

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

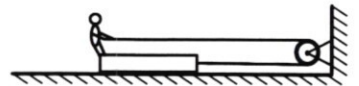
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

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?

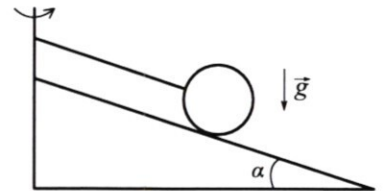
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

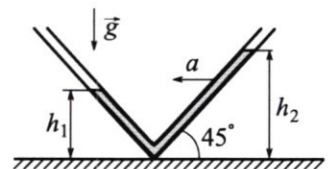


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

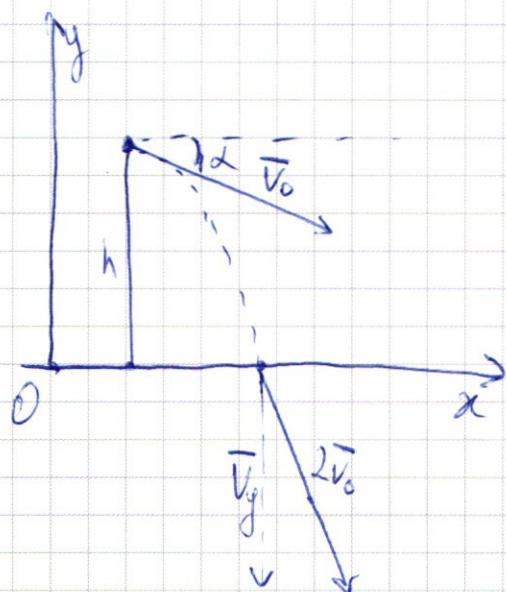


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



N1

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$2v_0$ — кин. см.

v_y — ? t — ? h — ?

Решение:

1) закон сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{4mv_0^2}{2}$$

$$mgh = \frac{3}{2}mv_0^2$$

$$h = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ (м)}$$

2) y : $y = h - v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

$$0 = h - v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

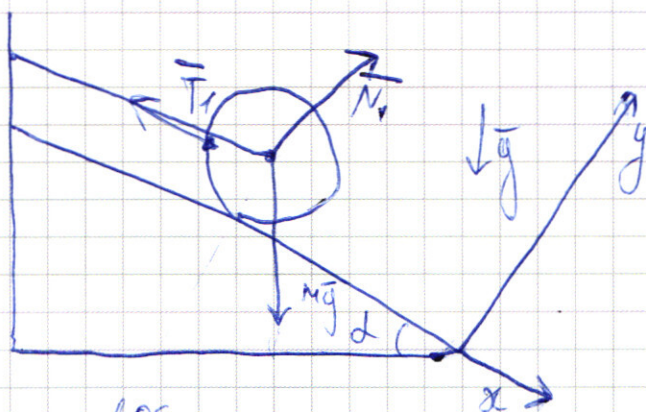
$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g} = \frac{-10 \cdot \frac{1}{2} \pm \sqrt{10^2 \cdot \frac{1}{4} + 2 \cdot 10 \cdot 15}}{10} =$$

$$= \frac{-5 \pm \sqrt{325}}{10} \approx \frac{-5 \pm 18}{10} = \begin{cases} -2,3 \text{ с} \\ 1,3 \text{ с} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{время больше 0, поэтому} \\ \text{не подходит} \end{array}$$

3) $v_y = -v_0 \sin \alpha - gt = -10 \cdot \frac{1}{2} - 10 \cdot 1,3 = -18 \text{ (м/с)}$ — она направлена против Oy
 $|v_y| = 18 \text{ м/с}$

Ответ: $h = 15 \text{ м}$ $t = 1,3 \text{ с}$ $|v_y| = 18 \text{ м/с}$

N3



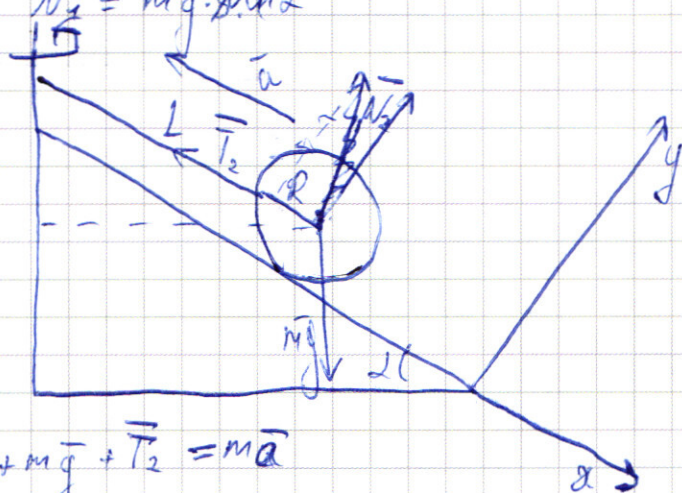
Дано:

L, R, m, d, ω

$N_1 - ? \quad N_2 - ?$

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

1) y: $mg \cdot \sin \alpha - N_1 = 0$
 $N_1 = mg \cdot \sin \alpha$



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

x: $mg \cdot \sin \alpha - N_x = -ma_x$

y: $N_y = mg \cdot \cos \alpha$

x: $mg \cdot \sin \alpha - T_2 = -ma_x$

y: $N_y - mg \cdot \cos \alpha = ma_y$



x: $mg \cdot \sin \alpha - N_x - T_2 = -ma_x$

y: $N_y = mg \cdot \cos \alpha$

$$pV = \nu RT$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\nu \mu}{V}$$

$$\frac{p_n}{\rho} = \frac{p_n \mu}{RT \rho} = \frac{3,55 \cdot 10^2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300 \cdot 1000}$$

$$V_{n1} = 5,6 V_{n2}$$

$$m_{n1} = m_{n2} + m_b$$

$$p_{n1} \cdot V_{n1} = m_{n1}$$

$$p_{n1} \cdot V_{n1} = p_{n2} \cdot V_{n2} + p_{b1} \cdot V_{b1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

$x: +mg \cdot \sin \alpha + N_1 - N_2 - T_2 = -ma$
 $y: N_y = mg \cdot \cos \alpha$

Дано:

$S, m, N = 2m,$
 μ, F

$N_1 = ? \quad F_0 = ? \quad t = ?$

$F_0 = T$ по св-ву Ньютона
 условие: $\vec{T} + \vec{Mg} + \vec{N}_2 = 0$
 условие: $\vec{N}_1 + \vec{F}_{тр.} + \vec{Mg} + \vec{N}_2 + \vec{T} = 0$

$x: T = N_2 x \quad x: T + N_2 x - F_{тр.} = 0$
 $y: mg = N_2 y \quad y: N_1 - Mg - N_2 y = 0$

↓

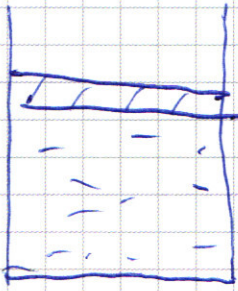
$N_1 = Mg + mg = 3mg \quad F_{тр.} = 2T$
 $\Rightarrow T = \frac{3}{2}mg \Rightarrow F_0 = \frac{3}{2}mg$

при силе F проекция на x для N и g будет выглядеть так

$F + F = F_{тр.} = 3ma$
 $a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$

$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot m}{2F - 3\mu mg}}$
 Ответ: $N_1 = 3mg \quad F_0 = \frac{3}{2}mg \quad t = \sqrt{\frac{65m}{2F - 3\mu mg}}$

15



$$\left. \begin{aligned} 1) \quad PV &= \nu RT \\ \nu &= \frac{m}{\mu} \\ V &= \frac{m}{\rho_n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{\rho_n R T}{\mu}$$

$$\rho_n = \frac{P \cdot \mu}{R T}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_b} = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot \rho_b} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300 \cdot 1000} =$$

$$= 2,1 \cdot 10^{-5}$$

Дано!

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3, \gamma = 5,6$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_b} = ?$$

$$\frac{V_{n.1}}{V_{b.1}} = ?$$

$$2) \quad m_n = m_{n.1} + m_{b.1} \quad (\text{закон сохранения массы})$$

$$m_n = \rho_n \cdot V_n$$

$$m_{n.1} = \rho_n \cdot V_{n.1}$$

$$m_{b.1} = \rho_b \cdot V_{b.1}$$

$$V_n = \gamma V_{n.1}$$

$$\Rightarrow \gamma \rho_n \cdot V_{n.1} = \rho_n \cdot V_{n.1} + \rho_b \cdot V_{b.1}$$

$$(\gamma - 1) \rho_n \cdot V_{n.1} = \rho_b \cdot V_{b.1}$$

$$\frac{V_{n.1}}{V_{b.1}} = \frac{\rho_b}{\rho_n (\gamma - 1)} = \frac{1}{2,1 \cdot 10^{-5} \cdot (5,6 - 1)} \approx$$

$$\approx 1 \cdot 10^4$$

$$\text{Очевидно: } \frac{\rho_n}{\rho_b} = 2,1 \cdot 10^{-5} \quad \frac{V_{n.1}}{V_{b.1}} = 1 \cdot 10^4$$

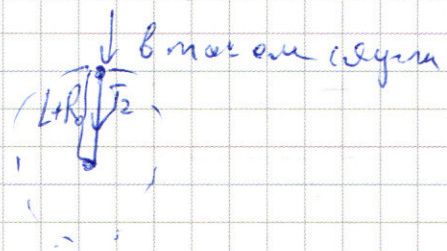
13 (продолжение)

$$\begin{cases} T_2 + N_{2x} - mg \cdot \sin \alpha = ma \\ N_{2y} = mg \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

$$a = \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha$$

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

$$\begin{cases} T_2 + N_{2x} - mg \cdot \sin \alpha = ma \\ N_{2y} = mg \cdot \cos \alpha \\ a = \omega^2 (R + L) \cdot \cos \alpha \\ T_2 = m \omega^2 (L + R) \end{cases}$$



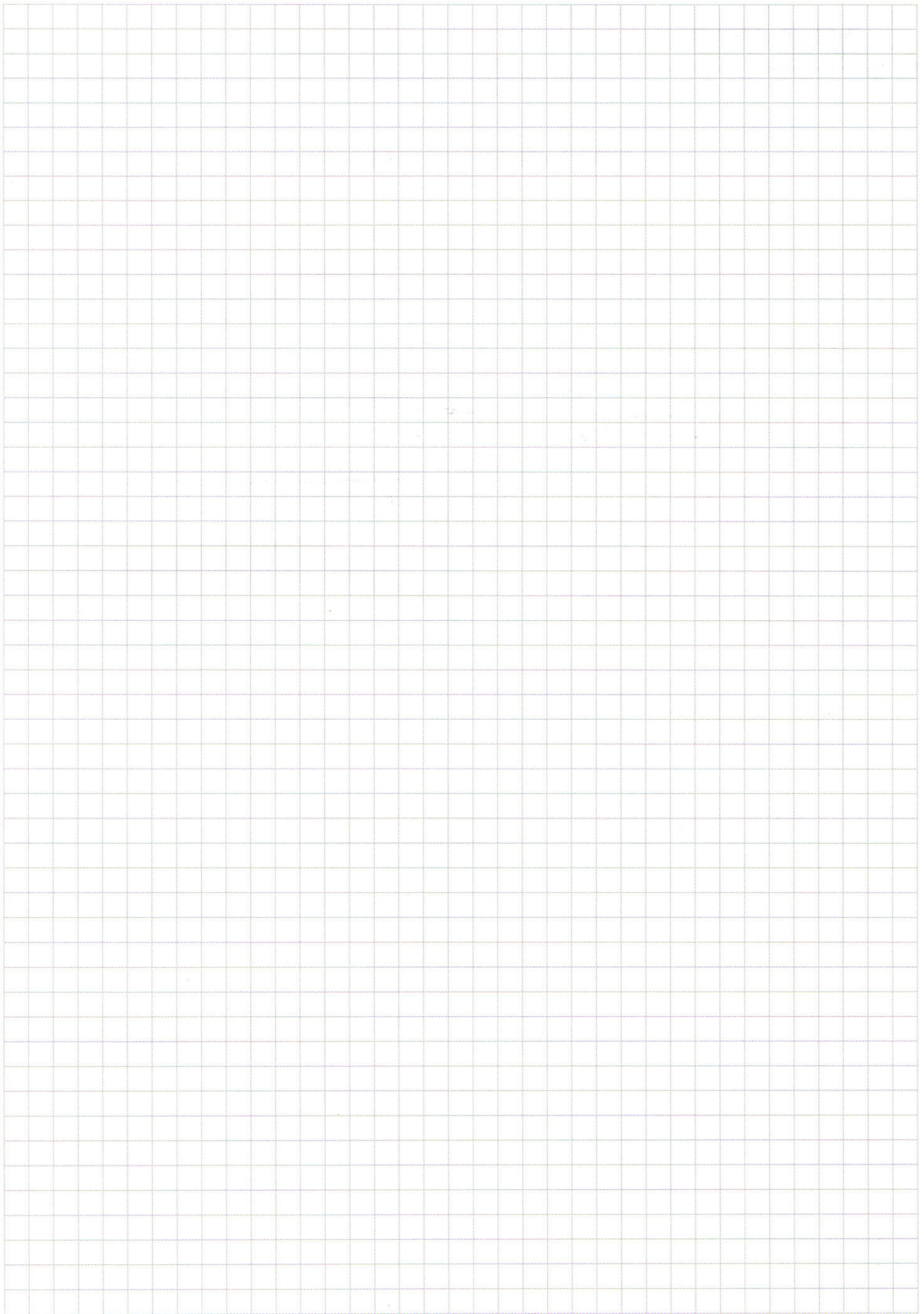
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение 2)

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{2x} - mg \cdot \sin \alpha = m \omega^2 (R+L) (\cos \alpha - 1) \\ N_{2y} = mg \cdot \cos \alpha \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_2 = \sqrt{(mg \cdot \cos \alpha)^2 + (m \omega^2 (R+L) (\cos \alpha - 1))^2}$$

$$\text{Отвечая: } N_1 = mg \cdot \cos \alpha \quad N_2 = m \sqrt{\cos^2 \alpha + \omega^4 (R+L)^2 (\cos \alpha - 1)^2}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram showing a projectile launched from height h with initial velocity V_0 at an angle α . The trajectory is parabolic, and the velocity vector at the end of the trajectory is $2V_0$.

Equations for the projectile motion:

$$x = V_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$y = h + V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$gh = \frac{3V_0^2}{2}$$

$$2gh = \frac{3V_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g}$$

$$\sqrt{4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{3} V_0 \sin \alpha$$

Diagram showing a cylinder of radius R and length L on an inclined plane at angle α . The forces acting on the cylinder are tension T_1 , T_2 , normal force N , and gravity mg . The cylinder is in equilibrium.

Equations for the cylinder:

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

$$a = \omega^2 \cdot R$$

$$m\omega^2(R+L) \cdot \cos \alpha = T_2 \cdot \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$T_2 - mg \sin \alpha = ma$$

$$m\omega^2 = T_2$$

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

$$P = n \cdot T$$

Diagram showing a cylinder of radius R and length L on a horizontal surface. The forces acting on the cylinder are tension T_1 , T_2 , normal force N , and gravity mg . The cylinder is in equilibrium.

Equations for the cylinder:

$$F_{fr} = T_1$$

$$F_{fr} = \mu N = 3\mu mg$$

$$T_2 = mg \sin \alpha + \omega^2(L+R)$$

Diagram showing a cylinder of radius R and length L on a horizontal surface. The forces acting on the cylinder are tension T_1 , T_2 , normal force N , and gravity mg . The cylinder is in equilibrium.

Equations for the cylinder:

$$N \cos \beta = mg \cos \alpha$$

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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Diagram showing a cylinder of radius R and length L on a horizontal surface. The forces acting on the cylinder are tension T_1 , T_2 , normal force N , and gravity mg . The cylinder is in equilibrium.

Equations for the cylinder:

$$N \sin \beta = mg \sin \alpha + m\omega^2(L+R)$$

Handwritten calculations:

$$3,55$$

$$\times 1,18$$

$$3840$$

$$355$$

$$63,90$$

$$63,9$$

$$63,9$$

$$21,3$$

$$213 \overline{) 23}$$

$$166 \overline{) 205}$$

$$470 \overline{) 18}$$

$$18$$

$$144$$

$$100 \overline{) 966}$$

$$010,1$$

$$1000$$

$$966$$

$$34$$

Handwritten calculations:

$$3,55$$

$$\times 1,18$$

$$3840$$

$$355$$

$$63,90$$

$$63,9$$

$$63,9$$

$$21,3$$

Handwritten calculations:

$$3,55$$

$$\times 1,18$$

$$3840$$

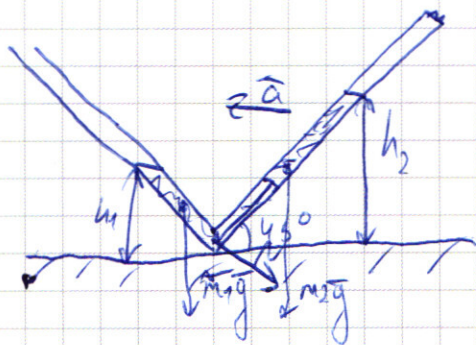
$$355$$

$$63,90$$

$$63,9$$

$$63,9$$

$$21,3$$



$$m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 = m_2 \vec{a}$$

$$m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 = m_1 \vec{a}$$

x:

y:



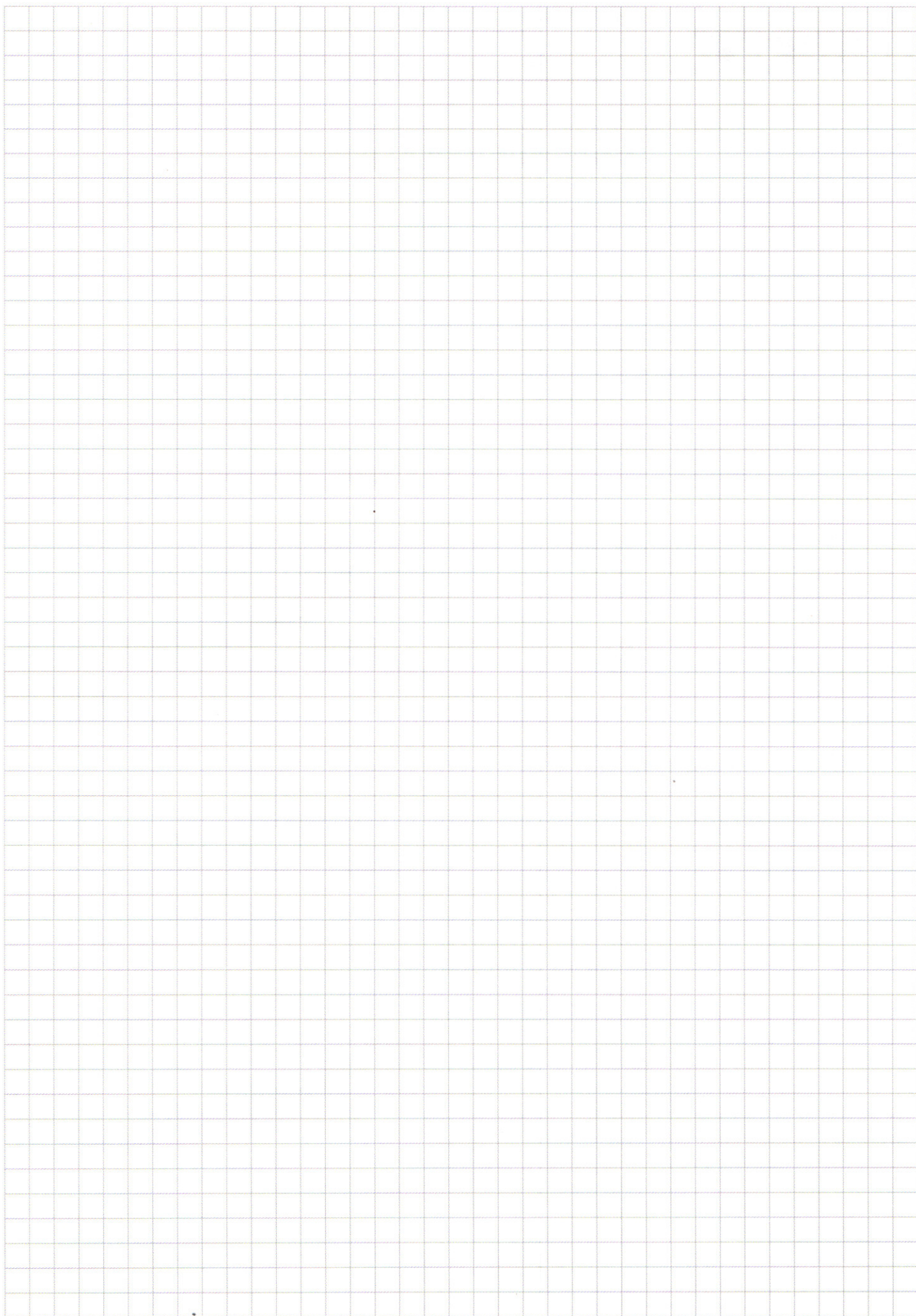
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)