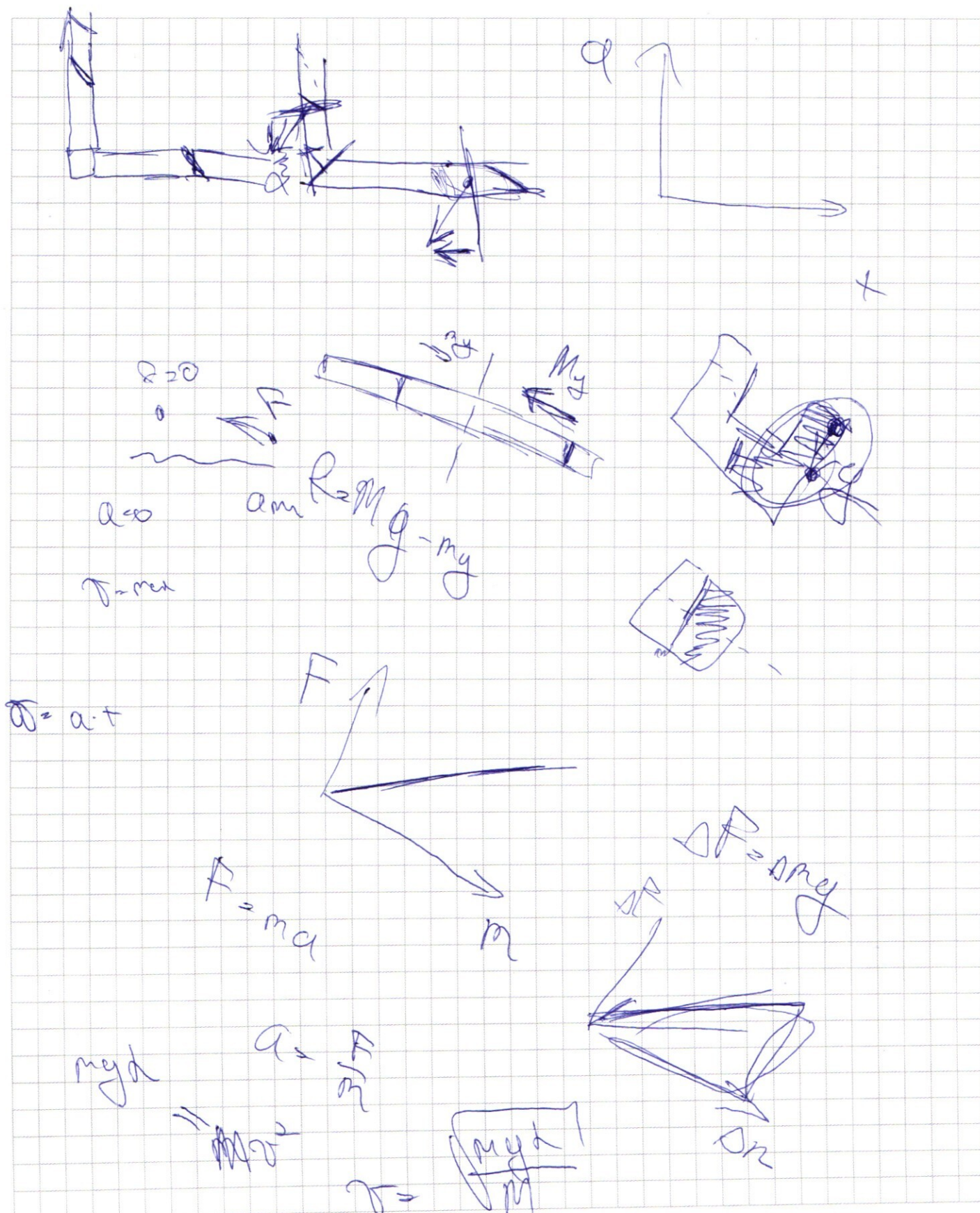
$$\frac{2 - 1}{5,6 \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot 2(1 - \frac{1}{5,6})}$$

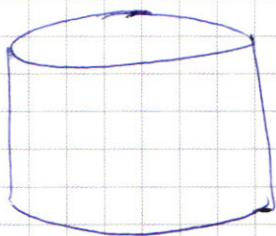
$$\frac{1}{4,6 \cdot \rho_{\text{нас}}} = \frac{1 \cdot R}{4,6 \cdot 213}$$

$$\frac{R}{979,8}$$

① ответ: $\frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{воз}}} = \frac{213}{R}$ и $\frac{V_{\text{пар}}}{V_{\text{воз}}} = \frac{R}{979,8}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 (\text{Па})$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ \times 35,5 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$T = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{2130}{852} = 2,5$$

$$\frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{в.в.}}} = 0$$



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

$$p_{\text{пар}} = \frac{p \mu}{RT}$$

$$\frac{p}{RT} = \frac{\nu}{V}$$



$$\begin{array}{r} 11 \\ \times 213 \\ \hline 1278 \\ \times 46 \\ \hline 852 \\ \hline 9798 \end{array}$$

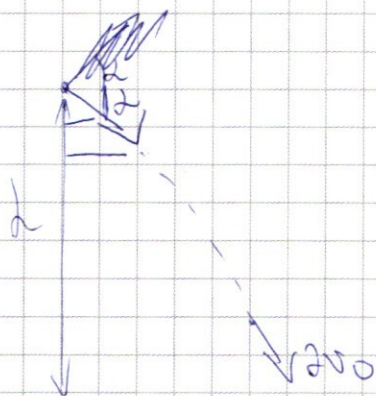
$$\nu \cdot \mu = m$$

$$\frac{m}{\mu}$$

$$V_{\text{пар}} = \frac{\nu \cdot \mu}{\rho_{\text{пар}}}$$

$$V_{\text{в.в.}} = \frac{\nu \cdot \mu}{\rho_{\text{в.в.}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_z = v_{0y} - g \cdot t$$

$$\begin{array}{r} 3 \quad 3 \\ \times 35,5 \\ \hline 21 \quad 30 \end{array}$$

$$2v_{0y} = 2v_{0y} + g \cdot t$$

$$v_{0y} = \frac{v_{0y} + g \cdot t}{2}$$

$$y = -v_{0y} \cdot t - g \cdot t^2$$

$$v_0 \cdot \sin 60^\circ = v_{0y}$$

$$\times 2 \quad v_{0y} \cdot t$$

$$v_{0x}^2 + v_{0y}^2 = v_0^2$$

$$v_0^2 \sin^2 60^\circ + v_{0y}^2 = 4v_0^2$$

$$2v_0^2 = 4v_{0y}^2 + 4v_{0x}^2$$

$$v_{0y}^2 = v_0^2 (4 - \sin^2 60^\circ)$$

$$v_0$$

//

$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin^2 60^\circ = \frac{3}{4}$$

$$1) \quad v_0^2 \cdot \frac{13}{4} \Rightarrow v_{0y} = \frac{10 \cdot \sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13}$$

$$2) \quad \frac{v_{0y}}{g} = v_{0y} \cdot g \cdot t \Rightarrow t = \frac{v_{0y} - v_{0y}}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 10}{102}$$

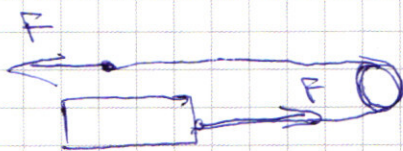
$$y^2 = v_{0y}^2 + \frac{g^2 t^2}{2}$$

$$\frac{R}{\omega^2} = \frac{\omega - \frac{v}{R}}{\omega^2}$$

$$H = \frac{2v_{0y}^2 + g^2 t^2}{2} + \left(\frac{2v_{0y}^2 + g^2 t^2}{2} \right)$$

$$N = m g \cos \alpha - m \cdot \sin \alpha \cdot \omega^2 R \cdot L \cos \alpha$$

$$\frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}} = \frac{1}{1}$$



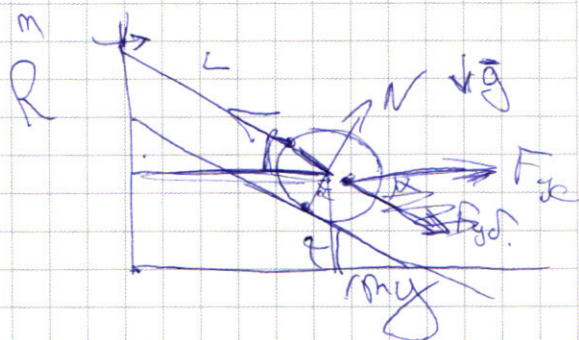
$$P = P_1 + P_2 = mg + Mg = 3mg$$

$$F = \mu N = 3mg \mu$$

$$3mg \cdot a = F - F_{\text{fr}}$$

$$a = \frac{F - F_{\text{fr}}}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{F - F_{\text{fr}}}}$$



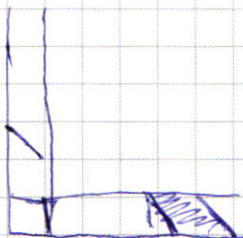
$$N + mg = T = 0$$

$$mg \sin \alpha = T$$

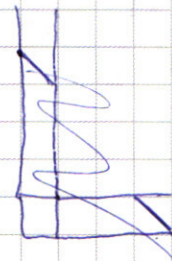
$$mg \cos \alpha = N = P$$

$$N + F_{\text{fr}} \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

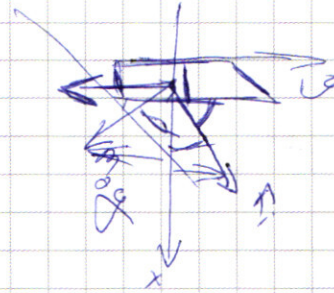
$$N = \frac{mv^2}{R \cos \alpha} \sin \alpha + mg \cos \alpha$$



$$\frac{3}{10} \cdot \frac{3}{13}$$



$$\frac{40}{30} \cdot \frac{36}{13}$$



$$mg \cdot \sin \alpha + F_i \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$|F_i - mg| \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha (mg + F_i)$$

$$\sin \alpha \cdot m(g - a)$$

$$m \cdot \sin \alpha (g + a)$$

$$F_i$$

$$m \cdot \sin \alpha (g + a) = \sin \alpha \cdot m(g - a) + \textcircled{p \cdot S}$$

$$m = k \cdot S \cdot g$$

$$m \cdot g$$

$$d_1 \cdot \sin \alpha (g + a) = \sin \alpha \cdot d_1 (g - a) + 2 \cdot d_{ad} \cdot g$$

$$2 \cdot d_{ad} = \frac{\sin \alpha \cdot d_1 \cdot a}{g}$$