

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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.

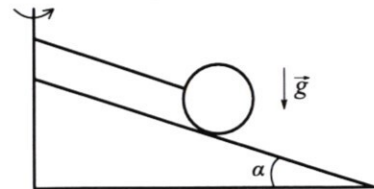
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



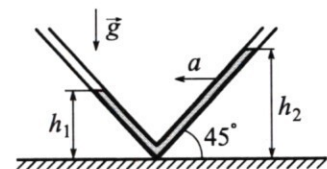
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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

№1.

Дано:

- $v_0 = 8 \text{ м/с}$
- $\alpha = 60^\circ$
- $v_k = 2,5 v_0$
- $v_{ky} = ?$
- $t = ?$
- $l = ?$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:

Из условия ясно, что камень бросен под углом α вниз (ниже линии горизонтал):

Т.к. сопротивл. воздуха нет, то гориз. сост. скор. не изменится:

$$v_{kx} = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

$$-v_{ky} = -v_{0y} - g t = -v_0 \cdot \sin \alpha - g t.$$

$$v_{ky} = v_0 \sin \alpha + g t. \quad (2)$$

$$\left(\frac{5}{2} v_0\right)^2 = v_k^2 = v_{kx}^2 + v_{ky}^2 \quad (3) \Rightarrow (1, 2, 3): \frac{25}{4} v_0^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 + 2 v_0 \sin \alpha g t + v_0^2 \cos^2 \alpha.$$

Подставим известн. знач.:

$$25 \cdot 16 = 64 \cdot \frac{3}{4} + 100 t^2 + 2 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 t + 64 \cdot \frac{1}{4}$$

$$400 - 64 = 100 t^2 + 80 \sqrt{3} t$$

$$100 t^2 + 80 \sqrt{3} t - 336 = 0 \quad 50 t^2 + 40 \sqrt{3} t - 168 = 0$$

$$25 t^2 + 20 \sqrt{3} t - 84 = 0$$

$$\frac{D}{4} = 100 \cdot 3 + 84 \cdot 25 = 300 + 2100 = 2400$$

$$t = \frac{-10 \sqrt{3} \pm 20 \sqrt{6}}{25} \quad \text{т.к. время не м.б. отр., то}$$

$$t = \frac{-10\sqrt{3} + 20\sqrt{6}}{25} \approx \frac{-1,7 + 48}{25} = \frac{31}{25} = 1,28 \text{ c.}$$

$$v_{xy} = v_0 \cdot \sin \alpha + gt = 8 \cdot \frac{1,7}{2} + 10 \cdot 1,28 = 6,8 + 12,8 = 19,6 \text{ м/с.}$$

$$l = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,28 = 5,12 \text{ м.}$$

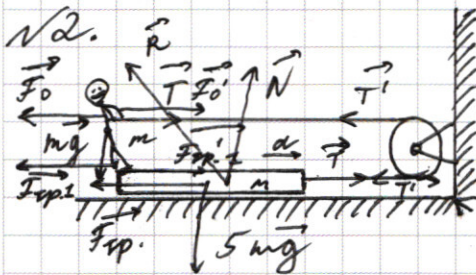
Ответ: 1) $v_{xy} = v_0 \sin \alpha + gt$;

$F_{\text{пр}}$ компенсирует с землёй:

$$v_{xy} = 19,6 \text{ м/с} = v_0 \sin \alpha + gt_n = 19,6 \text{ м/с};$$

2) $t_n = 1,28 \text{ c};$

3) $l = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_n = 5,12 \text{ м.}$



$$|\vec{T}| = |\vec{T}'| = T;$$

$$|F_{\text{пр}1}| = |F_{\text{пр}1}'| = F_{\text{пр}1};$$

$$|F_0| = |F_0'| = F_0.$$

Усл. равн.: $T + F_{\text{пр}1} = F_{\text{пр}}; (1)$

Усл. устойчивости человека: $T + F_{\text{пр}1} = F_0; (2)$

(1,2): $F_{\text{пр}} = F_0$

$N = (M+m)g$ (вертик. сост.)

$F_{\text{пр}} = F_0$ (горизонт. сост.) $p = N = 6 \text{ м/с.}$

$F_{\text{пр}} = \mu N = 6 \mu \text{ м/с.}$

$$R = \sqrt{N^2 + F_{\text{пр}}^2}$$

$$R = \sqrt{(6 \mu \text{ м/с})^2 + (6 \text{ м/с})^2} = 6 \text{ м/с} \cdot \sqrt{1 + \mu^2}.$$

$$F_0 = F_{\text{пр}} = 6 \mu \text{ м/с}$$

$$F > F_0 =$$

3 СЗ: $FS - 6 \mu \text{ м/с} S = \frac{6m v^2}{2}.$

$$m v^2 = \frac{FS}{3} - 2 \mu \text{ м/с} S$$

$$v = \sqrt{\frac{FS}{3m} - 2 \mu g S} = \sqrt{S \cdot \left(\frac{F}{3m} - 2 \mu g \right)}.$$

Ответ: 1. $N = 6 \mu \text{ м/с}; R = 6 \text{ м/с} \sqrt{1 + \mu^2};$

2. $F_0 = F_{\text{пр}} = 6 \mu \text{ м/с};$

3. $(F > F_0): v = \sqrt{S \cdot \left(\frac{F}{3m} - 2 \mu g \right)}.$

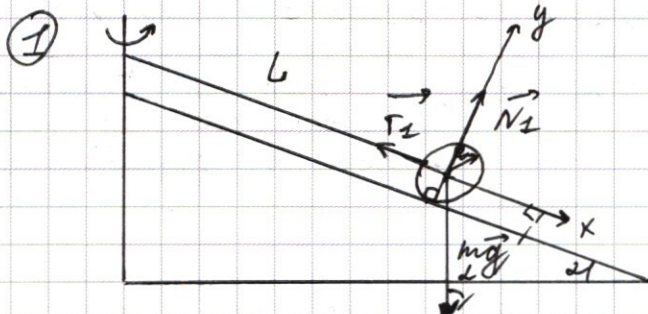
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:

m, R
 L, α
 $T_1 - ?$
 $T_2 - ?$
 $\omega, R \neq 0.$

Решение:

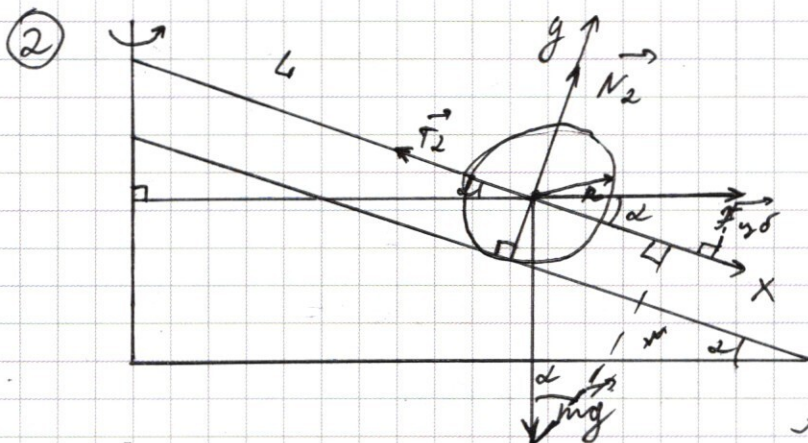


$$(Ox) = -T_1 + mg \sin \alpha = 0$$

$$T_1 = mg \cdot \sin \alpha.$$

$$(Oy) = N_1 - mg \cos \alpha = 0$$

$$N_1 = mg \cos \alpha.$$



$$(Ox) = -T_2 + mg \sin \alpha + F_{y\delta} \cos \alpha = 0$$

$$T_2 = mg \sin \alpha + F_{y\delta} \cos \alpha.$$

$$F_{y\delta} = m a_{xc} = m \omega^2 \cdot (R+L) \cos \alpha$$

$$(Oy) = N_2 - mg \cos \alpha + F_{y\delta} \sin \alpha = 0$$

$N_2 \geq 0$, т.к. шар еще не сорвался.

$$mg \cos \alpha = m \omega^2 (R+L) \cos \alpha \quad \omega^2 = \frac{g}{R+L}$$

Усл. не срывается: $\omega \leq \sqrt{\frac{g}{R+L}}$

$$T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (R+L) \cdot \cos \alpha.$$

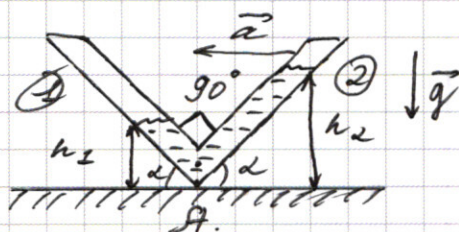
Ответ: 1) $T_1 = mg \cdot \sin \alpha$;

2) $T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (R+L) \cdot \cos \alpha$;
(усл. не срывается: $\omega \leq \sqrt{\frac{g}{R+L}}$).

№4.

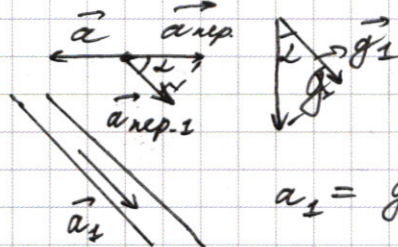
Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$
 $\alpha = ?$
 $v = ?$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:
 $F_{\text{тр.}} \rightarrow 0$.



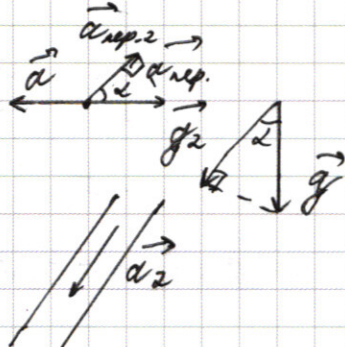
Рассмотрим ускорение жидк. вдоль стенок трубки для каждого колена: (т.к. возг. ускор. и стенкам не влияет на ур-но жидк. в трубках):

①



$$a_1 = g_1 + a_{\text{пер.1}} = a \cdot \cos \alpha + g \cdot \cos \alpha = \\ = a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \cos \alpha \cdot (a + g).$$

②



$$a_2 = g_2 - a_{\text{пер.2}} = \\ = g \cos \alpha - a \cos \alpha = \\ = \cos \alpha \cdot (g - a).$$

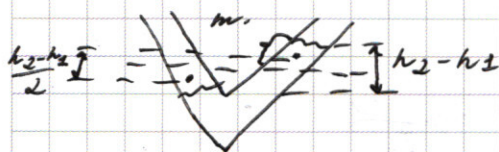
Рассмотр. давление в т.-А относ. каждого колена:

$$\left. \begin{aligned} \textcircled{1} p_A &= \rho \cos \alpha (g + a) h_1 \cdot \sqrt{2}; \\ \textcircled{2} p_A &= \rho \cos \alpha (g - a) h_2 \cdot \sqrt{2}. \end{aligned} \right\} \Rightarrow g h_1 + a h_1 = g h_2 - a h_2$$

$$g(h_2 - h_1) = a(h_1 + h_2).$$

$$a = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = g \cdot \frac{12 - 8}{8 + 12} = g \cdot \frac{4}{20} = g \cdot \frac{2}{10} = 0,2g \approx \\ \approx 2 \text{ м/с}^2.$$

Рассм. перемещ. жидк.:



$$\text{З.С.Э: } m g \frac{h_2 - h_1}{2} = m g \cdot 0 + \frac{m v^2}{2}$$

$$g(h_2 - h_1) = v^2$$

$$v^* = \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \sqrt{10 \cdot 0,04} = \sqrt{0,4} = \\ \approx 0,64 \text{ м/с.}$$

В.В.В.В.В.

Ответ: $v = \sqrt{g(h_2 - h_1)} \approx 0,64 \text{ м/с.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Дано:

$$t = 95^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 368\text{K}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Изотермический
медленный
процесс.

Сжимается

$$\gamma = 4,7$$

$$\rho = 12/\text{м}^3 =$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль} =$$

$$= 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$V_1 = V_0/\gamma.$$

$$1) \frac{p_1}{p} - ?$$

$$2) \frac{V_{n1}}{V_{01}} - ?$$

Решение:

Ур-ие М. → К.:

$$pV = \frac{p_0}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{p_0}{\mu} RT$$

$$p_n = \frac{p_0}{\mu} RT$$

$$1) \frac{p_1}{p} = \frac{p_0}{p_0 RT} \approx 0,0013 = 1,3 \cdot 10^{-3}$$

$$2) pV = \frac{m}{\mu} RT$$

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

$$p = \text{const}, RT = \text{const}, \mu = \text{const}.$$

$$\frac{p_0}{RT} = \frac{m}{V} = \text{const} \Rightarrow \frac{m_{n0}}{V_0} = \frac{m_{n1}}{V_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m_{n0}}{V_0} = \frac{m_{n1} \gamma}{V_0} \Rightarrow m_{n0} = m_{n1} \gamma \Rightarrow m_{n1} = \frac{m_{n0}}{\gamma}.$$

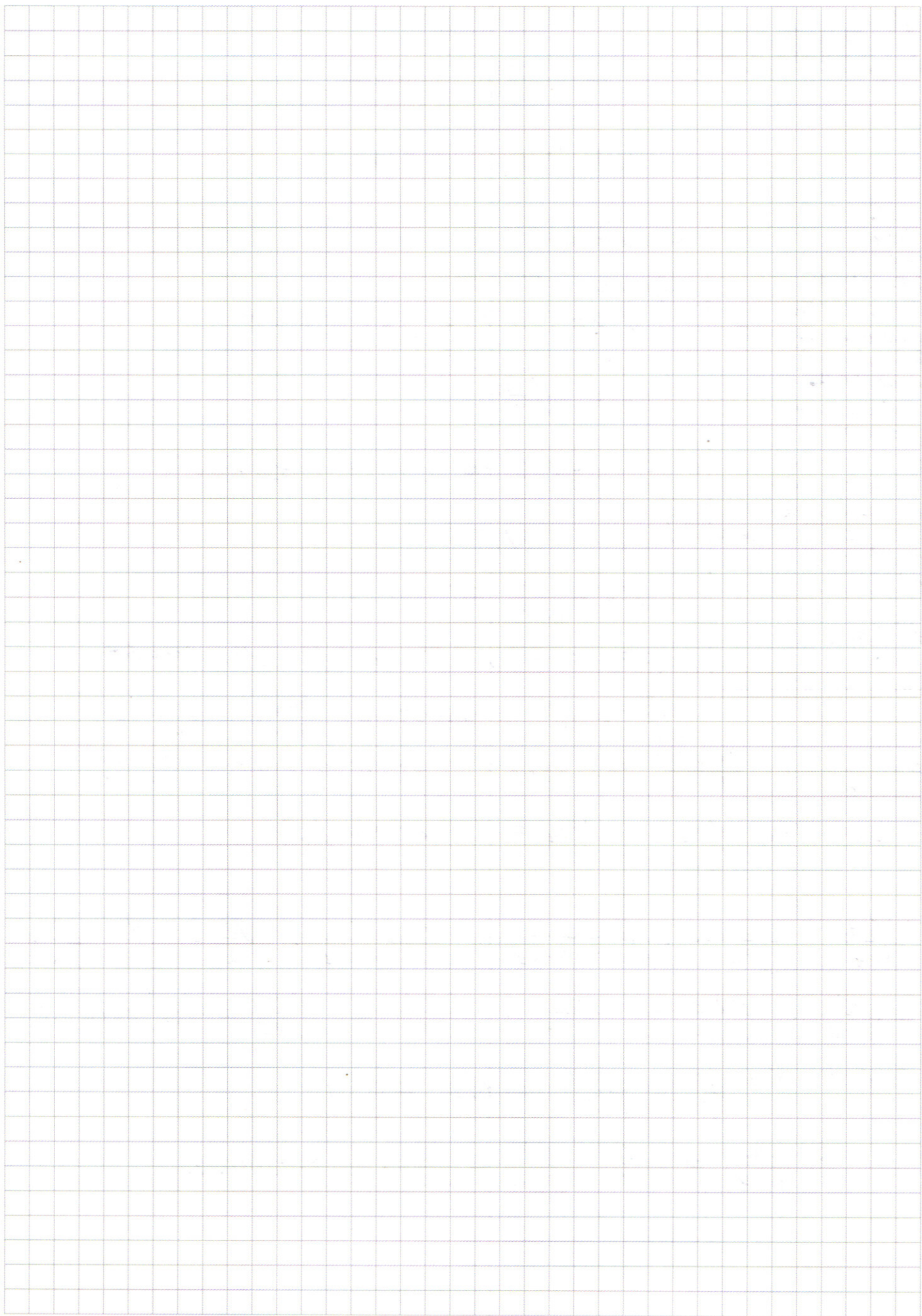
$$V_{n1} = m_{n1} / \rho_n \quad V_{01} = (m_{n0} - m_{n1}) / \rho$$

$$\frac{V_{n1}}{V_{01}} = \frac{m_{n1}}{\rho_n} \cdot \frac{\rho}{m_{n0} - m_{n1}} = \frac{m_{n1}}{m_{n0} - m_{n1}} \cdot \frac{\rho}{\rho_n} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\rho}{\rho_n} =$$

$$= \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{p RT}{p \mu} = \frac{1}{3,7} \cdot \frac{10^3}{1,3} = \frac{10^3}{4,81} = \frac{10^5}{481} \approx 207,9.$$

Ответ: 1) $\frac{p_1}{p} = \frac{p_0}{p_0 RT} \approx 1,3 \cdot 10^{-3};$

$$2) \frac{V_{n1}}{V_{01}} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{p RT}{p \mu} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\rho}{\rho_n} \approx 207,9.$$



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2
(Нумеровать только чистовики)

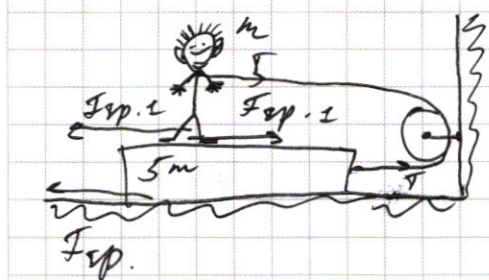
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

N2. $p = 6mg$

$$R = \sqrt{p^2 + \mu p^2} =$$

$$= \sqrt{36m^2g^2 + 36\mu m^2g^2} = 6mg \cdot \sqrt{1 + \mu}$$



$$F + T = T$$

$$\begin{array}{r} 31 \overline{) 25} \\ -25 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$T + F_{sp.1} + F_{sp.1} = F_{sp.}$$

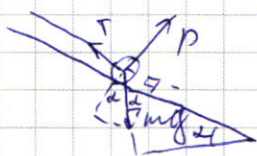
$$T = F_{sp.1}$$

$$2T = F_{sp.} = F$$

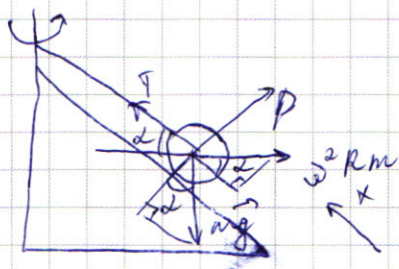
$$\begin{array}{r} + 1,28 \\ \hline 5,12 \end{array}$$

N3.

$$\begin{array}{r} 1,7 \\ \times 4 \\ \hline 6,8 \end{array}$$



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



$$T = w^2 Rm \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha =$$

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

$$\frac{L+R}{L+R}$$

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

$$\begin{array}{r} 84 \\ \times 25 \\ \hline 420 \\ + 168 \\ \hline 2100 \end{array}$$

$$64 \left| \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \right| = 64 \cdot 1$$

$$\begin{array}{r} 168 \overline{) 2} \\ -168 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$24 = 2 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 3)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5. $t = 95^{\circ}\text{C} \Rightarrow T = 368\text{K}$

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

$$pV = \gamma R T.$$

$$\sigma = \frac{m}{\mu} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V}$$

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

$$p = \frac{p_a}{\sqrt{\mu}} \quad RT$$

$$p_n = \frac{p_m}{RT}$$

$$p = \text{const.} \quad T = \text{const.}$$

$$\gamma V_1 = V_0 \quad V_1 = \frac{V_0}{\gamma}$$

$$p V_0 = \gamma_0 R T$$

$$pV_0 = \frac{m_{H_2O}}{\mu} RT$$

$$PV_L = \frac{m_{nL}}{\mu} RT$$

$$pV_0 = \frac{m_{\text{air}}}{\mu} RT \alpha$$

$$m_{n0} = m_{n\pm} \quad \checkmark$$

$$\mu_{n1} = \frac{\mu_{n0}}{2}$$

$$\frac{m_{a2}}{m_{a0} - m_{a2}}$$

$$\frac{m_{40}}{\gamma(m_{40} - m_{30})} =$$

$$= \frac{1}{x-1}$$

$$= \frac{p_a}{(x-1)p} = \frac{p \mu}{pRT(x-1)} = \frac{m_{n1} p_a}{(m_a - m_{n1}) p_n} = 38.98$$

$$\rho = \frac{F_a}{m_{kt}}$$

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

$$\frac{P_n}{P} = \frac{P_{\text{atm}}}{RT_P} =$$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{1000 - 8,31 \cdot 368} = \frac{8,5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \cdot 10^{-2} =$$

$$= \frac{85-18}{331-368} \cdot 10^{-1} \approx 0.0013.$$

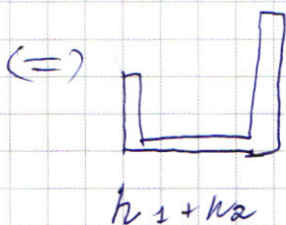
$\begin{array}{r} \text{\textcolor{blue}{2}} \\ + 85 \\ \times 18 \\ \hline +680 \\ 85 \\ \hline 15300 \\ -11948 \\ \hline \text{\textcolor{blue}{V}} \quad 335020 \end{array}$

4329

$$\begin{array}{r} 3, 7 \\ \times 1, 3 \\ \hline 111 \\ + 37 \\ \hline 4, 81 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100000 \overline{) 481} \\ - 962 \overline{) 207} \\ \hline 3800 \\ - 3367 \\ \hline 4330 \\ - 4329 \\ \hline 1 \end{array}$$

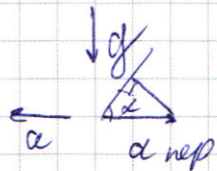
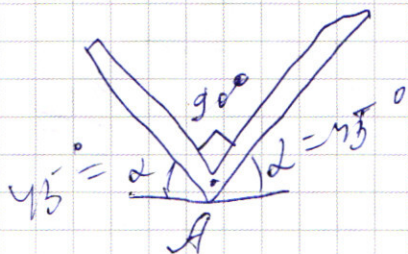
№4.



$$\begin{array}{r} \times 0,3 \\ 0,3 \\ \hline 0,6 \end{array}$$

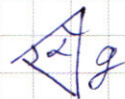
$$\sqrt{0,4} = 2\sqrt{0,1}$$

$$\rho g (h_1 + h_2) S \alpha + \rho g h_1 = \rho g h_2$$



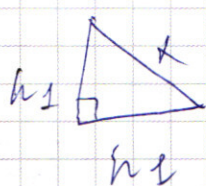
$$\begin{array}{r} \times 0,3 \\ 0,3 \\ \hline 0,09 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,8 \\ 0,8 \\ \hline 0,64 \\ \times 0,5 \\ 0,25 \end{array}$$



$$g \cos \alpha + a_{\text{пер}} \cos \alpha = g \frac{\sqrt{2}}{2} + a \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$g \cos \alpha + a_{\text{пер}} \cos \alpha = g \frac{\sqrt{2}}{2} + a \frac{\sqrt{2}}{2}$$



$$x = \sqrt{2h_1^2} = h_1 \sqrt{2}$$

$$\frac{\frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2}}{2} = \frac{h_1 + h_2}{4}$$

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

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

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

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{12 - 8}{12 + 8} g = \frac{4}{20} g = \frac{2}{10} g = 0,2g$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 16 \\ \hline 400 \end{array}$$