

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

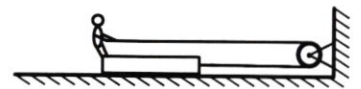
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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?

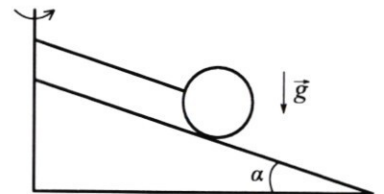
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 F_0 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.

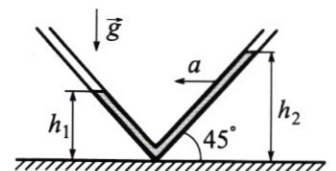


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

Задача 1.

Дано:

$$V_0 = 10 \frac{м}{с}$$

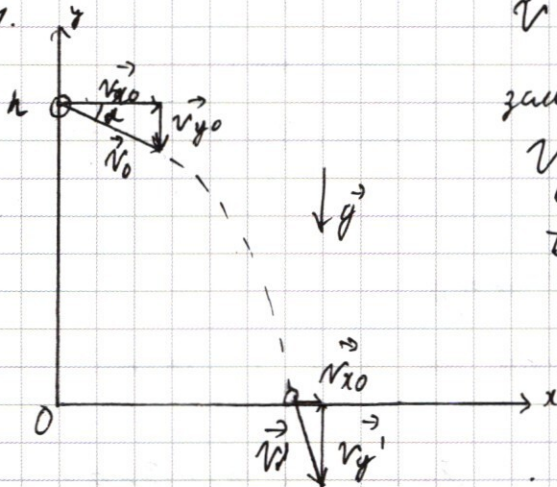
$$\alpha = 30^\circ$$

$$V' = 2V_0$$

$$v_y' = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$



V' - скорость во время касания
земли

V_y' - верт. сост. скорости V'

t - время падения

h - высота, с которой бросит
гайку.

V_0 направлена в сторону

земли, т.к. гайка всё время приближалась к земле.

$$1) V_{y0} = V_0 \cdot \sin \alpha, \quad V_{x0} = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$V_{y0} = 10 \frac{м}{с} \cdot \sin 30^\circ = 5 \frac{м}{с}, \quad V_{x0} = 10 \frac{м}{с} \cdot \cos 30^\circ = 5\sqrt{3}$$

$$2) V' = \sqrt{V_{x0}^2 + V_y'^2} = 2V_0 = 2\sqrt{V_{x0}^2 + V_{y0}^2}$$

$$\sqrt{V_{x0}^2 + V_y'^2} = 2\sqrt{V_{x0}^2 + V_{y0}^2}$$

$$V_y'^2 = 3V_{x0}^2 + V_{y0}^2$$

$$V_y' = \sqrt{3V_{x0}^2 + V_{y0}^2}$$

$$V_y' = \sqrt{3 \cdot 25 \cdot 3 \frac{м^2}{с^2} + 25 \frac{м^2}{с^2}} = \sqrt{250} = 5\sqrt{10} \frac{м}{с}$$

$$3) V_y' = V_{y0} + gt \Rightarrow t = \frac{V_y' - V_{y0}}{g}$$

$$t = \frac{5\sqrt{10} \frac{м}{с} - 5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = \frac{\sqrt{10} \frac{м}{с} - 1 \frac{м}{с}}{2 \frac{м}{с^2}} \approx \frac{3,16 \frac{м}{с} - 1 \frac{м}{с}}{2 \frac{м}{с^2}} \approx 1,05 \frac{с}{с}$$

$$4) y: y = h - V_{y0}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = 0 \Rightarrow h = V_{y0}t + \frac{gt^2}{2}$$

$$h = 5 \frac{м}{с} \cdot 1,05 \frac{с}{} + \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (1,05 \frac{с})^2}{2} \approx 5,25 \frac{м}{с} + 5 \cdot 1,1 \frac{м}{с} \approx 10,75 \frac{м}{с}$$

Ответ: $V_y' \approx 5\sqrt{10} \frac{м}{с}$

$$t \approx 1,05 \frac{с}{с}$$

$$h \approx 10,75 \frac{м}{с}$$

Задача 2.

Дано:

$$m, M = 2m$$

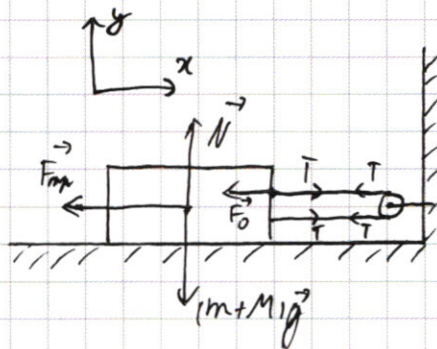
$$S, \mu$$

$$F > F_0$$

$$P - ?$$

$$F_0 - ?$$

$$t - ?$$



1) Т- сила натяж. каната
 F_0 - действует на канат
 $F_0 = T$ по III закону Ньютона

$$y: N = (m+M)g$$

$$x: F_{\text{нр}} = 2T$$

$$F_{\text{нр}} = 2F_0$$

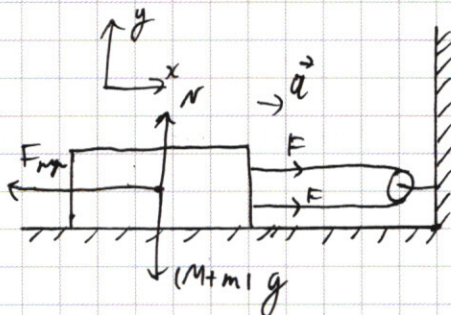
$$\mu(m+M)g = 2F_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{\mu(m+M)g}{2}$$

$$F_0 = \frac{\mu \cdot 3mg}{2} = 1,5 \mu mg$$

2) Человек и ящик давят на пол с силой $P = (m+M)g$

3)



Ящик и человек под действием F начнут двигаться с ускорением a .

$$y: N = (m+M)g$$

$$x: (M+m)a = 2F - F_{\text{нр}} \Rightarrow a = \frac{2F - F_{\text{нр}}}{M+m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S(M+m)}{2F - F_{\text{нр}}}} = \sqrt{\frac{2S(M+m)}{2F - \mu(M+m)g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $P = (m+M)g$

$$F_0 = 1,5 \mu mg$$

$$t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

Задача 3.

Дано:

$$m, R, \alpha, L$$

$$w$$

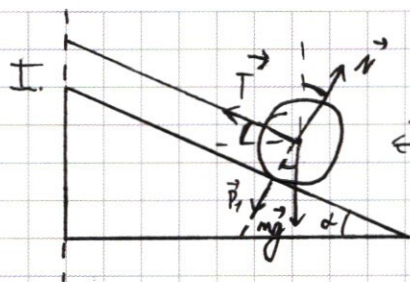
$$P_1 - ?$$

$$P_2 - ?$$

P_1, P_2 - сила давления шара на опору

T - сила натяжения нити

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

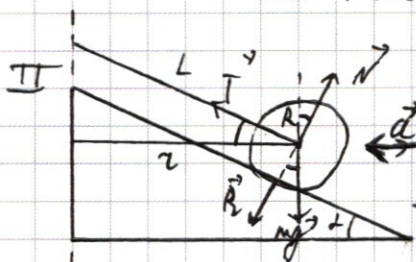


$P = N$ по III закону Ньютона

$$\begin{aligned} y: N \cos \alpha + T \sin \alpha &= mg \\ x: T \cos \alpha &= N \sin \alpha \end{aligned}$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow N \sin^2 \alpha = mg \cos \alpha - N \cos^2 \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{mg \cos \alpha}{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = mg \cos \alpha \Rightarrow P_1 = mg \cos \alpha$$



$$\begin{aligned} d &= \frac{v^2}{\omega^2} = \frac{\omega^2 r^2}{\omega^2} = \omega^2 r = \omega^2 (L + R) \cos \alpha \\ a &= \omega^2 (L + R) \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y: N \cos \alpha + T \sin \alpha &= mg \\ x: ma &= -N \sin \alpha + T \cos \alpha \end{aligned}$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{ma + N \sin \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow mg \cos \alpha - N \cos^2 \alpha = ma \sin \alpha + N \sin^2 \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L + R) \sin \alpha \cos \alpha) =$$

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

$$P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$$

Ответ: $P_1 = mg \cos \alpha$

$$P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$$

(5)

Дано:

$$\begin{aligned} P &= 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \\ t &= 27^\circ \text{C}; T = 300 \text{ K} \\ y &= 5,6 \\ M_{\text{H}_2\text{O}} &= 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} \frac{P_0}{P} = 1 \\ \frac{V_0}{V} = 1 \end{array} \right|$$

$$1) PV = \nu RT \quad PV = \frac{m}{M} RT \quad P = \frac{p}{M} RT \quad p_n = \frac{pM}{RT}, \quad T = \text{const}, \quad P = \text{const},$$

т.к. пар насыщеннй и при увеличении объема давление не может увеличиться, т.к. будет происходить конденсация. $\Rightarrow p_n = \text{const}$

$$p_n = \frac{5,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,007 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} \approx 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_l = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_n}{p_l} = \frac{0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 0,000026 = 26 \cdot 10^{-6}$$

$$4) \quad PV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{mRT}{MP} \quad m - \text{масса пара}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{y} \quad y = \frac{V_1}{V_2} \quad y = \frac{m_1 RT MP}{MP m_1 RT} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{y}$$

$$m_b - \text{масса воды} \quad m_b = m_1 - m_2 = m_1 - \frac{m_1}{y} = m_1 \left(\frac{y-1}{y} \right)$$

$$m_b = \frac{m_1 (y-1)}{y} = \frac{y m_2 (y-1)}{y} = m_2 (y-1)$$

$$m_b = m_2 (5,6 - 1) \quad m_b = m_2 \cdot 4,6$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad V_n = \frac{m_2}{\rho_n} \quad V_b = \frac{4,6 m_2}{\rho_l}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{m_2 \rho_l}{\rho_n 4,6 m_2} = \frac{\rho_l}{4,6 \rho_n}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{4,6 \cdot 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 1000000 \approx 10^7$$

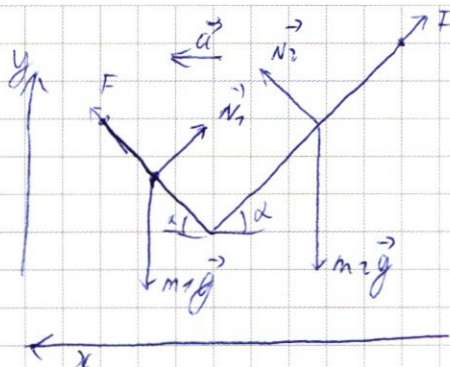
$$\text{Answer: } \frac{p_n}{p_l} \approx 26 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{V_n}{V_b} \approx 10^7$$

4) Дано:

$\alpha = 45^\circ$	$h_2 = ?$
$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$V = ?$
$h_1 = 10 \text{ м} = 0,1 \text{ м}$	

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$y: F \sin \alpha + N_1 \sin \alpha = m_1 g$$

$$x: m_1 a = F \cos \alpha - N_1 \cos \alpha$$

$$(1) \quad N_1 = \frac{m_1 g - F \sin \alpha}{\sin \alpha} = \frac{F \cos \alpha - m_1 a}{\cos \alpha}$$

$$y: N_2 \sin \alpha + F \sin \alpha = m_2 g$$

$$x: m_2 a = N_2 \cos \alpha - F \cos \alpha$$

$$(2) \quad N_2 = \frac{m_2 g - F \sin \alpha}{\sin \alpha} = \frac{m_2 a + F \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$(1) \quad \frac{m_1 g}{\sin \alpha} - F = F - \frac{m_1 a}{\cos \alpha}$$

$$\frac{m_1 g + m_1 a}{\sin \alpha \cos \alpha} = 2F$$

$$(2) \quad \frac{m_2 g}{\sin \alpha} - \frac{m_2 a}{\cos \alpha} = 2F$$

$$\frac{m_1 g}{\sin \alpha} + \frac{m_1 a}{\cos \alpha} = \frac{m_2 g}{\sin \alpha} - \frac{m_2 a}{\cos \alpha}$$

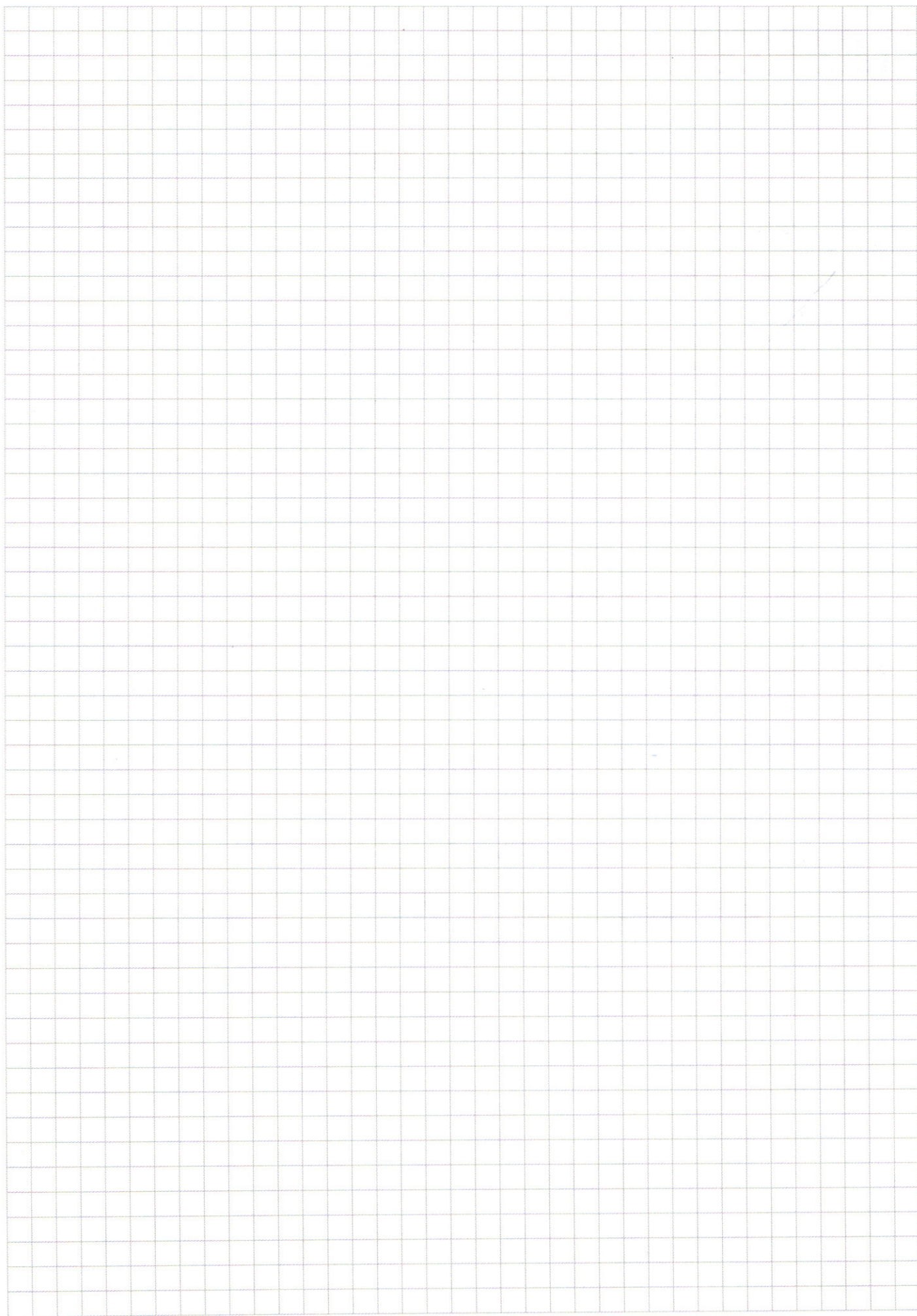
$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha$$

$$m_1 g + m_1 a = m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 (g + a) = m_2 (g - a)$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{(g - a)}{(g + a)} \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{g + a}{g - a} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1 (g + a)}{g - a}$$

||
V
h₂



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.



$$p_2 = 3,55 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$PV = \nu RT$$

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

$$V = \frac{\nu RT}{P}$$

$$P = \frac{P}{M} RT$$

$$V = \frac{m RT}{MP}$$

$$P_2 = \frac{PM}{RT}$$

$$m = \frac{11,7}{5,5}$$

$$T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const}$$

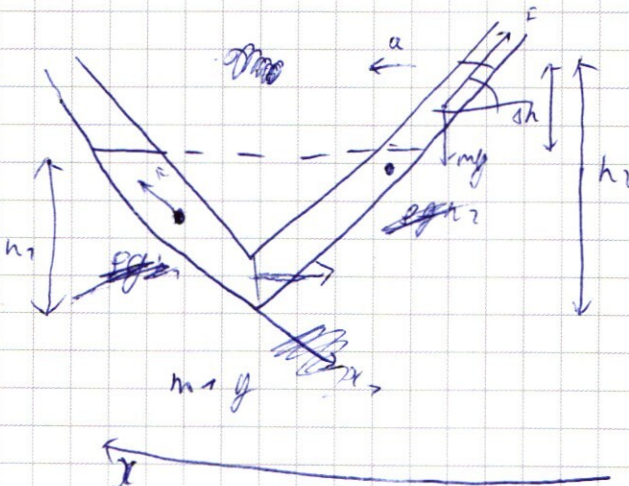
$$\begin{array}{r} 3550 \\ - 300 \\ \hline 550 \\ - 300 \\ \hline 2500 \\ - 2400 \\ \hline 1000 \\ - 9900 \\ \hline \end{array}$$

$$77,83 - 0,079$$

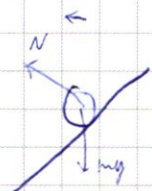
$$\begin{array}{r} 0,17209 \\ - 0,16 \\ \hline 0,01209 \\ - 0,01 \\ \hline 0,00209 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77,83 \\ - 0,079 \\ \hline 77,751 \\ - 77,23 \\ \hline 0,521 \end{array}$$

4.



$$mg = F \sin \alpha$$



$$\begin{aligned} x: ma &= -F \cos \alpha \\ y: mg &= F \sin \alpha \\ \rho g h_1 &= \rho g h_2 \end{aligned}$$

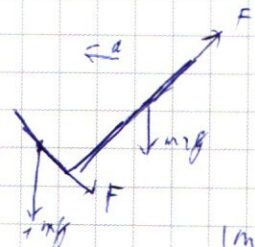
$$\begin{aligned} -ma &= mg \\ m(g+a) &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_1 a &= F \cos \alpha \\ m_1 g &= F \sin \alpha \\ m_1 g &= \end{aligned}$$

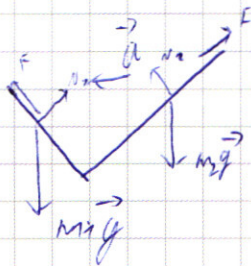
$$F = \frac{m_2 - m_1 g}{2 \sin \alpha}$$

$$F = \frac{amg}{2 \sin \alpha}$$

$$\begin{aligned} m_1 a &= F - F \cos \alpha \\ m_1 g &= \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} m_1 g - F \sin \alpha &= \\ &= m_1 g + F \sin \alpha \\ (m_2 - m_1) g &= 2 F \sin \alpha \end{aligned}$$



$$m \cdot g = N \cdot \sin \alpha + \dots$$

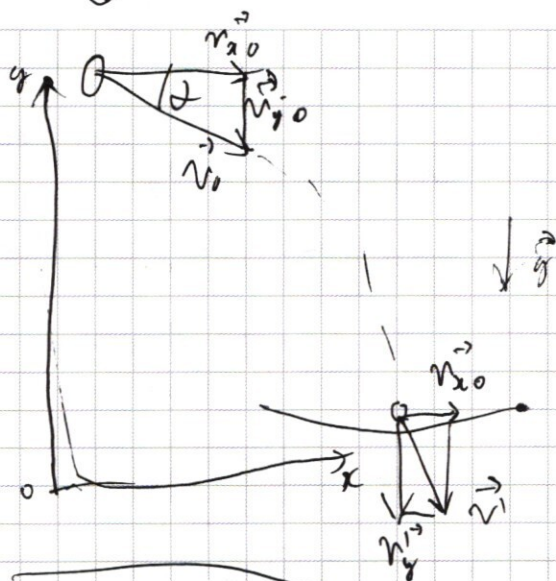
$$m \cdot a = -N \cdot \cos \alpha$$

$$N = \frac{m \cdot g}{\sin \alpha} = \frac{-m \cdot a}{\cos \alpha}$$

$$m \cdot g \cos \alpha = -m \cdot a \cdot \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



$$v = \sqrt{v_{x0}^2 + v_y^2} = 2v_0 = 2\sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2}$$

$$\sqrt{v_{x0}^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2}$$

$$v_{x0}^2 + v_y^2 = v_{x0}^2 + v_{y0}^2$$

$$v_y^2 = 3v_{x0}^2 + v_{y0}^2$$

$$v_y = v_{y0} + gt$$

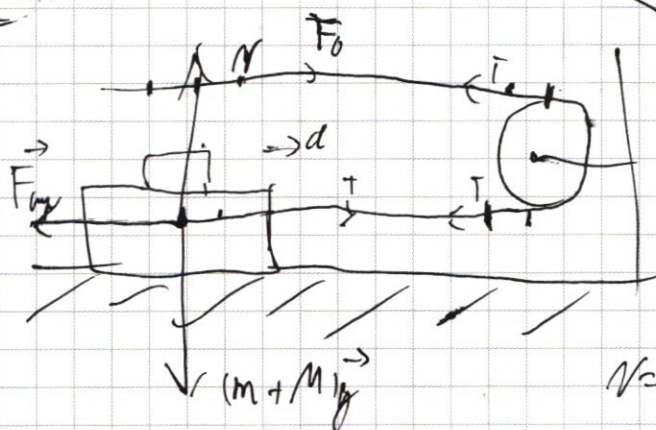
$$t = \frac{v_y - v_{y0}}{g}$$

$$y: y = h - v_{y0}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = 0$$

$$h = v_{y0}t + \frac{gt^2}{2}$$

②



$$N = m + M, g$$

$$F_{fr} \geq 2F_0$$

$$m + M, g \geq 2F_0$$

$$F_0 = \frac{m + M, g}{2}$$

$$(m + M)a = 2F - F_{fr}$$

$$a = \frac{2F - F_{fr}}{m + M}$$

~~$$S = \frac{at^2}{2}$$~~

$$S = \frac{at^2}{2}$$

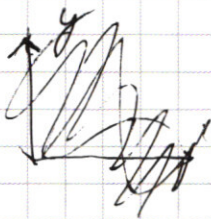
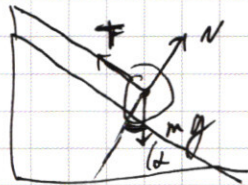
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S(m + M)}{2F - F_{fr}}}$$

$$\begin{array}{r} 3,2 \\ \times 3,2 \\ \hline 64 \\ 64 \\ \hline 1024 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ \times 105 \\ \hline 1050 \\ 1050 \\ \hline 11025 \end{array}$$

3

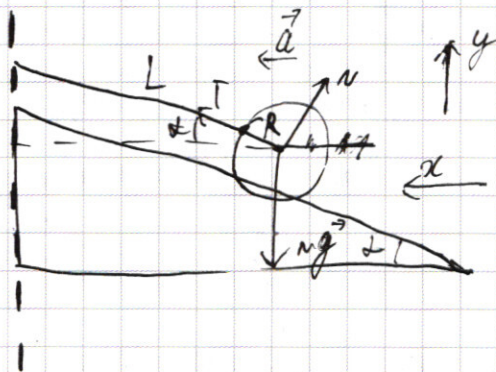


гиря

$$N = mg \cos \alpha$$

$$N = P \text{ по III закону}$$

$$P = mg \cos \alpha$$



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

$$x: ma + T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N = \frac{ma + T \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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

$$x: T \cos \alpha + N \sin \alpha = ma$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T = \frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T = \frac{N \sin \alpha - ma}{\cos \alpha}$$

$$\frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{N \sin \alpha - ma}{\cos \alpha}$$

$$mg \cos \alpha - N \cos^2 \alpha = N \sin^2 \alpha - ma \sin \alpha$$

$$\frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N \sin^2 \alpha = mg \cos \alpha - N \cos^2 \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$N (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = m (g \cos \alpha + a \sin \alpha)$$

$$N = m (g \cos \alpha + a \sin \alpha)$$

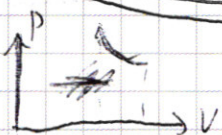
$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \omega \cdot R$$

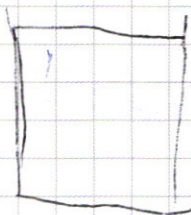
$$a = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{R}$$

$$a = \omega^2 R$$

5



1000 / 0



$$\begin{array}{r} 0,076 \\ 4,6 \\ \hline 75,6 \\ 10,4 \\ \hline 0,1196 \end{array}$$