

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 $2,5V_0$.

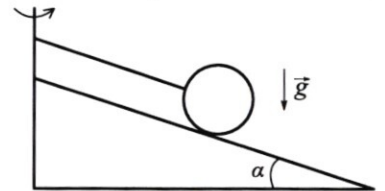
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



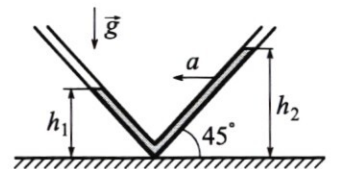
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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 коленях 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

1) Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v = 2,5 v_0$$

$$v_{\text{кр}} = ?$$

$$v_{\text{кр}} = ?$$

$$s = ?$$

$$s = ?$$

Решение:

Воспользуемся теоремой Пифагора, получаем:

$$\begin{cases} v_{\text{кр}}^2 = v_0^2 + v_{\text{кр}}^2 \\ v_0^2 = v_{\text{кр}}^2 + v_{\text{кр}}^2 \end{cases}$$

$$v_{\text{кр}}^2 - v_{\text{кр}}^2 = v_0^2 - v_{\text{кр}}^2$$

$$v_{\text{кр}} = v_0 \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3}$$

$$v_{\text{кр}} = 2,5 v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{кр}}^2 = v_{\text{кр}}^2 + v_{\text{кр}}^2 - v_0^2 = 400 + 48 - 64 = 384$$

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{384} \text{ м/с}$$

$$t_n = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \frac{v_{\text{кр}}}{g} = \frac{4\sqrt{3}}{10} = 0,68 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{v_{\text{кр}}}{g} = \frac{\sqrt{384}}{10} \Rightarrow t_2 = \sqrt{3,84}$$

$$t_n = 0,68 + \sqrt{3,84} \text{ с}$$

$$s = v_{\text{кр}} \cdot t_n = v_0 \sin \alpha \cdot t_n = 2,72 + 4\sqrt{3,84}$$

Ответ: $v_{\text{кр}} = \sqrt{384}$; $t_n = 0,68 + \sqrt{3,84} \text{ с}$;

$$s = 2,72 + 4\sqrt{3,84}$$

~~2) Дано:~~
 ~~$s = 5 \text{ м}$~~
 ~~$M = 5 \text{ т}$~~

2) Дано: Решение.

S, m, μ, F

$$M = 5m$$

$P_g = ?$ $F_{\text{мин}} = ?$

$\delta_k = ?$

Поскольку μ между человеком и лункой 1, то: $P_g = P_n$

$$P_g = Mg + mg = 6mg$$

Запишем 1 и 2 законы Ньютона для системы:

$$\begin{cases} ma = F_m - F_{mp} \\ (M+m)g = N \end{cases}$$

Из 3-го закона Ньютона следует, что:

$$F_m = 2F_n$$

$$F_n > F_{\text{мин}}$$

$$2F_{\text{мин}} = F_{mp}$$

$$2F_{\text{мин}} = N\mu = (M+m)g\mu = 6mg\mu$$

$$F_{\text{мин}} = 3mg\mu$$

Найдем δ_k

Из ЗСЭ следует:

$$A = E_k$$

$$(M+m)a \cdot S = \frac{(M+m)\delta^2}{2}$$

$$\frac{(M+m)\delta^2}{2} = 2F - (M+m)g\mu$$

$$\delta_k^2 = \frac{4FS - 2(M+m)g\mu S}{M+m} = \frac{4(FS - 3mg\mu S)}{6m}$$

$$\delta_k = \frac{2\sqrt{FS - 3mg\mu S}}{\sqrt{6m}}$$

$$\text{Ответ: } P_g = 6mg; F_{\text{мин}} = 3mg\mu; \delta_k = \frac{2\sqrt{FS - 3mg\mu S}}{\sqrt{6m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Дано: $m, R, d, L,$ ω $T, T_\omega - ?$	Решение: $\omega = 0 \begin{cases} mgsind = T \\ mgcosd = N \end{cases}$ $T = mgsind$ $\omega = \omega \begin{cases} mgsind + F_y = T_\omega \\ mgcosd = N \end{cases}$ $T_\omega = mgsind + F_y = mgsind + \omega^2 r m =$ $= mgsind + \omega^2 (L \cdot cosd + R)$ Ответ: $T = mgsind$; $T_\omega = mgsind + \omega^2 (L \cdot cosd + R)$	
4) Дано: $d = 45^\circ$ $h_1 = 8 \text{ см}$ $h_2 = 12 \text{ см}$ $a - ?$, $\delta - ?$	Решение: $a = a$ $m_1 g cosd + m_1 a cosd =$ $= m_2 g cosd - m_2 a cosd$ $m_1 g + m_1 a = m_2 g - m_2 a$ $m_1 a + m_2 a = m_2 g - m_1 g$ $a \left(\frac{\delta h_1}{\sin d} + \frac{\delta h_2}{\sin d} \right) = g \left(\frac{\delta h_2}{\sin d} - \frac{\delta h_1}{\sin d} \right)$ $a(h_1 + h_2) = g(h_2 - h_1) \quad a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = 2 \frac{m}{c^2}$	

Воспользуемся ЗСЭ:

$$mgh = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$2 \cdot g(h_2 - h_1) = v_{\max}^2$$

$$v_{\max} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,04} = \sqrt{0,8} \text{ м/с}$$

Ответ: $a = 2 \text{ м/с}^2$; $v_{\max} = \sqrt{0,8} \text{ м/с}$

5) Дано:

$$t = 95^\circ \text{C}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\eta = \frac{V_{\text{он}}}{V_n} = 4,7$$

$$\frac{P_n}{P_v} \rightarrow \frac{V_{\text{он}}}{V_n} \rightarrow$$

Решение:

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, найдем P_n :

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

$$T = t + 273 = 368^\circ \text{K}$$

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

$$P = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} = \frac{180 \cdot 8,5}{8,31 \cdot 368} \approx$$

$$\approx 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{P_n}{P_v} = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{V_n}{V_v} \rightarrow ?$$

$$V_v = \frac{m_v}{\rho_v}$$

$$m_v = m_n = \Delta V \cdot \rho_n = (V_n - V_n) \cdot \rho_n$$

$$V_v = \frac{(1 - \eta) V_n \rho_n}{\rho_v}$$

$$\frac{V_n}{V_v} = \frac{\rho_v}{(1 - \eta) \cdot \rho_n} = \frac{1000}{3,7 \cdot 0,5} = \frac{2000}{3,7} \approx$$

$$\approx 540$$

Ответ: $\frac{P_n}{P_v} \approx 2 \cdot 10^{-4}$; $\frac{V_n}{V_v} \approx 540$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_k = 2,5 v_0$$

$$v_{\text{вк}} = ?$$

$$S = ?$$

$$t_n = ?$$

Решение:

$$v_n^2 = v_{\text{вк}}^2 + v_2^2$$

$$v_0^2 = v_{\text{вк}}^2 + v_2^2$$

$$v_k^2 = v_{\text{вк}}^2 + v_0^2 - v_0^2$$

$$v_{\text{вк}} = \sin \alpha \cdot v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8 = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$v_{\text{вк}}^2 = v_k^2 + v_0^2 - v_0^2 = 400 + 48 - 64$$

$$= 384$$

$$v_{\text{вк}} = \sqrt{384} \text{ м/с}$$

$$S = v_2 \cdot t_n$$

$$t_n = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4\sqrt{3}}{10} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{v_{\text{вк}}}{a} = \frac{\sqrt{384}}{10} ; t_2^2 = \frac{384}{100} = 3,84$$

$$t_2 = \sqrt{3,84}$$

$$t_n = \frac{2\sqrt{3}}{5} + \sqrt{3,84} = 0,68 + \sqrt{3,84} \text{ с}$$

$$S = v_2 \cdot t_n = v_0 \sin \alpha \cdot t_n = 4 \cdot 0,68 + 4\sqrt{3,84} \text{ м}$$

2) Дано:

S, m, μ, F

$M = 5m$

$P - ?$

$F_{\text{нат}} - ?$

$\sigma_k - ?$

Решение:

$$\begin{cases} (M+m)a = F + F - F_{\text{тр}} \\ (M+m)g = N \end{cases}$$

$$2F_{\text{нат}} = F_{\text{тр}}$$

$$(M+m) \cdot a = 2F_{\text{нат}} - (M+m)g\mu$$

$$P = (M+m) \cdot g$$

$$(M+m)a = 2F - (M+m)g\mu$$

$$\frac{(M+m)\sigma_k^2}{2S} = 2F - (M+m)g\mu$$

$$\sigma_k^2 = \frac{4FS - 2(M+m)g\mu S}{M+m} = \frac{4FS - 12mg\mu S}{6m}$$

$$= \frac{4(FS - 3mg\mu S)}{6m}$$

$$\sigma_k = \frac{2\sqrt{FS - 3mg\mu S}}{\sqrt{6m}}$$

3) Дано:

m, R, d, L

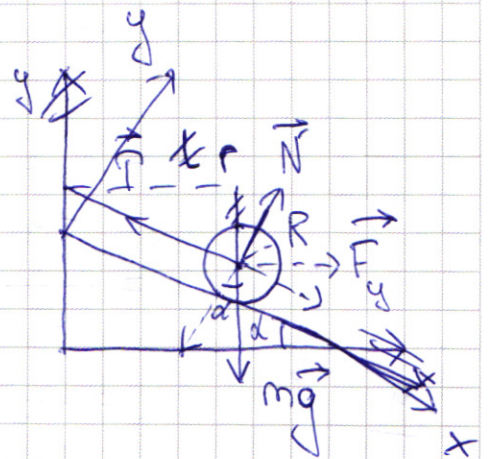
ω_1

$T, T_{\omega} - ?$

Решение:

$$\omega = 0 \begin{cases} mgs \sin \alpha = T \\ mgs \cos \alpha = N \end{cases}$$

$$\omega = \omega_1 \begin{cases} mgs \sin \alpha + F_{yx} = T_{\omega} \\ mgs \cos \alpha = N \end{cases}$$



$$T = mgs \sin \alpha + F_{yx} = mgs \sin \alpha + \omega^2 R \cdot m = mgs \sin \alpha + \omega^2 \cdot m \cdot L \cdot \cos \alpha = m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 \cdot L \cdot \cos \alpha)$$

4) Дано:

$\alpha = 45^\circ$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$a = ?$$

$$v_{\text{осн}} = ?$$

Решение:

$$a = a \begin{cases} m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha \\ m_2 g \cos \alpha - m_2 a \cos \alpha \end{cases}$$

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

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

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

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

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

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = 0 \quad m_2 a = m_2 g - m_1 g$$

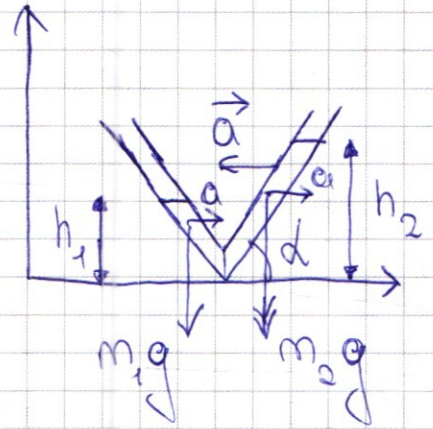
$$ma = g(m_2 - m_1)$$

$$a \cdot \frac{h_2}{\sin \alpha} = g \left(\frac{h_2}{\sin \alpha} - \frac{h_1}{\sin \alpha} \right)$$

$$a \cdot h_2 = g(h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2} = \frac{10 \cdot 4}{12} = \frac{40}{12}$$

$$= 3,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



$$mgh = \frac{m v_{\max}^2}{2}$$

$$2g(h_2 - h_1) = v_{\max}^2$$

$$v_{\max} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10,4} = \sqrt{0,8} \text{ м/с}$$

5) Дано:

$$t = 95^\circ \text{C}$$

$$P = 85 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\frac{V_{0n}}{V_{0B}} = 4,77$$

$$\frac{P_n}{P_B} = ?$$

$$\gamma \frac{V_n}{V_B} = ?$$

$$\frac{500}{37} = 13,51$$

$$\frac{37}{1480} = 0,0249$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 37} \\ - 19980 \overline{) 540} \\ \hline 20 \end{array}$$

Решение:

$$\frac{P_n}{P_B}$$

$$PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

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

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

$$P = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} = \frac{180 \cdot 8,5}{8,31 \cdot 368} \approx \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

$$\frac{P_n}{P_B} = \frac{180 \cdot 8,5}{10^4 \cdot 8,31 \cdot 368} = \frac{180}{368} \cdot 10^{-2} \approx 2 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{V_n}{V_B}$$

$$V_B = \frac{m_B}{P_B}$$

$$m_n = m_B$$

$$m_n = \Delta V \cdot P_n =$$

$$3,7 V_n P_n$$

$$V_B = \frac{3,7 V_n P_n}{P_B} \quad II$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{V_n \cdot P_B}{3,7 \cdot V_n P_n} = \frac{1000 \cdot 2}{3,7} = \frac{2000}{3,7}$$

$$\approx 540$$



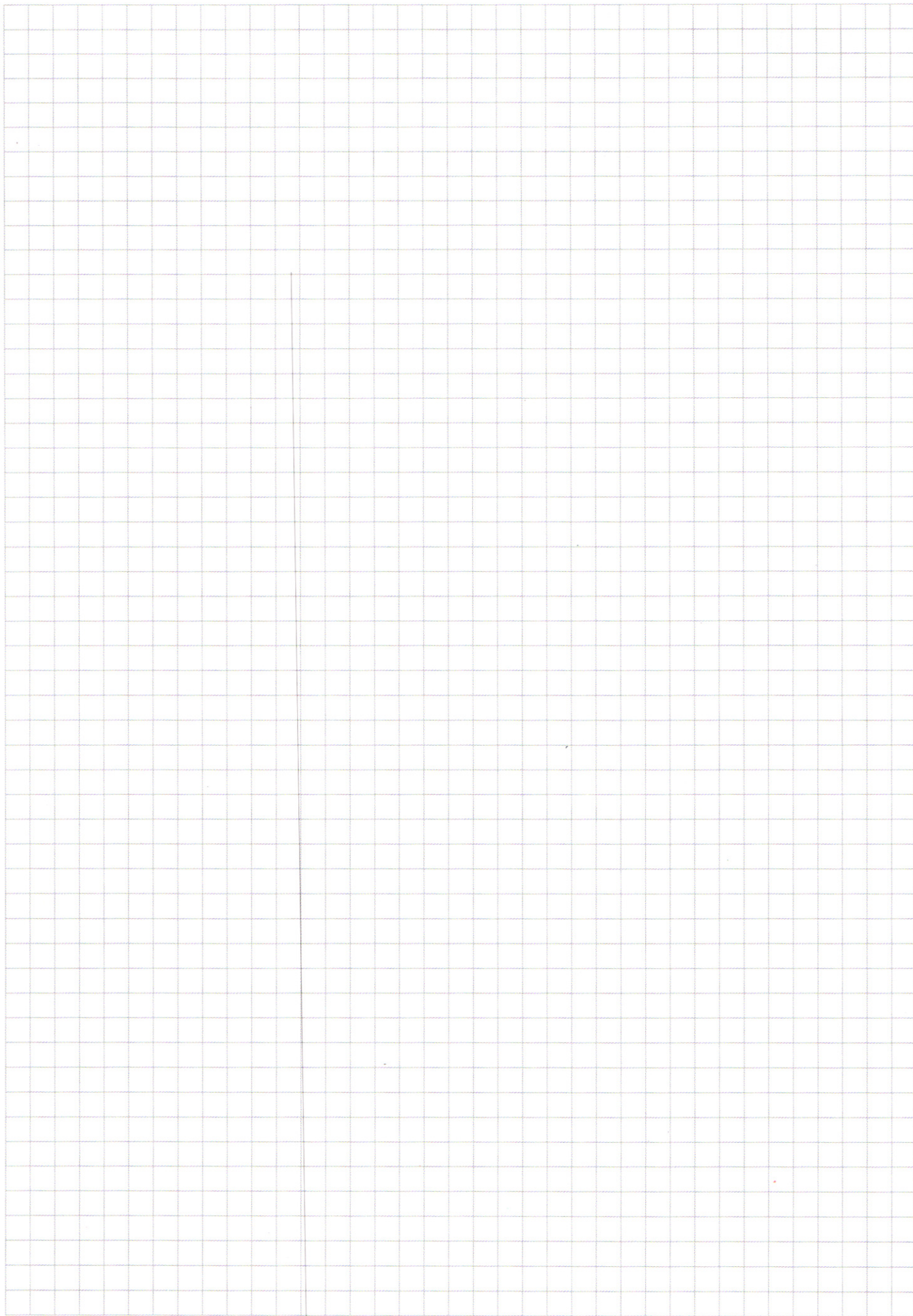
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)