

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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?

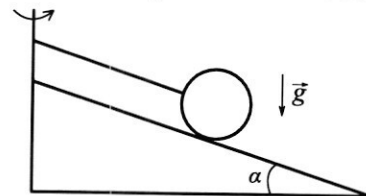
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

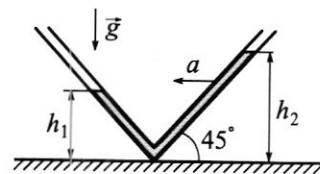


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

$$\frac{(h_1 + h_2)^2}{2} =$$

$$2 \cdot (h_1 h_2)$$

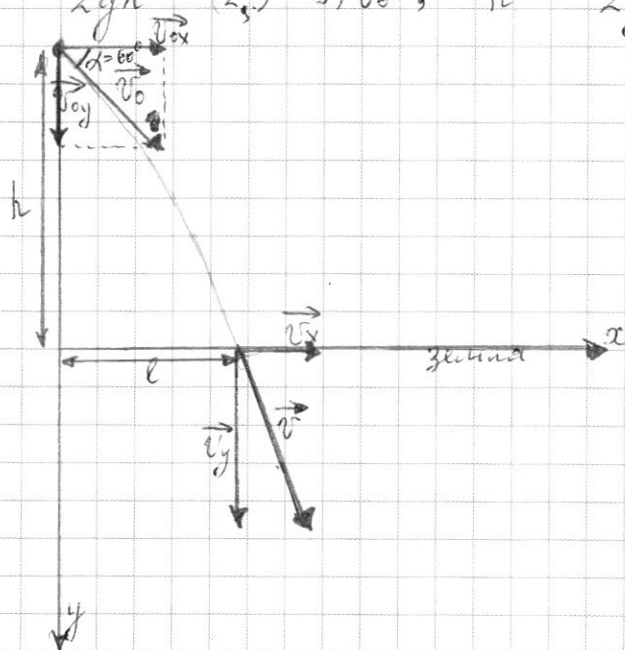
$$\begin{array}{r} 540 \\ \times 37 \\ \hline 378 \\ 1620 \\ \hline 19980 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Найти высоту, с которой упал камень, из закона сохранения энергии:

$$mgh = \frac{m(2,5v_0)^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2};$$

$$2gh = (2,5^2 - 1)v_0^2; \quad h = \frac{5,25v_0^2}{2g}.$$



$$h = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2};$$

$$\frac{5,25v_0^2}{2g} = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}t + \frac{gt^2}{2};$$

$$gt^2 + \sqrt{3}v_0gt - 5,25v_0^2 = 0;$$

$$gt = \frac{-\sqrt{3} + \sqrt{3 + 21}}{2} v_0 = \frac{-\sqrt{3} + 2\sqrt{6}}{2} v_0;$$

$$t = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} - \text{время полёта камня.}$$

$$v_y = v_{0y} + gt = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 + v_0 \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} =$$

$$= \sqrt{6}v_0 - \text{верт. компонента скорости в момент перед ударом камня о землю.}$$

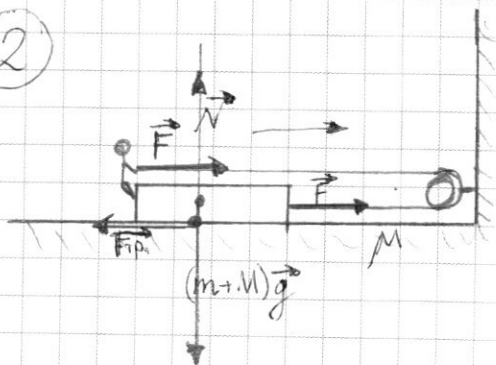
$$l = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{4} - \text{горизонтальное смещение камня}$$

Ответ: 1) $v_y = \sqrt{6}v_0 = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$

2) $t = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ (с)}$

3) $l = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{4} = \frac{16\sqrt{6} - 8\sqrt{3}}{5} \text{ (м)}$

②



На рисунке показаны все силы, действующие на систему человек-платформа.

$N = (m+M)g$, т.к. они движутся только в горизонтальном направлении.

$F_{тр} = \mu N = \mu \cdot (m+M)g$, если человек движется.

Сила реакции опоры равна $\sqrt{F_{тр}^2 + N^2} = (m+M)g \cdot \sqrt{1 + \mu^2}$.



Наименьшая сила F_0 , при которой ^{может} ~~система~~ ^{система} ~~двигаться~~ ^{двигаться},
равна $\frac{F_{гр.}}{2} = \frac{\mu(m+M)g}{2}$ $\left(F_{гр.} \leq 2F, \text{ если система движется} \right)$

Пусть теперь действие силой $F_0 > F_{мин} = \frac{F_{гр.}}{2}$. Равнодействующая сила,
действующая на систему, равна $2F_0 - F_{гр.}$ и ускорение $a = \frac{2F_0 - F_{гр.}}{m+M}$.

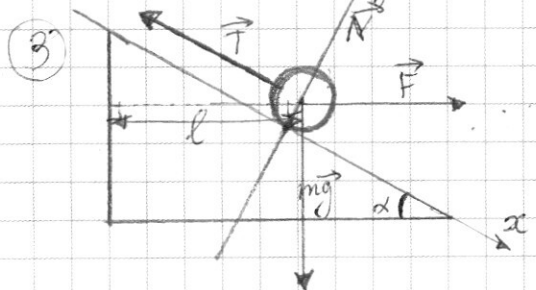
$$\frac{at^2}{2} = S; \quad t = \sqrt{2aS}; \quad v = at = \sqrt{2aS} = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{2F_0}{m+M} - \mu g \right) S}.$$

Ответ: 1) Вертикальная ^{сила} ~~давление~~ ^{давление} на пол равно $N = (m+M)g = 6mg$;

общее ^{воздействие} ~~действие~~ ^{давление} равно $(m+M)g\sqrt{1+\mu^2} = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$.

2) $F_0 = \frac{\mu(m+M)g}{2} = 3\mu mg$.

3) $v = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{2F_0}{m+M} - \mu g \right) S} = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{F_0}{3m} - \mu g \right) S}.$

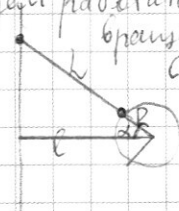


1) $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$, если шар покоится.

(X: $-T + mg \sin \alpha = 0$; $T = mg \sin \alpha$

2) если система вращается, добавляется
или центробежная сила $\vec{F}$ (будем работать в с.с. вращающейся (с.с.))

$$l = h \cos \alpha + R \sin \alpha; \quad F = \omega^2 l \cdot m.$$



(X: $-T + mg \sin \alpha + F \cos \alpha = 0$;

$$T = mg \sin \alpha + F \cos \alpha = mg \sin \alpha + \omega^2 (h \cos \alpha + R \sin \alpha) m \cos \alpha = mg \sin \alpha + \omega^2 (R + h) m \cos^2 \alpha.$$

Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$

2) $T = mg \sin \alpha + \omega^2 (R + h) m \cos^2 \alpha.$

Замечание. Центр масс шарика
находится на линии действия сил
 $m\vec{g}$, $\vec{N}$, $\vec{F}$; ^{поэтому} шар покоится,
то и линия нити проходит через
эту же точку.

4) Перейдем в с.с. трубки. На каждую частицу воды (массой m)

действуют силы $m\vec{g}$, $-m\vec{a}$ ($\vec{a}$ — ускорение трубки), а также соседние
частицы воды, кт. уравновешивают эти воздействия. П.о. можно считать,

что $\vec{g}^* = \vec{g} + \vec{a}$ — новое ускорение свободного падения.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\vec{g} \perp (AB)$
 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$, где α - угол между
 (AB) и плоскостью поверхности.
 С другой стороны, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$.
 П.о. $a = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{5} g = 2 \text{ м/с}^2$

2) Воспользуемся законом сохранения энергии.

Узнаем, каковы ^{сразу} h_0 (после того, как уберем ускорение), т.е. воды бы
 на высоте $h_0 = \frac{h_1 \cdot \frac{h_1}{2} + h_2 \cdot \frac{h_2}{2}}{h_1 + h_2} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)}$; наименьшая высота центра
 масс достигается, когда высота воды в трубках одинакова, т.е. она равна
 $\frac{h_1 + h_2}{2} (= h)$

$$\frac{mv^2}{2} = mg(h_0 - h); \quad v = \sqrt{2g(h_0 - h)} = \sqrt{2g \cdot \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{g}{2} \cdot \frac{h_1^2 - 2h_1h_2 + h_2^2}{h_1 + h_2}} = \sqrt{\frac{g(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)}} = (h_2 - h_1) \cdot \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{5}{2}} =$$

$$= 0,04 \cdot 5 = 0,2 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1) $a = \frac{4}{5} g = 2 \text{ м/с}^2$;

2) $v = (h_2 - h_1) \cdot \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = 0,2 \text{ м/с}.$

5) $t = 95^\circ \text{C} (T = 368 \text{ K})$, $P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}.$

1) $pV = \sqrt{RT} = \frac{m}{M} RT; \quad p = \frac{\rho}{M} RT; \quad p = \frac{pM}{RT}; \quad \frac{pM}{RT} = \frac{pM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} =$

$$= \frac{153}{222008} \approx \frac{153}{223008} \approx \frac{153}{306008} \approx \frac{153}{306} \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$\begin{array}{r} \times 834 \\ 368 \\ \hline 6848 \\ 4986 \\ \hline 2493 \\ 30608 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 85 \\ 38 \\ \hline 680 \\ 1530 \end{array}$

Пусть изначально объем газа был V_0 масса газа была m_0 . В конце она стала равна $\frac{m_0}{\gamma} \Rightarrow m_6 = m_0 - \frac{m_0}{\gamma}$ - масса воды в конце.

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{воды}}} = \frac{m_{\text{пара}} \cdot \rho_6}{\rho_{\text{пара}} \cdot m_6} = \frac{\frac{m_0}{\gamma}}{\frac{m_0}{1} - \frac{m_0}{\gamma}} \cdot \frac{\rho_6}{\rho_n} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{\rho_6}{\rho_n} = \frac{1}{3,7} \cdot \frac{2 \times 3000}{15,3} \cdot 2000 =$$

$$= \frac{20000}{37} = 540 \frac{20}{37}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \\ 485 \overline{) 37} \\ 150 \\ 148 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \\ 485 \overline{) 37} \\ 150 \\ 148 \\ \hline 20 \end{array}$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_6} = 5 \cdot 10^{-4}$;

2) $\frac{V_{\text{пара}}}{V_6} = 540 \frac{20}{37}$.



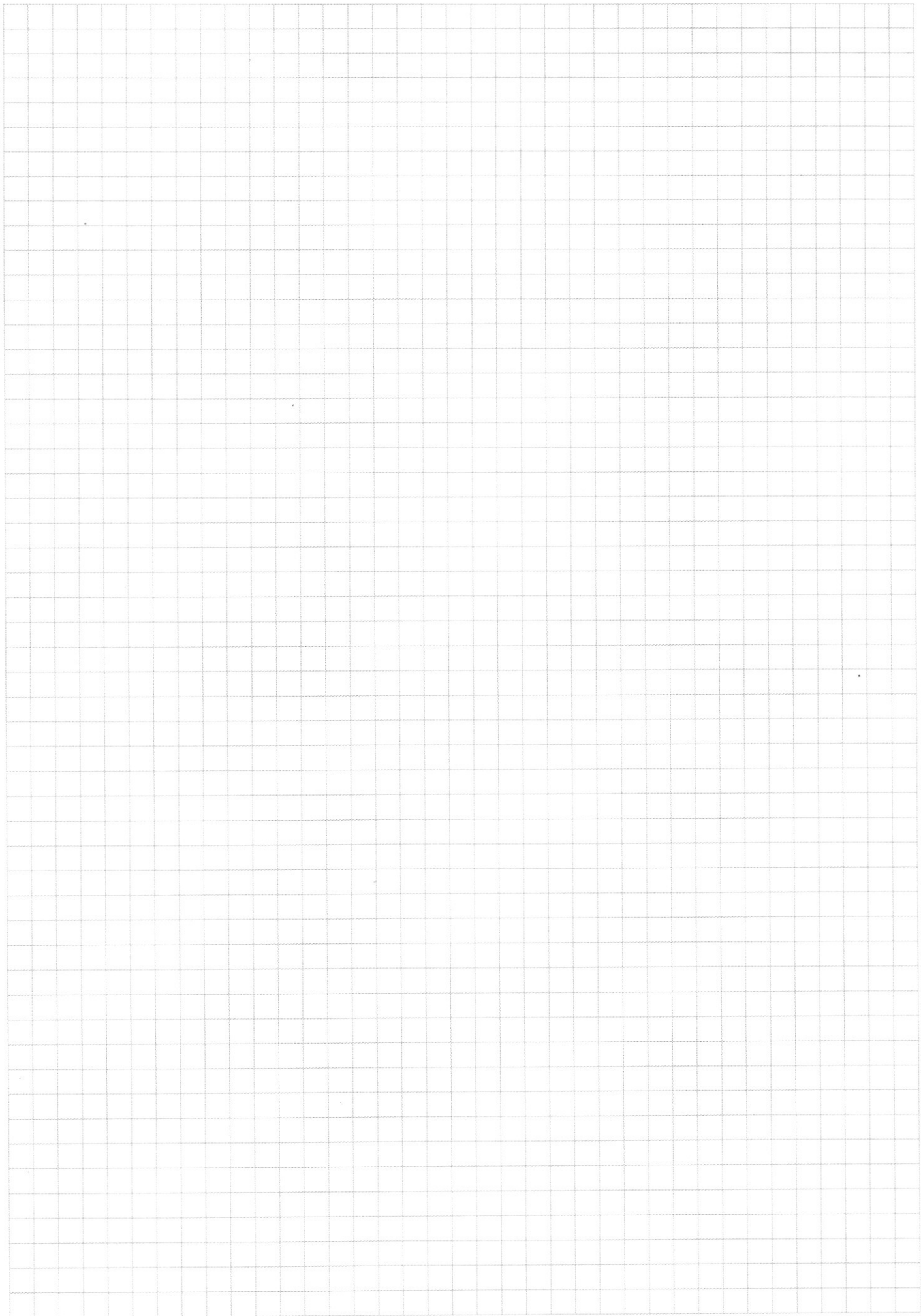
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



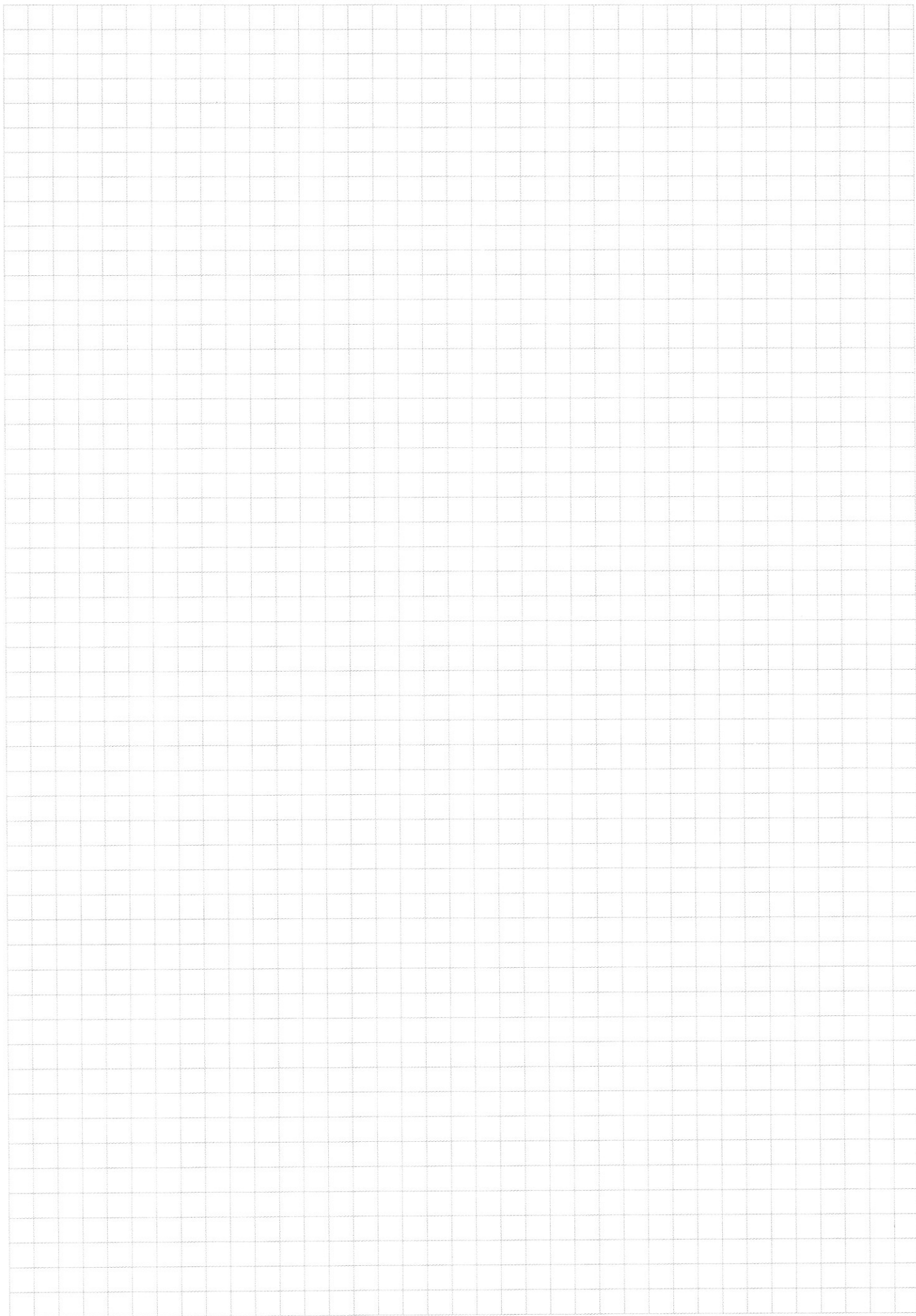
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)





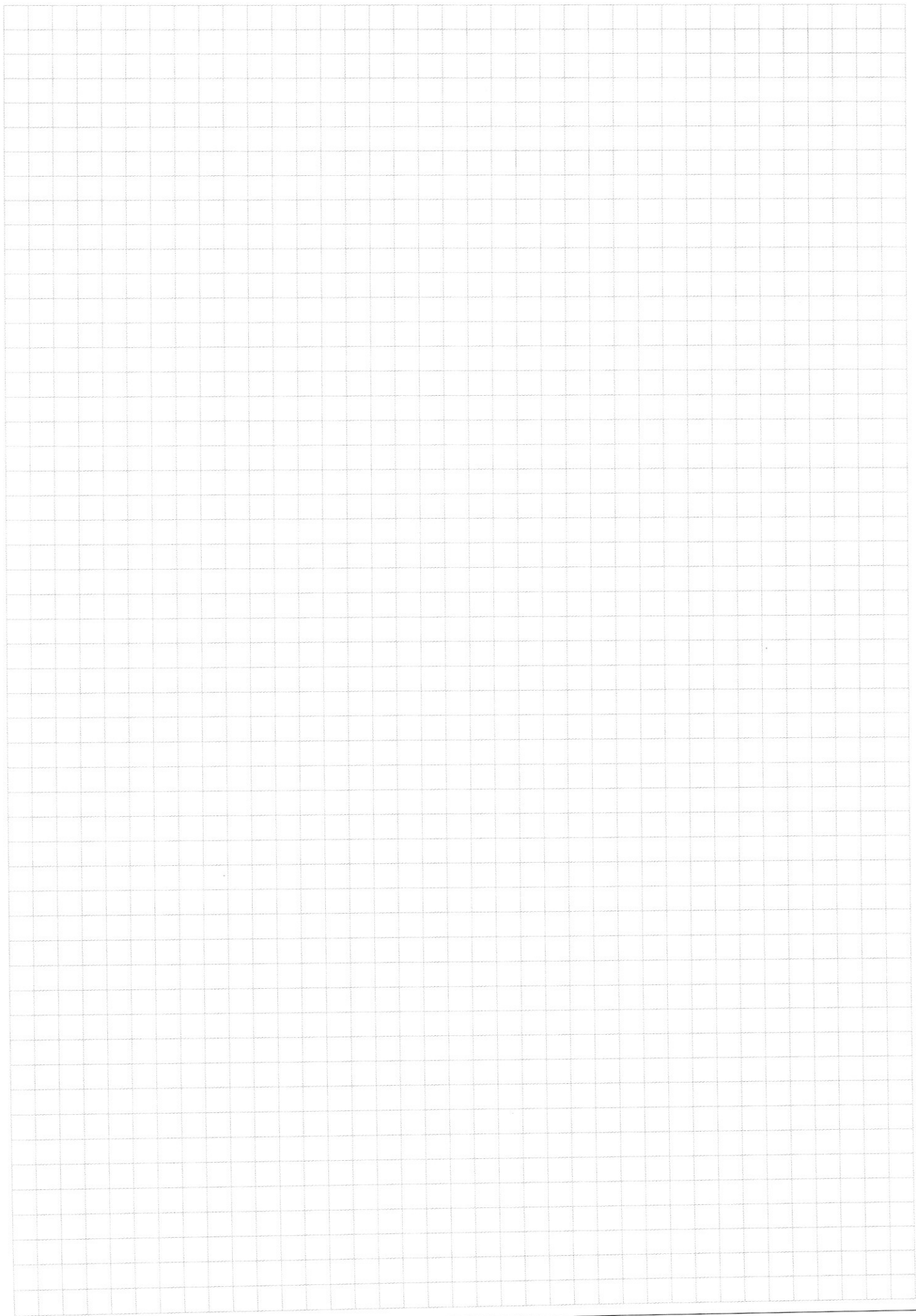
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)