

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?

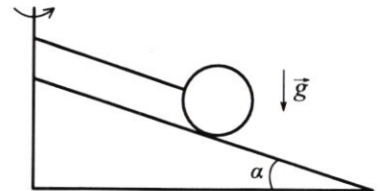
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 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.

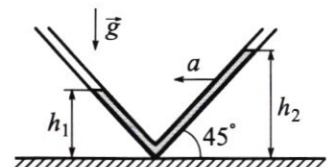


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

7. 1) $V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha = 5\sqrt{3} \text{ м/с}$
 $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha = 5 \text{ м/с}$

$V_{1x} = V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha$
 $V_{1y} = V_{0y} + g t$
 $V_1^2 = V_{1x}^2 + V_{1y}^2$

$V_{1y} = 0 + g t$
 $t = \frac{V_{1y}}{g}$

$4V_0^2 = V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + V_{1y}^2$
 $V_{1y}^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 700 (4 - \frac{3}{4}) = 700 \cdot \frac{13}{4} = 325 \text{ м}^2/\text{с}^2$
 $V_{1y} = \sqrt{V_{1y}^2} = \sqrt{325} \approx 18 \text{ м/с}$

2) $t = t_1 + t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \frac{V_{1y}}{g} = 0,5 + 1,8 = 2,3 \text{ с}$

$h = h_1 - h_2 = 7,25 \text{ м} - 7,25 \text{ м} = 0$
 $h_1 = \frac{V_{0y} + V_{1y}}{2} \cdot t_2 = 9 \cdot 1,8 = 16,2 \text{ м}$
 $h_2 = \frac{V_{1y}^2}{2g} = \frac{325}{20} = 16,25 \text{ м}$

$h = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ м}$

$h = \frac{V_{1y}^2 - V_{0y}^2}{2g} = \frac{325 - 25}{20} = 15 \text{ м}$

$h = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ м}$

2.
 1) $\vec{F}_m = M\vec{g} + m\vec{g} = (M+m)\vec{g}$
 2) $T = N_1'$
 $T + F_0' = F_{mp}$
 $2T = F_{mp} = (M+m)g$
 $a = \frac{2F - F_{mp}}{M+m}$

$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$
 $S = \frac{at^2}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S(M+m)}{2F - F_{mp}}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение 5-ой задачи

$$g_1 = \frac{m_1}{v_1} = \frac{m_1}{v_1} \Rightarrow v_1 = \frac{m_1}{g_1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot g_2 \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1 \cdot g_2}{g_1(m_1 - m_2)} = \frac{m_1 \cdot g_2}{g_1 \cdot m_2 \left(1 - \frac{1}{f}\right)} = \frac{1}{f \cdot 2,56 \cdot 10^{-5} \left(\frac{f-1}{f}\right)} =$$

$$= \frac{1}{f \cdot 2,56 \cdot 10^{-5} (f-1)} \approx \frac{10^5}{2,56 \cdot 9,6} = \frac{10^5}{12,376} \approx 8080$$

Ответ: 1) $2,56 \cdot 10^{-5}$ 2) 8080.

4. Дано: $\alpha = 45^\circ$ Демонстрация:

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) h_2 = ?$$

$$2) v_1 = ?$$

$$1) \frac{g h_2 \cdot S}{\cos \alpha} - \frac{g h_1 \cdot S}{\cos \alpha} = m a$$

$$\frac{g h_2 \cdot S}{\cos \alpha} = g S (h_1 + h_2) a + \frac{g h_1 \cdot S}{\cos \alpha}$$

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

$$h_2 = \frac{h_1 a \cos \alpha}{g} + \frac{h_2 a \cos \alpha}{g} + h_1$$

$$h_2 \left(1 - \frac{a \cos \alpha}{g}\right) = \frac{h_1 a \cos \alpha}{g} + h_1$$

$$h_2 = \frac{\frac{h_1 a \cos \alpha}{g} + h_1}{1 - \frac{a \cos \alpha}{g}} \approx 17,8 \text{ см}$$

2) Пусть v_0 - скорость пушки в момент максимального ускорения.

$$\text{Тогда } v = \frac{v_0}{\cos \alpha} = v_0 \cdot \sqrt{2}$$

Ответ: 1) 17,8 см 2) $v_0 \cdot \sqrt{2}$

$$3. 2) \vec{F} = |\vec{N}_2|$$

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

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

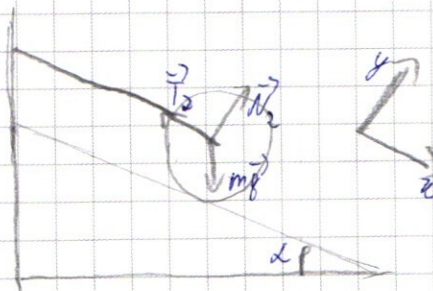
$$\begin{cases} N_2 = m g \cos \alpha \\ T - m g \sin \alpha = m a \end{cases}$$

$$T - m g \sin \alpha = m a$$

$$m g \sin \alpha = T - m a$$

$$m g = \frac{T - m a}{\sin \alpha}$$

или на след. стр.



$$N_2 = mg \cos \alpha$$

Ответ: $27 mg \cos \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано: $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $V_1 = 2V_0$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:

$$1) V_0^2 = V_{0x}^2 + V_{0y}^2$$

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha \quad V_{1x} = V_{0x}, \text{ т.к. } a_x = 0$$

$$V_1^2 = V_{1x}^2 + V_{1y}^2 \Rightarrow V_{1y}^2 = V_1^2 - V_{1x}^2$$

$$V_{1y}^2 = (2V_0)^2 - V_{0x}^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 100 \text{ м}^2/\text{с}^2 (4 - 0,75) = 325 \text{ м}^2/\text{с}^2, \text{ т.е. } V_{1y} = \sqrt{325 \text{ м}^2/\text{с}^2} \approx 18 \text{ м/с}$$

$$2) V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha$$

$$V_{1y} = V_{0y} + g t \Rightarrow t = \frac{V_{1y} - V_{0y}}{g} = \frac{V_{1y} - V_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{18 \text{ м/с} - 5 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,3 \text{ с}$$

$$3) h = \frac{V_{1y}^2 - V_{0y}^2}{2g} = \frac{325 \text{ м}^2/\text{с}^2 - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{325 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 25 \text{ м}^2/\text{с}^2}{20 \text{ м/с}^2} = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) 18 м/с ; 2) 1,3 с ; 3) 15 м

2. Дано: S
 $m_1 = m$
 $m_2 = M = 2m$
 μ, F

Решение:

$$1) |\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

$$|\vec{F}'| = |\vec{N}'| = F'$$

$$F_m = N = mg + Mg = mg + 2mg = 3mg, \text{ т.к. } a_y = 0$$

$$2) F_0 = T$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T = F_0$$

$$|\vec{T}_2| + |\vec{F}'| = |\vec{F}_{\text{уп}}|$$

$$F_0 + F_0 = \mu N$$

$$2F_0 = \mu \cdot 3mg$$

$$F_0 = \frac{3\mu mg}{2} = 7,5 \mu mg$$

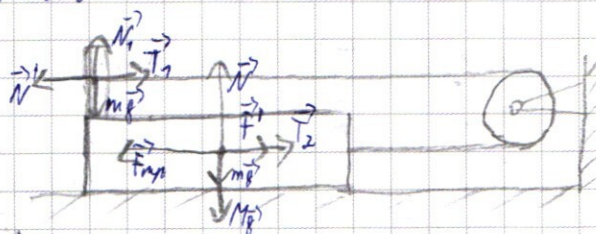
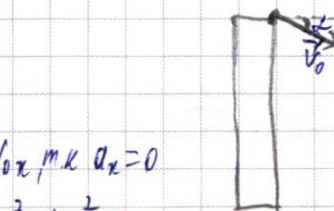
$$3) F = T$$

$$a_x = \frac{|\vec{T}_2| + |\vec{F}'| - |\vec{F}_{\text{уп}}|}{m + M} = \frac{2F - 3\mu mg}{3mg}$$

$$S = V_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$S = \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a_x}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F - 3\mu mg}{3mg}}} = \sqrt{\frac{6S mg}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) 3mg ; 2) 7,5 μmg ; 3) $\sqrt{\frac{6S mg}{2F - 3\mu mg}}$



См. рис. след. стр.

3. Дано: m, R | Демонстрируем:

L, L, W

1) $F_1 = ?$

2) $F_2 = ?$

1) $F_1 = |\vec{N}_1|$

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

$\begin{cases} mg = N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha \\ N_1 \sin \alpha = T_1 \cos \alpha \end{cases}$

$N_1 \sin \alpha = T_1 \cos \alpha \Rightarrow T_1 = \frac{N_1 \sin \alpha}{\cos \alpha}$

$mg = N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha$

$mg = N_1 \cos \alpha + \frac{N_1 \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$

$mg = N_1 \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)$

$mg = N_1 \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)$

$mg = N_1 \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right) \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha, \text{ то } F_1 = mg \cos \alpha$

2) $F_2 = |\vec{N}_2|$

$m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2 = 0$

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

$\begin{cases} N_2 \cos \alpha + T_2 \sin \alpha - mg = ma \sin \alpha \\ T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = ma \cos \alpha \end{cases}$

$T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = ma \cos \alpha \Rightarrow T_2 = \frac{ma \cos \alpha + N_2 \sin \alpha}{\cos \alpha} = ma + N_2 \tan \alpha$

$N_2 \cos \alpha + T_2 \sin \alpha - mg = ma \sin \alpha$

$N_2 \cos \alpha + ma \sin \alpha + N_2 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} - mg = ma \sin \alpha$

$N_2 \cos \alpha + N_2 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = mg \Rightarrow N_2 = mg \cos \alpha$

$F_2 = mg \cos \alpha$

Пример: 1) $mg \cos \alpha$, ~~$\Rightarrow mg \cos \alpha$~~

5. Дано: $p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$T = 27^\circ \text{C}$

$\gamma = 5,6$

$\rho_2 = 121 \text{ кг/м}^3$

$\mu = 1821 \text{ Па}\cdot\text{с}$

$pV = \frac{m}{\mu} RT$ | :V

$p_1 = \rho_1 \frac{RT}{\mu}$

$\rho_1 = \frac{p\mu}{RT}$

$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p\mu}{RT\rho_2} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 1821 \text{ Па}\cdot\text{с}}{8,317 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3} \approx 2,56 \cdot 10^{-5}$

1) $\frac{\rho_1}{\rho_2} = ?$

2) $\frac{V_1}{V_2} = ?$

$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{m_1'}{V_1'}$

$m_1 = \frac{m_1'}{\gamma}$

$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{m_2'}{V_2'}$

$\frac{V_1}{V_1'} = \gamma$

$\Rightarrow V_2' = \frac{m_2 - m_1'}{\rho_2}$

Гл. Ма. Мех. - стр.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mg \quad \frac{m\lambda}{s} = \frac{8V\lambda}{s} = 8h\lambda = 8gh$$

$$m\lambda =$$

$$\frac{0,4 \cdot \sqrt{2}}{2} = 0,2\sqrt{2}$$

$$\frac{8gh_2}{\cos\alpha} - \frac{8gh_1}{\cos\alpha} = ma$$

$$h_2 = \frac{ma + \frac{8gh_1}{\cos\alpha}}{\frac{8g}{\cos\alpha}} \cdot \cos\alpha = \frac{ma \cos\alpha}{8g} + h_1 = \frac{8V\lambda \cos\alpha}{8g} + h_1 = \frac{(h_1 + h_2) \cos\alpha}{8} + h_1 =$$

$$= \frac{g \cos\alpha}{8} h_1 + \frac{8g \cos\alpha}{8} h_2 + h_1$$

$$h_2 \left(7 - \frac{g \cos\alpha}{8} \right) = h_1 \left(\frac{g \cos\alpha}{8} + 1 \right)$$

$$h_2 = \frac{h_1 \left(\frac{g \cos\alpha}{8} + 1 \right)}{7 - \frac{g \cos\alpha}{8}} = \frac{h_1 (0,2\sqrt{2} + 1)}{7 - 0,2\sqrt{2}} = \frac{h_1 \cdot 0,728}{0,72} =$$

$$\begin{array}{r} 7,28 \\ 728 \overline{) 728} \\ \underline{728} \\ 0 \end{array}$$

$$0,728$$

$$0,4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$0,2 \cdot 1,4 = 0,28$$

$$0,2$$

$$\frac{728}{0,28}$$

$$\frac{728}{0,28}$$

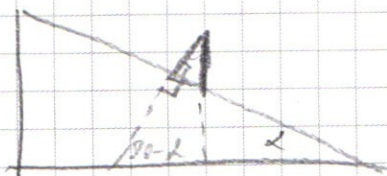
$$7280$$

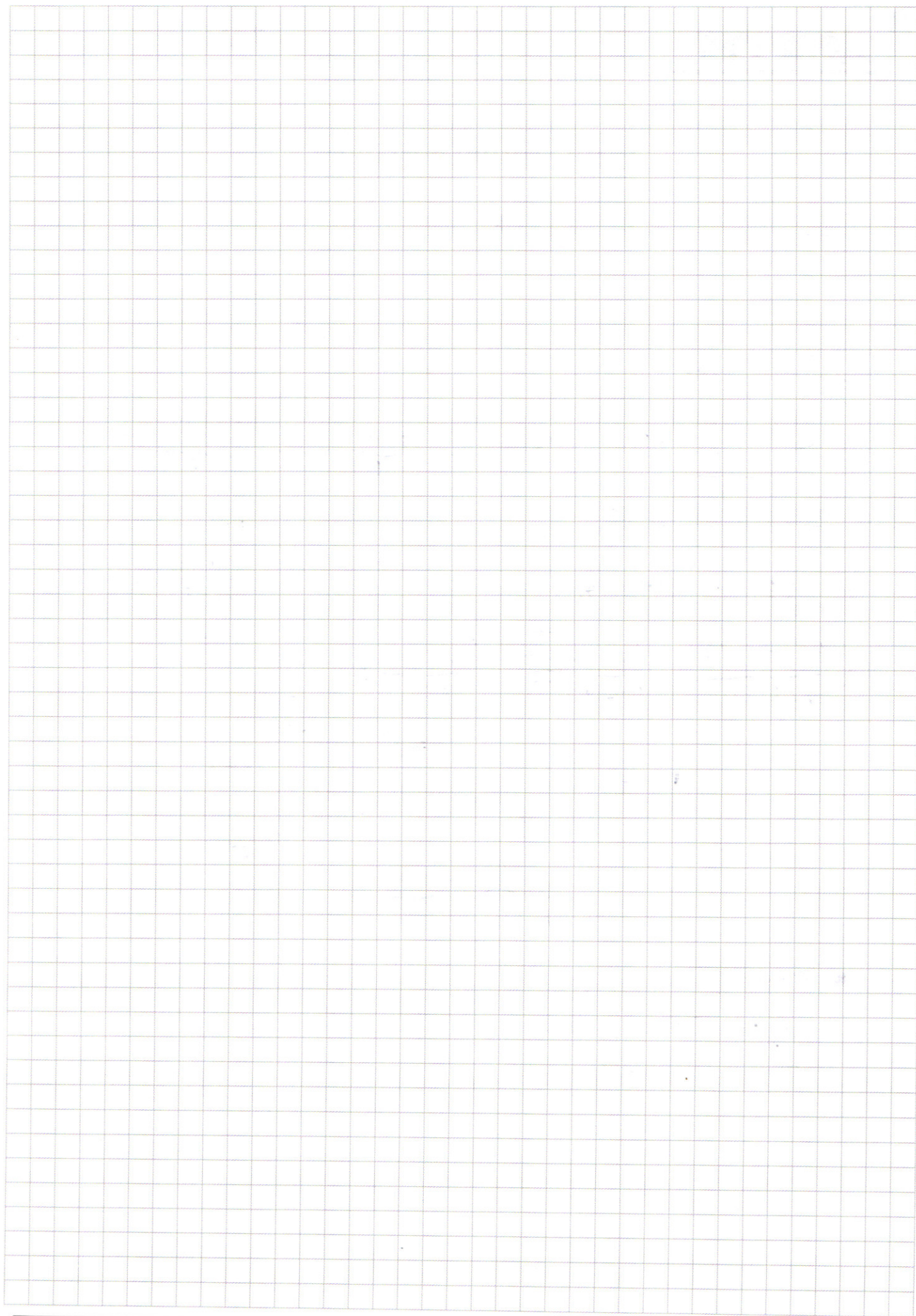
$$\frac{28 + 70}{1 - 0,28} = \frac{72,8}{0,72}$$

$$N_2 \sin\alpha$$

$$N_2 \cos\alpha + T \sin\alpha - mg = ma \sin\alpha$$

$$T \cos\alpha - N_2 \sin\alpha = ma \cos\alpha$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)



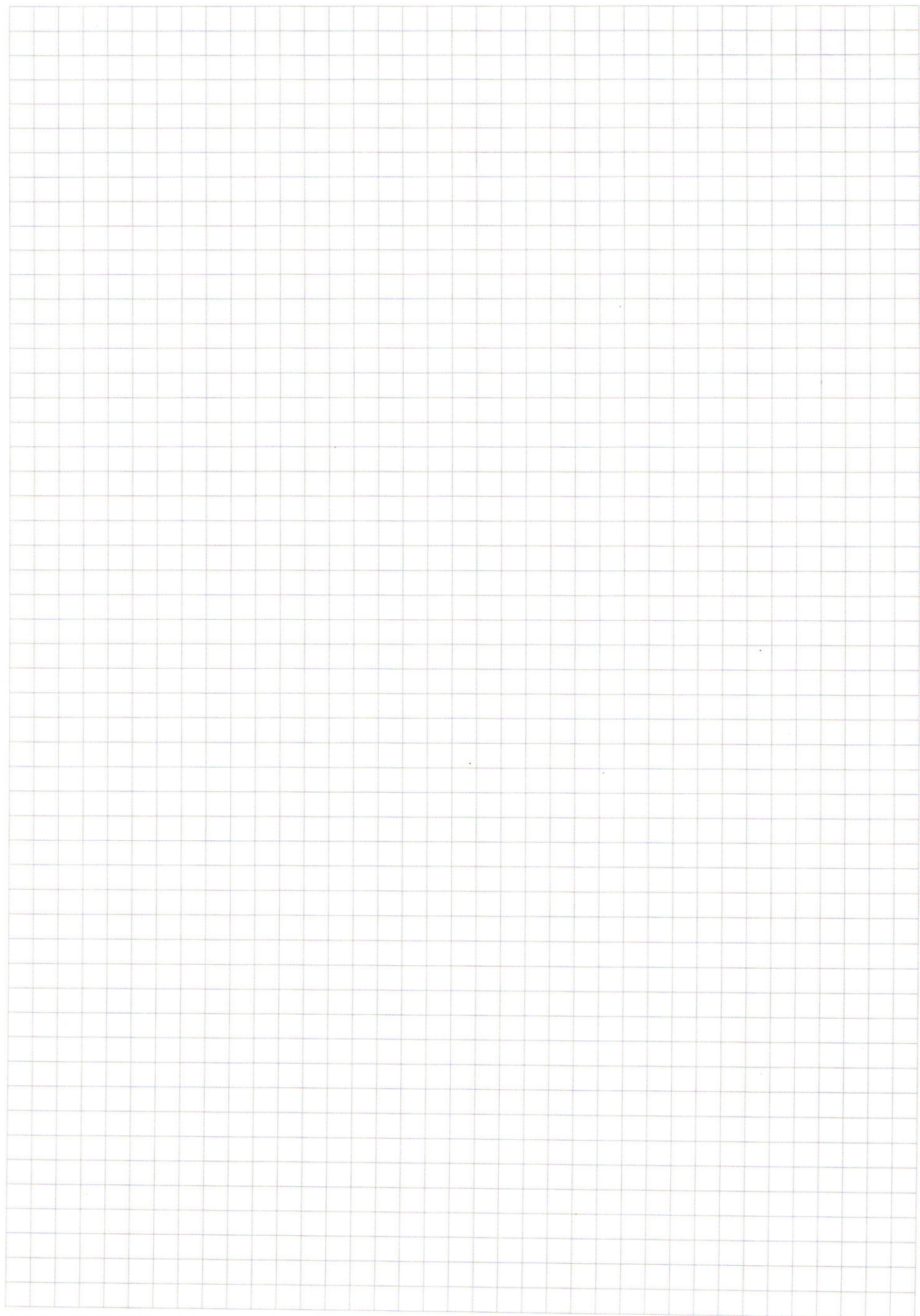
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)