

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

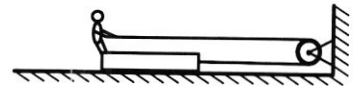
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.

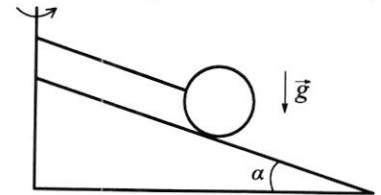
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

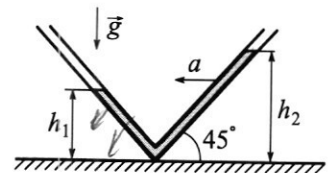
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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»)?



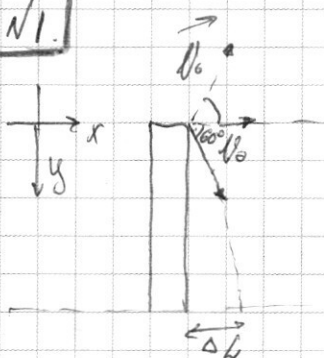
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

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

№1.



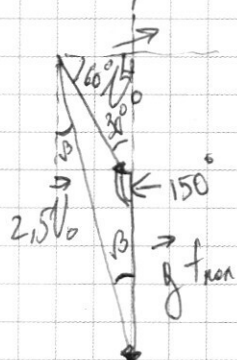
$$v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_{\text{кон}} = 2,5 v_0$$

$$\alpha = 60^\circ \quad v_y, \tau, \Delta L - ?$$

Камень был брошен под углом 60° к горизонту.

I вверх (Есть участок полета, когда камень отражается)
II вниз - наш случай

Δ -ик скоростей:



$$\Delta v \cdot \cos 150^\circ = v_0^2 - (v_{\text{кон}})^2$$

$$-2 \cdot v_0 \cdot g t_{\text{кон}} \cdot \cos 150^\circ = (2,5 v_0)^2$$

Подставим числа:

$$64 + 100 t_{\text{кон}}^2 + 2 \cdot 8 \cdot 10 \cdot t_{\text{кон}} \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 6,25 \cdot 64 = 400$$

$$100 t_{\text{кон}}^2 + 80\sqrt{3} t_{\text{кон}} - 336 = 0 \quad | : 4$$

$$t_{\text{кон} 1,2} = \frac{-10\sqrt{3} \pm \sqrt{(10\sqrt{3})^2 + 3425}}{25} =$$

$$= \frac{-10\sqrt{3} \pm 20\sqrt{6}}{25} \Rightarrow t_{\text{кон}} = \frac{5(4\sqrt{6} - 2\sqrt{3})}{255} = \frac{2}{5}(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ с.}$$

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

по y: $v_y = v_{0y} + gt$

$$v_{y \text{ соед кон}} = v_0 \cos 30^\circ + gt = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot \frac{2}{5}(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = 4\sqrt{3} + 8\sqrt{6} - 4\sqrt{3} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta L = v_0 \cos 60^\circ \cdot t_{\text{кон}} = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = \frac{8}{5}(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ м}$$

Или: $\Delta L = v \cos \alpha t_{\text{кон}}$

Ответ:

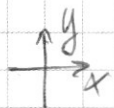
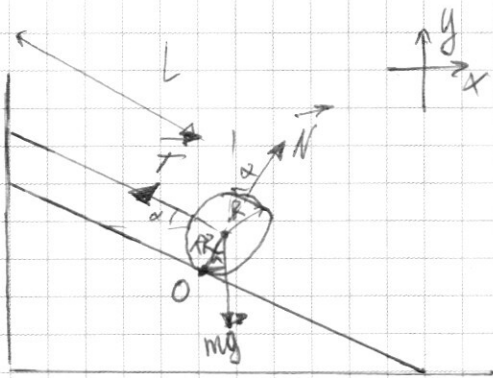
$$v_y = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_{\text{кон}} = \frac{2}{5}(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ с.}$$

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

N3

①



$$\vec{F}_E = m\vec{a} \quad (\text{НЗ.Н.})$$

$$\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_E = \vec{0}$$

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

$$\text{На } y: N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0$$

$$\text{На } x: N \sin \alpha - T \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = T \tan \alpha$$

$$T \tan \alpha \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \Rightarrow T = mg \sin \alpha$$

$$T \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right) = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

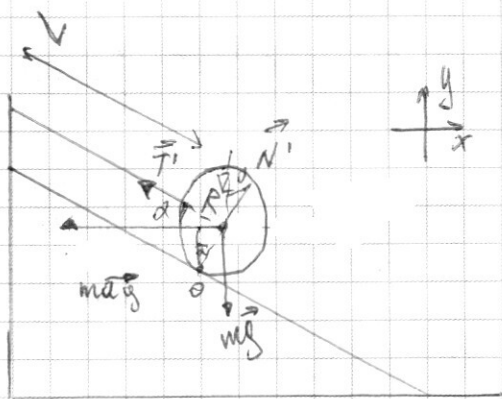
Так мы можем &

пр-ло моментов относительно (-) O:

$$M_O = M_R \quad TR = mgR \sin \alpha - \text{верно.}$$

$$a_y = \omega^2 R_0$$

②



$$\vec{F}_E = m\vec{a}_y$$

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

$$\text{На } y: N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\text{На } x: N \sin \alpha - T \cos \alpha = -m\omega^2 R_0$$

$$mg \tan \alpha - T \sin \alpha \tan \alpha - T \cos \alpha = -m\omega^2 R \Rightarrow T = \frac{mg \tan \alpha + m\omega^2 (L+R) \cos \alpha}{\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + \cos \alpha} R_0 = (L+R) \cos \alpha$$

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

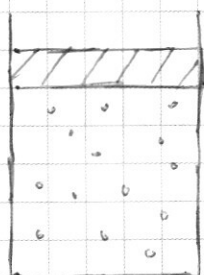
* прираще вращая с.о. можно написать так же есть:

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

Ответ: ① $T = mg \sin \alpha$

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

N5



$$35^\circ \text{C} = 308 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$t = 35^\circ \text{C}$$

Пар насыщенный $\Rightarrow \varphi = 100\%$

$$\frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{влаг}}} = \frac{0,5}{1000} = 0,0005 = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$PV = \nu RT$$

$$\left(\varphi = 100\% \Rightarrow \frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{влаг}}} = 1 \right)$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{M}{M} RT = \frac{p_{\text{влаг}} RT}{M} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \frac{PM}{RT} =$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 308} =$$

$$= \frac{1000 \cdot 1,53}{3080} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

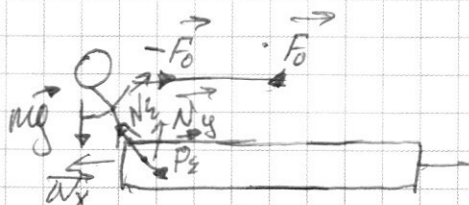
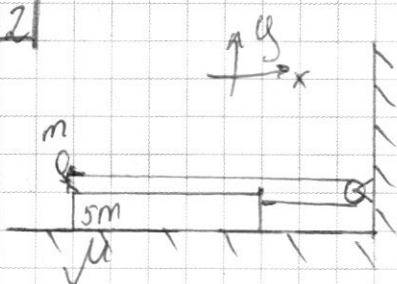
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (Приближение)

$$\begin{aligned} \text{I } v_0 = 0 \Rightarrow v_{\text{квн}} &= \frac{v_0}{4.7} \Rightarrow \Delta v = \frac{3.7 v_0}{4.7} \Rightarrow m n = \frac{3.7 v_0}{4.7} \cdot \rho n \\ &\text{перешло в воду} \\ \frac{v_{\text{квн}}}{v_{\text{воды}}} &= \frac{\frac{4.7}{4.7}}{\frac{3.7 v_0}{4.7} \cdot \rho n} = \frac{\rho_{\text{воды}}}{5.7 \rho_{\text{квн}}} = \frac{2000}{3.7} \approx \boxed{540} \\ v_{\text{воды}} &= \frac{3.7 v_0}{4.7} \cdot \rho n \end{aligned}$$

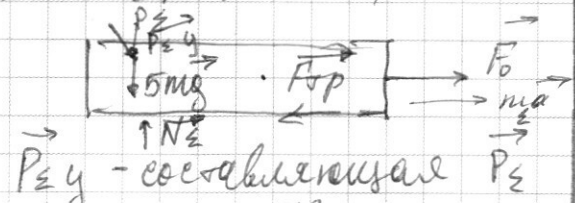
Ответ: ① $5 \cdot 10^{-4}$
② 540.

№2



$$\begin{aligned} \text{① } \vec{F}_\Sigma &= m \vec{a} \quad \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_\Sigma = \vec{0} \\ N_x \text{ и } N_y &\text{ - составляющие вектора } \vec{N}_\Sigma \\ N_y &= -mg \\ N_x &= -F_0 \\ \vec{F}_\Sigma &= m \vec{a} \\ N_\Sigma &= \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = \sqrt{F_0^2 + mg^2} \end{aligned}$$

$$\vec{N}_\Sigma = -\vec{P}_\Sigma \text{ (III З.Н.)}$$



$$\begin{aligned} P_{\Sigma y} &\text{ - составляющая } P_\Sigma \\ \tan \alpha &= \frac{mg}{F_0} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{mg}{\sqrt{(mg)^2 + F_0^2}} \\ P_{\Sigma y} &= \frac{mg}{\sqrt{(mg)^2 + F_0^2}} \cdot \sqrt{(mg)^2 + F_0^2} = mg \end{aligned}$$

$$\text{② } \vec{P}_\Sigma + \vec{N}_\Sigma + \vec{F}_{\text{тр}} + 5mg + \vec{F}_0 = m \vec{a}$$

$$\text{① На } y: P_{\Sigma y} + 5mg = N_{\Sigma} = 6mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = 6mg$$

$$\Rightarrow P_{\Sigma y} = \frac{mg}{\sqrt{(mg)^2 + F_0^2}} \cdot \sqrt{(mg)^2 + F_0^2} = mg$$

$$\text{② На } x: F - F_{\text{тр}} = ma; F - 6mg = 6ma; a > 0 \text{ для существования}$$

$$\boxed{F > 6mg}$$

заметим, что $a = 0$ и поставим стрелку как на пер-во с силой

$$\textcircled{3} \quad F > F_0 \Rightarrow F - 6 \mu mg = ma \Rightarrow a = \frac{F - 6 \mu mg}{6m}$$

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

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$\Delta x = S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

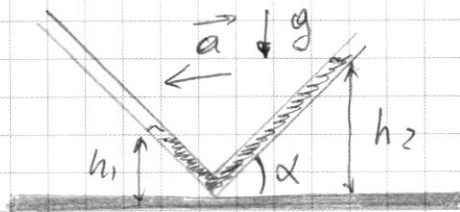
$$v = at = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2 \cdot (F - 6 \mu mg) \cdot S}{3m}}$$

Ответ: ① $6 \mu mg$

② $F_0 > 6 \mu mg$ ($F_{\min} = 6 \mu mg$)

③ $v = \sqrt{\frac{2(F - 6 \mu mg)S}{3m}}$

№4



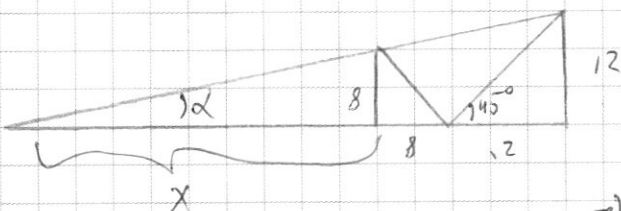
$h_1 = 8 \text{ см}$

$h_2 = 12 \text{ см}$

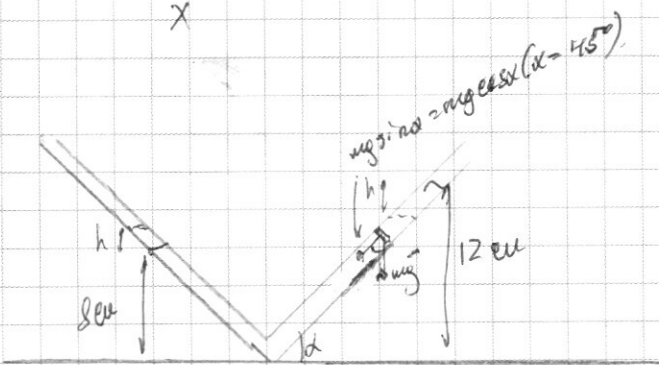
① Общеизвестный факт, что вода в сообщающихся сосудах принимает угол наклона так, как если бы склон не было и это была свободная поверхность $\Rightarrow$ можем найти $\angle$ наклона поверхности, а $\tan \alpha = \frac{a}{g} \Rightarrow$ найдем a .

$$\frac{12}{x+20} = \frac{8}{x} \Rightarrow x = 40$$

$$\tan \alpha = \frac{12}{40+20} = \frac{1}{5} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{g}{5} = \frac{10}{5} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



②



$$2h = 12 - 8 \Rightarrow h = 2 \text{ см.}$$

Вода начнет перетекать во 2-й извод (справа налево)

Максимальная v будет у самого верхнего кусочка воды, т.к. он

будет двигаться с ускорением

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

14 (Продолжение)

② Его ускорение в трубке $= g \sin \alpha$

$$\Delta x = \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

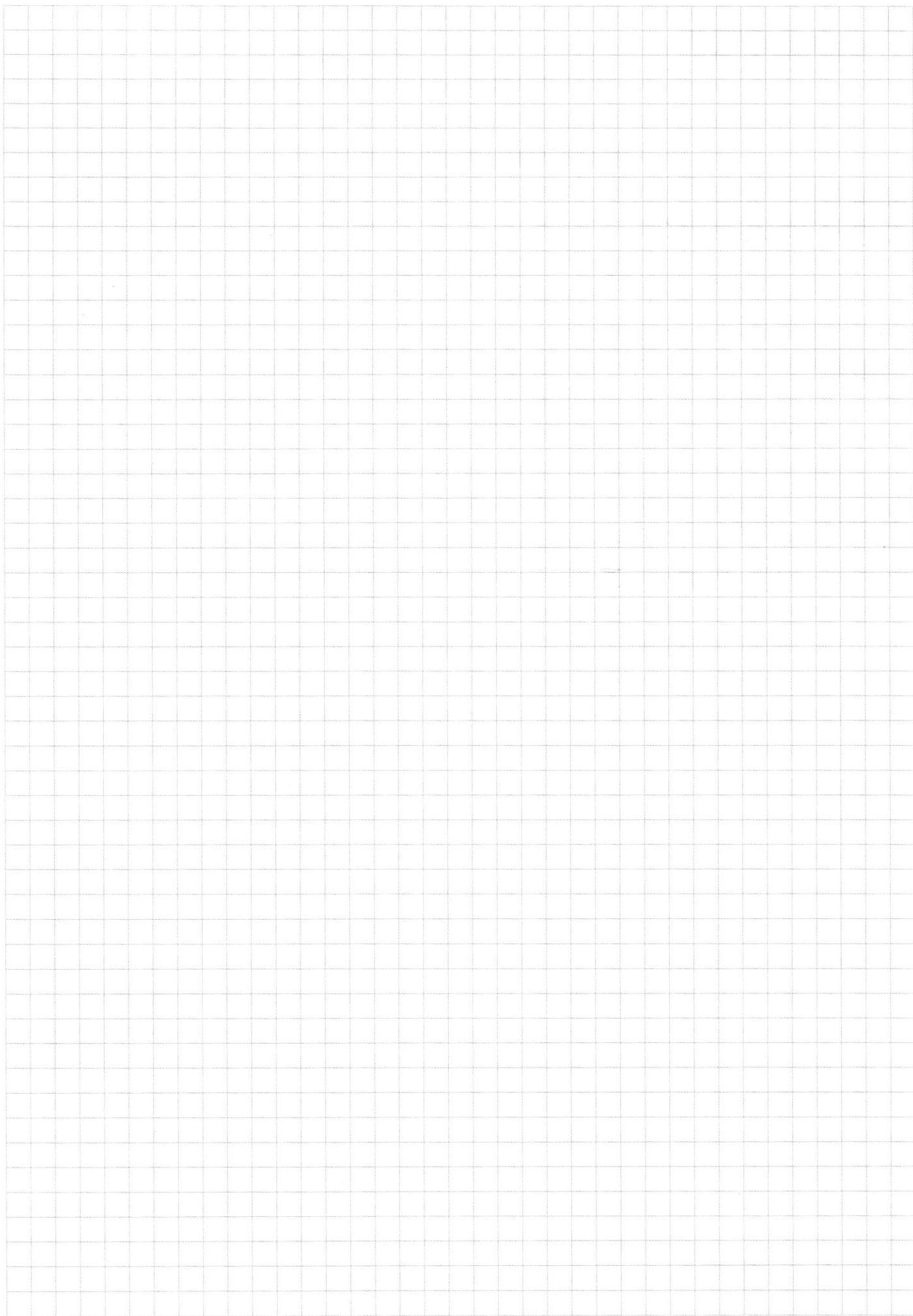
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$\Delta x = \frac{g \sin \alpha t^2}{2} = \frac{h}{\sin \alpha} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{\sin^2 \alpha g}}$$

$$v = a t = g \sin \alpha \cdot 2 \sqrt{\frac{h}{g}} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,2} = \sqrt{0,4} \text{ c.}$$

Ответ: ① $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

② $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{5}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram showing a mass on an inclined plane with forces T , N , mg , and $g \tan \alpha$. Angle 60° is indicated.

Equations:

$$v_0^2 + 6,25 v_0^2 - 2 \cdot v_0 \cdot 2,5 v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = g^2 t_{\text{пол}}^2$$

$$v_0^2 (7,25 - 2,5 \sqrt{3}) = g^2 t_{\text{пол}}^2 \Rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{v_0}{g} \sqrt{7,25 - 2,5 \sqrt{3}}$$

Calculations:

$$\sqrt{3} \approx 1,79$$

$$7,25 - 4,325 = 2,925$$

$$\sqrt{2,925} \approx 1,71$$

Diagram 1: Mass on an inclined plane with forces T , N , mg , and $g \tan \alpha$. Angle α is indicated.

Equations for Diagram 1:

$$T \cos \alpha = N \sin \alpha \Rightarrow N = T \cot \alpha$$

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

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

$$T = \frac{mg}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \frac{mg}{1} = mg$$

Diagram 2: Mass on an inclined plane with forces T' , N' , mg , and $mc\omega^2 R_0$. Angle α is indicated.

Equations for Diagram 2:

$$N' \cos \alpha + T' \sin \alpha = mg$$

$$T' \cos \alpha = N' \sin \alpha + mc\omega^2 R_0$$

Calculations:

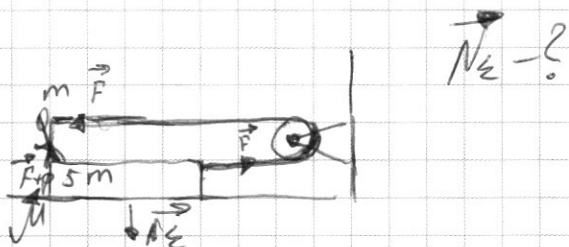
$$R_0 = (L+R) \cos \alpha$$

$$N' \cos \alpha + T' \sin \alpha = mg \Rightarrow N' = \frac{mg - T' \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T' \cos \alpha = \frac{mg - T' \sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha + mc\omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$T' (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = \cos \alpha (mg \tan \alpha + mc\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$

$$T' = mc\omega^2 (L+R) \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

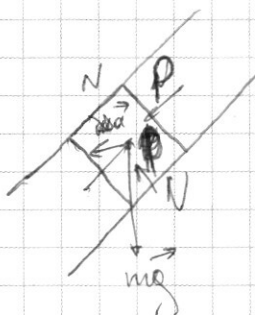
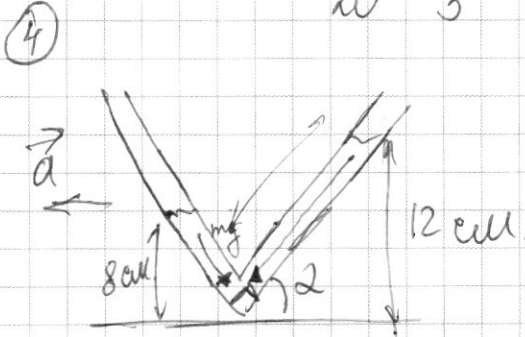


$$\frac{60}{\sin 150^\circ} = \frac{8}{\sin \beta} \Rightarrow \sin \beta = \frac{1}{5}$$

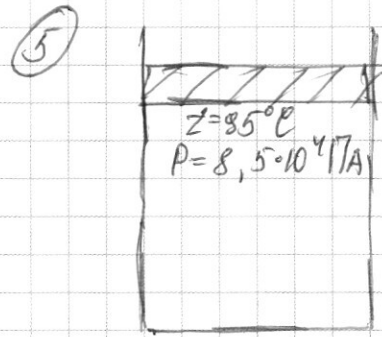
$$\frac{1000}{3,7 \cdot 1000 \cdot 0,0005} = \frac{2000}{3,7}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \\ -185 \\ \hline 150 \\ -148 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ 54 \\ \hline 378 \\ \times 54 \\ \hline 1620 \\ 1998 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} \times 540 \\ 3,7 \\ \hline 3780 \\ 1620 \\ \hline 19980 \end{array}$$



$t = \text{const}$ $PV = nRT$
 $\varphi = 100\%$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018 \cdot 10}{8,31 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} 153 \\ \times 368 \\ \hline 831 \\ 368 \\ \hline 1104 \\ \times 3058,08 \\ \hline 3058,08 \\ 15300 \\ \hline 3058,08 \\ 0,0 \\ \hline 15290,40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,018 \\ 85 \\ \hline 0090 \\ 144 \\ \hline 1,530 \end{array}$$

$$\frac{153}{3060} = \frac{1530}{3060} \cdot \frac{1}{1000} = \frac{1}{2000} = 0,0005$$

$$\begin{array}{r} \times 0,0005 \\ 3060 \\ \hline 00000 \\ 00030 \\ \hline 00000 \\ 00015 \\ \hline 00015300 \end{array}$$

$$0,0005 = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$I_{\text{об}} = U \Rightarrow U_{\text{кон}} = \frac{U}{4,7}$$

$$U_{\text{ост}} = \frac{3,7U}{4,7} \quad m = \frac{3,7U}{4,7} \cdot \frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_{\text{жидк}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$6ma = F - \mu N \epsilon$

$\sqrt{F^2 + (mg)^2}$

$6mg$

$6ma = F - \mu \cdot 6mg \Rightarrow F = 6m(a + \mu g) \Rightarrow$
 $\Rightarrow F > 6m\mu g$

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

$\Delta S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

$v = a \cdot t = \sqrt{2Sa}$

$a = \frac{F - 6\mu mg}{6m} \Rightarrow \sqrt{\frac{S \cdot (F - 6\mu mg)}{3m}} = 0$

$\frac{12}{x} = \frac{8}{x-20}$

$12x - 240 = 8x$
 $4x = 240$
 $x = 60$

$\tan \alpha = \frac{12}{60} = \frac{1}{5}$
 $a = 2 \frac{m}{c^2}$

