

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

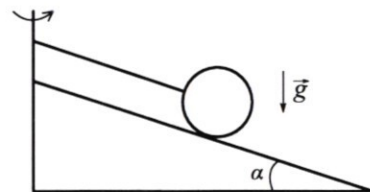
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

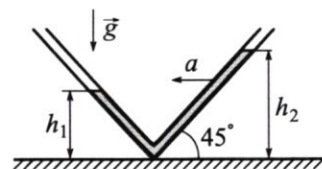


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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:

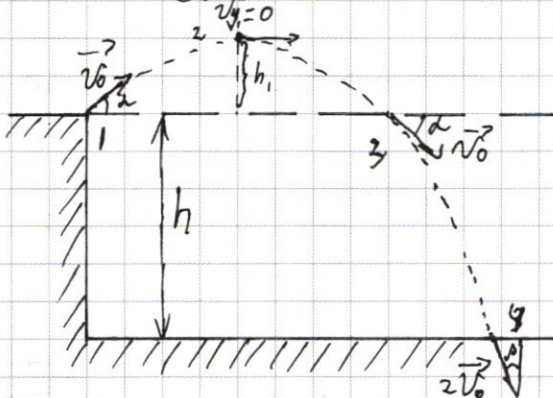
$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_k = 2V_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_{yx} = ? \quad t_{\pi} = ? \quad h = ?$$

Решение:



1) Рассмотрим промежутки

1-3, в точке 2 тело

будет иметь только
горизонтальную

составляющую скорости.

Тогда рассмотрим:

$$h_1 = v_{y0} \cdot t_{12} - \frac{g t_{12}^2}{2} = \frac{v_{y0}}{2} \cdot t_{12}, \text{ где } v_{y0} = v_0 \cdot \sin \alpha, \text{ а } t_{12} = \frac{1}{2} t_{13}.$$

$$\frac{v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{13}}{2} - \frac{g t_{13}^2}{8} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{13}}{4}$$

$$\frac{v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{13}}{4} = \frac{g t_{13}^2}{8}$$

$$t_{13} = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = 1 \text{ с.}$$

2) Рассмотрим промежуток 3-4:

Горизонтальные составляющие скоростей в точках 3 и 4

одинаковы, равны $v_0 \cdot \cos \alpha$. Тогда $\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{\frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{2}} = 2 \Rightarrow$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4}, \quad v_{yx} = 2 v_0 \cdot \sin \beta =$$

$$= \frac{20 \cdot \sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \approx 18 \text{ м/с}; \quad v_{yc} = v_0 \cdot \sin \alpha + g \cdot t_{34}; \quad t_{34} = \frac{v_{yx} - v_0 \cdot \sin \alpha}{10} = \frac{18 - 5}{10} = 1,3 \text{ с.}$$

$$t_{\pi} = t_{13} + t_{34} = 1 + 1,3 = 2,3 \text{ с}; \quad h = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha + v_{yc}}{2} \cdot t_{34} = \frac{5 + 18}{2} \cdot 1,3 = \frac{23 \cdot 13}{20} = \frac{299}{20} = 14,95 \text{ м} \approx 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_{yx} = 18 \text{ м/с}$; 2) $t_{\pi} = 2,3 \text{ с}$; 3) $h = 15 \text{ м}$.



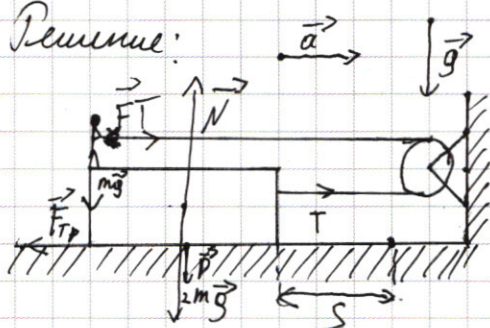
12 см на обороте

2. Dano:

S, m, μ, F
 $M = 2m$

$P, F_{\min}, t$

Решение:



1) no osи y: $N - mg - 2mg = 0$

$N = 3mg$. $P = N = 3mg$;

$F_{Tp} = \mu N = 3\mu mg$.

2) no osи x:

$ma + T - F_{Tp} = 0$; $T = F$ (т.к. канат нерастяжим и легкий)

$F = F_{Tp} - 3ma$; $F_{\min} = F_{Tp} - 3ma_{\min} \Rightarrow F_{\min} = F_{Tp} = 3\mu mg$.

$3mg = F_{Tp} - F$; $a = \frac{3\mu mg - F}{3m} = \mu g - \frac{F}{3m}$; $S = \frac{v_0^2}{2} + \frac{a \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$

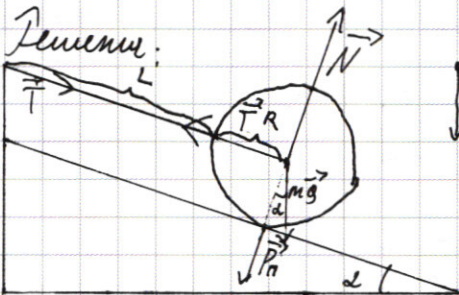
Ответ: 1) $P = 3mg$; 2) $F_{\min} = 3\mu mg$; 3) $t = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$

3. Dano:

m, R, L, d, w

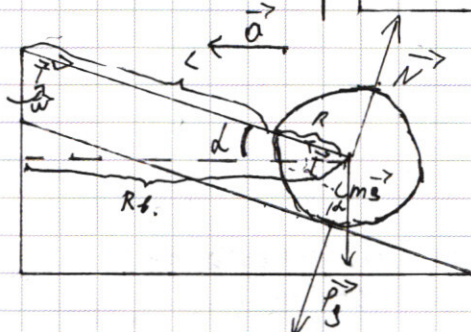
P_n, P_g

Решение:



1) no osи y: $N - m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0$

$N = mg \cdot \cos \alpha$. $P_n = N = mg \cdot \cos \alpha$.



2) $a = \frac{v^2}{R_0} = \frac{w^2 \cdot R_0^2}{R} = w^2 \cdot R_0$, где $R_0 = (R+L) \cdot \cos \alpha$

no osи y: $N - mg \cdot \cos \alpha - m \cdot a \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow$

$N = m(g \cdot \cos \alpha - w^2 \cdot (R+L) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) =$
 $= m \cdot \cos \alpha (g - w^2 (R+L) \cdot \sin \alpha)$; $P_g = N =$
 $= m \cdot \cos \alpha (g - w^2 (R+L) \cdot \sin \alpha)$

Ответ: 1) $P_n = m \cdot g \cdot \cos \alpha$; 2) $P_g = m \cdot \cos \alpha (g - w^2 (R+L) \cdot \sin \alpha)$.

4. Dano: $g = 10 \text{ м/с}^2$

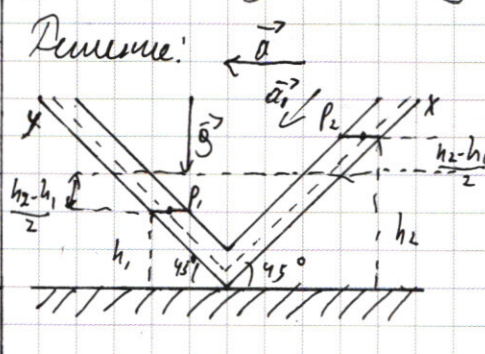
Решение:

$\alpha = 45^\circ$

$a = 4 \text{ м/с}^2$

$h_1 = 10 \text{ см}$

h_2, V



$P_1 = \frac{h_1}{\cos 45} \cdot (g \cdot \cos 45 + a \cdot \cos 45) = h_1 (g + a)$

$P_2 = \frac{h_2}{\cos 45} \cdot (g \cdot \cos 45 - a \cdot \cos 45) = h_2 (g - a)$

$P_1 = P_2 \Rightarrow h_1 (g + a) = h_2 (g - a)$;

$h_2 = h_1 \cdot \frac{g+a}{g-a} = 10 \cdot \frac{14}{6} = \frac{70}{3} = 23,3 \text{ см}$. ПРОДОЛЖИТЬ СЛ. ПО СТ. 23.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пом. исчезновения ускорения:

$$P = \rho \cdot g \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ} = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot a_1}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot a_1}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot (h_2 + h_1) \cdot a_1}{S \cdot \cos 45^\circ} = \frac{\rho \cdot (h_2 + h_1) \cdot a_1}{\cos 45^\circ}$$

$$\rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = \frac{\rho \cdot (h_2 + h_1) \cdot a_1}{\cos 45^\circ}; a_1 = g \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\frac{10}{3} - \frac{70}{3}}{\frac{10}{3} + \frac{70}{3}} = \frac{10\sqrt{2}}{14} = \frac{5\sqrt{2}}{7}$$

$$S = \frac{V^2}{2a}; V = \sqrt{2aS} = \sqrt{2 \cdot \frac{5\sqrt{2}}{7} \cdot \frac{h_2 + h_1}{2 \cdot \cos 45^\circ}} = \sqrt{\frac{10}{7} \sqrt{2} \cdot \frac{7}{30 \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}} = \sqrt{\frac{10}{30} \cdot \frac{\sqrt{2}}{7} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,58 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 13,3 \text{ см}$; 2) $V = 0,58 \text{ м/с}$.

5. Дано: $P = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

$T = 300 \text{ К}$

$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$PV = \text{const}$

Решение:

В начальный момент времени:

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T; m = P \cdot V \Rightarrow P = \frac{P_0}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow P_0 = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} =$$

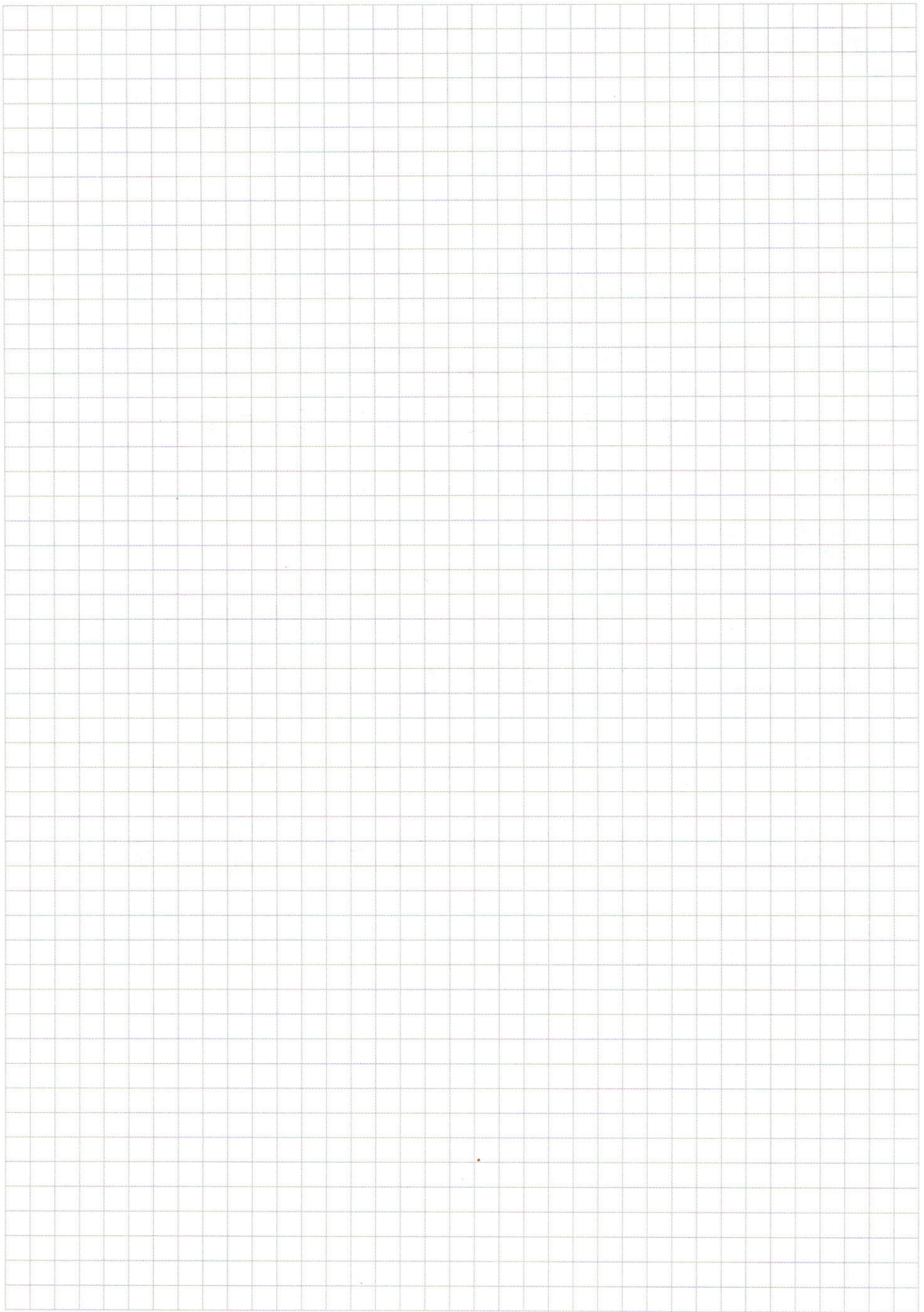
$$\frac{P_0}{P_6} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T \cdot P_6} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = 2,5 \cdot 10^{-5} = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{P \cdot V}{5,6} = \frac{m_{\text{п}}}{M} \cdot R \cdot T, \text{ где } m_{\text{п}} = m - m_{\text{б}}. \text{ разделим на } PV = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

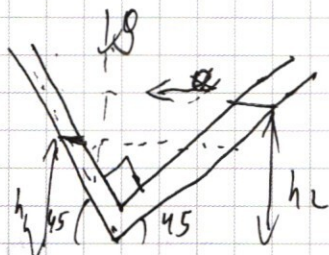
$$5,6 = \frac{m}{m_{\text{п}}} = \frac{m_{\text{п}} + m_{\text{б}}}{m_{\text{п}}} = 1 + \frac{m_{\text{б}}}{m_{\text{п}}}; \frac{m_{\text{б}}}{m_{\text{п}}} = 4,6; \frac{P_6 \cdot V_6}{P_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}} = 4,6; \frac{V_{\text{п}}}{V_6} = \frac{1}{4,6 \cdot \frac{P_{\text{п}}}{P_6}} = \frac{1}{4,6 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{1}{11,5} \cdot 10^4 \approx 0,86 \cdot 10^4 = 8,6 \cdot 10^3$$

Ответ: 1) $\frac{P_{\text{п}}}{P_6} = 2,5 \cdot 10^{-4}$; 2) $\frac{V_{\text{п}}}{V_6} = 8,6 \cdot 10^3$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V \cdot \rho_{\text{л}} = \frac{m \cdot g}{5,6}$$

$$5,6 = 1 + \frac{m \cdot g}{m_{\text{л}}}$$

$$\frac{\rho_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}}} = 4,6$$

$$\frac{\rho V}{5,6} = \frac{m_{\text{л}}}{M} \cdot R \cdot T \quad \frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{л}}} = 4,6 \cdot \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} =$$

$$5,6 = \frac{m_{\text{л}} + m \cdot 6}{m_{\text{л}}}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 355 \\ 2 \quad 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21,30 \quad | \quad 831 \\ - 1662 \quad | \quad 25 \\ \hline 468 \quad 25 \cdot 10^{-5} \end{array}$$

$$\frac{h_1}{\cos 45} \cdot \rho \cdot (g \cdot \cos 45 + a \cdot \cos 45) = \frac{h_2}{\cos 45} \cdot \rho \cdot (g \cdot \cos 45 - a \cdot \cos 45)$$

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

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a}{g - a} = \frac{10 \cdot 14}{6} = \frac{70}{3} \text{ м} = 13,3 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \cdot 10^6 \\ 3 \cdot 831 \cdot 10^5 \end{array}$$

$$(h_2 - h_1) \cdot \rho \cdot g = \frac{m \cdot a}{S} \quad (h_1 + h_2) / \cos 45$$

$$(h_2 - h_1) \cdot \rho \cdot g = \frac{\rho \cdot V \cdot a}{S}$$

$$(h_2 - h_1) \cdot g = \frac{a (h_1 + h_2)}{\cos 45}$$

$$a = \frac{(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \cdot \frac{g}{\cos 45} = \frac{10}{\frac{70}{3}} \cdot \frac{10}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{7} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} = \frac{10\sqrt{2}}{7}$$

$$S = \frac{h_1 + h_2}{2 \cos 45} = \frac{70}{3\sqrt{2}} = \frac{35\sqrt{2}}{6} = \frac{35}{3}\sqrt{2}$$

$$\frac{35\sqrt{2}}{3} = \frac{v^2}{20\sqrt{2}} = \frac{35\sqrt{2} \cdot 20\sqrt{2}}{3 \cdot 7} = \frac{200}{3}$$

$$v = 10\sqrt{\frac{2}{3}} \approx 8,2 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 4,6 \\ 46 \\ 230 \\ 92 \\ \hline 1150 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \quad | \quad 17 \\ - 810,58 \\ \hline 1,50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \quad | \quad 2 \\ - 1,80,96 \\ \hline 1,16 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ 1,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \quad | \quad 17 \\ - 13,60,92 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

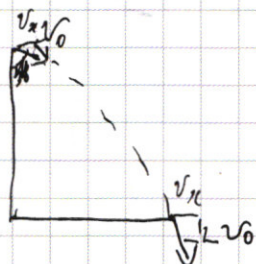
$$PV = \text{const}$$

$$P \cdot V = \eta R T$$

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$$

$$\mu \cdot P = P_H \cdot R \cdot T$$

$$P_H = \frac{\mu \cdot P}{R T} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300} = \frac{18 \cdot 3,55}{8,31 \cdot 300} = \frac{2,13}{83,1} = 0,025$$



$$\cos \alpha = \frac{v_0}{2v_0}$$

$$\cos \beta = \frac{v_0}{2v_0}$$

$$\cos \alpha = 2$$

$$\sqrt{13} = 3,6$$

$$-9 \quad \times 1,5$$

$$4,00 \quad 6,80$$

$$h = \frac{18^2 - 5^2}{20} =$$

$$= \frac{4 \cdot 81}{20} - \frac{25}{20} = \frac{81}{5} - \frac{5}{4} = 16,2 - 1,25 = 14,95 \approx 15 \text{ m}$$

$$18 = 5 + 10t$$

$$t = \frac{13}{10} = 1,3 \text{ s}$$

$$t_H = 2,3 \text{ s}$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_y = 2v_0 \cdot \sin \beta = 5 \sqrt{13} = 18 \text{ m/s}$$

$$\left(\frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \right)^2 + \left(2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} \right)^2 =$$

$$= v_0 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{13}{4}} = 2v_0$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 13 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{23 \cdot 13}{20} =$$

$$\begin{array}{r} 69 \\ 23 \\ \hline \end{array}$$

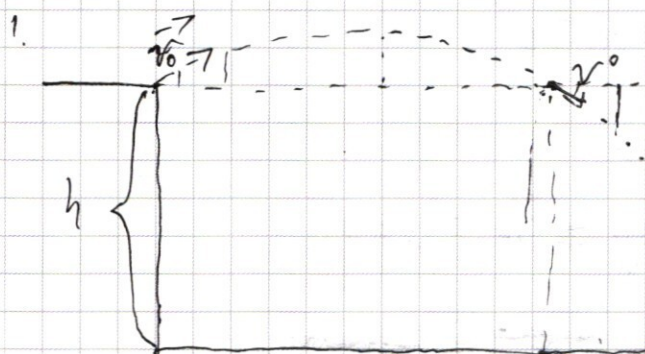
$$= 14 \frac{19}{20} = 14,95$$

$$\begin{array}{r} 239 \\ 209 \overline{) 20} \\ \hline 299 \end{array}$$

$$\frac{91}{2} = 0,05 \cdot 10 =$$

$$\begin{array}{r} 80 \\ 19 \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_{yx}; h, t$

$$400 = 75 + (5 + 10t)^2$$

$$325 = 100t^2 + 100t + 25$$

$$3 = t^2 + t; \quad t^2 + t - 3 = 0$$

$$t = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2} \quad t = 1 + 4 \cdot 3 = 13$$

$$2v_0 = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + g t_m)^2}$$

$$400 = 75 + 25(t^2 + 2t + 1)$$

$$16 = 3 + 4t^2 + 2t + 1$$

$$4t^2 + 2t - 12 = 0$$

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad 2t^2 + t - 6 = 0$$

$$2v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{1 + 48} = \sqrt{49} = 7$$

$$t = \frac{-1 \pm 7}{4} = 1.5$$

$$= \sqrt{v_0^2 \cos^2 30^\circ + v_{y1}^2}$$

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 30^\circ + v_{y1}^2$$

$$\sqrt{v_0^2 (4 - \cos^2 30^\circ)} = v_y$$

$$v_y = v_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 4$$

$$4 - \frac{1.75}{2} = 3.15$$

$$v_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2} = v_0 \frac{1 + \sqrt{4 - \frac{3}{4}}}{2} \text{ then}$$

$$\frac{2v_0 \left(\frac{1}{2} - \frac{1 + \sqrt{4 - \frac{3}{4}}}{2} \right)}{g} = t_{m2} = 1 - \frac{1}{2} - \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{1}{2} - \sqrt{4 - \frac{3}{4}}$$

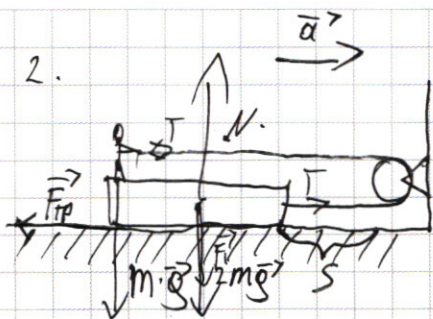
$$t_0 = 2.5 \text{ c}$$

$$h = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.5 + \frac{10 \cdot 1.5^2}{2} = 1.5(5 + 7.5) = \frac{25 \cdot 3}{2 \cdot 2} = \frac{75}{4} = 18.75 \text{ m}$$

$$h = 18.75 \text{ m}$$

$$v_{yx} = v_0 \sin \alpha + g \cdot t_{m1} = 5 + 15 = 20 \text{ m/c}$$

2.



$$\text{по } y: mg + 2mg - N = 0$$

$$N = 3mg : F_1 = N = 3mg$$

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

$$\text{по } x: F - F_{\text{тр}} - 3ma = 0$$

$$F = F_{\text{тр}} + 3ma$$

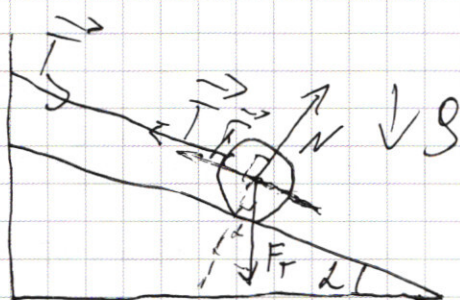
$$F_{\text{min}} = F_{\text{тр}} - 3ma \approx F_{\text{тр}} = 3\mu mg$$

$$a = \frac{F_{\text{тр}} - F}{3m} = \frac{3\mu mg - F}{3m} = \mu g - \frac{F}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$$

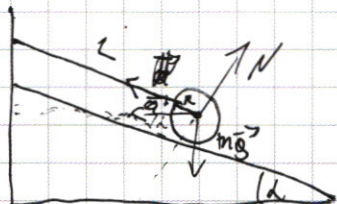
$$\text{Ответ: } F_1 = 3mg; F_{\text{min}} = 3\mu mg; t = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$$

3.


 m, R, L, α

$$\text{по } y: N - F \cdot \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha; F_1 = N = mg \cdot \sin \alpha$$



$$a = \frac{v^2}{R_1} = \frac{\omega^2 \cdot R_1^2}{R_1} = \omega^2 \cdot R_1 = \omega^2 (R + L) \sin \alpha$$

$$\text{по } y: N - mg \cdot \cos \alpha + a \cdot \sin \alpha = 0$$

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

$$F_1 = N = mg \cdot \cos \alpha + \omega^2 (R + L) \cdot \sin \alpha$$



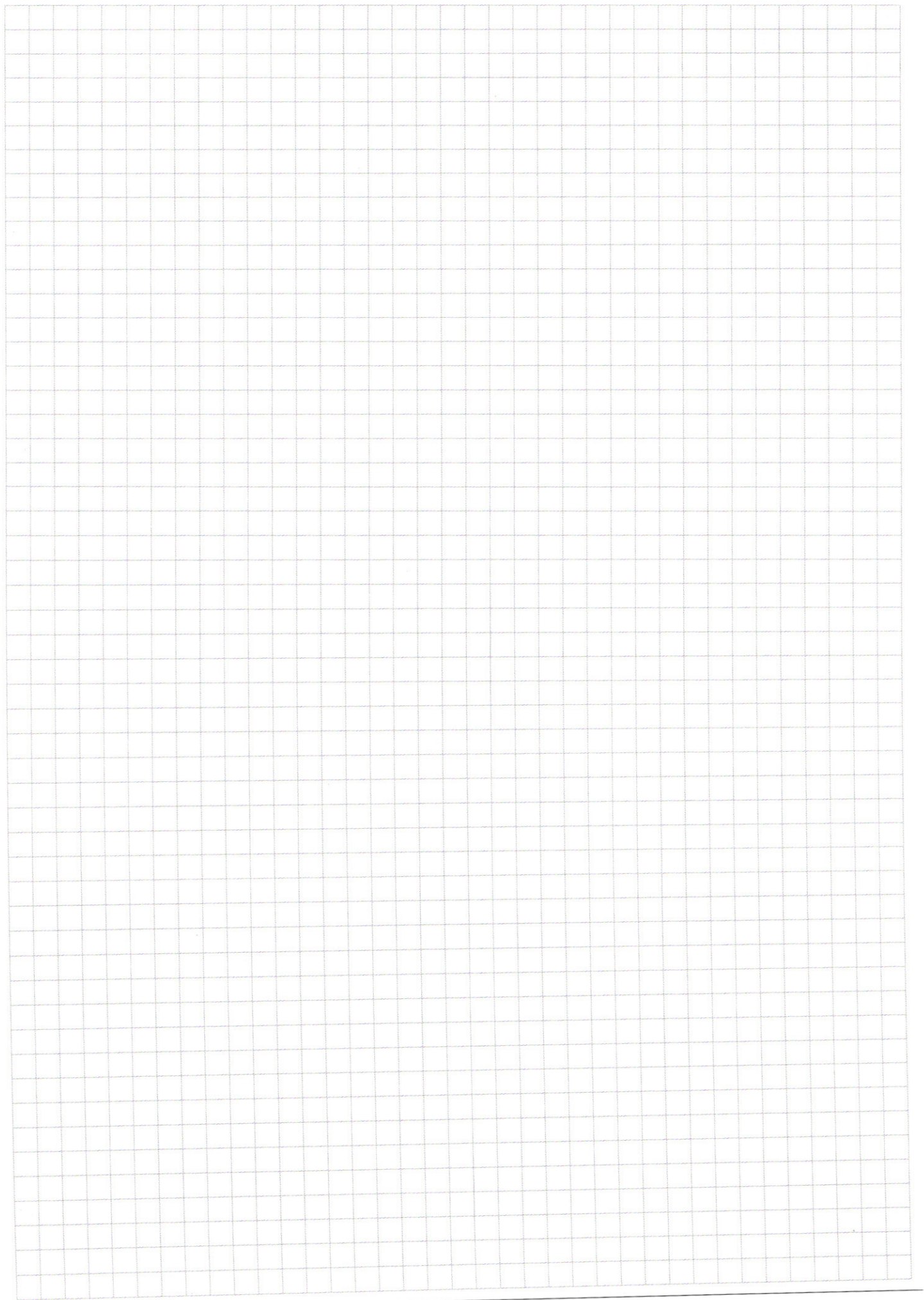
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)