

Олимпиада «Физтех» по физике, (

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.

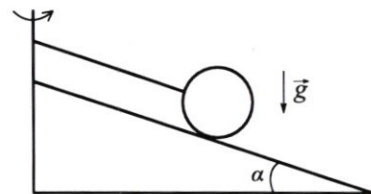
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

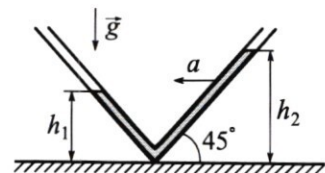
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 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

N1.

Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

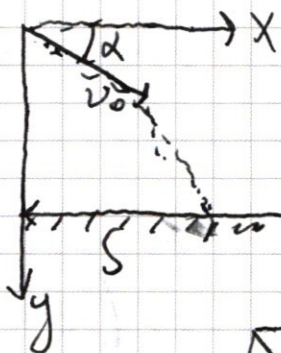
$$v' = 2.5 v_0$$

1) $v_y' = ?$

2) $t = ?$

3) $S = ?$

Решение:



$$Ox: v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$Oy: v_y = v_0 \sin \alpha$$

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

Горизонтальная
компонента скорости
в процессе движения
не изменяется $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v_x' = v_x; \quad v'^2 = v_x'^2 + v_y'^2$$

$$1) v_y' = \sqrt{v'^2 - v_x'^2} = \sqrt{\left(\frac{5}{2} v_0\right)^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$v_y' = v_y + g t \Rightarrow 2) t = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{8\sqrt{6} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ с}$$

$$3) S = v_x t = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) =$$

$$= \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ м.}$$

Ответ: 1) $8\sqrt{6} \text{ м/с}$; 2) $\frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ с}$;
3) $\frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ м.}$

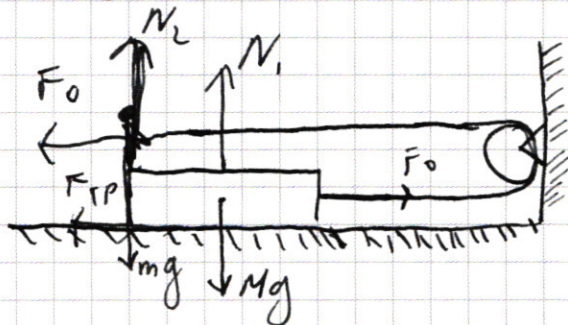
Дано:

$F > F_0$
 m
 $M = 5m$
 μ
 S

- 1) N_0
- 2) F_0 ?
- 3) v ?

№2.

Решение:



- 1) $N_0 = N_1 + N_2 = Mg + mg = 6mg$
- 2) По 2-му закону Ньютона:

$$F_0 - F_{тр} = 0$$

$$F_0 = \mu N_0 = 6\mu mg$$

$$3) (m+M)a = F - F_{тр} \quad (2\text{-ой закон Ньютона})$$

$$a = \frac{F - \mu N_0}{m+M}$$

$$S = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 6\mu mg}{6m}} =$$

$$= \sqrt{S \cdot \frac{F - 6\mu mg}{3m}}$$

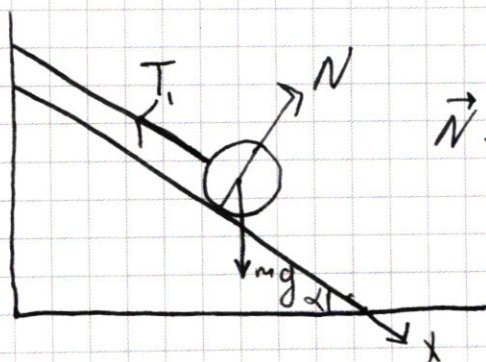
Ответ: 1) $6mg$; 2) $6\mu mg$ 3) $\sqrt{S \cdot \frac{F - 6\mu mg}{3m}}$

№3.

Дано:

m
 R
 2
 L
 ω

- 1) T_1 ?
- 2) T_2 ?

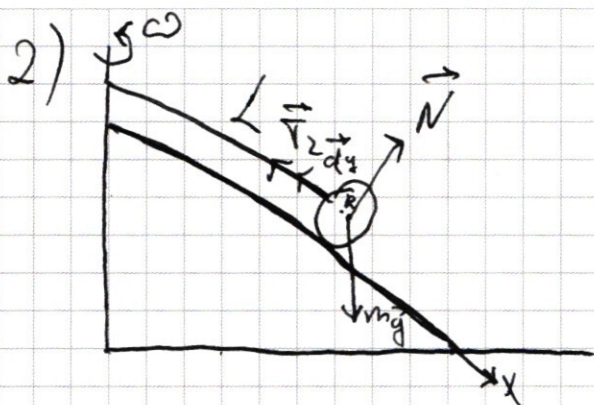


П.к. шар находится, то по 2-му закону Ньютона:

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{T}_1 = 0$$

$$\text{О } x': T_1 = mg \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\vec{a}_y$ - центростремительное ускорение. $a_y = \omega^2(L+R)$
П.к шар покоится, то по 2-ому закону Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}_2 + m\vec{a}_y = 0$$

$$Ox: mg \sin \alpha - T_2 + m\omega^2(L+R) = 0$$

$$T_2 = m(g + \omega^2(L+R))$$

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

№5.

Дано:

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

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

$$\mu = 182 / \text{моль}$$

$$\rho = 12 / \text{м}^3$$

$$\beta = 4,7$$

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

2) $\frac{V_n}{V_0} - ?$

Решение:

П.к шар расширяется, его влажность равна 100% на протяжении всего изотермического процесса, а следовательно, и давление всё время равно p .

В начальный момент:

$pV = \frac{m}{\mu} RT$, где V - объём всего цилиндра, а m - масса пара.

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

1) $\frac{p_n}{p} = \frac{p \mu}{p RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 368} \approx 0,005$

$$V_n = \frac{V}{\gamma}$$

$$p V_n = \frac{m - m_0}{\mu} RT, \text{ где } m_0 - \text{масса конденсировавшейся воды.}$$

$$\frac{p V}{\gamma} = \frac{m - \rho V_0}{\mu} RT, \text{ где } V_0 - \text{объем конденсировавшейся воды.}$$

$$\begin{cases} \frac{p V}{\gamma} + \frac{\rho V_0}{\mu} RT = \frac{m}{\mu} RT \\ p V = \frac{m}{\mu} RT \end{cases}$$

$$\frac{\rho V_0}{\mu} RT = p V \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$V_0 = \frac{p V \mu (\gamma - 1)}{\gamma \rho RT}$$

$$2) \frac{V_n}{V_0} = \frac{V}{\gamma} \cdot \frac{\gamma \rho RT}{p V \mu (\gamma - 1)} = \frac{RT \rho}{p \mu (\gamma - 1)} = \frac{8,3 \cdot 368 \cdot 1 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot (4,2 - 1)}$$

$$\approx 600$$

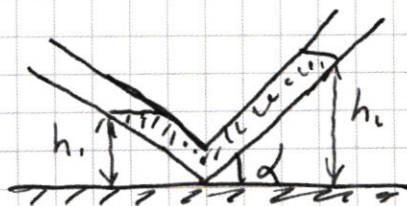
Ответ: 1) 0,0005 ; 2) 600.

Дано:

$$h_1 = 8 \text{ cm}$$

$$h_2 = 12 \text{ cm}$$

$$\alpha = 45^\circ$$



$$\begin{aligned} \cancel{S} g h_1 S + \frac{\cancel{S} S h_1 \alpha \cos \alpha}{S \sin \alpha} &= \\ &= S g h_2 S \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow g(h_2 - h_1) = h_1 \alpha \cot \alpha$$

$$1) \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 \cot \alpha} g = \frac{0,12 - 0,08}{0,08 \cdot 1} \cdot 10 = 5 \text{ m/s}^2$$

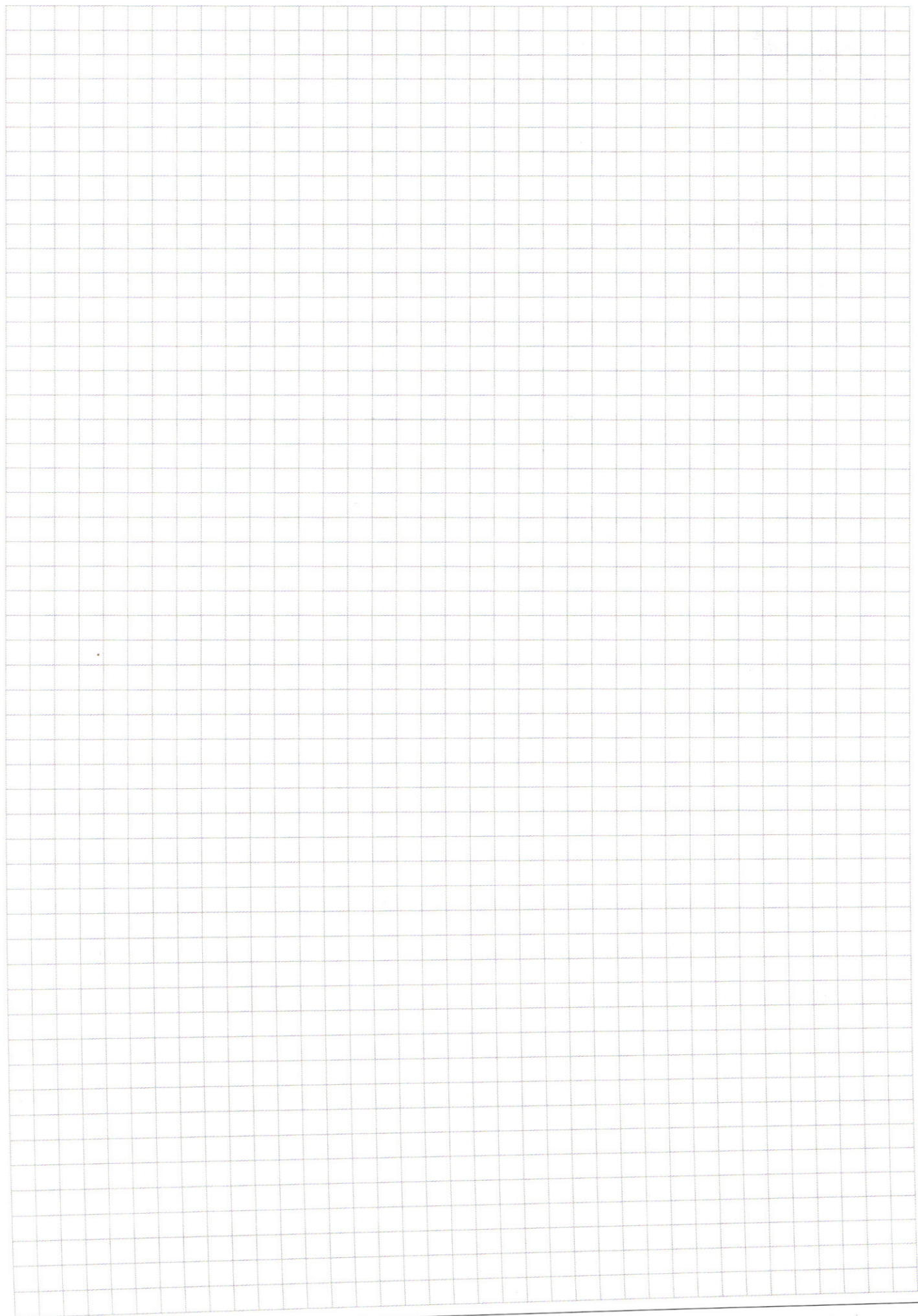
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) ~~на высоте h_2~~ Скорость будет максимальной
тогда, когда вся потенциальная
энергия перейдет в кинетическую:

$$mg(h_2 - h_1) = \frac{mv^2}{2}$$

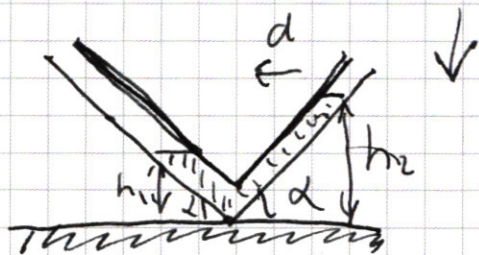
$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10(0,12 - 0,08)} = \sqrt{0,8} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 5 м/с^2 ; 2) $\sqrt{0,8} \text{ м/с}$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$a = ?$

$$0,04 \cdot 2 \cdot 10^{-5}$$

$$= 0,8$$

$$\sin 2 = \frac{h}{a}$$

$$a = \frac{h}{\sin 2}$$

$$\rho_0 \cdot g \cdot h_1 = \rho_0 \cdot g \cdot h_2$$

$$\frac{\rho_0 \cdot g \cdot h_1 \cdot S}{\sin 2} = \frac{\rho_0 \cdot g \cdot h_2 \cdot S}{\sin 2} + \frac{\rho_0 \cdot a \cdot h_1 \cdot S}{\sin 2}$$

$$-\frac{\rho_0 \cdot a \cdot h_1}{\sin 2} = \frac{\rho_0 \cdot g \cdot h_2}{\sin 2} + \frac{\rho_0 \cdot a \cdot h_1}{\sin 2}$$

$$a \cdot \left(\frac{h_1}{\sin 2} - \frac{h_2}{\sin 2} \right) = g \cdot (h_2 - h_1)$$

$$g \cdot h_1 \cdot S + \frac{\rho_0 \cdot a \cdot h_1 \cdot S}{\sin 2} = g \cdot h_2 \cdot S$$

$$a = g \cdot \sin 2$$

$$g \cdot (h_2 - h_1) = m \cdot a$$

$$m = \frac{\rho_0 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1)}{\sin 2}$$

$$g \cdot h_1 \cdot S + \frac{\rho_0 \cdot a \cdot h_1 \cdot S}{\sin 2} = g \cdot h_2 \cdot S$$

$$g \cdot (h_2 - h_1) = \frac{a \cdot h_1}{\sin 2} \Rightarrow a = \frac{g \cdot \sin 2 \cdot (h_2 - h_1)}{h_1} = \frac{10 \cdot 0,04}{0,008} = \frac{5 \sqrt{2}}{2}$$

$$= \frac{0,04}{0,008} \cdot g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{g \sqrt{2}}{2} = \frac{5 \sqrt{2}}{2} \text{ m/s}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) PV = \gamma RT = \frac{m}{M} RT$$

$\gamma = 1.4$

~~$$PV = \frac{m}{M} RT$$~~

~~$$PV = \frac{m \cdot m_0}{M} RT$$~~ $m_0 = 8$ ~~V_1~~

$$\frac{PV}{\gamma} = \frac{m - \rho V_1}{M} RT$$

$$\frac{PV}{\gamma} + \frac{\rho V_1 RT}{M} = PV$$

$$\rho V_1 RT = M PV \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$V_1 = \frac{PV M}{\rho RT} (\gamma - 1)$$

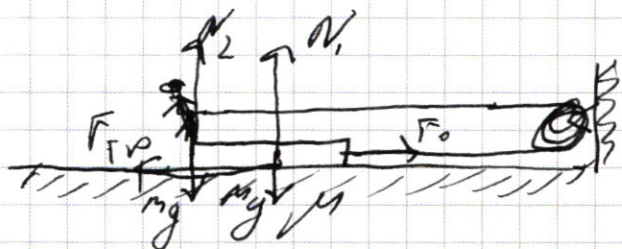
$$\frac{V}{V_1} = \frac{\gamma RT}{\rho M (\gamma - 1)} = \frac{\gamma RT}{M P (\gamma - 1)} = \frac{1000 \cdot 8.31 \cdot 368}{18 \cdot 10^{-3} (1.4 - 1) \cdot 8.5 \cdot 10^5}$$

$$\approx \frac{10^6 \cdot 368}{18 \cdot 3.7} \approx \frac{10^8}{18} = 10^8 \cdot 0.06 = 6 \cdot 10^4$$

$$\frac{368}{10^4 \cdot 18 \cdot 3.7} = \frac{10^2}{10^4 \cdot 18}$$

$$\frac{1000 \cdot 8.31 \cdot 368}{18 \cdot 8.5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-5} (1.4 - 1)} =$$

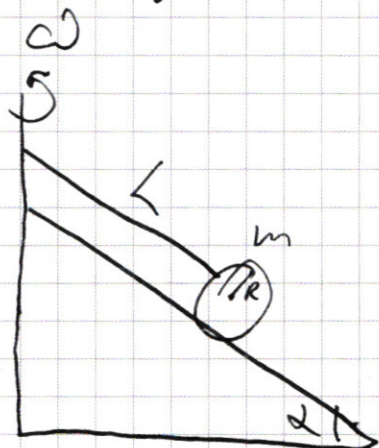
$$\frac{10^3 \cdot 10^2}{18 \cdot 10} = \frac{10^4}{18} = 10^4 \cdot 0.06 = 6 \cdot 10^2 = 600$$



$$\frac{92}{368}$$

$$N_0 = N_1 + N_2 = mg + mg = 6mg$$

$$F_0 = \mu N_0 = \mu 6mg$$



$$F = mg \sin \alpha$$

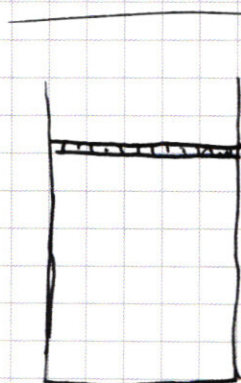
$$F + \omega^2(L + R) = mg \sin \alpha$$

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

$$\frac{45092}{36210,4}$$

$$F = \rho \omega^2 L V$$

$$m \omega^2 L = W - \rho \omega^2 L V$$



$$T = 95 + 273 = 368$$

$$T = \text{const} \quad \varphi = 1$$

$$\rho R T = p V$$

$$\frac{m}{M} R T = p V$$

$$\frac{\rho R T}{M} = p \quad \rho = \frac{p M}{R T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368}$$

$$V = \frac{180}{368} = \frac{90}{184} = \frac{45}{92} = 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 0,0005$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 0,0005$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_1 = ?$
 $t = ?$
 $L = ?$
 $v' = 2,5 v_0$
 $v_x = v_0 \cos \alpha$
 $v_y = v_0 \sin \alpha$
 $v_y' = v_0 \sin \alpha + g t$
 $v_1^2 = v_x^2 + v_y'^2$
 $v_1 = v_0 \sqrt{24} = v_0 \sqrt{6}$
 $\frac{8\sqrt{6} - 8\sqrt{3}}{10} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} = \frac{2\sqrt{6-5}}{5}$