

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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.

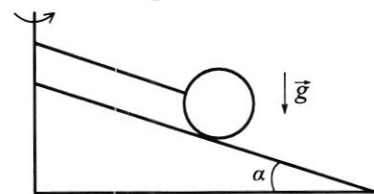
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



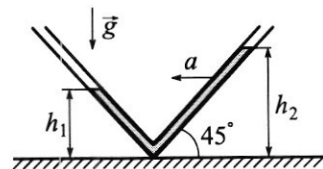
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.

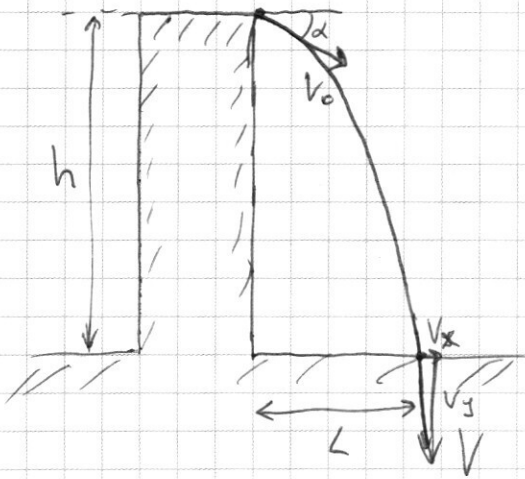
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

П.к. камень всё время приближается к поверхности земли $\Rightarrow$ его бросим вниз.



$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

~~$$V_y = \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}$$~~

$$V_y = V_0 \sin \alpha + gt \quad (t - \text{время полёта})$$

$$V = 2,5 V_0 \quad (V - \text{скорость при ударе})$$

$$V = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} \quad (V_x, V_y - \text{проекции скорости})$$

$$2,5^2 V_0^2 = (V_0 \sin \alpha + gt)^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

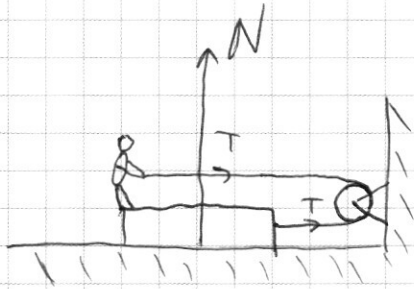
$$2) \quad t = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} - V_0 \sin \alpha =$$

$$= \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ (сек)}$$

$$1) \quad V_y = \sqrt{V^2 - V_x^2} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} = 8\sqrt{6} \text{ (м/с)}$$

$$3) \quad L = V_{x0} t = \frac{8}{5} (4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}) \text{ (м)} \quad \rightarrow (L - \text{горизонтальное смещение})$$

2



Человека с ящиком можно рассматривать как одно тело.

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

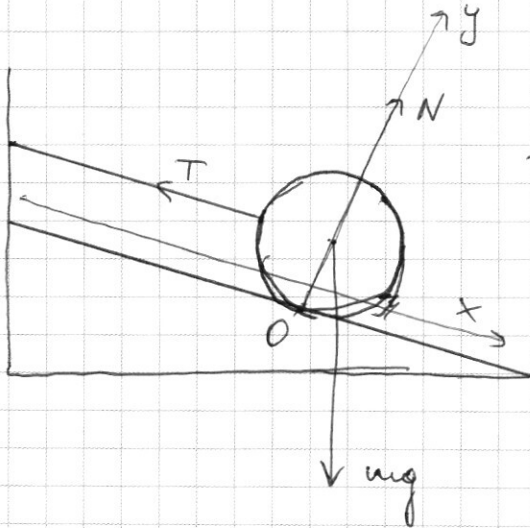
Сила натяжения каната ~~ниже~~ равна силе, с которой человек тянет её. $F = T$

$$2) \text{Условие движения тела: } 2T \geq N \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2F \geq 6mg \Rightarrow F_{\min} = \frac{6mg}{2} = 3mg$$

$$3) (2F - 6mg)S = \frac{6mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{F}{m} - 3g \right) S}$$

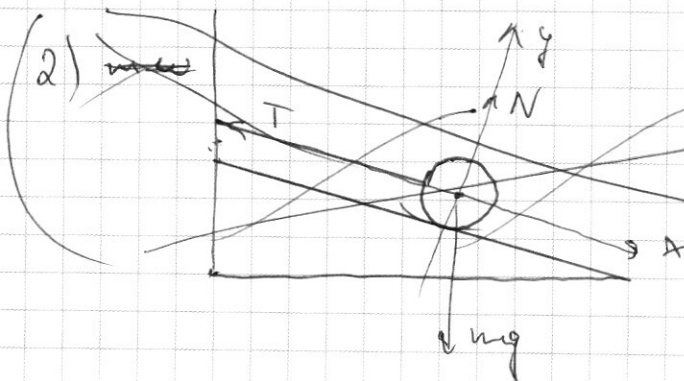
3



1) Напишем условие равновесия моментов силы натяжения относительно точки соприкосновения (O)

$$T \cdot R = mgR \sin \alpha$$

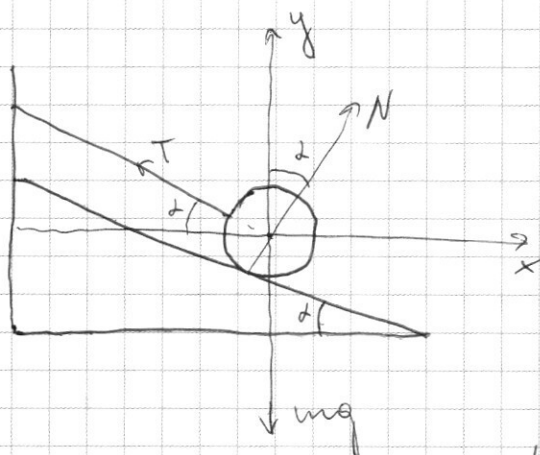
$$T = mg \sin \alpha$$



Введём декартову систему координат по y: $N = mg \cos \alpha$
по x: $T =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3
2)



введём декартову
систему координат
след. образом (как показано
на рис.)

$$\begin{cases} \text{по } y: T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \\ \text{по } x: T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 L \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} T \sin^2 \alpha + N \sin \alpha \cos \alpha = mg \sin \alpha \\ T \cos^2 \alpha - N \sin \alpha \cos \alpha = m \omega^2 L \cos^2 \alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = mg \sin \alpha + m \omega^2 L \cos^2 \alpha$$

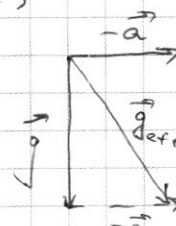
4

В системе трубки на масло действует сила
погружения $\vec{I} = -m\vec{a}$. Будем считать, что и погружение можно
заменить эффективной силой инерции с другим ускорением
свободного падения, то есть $m\vec{g}_{\text{eff}} = m\vec{g} + \vec{I} \Rightarrow$

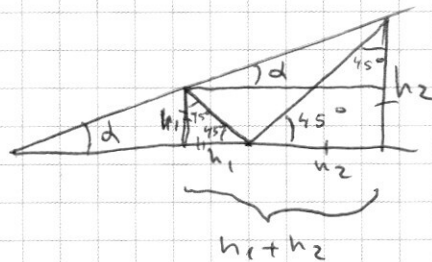
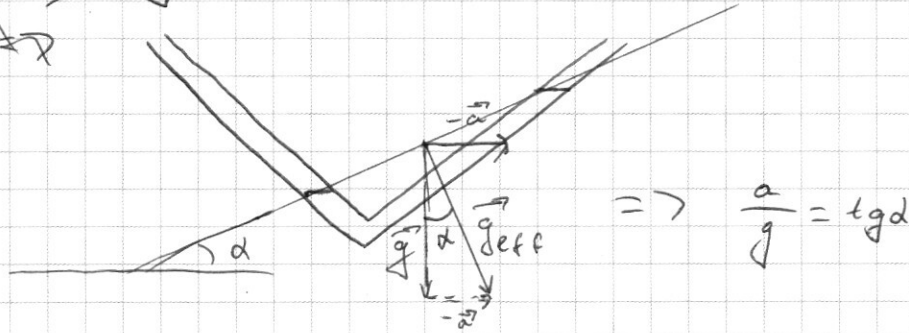
$$\Rightarrow \vec{g}_{\text{eff}} = \vec{g} - \vec{a}$$

~~П.к. жидкость занимает позицию~~
~~и находится под действием~~

Известно что поверхность жидкости
всегда стремится быть перпендикулярной направлению
ускорения свободного падения $\Rightarrow$



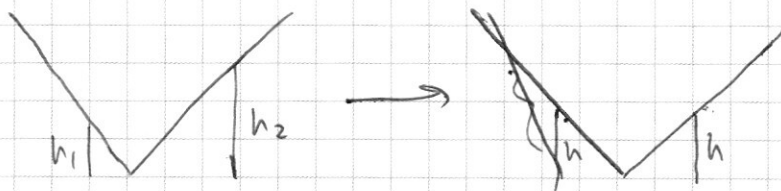
~~3~~ ~~2~~ ~~1~~ ~~4~~



$$\Rightarrow \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 2 \mu / c^2$$

2/ как только ускорение исчезнет в системе трубки
масса начнет совершать колебания и максимальной
скорость масса будет в положении равновесия, то есть
когда с двух сторон высоты массы будут ~~равны~~ одинаковы.



(h - высота масса
в положении
равновесия)

$$2h = h_1 + h_2 \Rightarrow h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

, масса масса $\sim$ высоте ($m \sim h$)

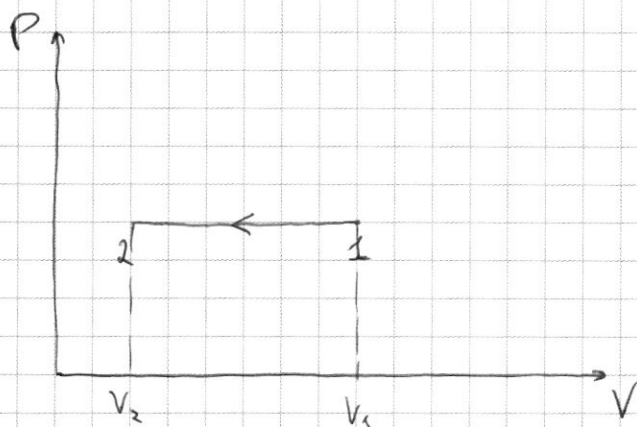
$$\frac{2mv^2}{2} + \frac{m_1gh_1}{2} + \frac{m_2gh_2}{2} = \frac{m_1gh_1}{2} + \frac{m_2gh_2}{2} \Rightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{h_1^2}{2} + \frac{gh^2}{2} = \frac{gh_1^2}{2} + \frac{gh_2^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{g \frac{(h_1^2 + h_2^2 - 2h^2)}{h}} = 252 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5

П.к. температура насыщенных паров зависит только
от температуры, и $T = \text{const} \Rightarrow P = \text{const} = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$



$$P = \frac{\rho_n R T}{\mu} \quad (\rho_n - \text{плотность пара})$$

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

$$1) \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{\mu P}{\rho_0 R T} = \frac{9018 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$\approx \frac{1}{2000}$$

$$2) P V_1 = \nu R T = \frac{m}{\mu} R T \quad (m - \text{капельная масса пара}), (\Delta m - \text{масса испарившейся воды})$$

$$P V_2 = (\nu - \Delta \nu) R T = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{m - \Delta m}{m} = \frac{1}{\gamma} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \gamma$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot m$$

$$m_{n2} = m - \Delta m$$

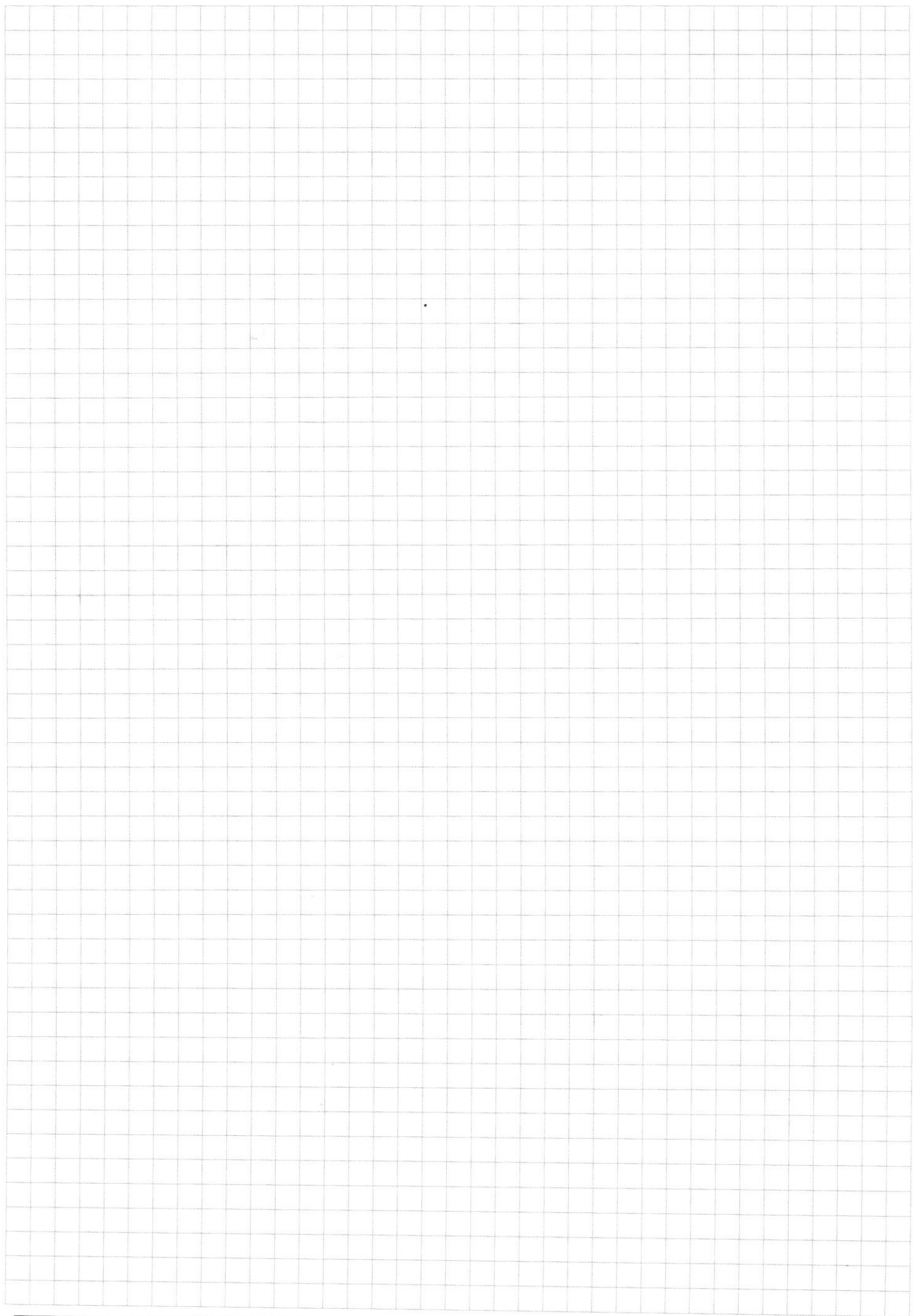
$$m_{b2} = \Delta m$$

$$V_{n2} = \frac{m_{n2}}{\rho_n}$$

$$V_{b2} = \frac{m_{b2}}{\rho_0}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{n2}}{V_{b2}} = \frac{m_{n2}}{m_{b2}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_n} \approx 2000 \cdot \frac{1}{3,8} \approx 540$$

$$\frac{m_{n2}}{m_{b2}} = \frac{m - \Delta m}{\Delta m} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} - 1 = \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{1}{3,8}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



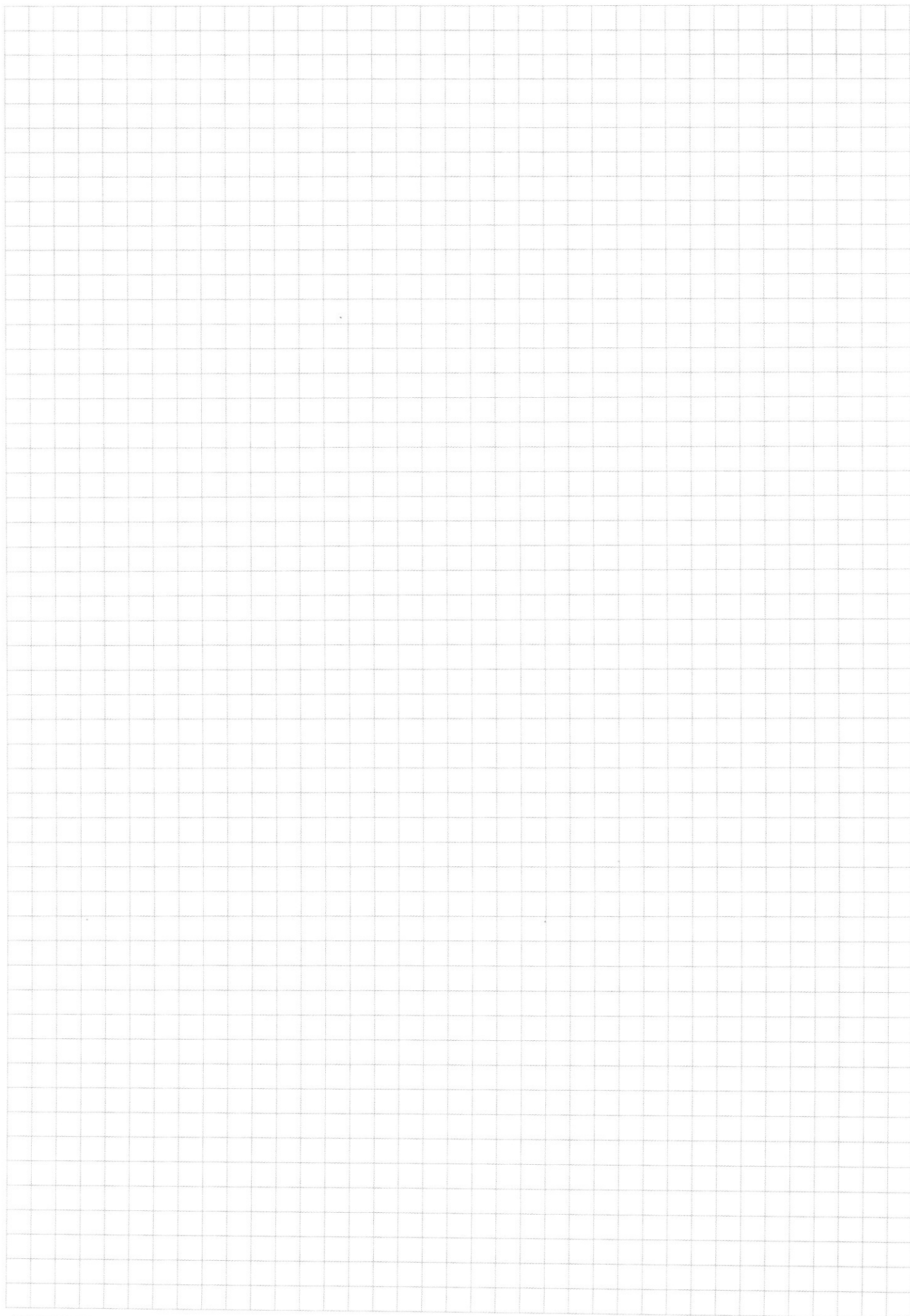
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



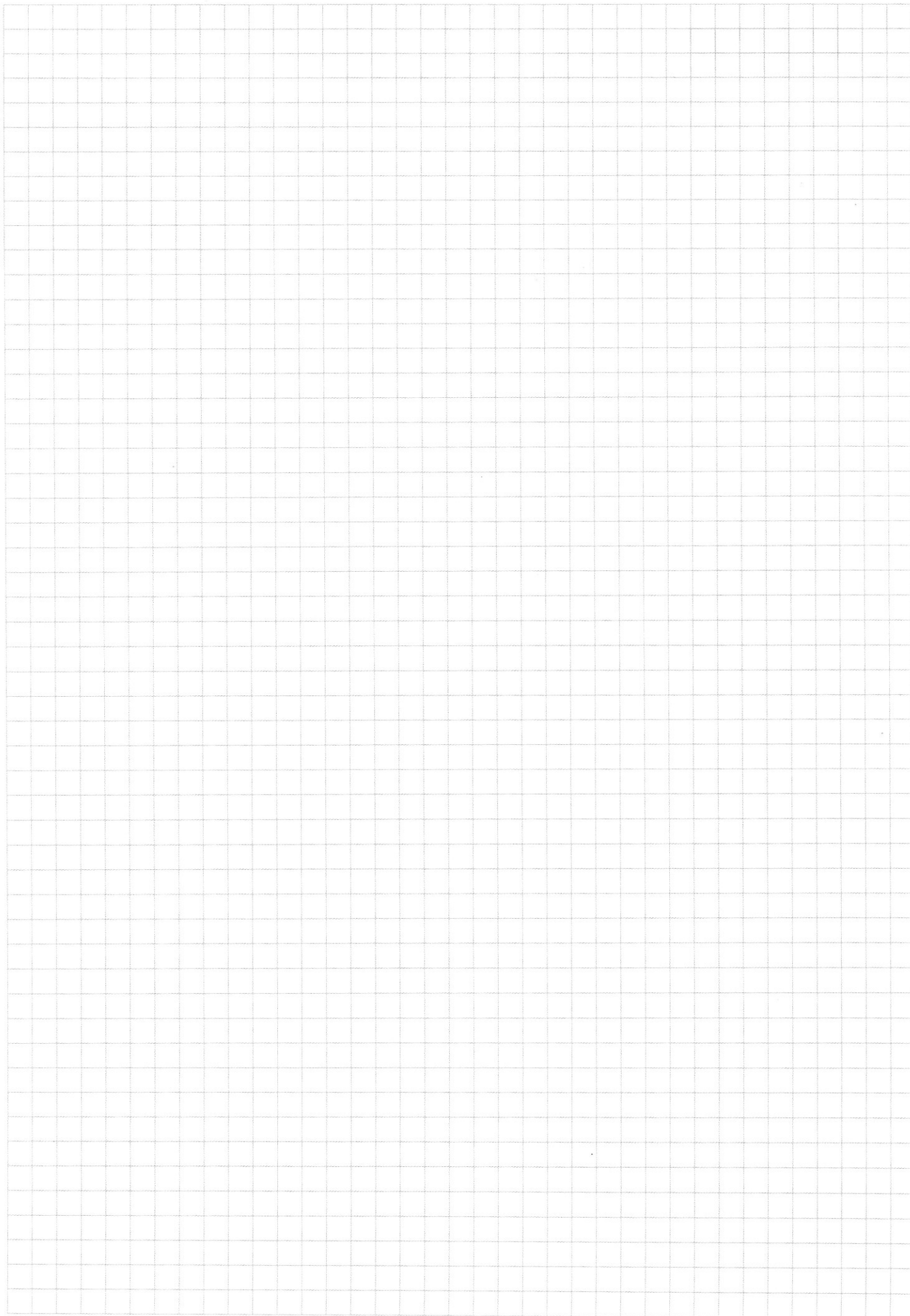
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)