

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 $2,5V_0$.

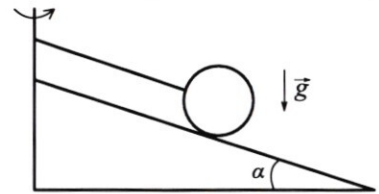
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



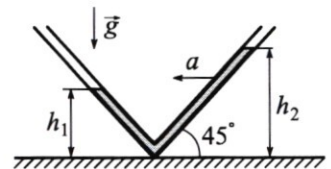
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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 коленах 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

N 1

Дано:

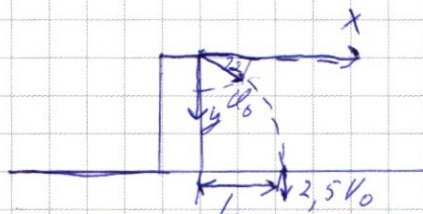
$$V_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_1 = 2,5 V_0$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:



$$1) (2,5 V_0)^2 = V_{tx}^2 + V_{ty}^2$$

$$V_{tx} = V_0 \cos \alpha$$

$$(2,5 V_0)^2 = (V_0 \cos \alpha)^2 + V_{ty}^2$$

$$V_{ty} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2}$$

$$= \sqrt{(2,5 \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 - (8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3})^2} = 15,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1) V_{ty} = ?$$

$$2) t = ? \quad 3) L = ?$$

$$2) V_{ty} = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{V_{ty} - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{15,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 7,72 \text{ с}$$

$$3) L = V_0 \cos \alpha t = 8 \sqrt{3} \cdot 7,72 \text{ с} = 13,64 \text{ м}$$

Ответ: 1) $15,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $7,72 \text{ с}$ 3) $13,64 \text{ м}$

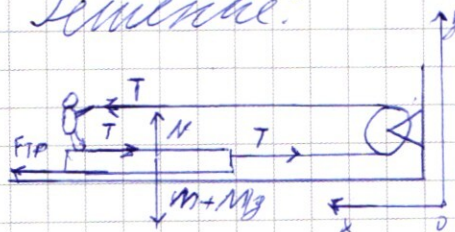
N 2

Дано:

$$S, m, M = 5m,$$

$$\mu, g$$

Решение:



$$1) \text{ок: } N = mg + Mg = mg + 5mg = 6mg$$

$$2) \text{ок: } 0 = F_{тр} - 2T$$

$$2 T = \mu N$$

$$2 T = 6mg\mu$$

$$T = 3mg\mu$$

$$1) N = ?$$

$$2) T = ?$$

$$3) \mu = ?$$

$$3) \text{ OX: } 6mg = 6\mu mg - 2F$$

$$\alpha = \frac{3\mu mg - F}{3m}$$

$$= \sqrt{\frac{25(3\mu mg - F)}{3m} + 0} \neq$$

$$s = \frac{u_1^2 - u_0^2}{2a} \Rightarrow u_1 = \sqrt{2as + u_0^2} =$$

Ответ: 1) $N = 6mg$ 2) $T = 3mg\mu$ 3) $u_1 = \sqrt{\frac{25(3\mu mg - F)}{3m}}$

N 3

Дано:

$m, R, \alpha,$

L, u, g

1) $T_1 = ?$

2) $T_2 = ?$

Решение:

$$1) \text{ OX: } T_1 = mg \sin \alpha$$

$$2) \text{ OY: } m \omega_n = T_2 \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$u = \frac{u}{R}, \quad \omega_n = \frac{u^2}{R^2}$$

$$\omega_n = \frac{u^2 R^2}{R^2} = u^2 R$$

$$R_1 = \cos \alpha (R + L)$$

$$\omega_n = u^2 \cos \alpha (R + L)$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$T_2 = m((R + L)u^2 + \sin \alpha g)$$

Ответ: 1) $T_1 = mg \sin \alpha$ 2) $T_2 = m((R + L)u^2 + \sin \alpha g)$

N 4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

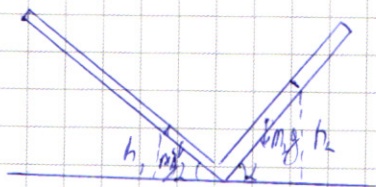
$$h_1 = 8 \text{ м}$$

$$h_2 = 12 \text{ м}$$

1) $a = ?$

2) $u = ?$

Решение:



$$m_1 = \frac{\rho h_1 s}{\sin \alpha}$$

$$m_2 = \frac{\rho h_2 s}{\sin \alpha}$$

$$F_1 = \frac{m_1 g}{\sin \alpha}$$

$$F_2 = \frac{m_2 g}{\sin \alpha}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_1 = \frac{\rho h_1 s g}{\sin \alpha}$$

$$F_2 = \frac{\rho h_2 s g}{\sin \alpha}$$

$$F_2 + \frac{m_2 a}{\cos \alpha} = \frac{F_1 - m_1 a}{\cos \alpha}$$

$$\frac{\cos \alpha \rho h_1 s g}{\sin \alpha^2} + \frac{\rho h_1 s a}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha \rho h_2 s g}{\sin \alpha^2} - \frac{\rho h_2 s a}{\sin \alpha}$$

$$a(h_1 + h_2) \sin \alpha = \cos \alpha g (h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{\cos \alpha g (h_2 - h_1)}{(h_1 + h_2)} = \frac{70 \frac{\mu}{c^2} (2a - 8a)}{(2a + 8a)} = \frac{2\mu}{c^2}$$

2) ЗСЗ

$$mgH = \frac{mv^2}{2}$$

$$2gH = v^2$$

$$v = \sqrt{2gH} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2} = 6, 2 \frac{\mu}{c}$$

$H = \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) = 2m$ - высота вылета из трубы.

Ответ: 1) $a = 2 \frac{\mu}{c^2}$ 2) $v = 6, 2 \frac{\mu}{c}$

Дано:

$$P = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 950^\circ \text{C}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\rho_6 = 7,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$N = 18 \frac{\text{г}}{\text{мин}}$$

Найти:

$$1) PV = \nu RT \Rightarrow MPV = MRT$$

$$\rho_0 = \frac{m}{V} = \frac{MP}{RT} = \frac{0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{8,3 \cdot 360 \text{ К}} = 0,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_6} = \frac{0,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{7,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,004$$

$$1) \frac{\rho_0}{\rho_6} = ?$$

$$2) \frac{V_0}{V_6} = ?$$

$$2) PV_0 = \nu RT \quad V_0 = \frac{m_{O_2} \cdot R \cdot T}{P \cdot M}$$

$$MPV = m_{O_2} RT - \text{в начале}$$

$$\frac{MPV}{4,7} = m_{O_2} RT - \text{в конце}$$

$$1 = \frac{m_{O_2}}{m_{H_2} 4,7}$$

$$m_{H_2} = 4,7 m_{O_2}$$

$$m_{H_2} = m_{O_2} + m_6$$

$$4,7 m_{O_2} = m_{O_2} + m_6$$

$$m_6 = 3,7 m_{O_2}$$

$$V_6 = \frac{m_6}{\rho_6}$$

$$\frac{V_0}{V_6} = \frac{m_{O_2} \cdot R \cdot T \cdot \rho_6}{P \cdot M \cdot m_6} = \frac{m_{O_2} \cdot R \cdot T \cdot \rho_6}{3,7 P \cdot M \cdot m_{O_2}}$$

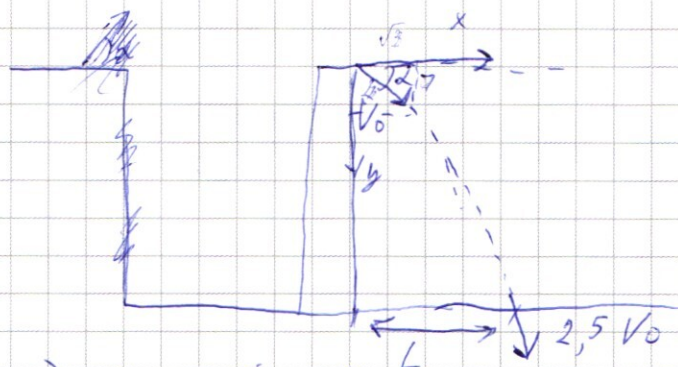
$$= \frac{R \cdot T \cdot \rho_6}{3,7 P M} = \frac{8,3 \cdot 360 \text{ К} \cdot 7,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{3,7 \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 55,5$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\rho_0}{\rho_6} = 0,004$$

$$2) \frac{V_0}{V_6} = 55,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



1) $U_{xy} = \sin \alpha \cdot U_0$

$$2,5 V_0 = \sqrt{(U_0 \cos \alpha)^2 + U_{xy}^2}$$

$$(2,5 V_0)^2 = (U_0 \cos \alpha)^2 + (U_{xy})^2$$

$$U_{xy} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (U_0 \cos \alpha)^2} = \sqrt{(2,5 \cdot 8)^2 - (8 \cdot \sqrt{3})^2} = \sqrt{6,25 \cdot 64 - 64 \cdot 3} =$$

$$= 75,2 \frac{m}{c}$$

Handwritten calculations for the square root in the previous step:

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ 2,5 \\ \hline 72,5 \\ 500 \\ \hline 625 \\ 3 \\ \hline 76,75 \end{array}$$

2)

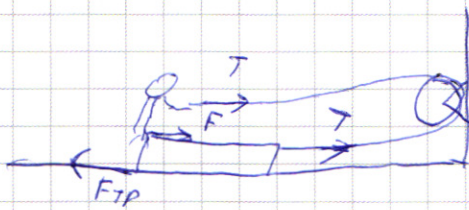
~~$m U_0 \cos \alpha$~~ ~~$m U_0 \sin \alpha$~~

$$U_0 \sin \alpha = U_{xy} - g t$$

$$t = \frac{U_{xy} - U_0 \sin \alpha}{g} = \frac{75,2 \frac{m}{c} - 8 \frac{m}{c} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{77,2 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 7,72 c$$

3) $L = U_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \sqrt{3} \cdot 7,72 c = 13,64 m$

№2



$$1) N = mg + 5mg = 6mg$$

$$2) 0 = N\mu - 2T$$

$$T = \frac{6m\mu g}{2} = 3m\mu g$$

$$3) 6ma = 6\mu mg - 2F$$

$$a = \frac{6\mu mg - 2F}{6m} = \frac{3\mu mg - F}{3m}$$

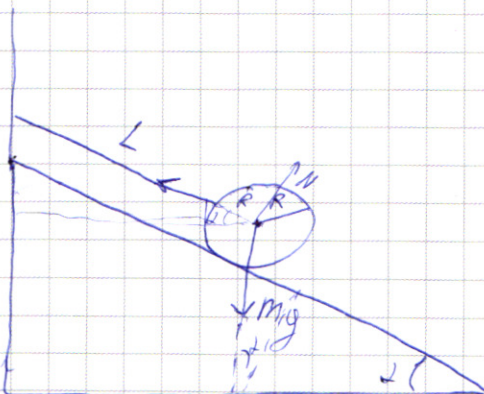
$$s = \frac{v_0^2 + v_1^2}{2a}$$

$$s = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v_1^2 = \sqrt{2as + v_0^2} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot \frac{3\mu mg - F}{3m} \cdot s + v_0^2}$$

№3



$$1) T = mg \sin \alpha$$

2)

$$ma = T \cos \alpha$$

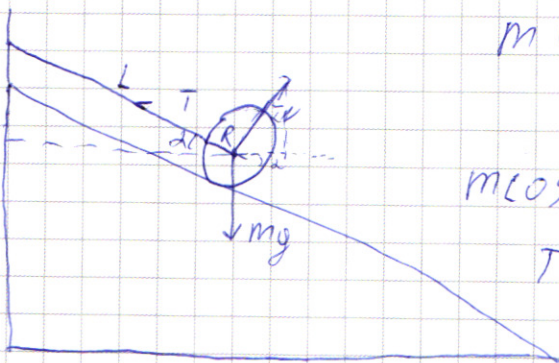
$$v = \frac{v}{R}, \quad \omega_n = \frac{v}{R}$$

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

$$\omega_n = \frac{v^2 R_1^2}{R_1} =$$

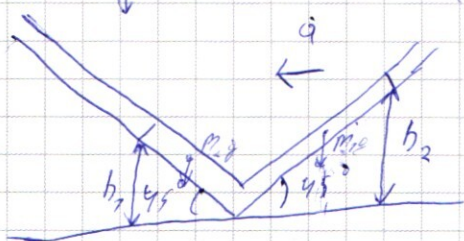
$$T = m(R+L)\omega^2$$

$$= v^2 R_1 \cos \alpha (R+L) \cdot \omega^2$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

7) ~~мифическая~~



$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\rho h_1 s = m_1$$

$$m_2 = \frac{\rho h_2 s}{\sin \alpha}$$

$$P_1 = \frac{m_1 g}{\sin \alpha}$$

$$P_2 = \frac{m_2 g}{\sin \alpha}$$

$$P_1 = \frac{\rho h_1 s g}{\sin^2 \alpha}$$

$$P_2 = \frac{\rho h_2 s g}{\sin^2 \alpha}$$

$$P_2 + \frac{m_2 a}{\cos \alpha} = P_1 - \frac{m_1 a}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha P_2 + m_2 a = \cos \alpha P_1 - m_1 a$$

$$\frac{\cos \alpha \rho h_2 s g}{\sin^2 \alpha} + \frac{\rho h_2 s a}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{\cos \alpha \rho h_1 s g}{\sin^2 \alpha} - \frac{\rho h_1 s g}{\sin^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha \rho h_2 s g + \sin \alpha \rho h_2 s a = \cos \alpha \rho h_1 s g - \sin \alpha \rho h_1 s a$$

$$\cos \alpha h_2 g + \sin \alpha h_2 a = \cos \alpha h_1 g - \sin \alpha h_1 a$$

$$a (h_1 + h_2) \sin \alpha = \cos \alpha g (h_1 - h_2)$$

$$a = \frac{\cos \alpha g (h_1 - h_2)}{(h_1 + h_2) \sin \alpha} = \frac{10 \frac{m}{c^2} (1200 - 800)}{(7200 + 8000)}$$

$$= 2 \frac{m}{c^2}$$

2) $B < C$

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$2mgh = mv^2$$

$$2gh = v^2$$

$$v = \sqrt{2gh} =$$

$$H = \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) = 2 \text{ м}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2} = 6,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 3,2 \\ 3,2 \\ \hline 6,4 \\ 9,6 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\frac{1000 \cdot 1,3 \cdot 368 \cdot 100}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 18} = \frac{1000}{1,1}$$

1,5

$$PV = \nu RT \Rightarrow MPV = \frac{M}{\nu} RT$$

$$\begin{array}{r} 6,2 \\ 2,3 \\ \hline 362 \\ 664 \\ 4320 \\ \hline 24900 \end{array}$$

$$\rho_n = \frac{m}{V} = \frac{MPV}{RT} = \frac{MP}{\frac{RT}{V}} = \frac{MP}{RT} = \frac{1000 \cdot 0,001 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{8,31 \cdot 368}$$

$$= \frac{25000}{3054} = 8,18 = 0,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\begin{array}{r} 2,6 \\ 368 \\ \hline 1184 \\ 40 \\ \hline 11400 \\ 1230,0 \\ \hline 2954,4 \end{array}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{0,4}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,0004$$

$$MPV = m_n \cdot RT$$

$$\frac{MPV}{RT} = \frac{m_n}{M_n}$$

$$\frac{m_n}{M_n} = \frac{m_2 + m_8}{M_2 + M_8}$$

2) $PV_n = \nu RT$ $V_n = \frac{m_n \cdot R \cdot T}{P \cdot M}$

$$= \frac{8,3 \cdot 368 \cdot 1000}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 18 \cdot 0,008} = 59,5$$

$$V_0 = \frac{m_8}{\rho_8}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{m_2 \cdot R \cdot T \cdot \rho_0}{P \cdot M \cdot m_1} = \frac{m_2 \cdot RT \cdot \rho_0}{P \cdot M \cdot m_1} = \frac{RT \rho_0}{3,7 \cdot M \cdot m_1}$$



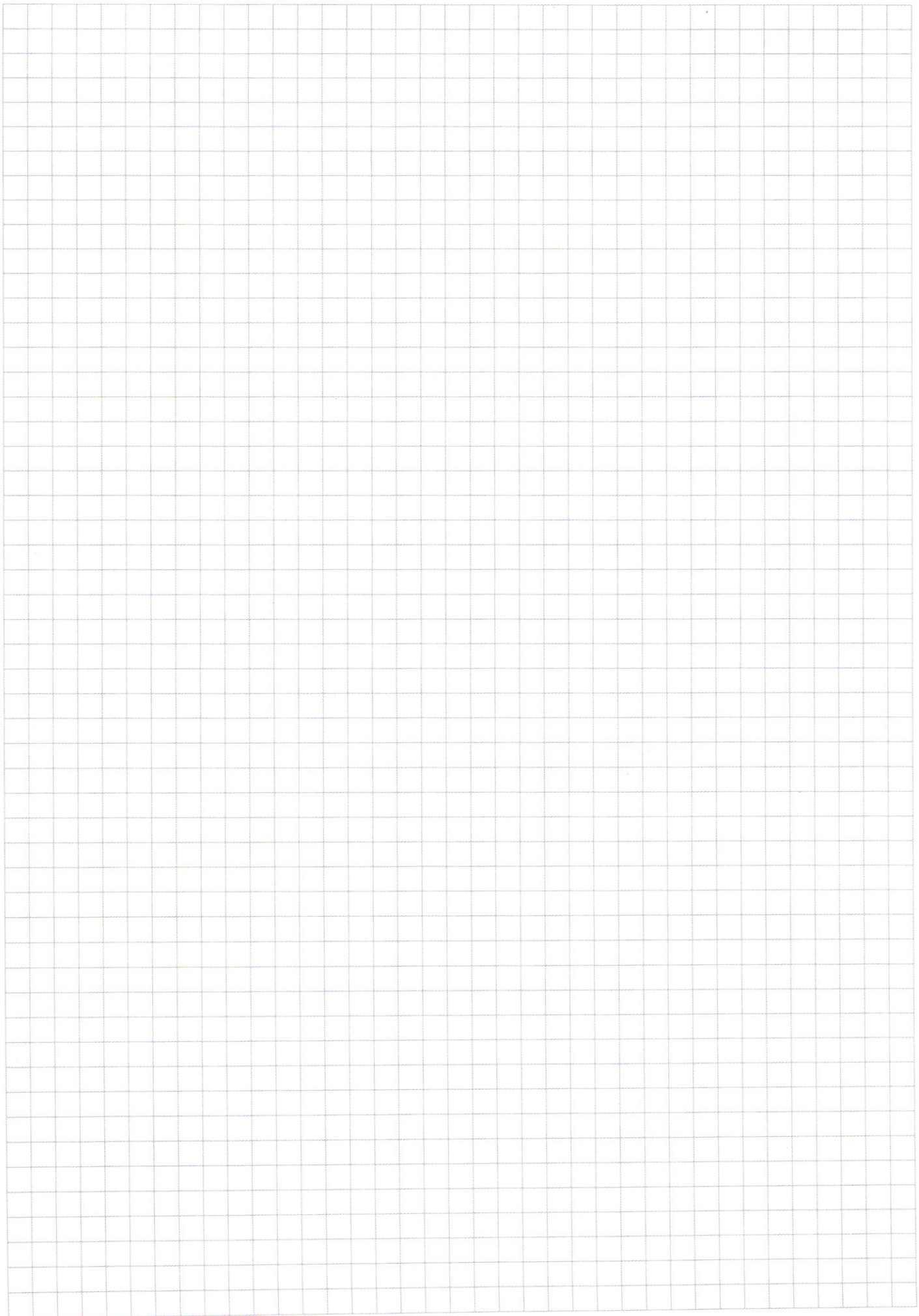
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)