

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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.

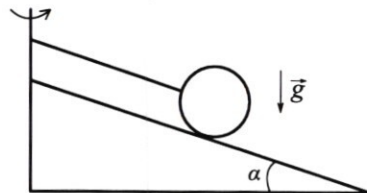
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

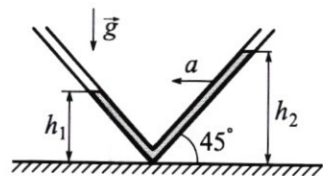
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

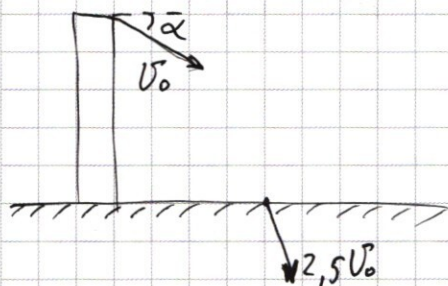


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



$$L \approx 60^\circ; v_0 \approx 8 \text{ м/с}$$

$$v_x \approx v_0 \cos \alpha \approx 8 \cdot \frac{1}{2} \approx 4 \text{ м/с} \approx \text{const}$$

$$v_x \approx 2,5 v_0 \approx 8 \cdot 2,5 \approx 20 \text{ м/с}$$

$$v_x \approx \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \Rightarrow v_k^2 \approx v_x^2 + v_y^2$$

$$1) v_{yk} \approx \sqrt{v_k^2 - v_x^2} \approx \sqrt{400 - 16} \approx \sqrt{384} \approx 19,5 \text{ м/с}$$

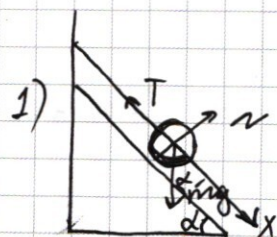
$$2) v_{y0} \approx v_0 \cdot \sin \alpha \approx 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 4\sqrt{3} \text{ м/с} \approx 6,8 \text{ м/с}$$

$$v_{yk} \approx v_{y0} + gt \Rightarrow t \approx \frac{v_{yk} - v_{y0}}{g} \approx \frac{19,5 - 6,8}{10} \approx 1,27 \text{ с}$$

$$3) L \approx v_x \cdot t \approx 4 \cdot 1,27 \approx 5,1 \text{ м}$$

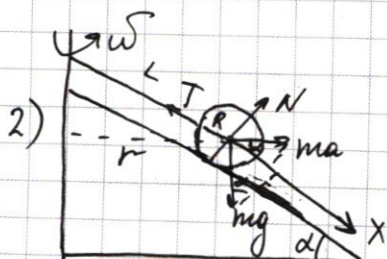
Ответ: 1) 19,5 м/с; 2) 1,27 с; 3) 5,1 м

№3



Второй закон Ньютона:

$$Ox: mg \sin \alpha - T \approx 0 \Rightarrow T \approx mg \sin \alpha$$



Перейдем в КИСО, связанную с клином,
 $\vec{F}_{\text{ин}} = -m\vec{a}$; Второй закон Ньютона:

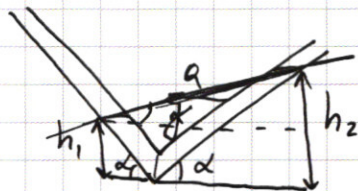
$$Ox: ma \cos \alpha + mg \sin \alpha \approx T$$

$$a \approx \omega^2 r \approx \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

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

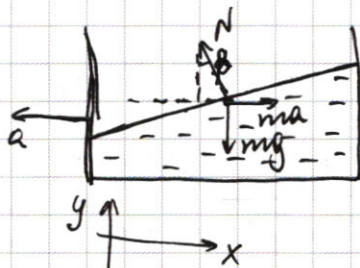
Ответ: 1) $T = mg\sin\alpha$; 2) $T = m(g\sin\alpha + \omega^2(R+L)\cos^2\alpha)$

№4



$$\alpha = 45^\circ$$

Рассмотрим аналогию с сосудом



Перейдем в СО сосуда, тогда на воду будет действовать $\vec{F}_{\text{ин}} = -m\vec{a}$

Рассмотрим маленькую частицу воды:

Второй закон Ньютона:

$$Ox: ma = N\sin\beta$$

$$Oy: mg = N\cos\beta \Rightarrow \tan\beta = \frac{a}{g}$$

Аналогично для трубки: соединим 2 столба жидкости прямой и найдем её угол наклона.

$$\tan\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \cdot g = \frac{4}{20}g = \frac{g}{5} = 2 \text{ м/с}^2$$

Найдем высоту центра масс в начальном положении.

l_1 - длина столба жидкости высотой h_1 ; ρ - плотность жидкости, S - площадь сечения трубки.

$$H_{\text{ц.м.}} = \frac{\frac{h_1}{2} \cdot m_1 + \frac{h_2}{2} \cdot m_2}{m_1 + m_2} = \frac{\frac{h_1}{2} \cdot \rho l_1 S + \frac{h_2}{2} \cdot \rho l_2 S}{\rho l_1 S + \rho l_2 S} = \frac{h_1 \cdot l_1 + h_2 \cdot l_2}{2(l_1 + l_2)}$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin\alpha}; l_2 = \frac{h_2}{\sin\alpha}; H_{\text{ц.м.}} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{64 + 144}{40} = 5,2 \text{ см}$$

высота центра масс h в момент, когда высота столбов жидкости одинакова и равна 10 см; $h = 5 \text{ см}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

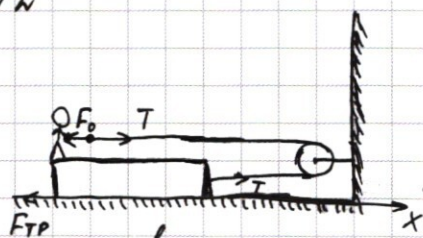
ЗСЭ:

$$mgh_{\text{у.м.}} = mgh + \frac{mv^2}{2}; \quad v^2 = 2g(h_{\text{у.м.}} - h) \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{2g(h_{\text{у.м.}} - h)} = \sqrt{20 \cdot (0,052 - 0,05)} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ м/с}$$

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

✓2



1) Т.к. человек не касается пола, то сила,

компенсирующая mg и направленная вверх также

действует на ящик с обратным направлением (по 3 закону Ньютона)

$$\Rightarrow 5mg + F_{\text{ем}} = N; \quad F_{\text{ем}} = mg \Rightarrow N = 6mg$$

2) $F_{\text{тр}} = \mu N = 6\mu mg$

По 2 закону Ньютона:

$$Ox: 0 = T - 6\mu mg; \quad T = F_0 \Rightarrow F_0 = 6\mu mg$$

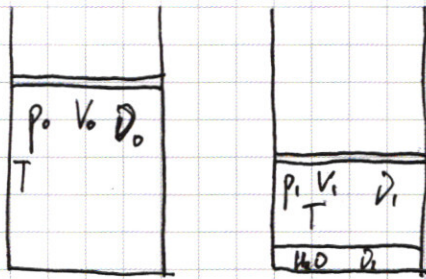
3) 2 закон Ньютона:

$$5ma = F - 6\mu mg \Rightarrow a = \frac{F}{5m} - \frac{6}{5}\mu g = \frac{F - 6\mu mg}{5m}$$

$$S = \frac{v_k^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2FS - 12\mu mgS}{5m}} = \sqrt{2S \frac{F - 6\mu mg}{5m}}$$

Ответ: 1) $N = 6mg$; 2) $F_0 = 6\mu mg$; 3) $v_k = \sqrt{2S \frac{F - 6\mu mg}{5m}}$

✓5



$$D_1 + D_2 = D_0$$

$$1) p_0 V_0 = \frac{m}{\mu} RT = \frac{p_n V_0}{\mu} RT \Rightarrow p_n = \frac{p_0 \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} = \frac{180}{368} \approx 0,49 \text{ кг/м}^3$$

$$T = 273 + 95 = 368 \text{ K}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{0,49}{1000} = 4,9 \cdot 10^{-4}$$

$$2) V_1 = \frac{V_0}{4,7}$$

$$p_0 V_0 = D_0 RT$$

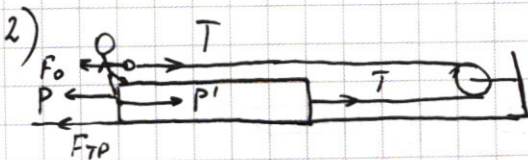
$p_1 \frac{V_0}{4,7} = D_1 RT$, т.к. пар был насыщенный, то при изотермическом сжатии он остается насыщенным; т.к. $T = \text{const}$, то $p_0 = p_1$

$$\Rightarrow \frac{D_0}{D_1} = 4,7 \Rightarrow D_0 = 4,7 D_1 \Rightarrow D_1 + D_2 = 4,7 D_1$$

$$D_2 = 3,7 D_1 \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{\mu} = 3,7 \frac{p_n V_n}{\mu} \Rightarrow \frac{V_n}{V_0} = \frac{p_0}{p_n \cdot 3,7} = \frac{1000}{0,49 \cdot 3,7} \approx 560,8$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{p_n}{p_0} = 4,9 \cdot 10^{-4}; \quad 2) \frac{V_n}{V_0} = 560,8$$

✓2 (Пункт 2, 3)



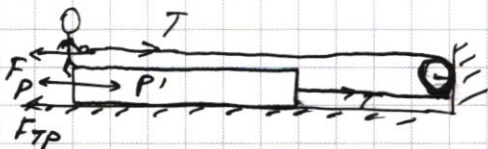
$$P = P' \quad \text{Второй з. Н. :}$$

$$\begin{cases} \Sigma m_a = T - P \\ \Sigma m_a = T + P' - F_{TP} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Sigma m_a &= 2T - F_{TP} = 2F_0 - 6 \text{ мНг} \\ a &= \frac{F_0 - 3 \text{ мНг}}{3 \text{ м}}; \quad a = 0 \Rightarrow F_0 = 3 \text{ мНг} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



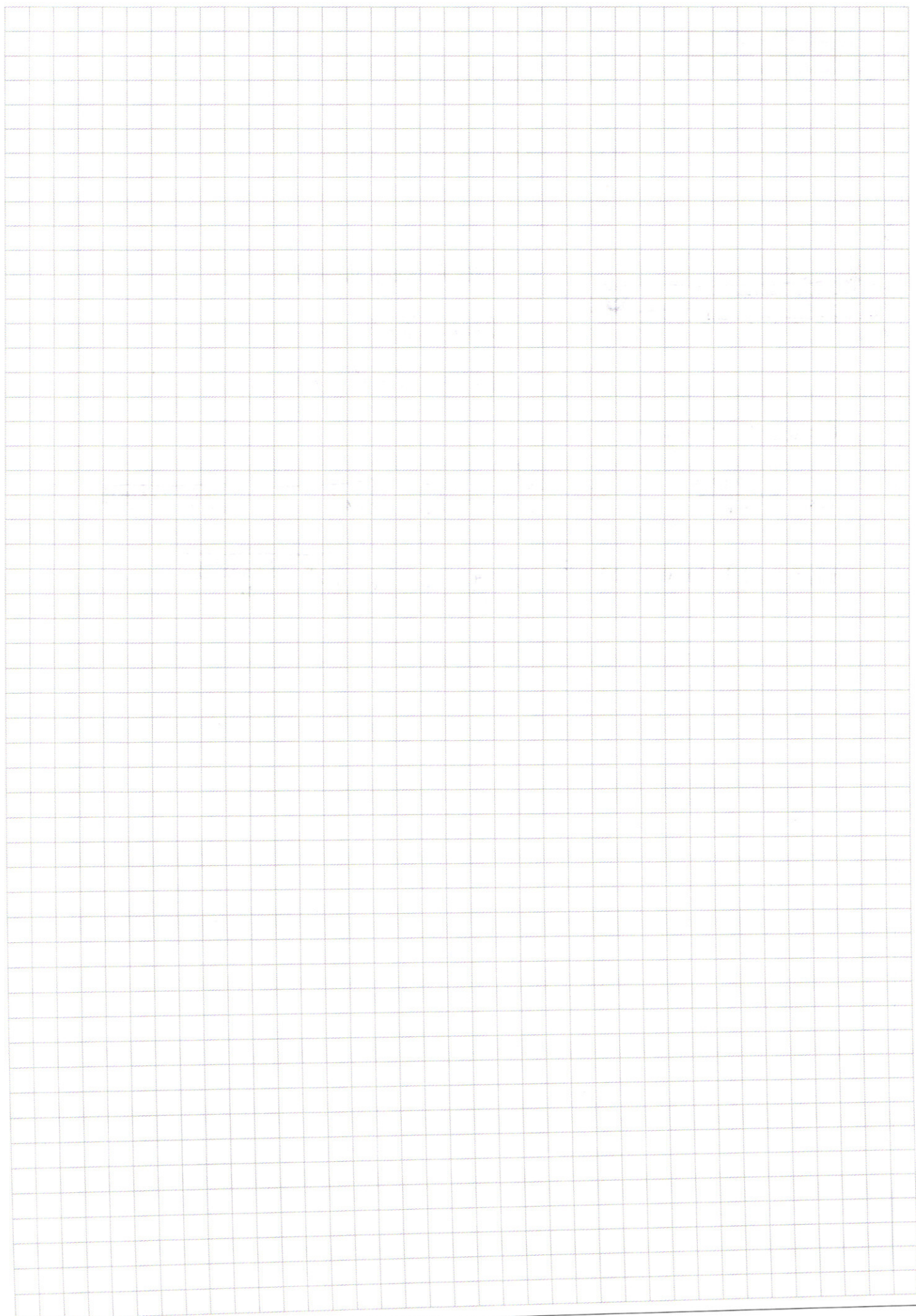
Второй закон Ньютона:

$$\begin{cases} ma = T - P \\ 5ma = T + P' - F_{TP} \end{cases}$$

$$6ma = 2T - 6\mu mg$$

$$a = \frac{F - 3\mu mg}{3m}; \quad S = \frac{v_k^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$$

Ответ: 1) $6mg$; 2) $F_0 = 3\mu mg$; 3) $v_k = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 19 \\ 19 \\ \hline 171 \\ 19 \\ \hline 368 \end{array}$$

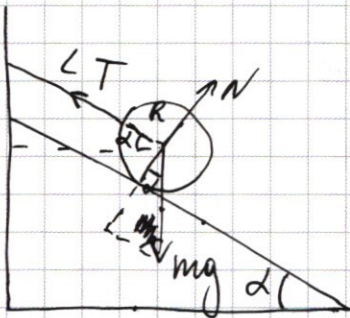
$$\begin{array}{r} 19,5 \\ 19,5 \\ \hline 975 \\ 1755 \\ 195 \\ \hline 38025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 68 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ 68 \\ \hline 127 \end{array}$$

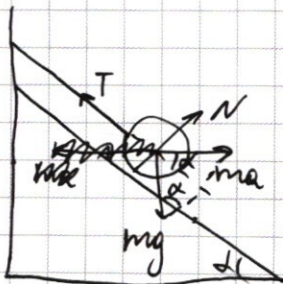
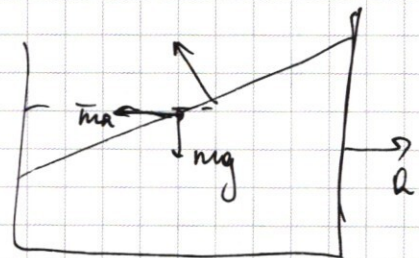
$$\begin{array}{r} 127 \\ 4 \\ \hline 508 \end{array}$$

3.



$$\begin{aligned} mg \cos \alpha &= N \\ mg \sin \alpha &= T \end{aligned}$$

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



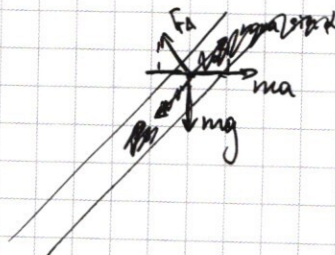
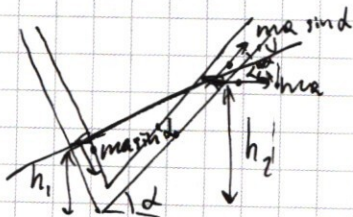
$$mg \sin \alpha + ma \cos \alpha = T$$

$$mg \cos \alpha = ma \sin \alpha + N$$

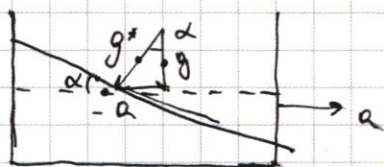
$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$$

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

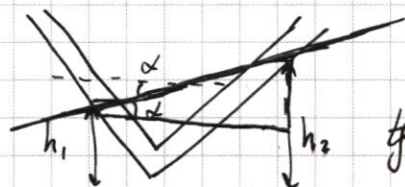
$$\tan \alpha = \frac{R}{g}$$



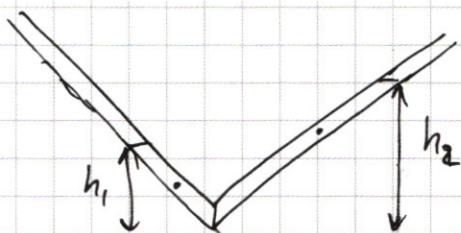
$$\begin{aligned} ma \sin^2 \alpha &= F_{Ax} \\ F_{Ay} &= mg \end{aligned}$$



$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V} = \frac{0.1}{18.5} = 0.0054$$



$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} \cdot g = \frac{1}{5}g$$



$$\sin \alpha = \frac{h_2}{l_2} = \frac{105}{118.25} \Rightarrow l_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{105}{0.888} = 118.25$$

$$\frac{2400}{480} = 5$$

$$\frac{48}{10} = 4.8$$

$$\frac{2700 + 540}{2} = 1620$$

$$\frac{\rho l_1 \cdot \frac{h_1}{2} + \rho l_2 \cdot \frac{h_2}{2}}{\rho l_1 + \rho l_2} = \frac{\frac{h_1^2}{2 \sin \alpha} + \frac{h_2^2}{2 \sin \alpha}}{\frac{h_1}{\sin \alpha} + \frac{h_2}{\sin \alpha}} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{64 + 144}{40} = \frac{208}{40} = 5.2$$

$$= 5.2 \text{ cm}$$

$$h_2 = 5 \text{ cm}$$

$$\text{high} = \frac{h_1^2}{2} + \text{high} \frac{h_2^2}{2}$$

5

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{pV}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{p\mu}{RT} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 368} \approx 0.49 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 273 + 95 = 368 \text{ K}$$

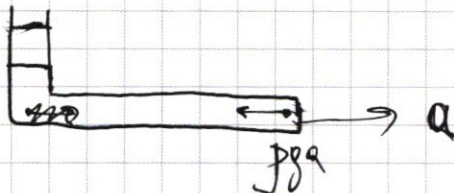
$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{0.49}{1000} = 0.49 \cdot 10^{-3} = 4.9 \cdot 10^{-4}$$

$$p, V = DRT$$

$$\frac{37}{49} = 0.755$$

$$\frac{100000}{10850} = 9215$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P = \rho g h$$

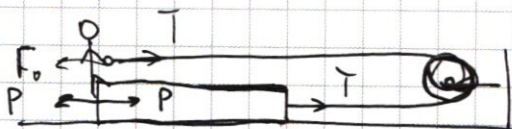
$$P = \rho g V$$

$$\rho = \frac{P}{gV}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{P}{gV} = \frac{1,73}{6,92}$$

$$\frac{1,73}{6,92}$$

$$\frac{1,73}{6,92}$$

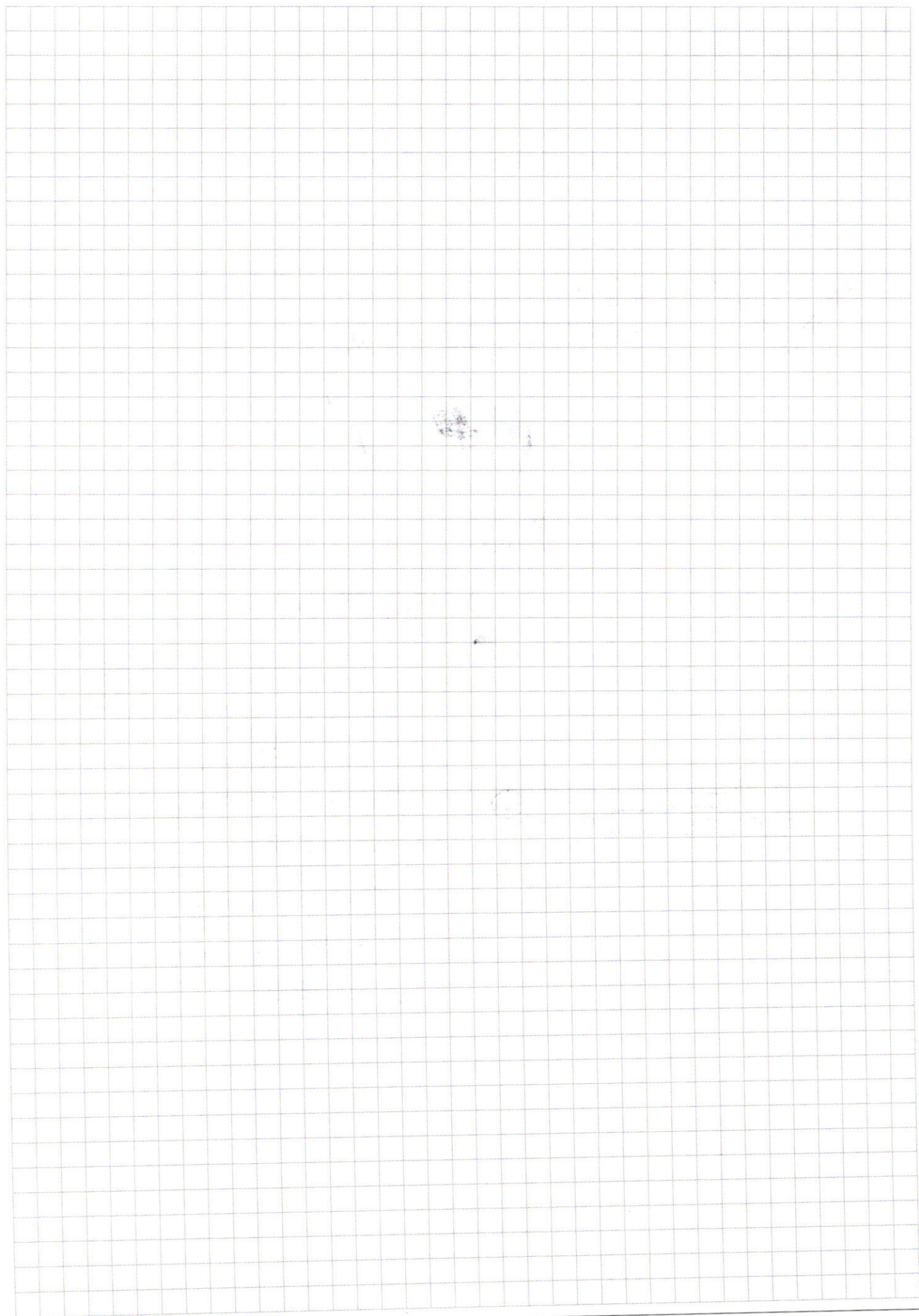


$$\begin{cases} 5ma = T \\ ma = T - P \end{cases}$$

$$6ma = 2T - 6P$$

$$T = 3ma + 3P$$

$$a = \frac{T - 3P}{3m}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)