

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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.

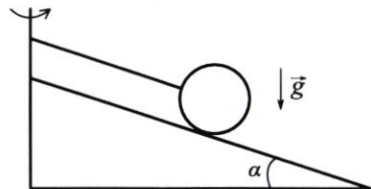
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

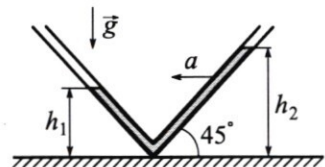
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

N1

Зачем, что горизонтальная составляющая не менялась, пусть это v_x , тогда $v_x = v_0 \cos \alpha = 4 \frac{m}{c}$

пусть изначальная вертикальная составляющая скорости, - это $v_{y0} = v_0 \sin \alpha = 4\sqrt{3} \frac{m}{c} \approx 4,17 \frac{m}{c} = 6,3 \frac{m}{c}$

а конечная - v_y , тогда, т.к. $v_k = 2,5v_0$, имеем уравнение

$$\sqrt{v_y^2 + v_x^2} = 2,5 \sqrt{v_{y0}^2 + v_x^2}$$

$$v_y^2 + v_x^2 = 6,25 v_{y0}^2 + 6,25 v_x^2$$

$$v_y^2 = 6,25 v_{y0}^2 + 5,25 v_x^2$$

$$v_y = \sqrt{6,25 v_{y0}^2 + 5,25 v_x^2} = \sqrt{6,25 \cdot 48 \frac{m^2}{c^2} + 5,25 \cdot 16 \frac{m^2}{c^2}} =$$

$$= \frac{m}{c} \cdot \sqrt{300 + 84} = \sqrt{384} \frac{m}{c} = 8\sqrt{6} \frac{m}{c} \approx 8,44 \frac{m}{c} = 19,2 \frac{m}{c} \approx 19 \frac{m}{c}$$

$$\Delta v_y = 19,2 \frac{m}{c} - 6,3 \frac{m}{c} = 12,9 \frac{m}{c} \approx 13 \frac{m}{c}$$

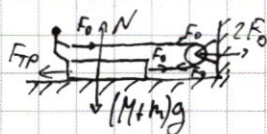
$$\Delta v_y = gt \Rightarrow t = \frac{\Delta v_y}{g} \approx 1,3c$$

Время падения

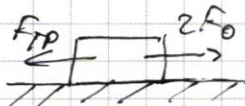
т.к. $v_x = \text{const}$, то смещение $S = v_x t \approx 5,2m$

Ответ: $|v_y| = 8\sqrt{6} \frac{m}{c} \approx 19 \frac{m}{c}$; $t \approx 1,3c$; $S \approx 5,2m$

N2



Человек с ящиком во время движения давят на пол с силой $F_T = (M+m)g = 6mg$



Зачем, если F_0 - микширующая сила, то

$$F_{TP} = 2F_0 \quad F_0 = \frac{\mu N}{2} = \frac{6mg}{2} = 3mg$$

теперь найдем равнодействующую $R = 2F - F_{TP} = 2F - 6mg$

после чего найдем ускорение $a = \frac{R}{M+m} = \frac{F}{3m} = \mu g$

т.к. v_0 - изначальная скорость $v_0 = 0$, то $S = \frac{at^2}{2}$, $v_k = at$

из 2-ух 2-ух уравнений

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2S}{a} = \frac{2S \cdot 3m}{F - 3\mu mg} = \frac{6mS}{F - 3\mu mg}$$

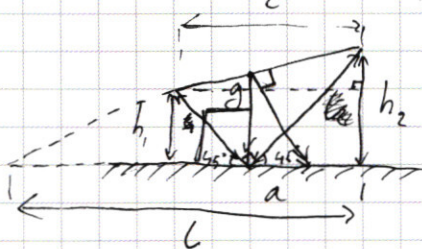
$$t = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}}$$

$$v_k = at = \frac{F - 3\mu mg}{3m} \cdot \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}} = \sqrt{(F - 3\mu mg) \cdot 2S \cdot \frac{1}{3m}} = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$$

Ответ: 1) $F_T = 6mg$; 2) $F_0 = 3\mu mg$; 3) $v_k = \sqrt{\frac{2S(F - F_0)}{3m}}$

№4

1) перейти в инерциальную систему отсчёта



$$L_1 = \sqrt{a^2 + h_1^2}$$

$$L_2 = \sqrt{a^2 + h_2^2}$$

из геометрии треугольников видно, что

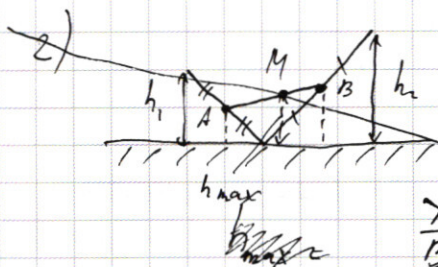
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{a}{a} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{L}{a}$$

в свою очередь, из этих соотношений

$$\frac{L}{h_2} = \frac{L_1}{h_2 - h_1} = \frac{h_2 + h_1}{h_2 - h_1}$$

т.е. $\frac{h_2 + h_1}{h_2 - h_1} = \frac{g}{a}$

$$a = \frac{(h_2 - h_1)g}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20}g = 2 \frac{m}{c^2}$$



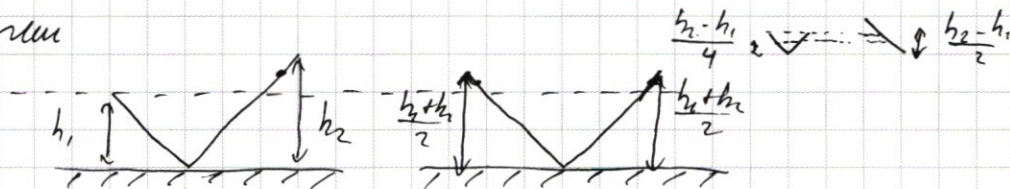
найдём диаметр и радиус

найдём высоту центра тяжести в этом состоянии

$$h_{max} = \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{h_1^2 + h_2^2 + h_2^2 h_1^2}{2(h_1 + h_2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

найдём разность максимальный и минимальной потенциальной энергии



M - общая масса жидкости (масла)

тогда разность энергии выглядит так

$$\frac{M \cdot (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) g - \frac{M \cdot (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{4} \right) g = \frac{gM(h_2 - h_1)^2}{4(h_2 + h_1)}$$

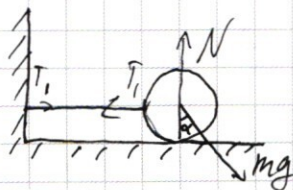
т.к. движение без трения, то максимальная кинетическая энергия, равная найденной разности, будет также равна $\frac{Mv^2}{2}$, откуда уравнение

$$\frac{Mg(h_2 - h_1)^2}{4(h_2 + h_1)} = \frac{Mv_{\max}^2}{2}$$

$$v_{\max} = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_2 + h_1)}} = 4 \text{ см} \cdot \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 0.08 \text{ м}}} = 4 \text{ см} \cdot \sqrt{25 \text{ с}^{-2}} = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

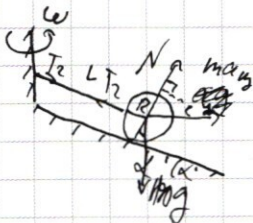
Ответ: 1) $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $v_{\max} = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_2 + h_1)}} = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

1) как «повёрнутая» система на $\angle \alpha$



$$T_1 = mg \sin \alpha$$

2)



$a_{\text{ц}} - \text{центростремительное ускорение}$
если «повёрнуть» на тот же $\angle \alpha$, то получится, что
 $T_2 = mg \sin \alpha + m a_{\text{ц}} \cos \alpha$

в сечении орбита, радиус орбиты $r = (L+R) \cos \alpha$

$$a_n = \omega^2 r = \omega^2 \cos \alpha \cdot (L+R)$$

$$\text{и.е. } T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 \cos^2 \alpha \cdot (L+R)$$

$$\text{Ответ: 1) } T_1 = mg \sin \alpha \quad 2) T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha = m(g \sin \alpha + (L+R) \omega^2 \cos^2 \alpha)$$

при н.г. (габариты 10^5 Па и $T_0 = 0^\circ \text{C}$), раз замкнутом $22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = k_0$
 молекулы $\frac{PV}{RT} = \text{const} = \frac{V}{M} \cdot \frac{P}{T} = \text{const}$
 как-то так

$$k_0 \cdot \frac{P_0}{T_0} = k \cdot \frac{P}{T}$$

$$k = \frac{P_0 T k_0}{P T_0} = \frac{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} \cdot 10 \cdot (273+95)}{8,5 \cdot 273} = \frac{224 \cdot 10^2 \cdot 368}{85 \cdot 273 \cdot \text{моль}} =$$

$$= \frac{64 \cdot 368}{17 \cdot 39 \cdot \text{моль}} = \frac{2^{10} \cdot 23}{3 \cdot 13 \cdot 17 \cdot \text{моль}} \approx \frac{2^{4.5} \cdot 13 \cdot 23}{3 \cdot 13 \cdot 17} \approx \frac{2^{6.5} \cdot 23}{3^2 \cdot 23} =$$

$$= \frac{2^{6.5} \cdot 11}{99} \approx \frac{2^{5.5} \cdot 11}{100} = \frac{2^5 \cdot 11}{10} = \frac{352}{10} = 35,2 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

$$\rho_n = \frac{\mu}{k} \approx \frac{18,2}{35,2} \approx \frac{2}{21} = \frac{1}{2000} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

плотность газа

$$\frac{\rho_n}{\rho} \approx \frac{1}{2000} = \frac{1}{2000} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \text{ изначальная масса газа}$$

$$2) \frac{V_n}{V_0} = \frac{V_n \rho_n \rho_0}{V_0 \rho_0 \rho_n} = \frac{m_n \rho_0}{m_0 \rho_n} \approx 2000 \cdot \frac{m_n}{m_0} = 2000 \cdot \frac{1}{(1-\frac{1}{\gamma}) M_0} =$$

$$= 2000 \cdot \frac{1}{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 2000 \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma} = \frac{2000}{\gamma-1} = \frac{2000}{4,7-1} = \frac{2000}{3,7} = \frac{20000}{37} \approx$$

$$\approx \frac{22000}{40} = \frac{1100}{2} = 550$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{1}{2000} ; 2) \frac{550}{1}$$

неблизко, я пересчитал более точно

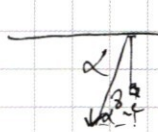
$$\frac{18}{35,2} \approx \frac{18}{35,1} = \frac{6}{11,7} = \frac{2}{3,9} = \frac{1}{1,95} \left(\frac{2}{11} \right)$$

$$\text{и поправил на } \frac{1}{2000}, \text{ а } \frac{1}{1950} \left(\frac{2}{11} \right)$$

$$\text{и, соответственно, } \frac{1950}{\gamma-1} = \frac{19500}{37} = \frac{19500 \cdot 54}{1968} \approx 10 \cdot 54 = 540$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{1}{1950} ; 2) \frac{540}{1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2} = 4\sqrt{3} \approx$$

$$\frac{0,5}{24} = \frac{0,5}{25} = \frac{0,1}{5} = \frac{1}{50}$$

$$(4\sqrt{3} + x)^2 + 4^2 = 2,5^2 \cdot (4\sqrt{3}^2 + 4^2)$$

$$48 + 8\sqrt{3}x + x^2 + 16 = 6,25 \cdot (16 + 48)$$

$$x^2 + 8\sqrt{3}x = 5,25 \cdot 64 = 10,5 \cdot 32 = 21 \cdot 16 = 16 + 320 = 336$$

$$\frac{16}{35,2} = \frac{16}{35,1}$$

$$x^2 + 8\sqrt{3}x - 336 = 0$$

$$\frac{D}{4} = 48 + 336 = 384 = 2^2 \cdot 96 = 4^2 \cdot 24 = 8^2 \cdot 6 = (8 \cdot 2)^2$$

$$x = \frac{-8\sqrt{3} \pm 8\sqrt{6}}{2} = 8(\sqrt{6} - \sqrt{3}) = 8\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1) \approx 5,4$$

$$\frac{8\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}{10} = 0,8\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1) \approx 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,4 = 0,544 \approx 0,5$$

$$1,4^2 = 0,16 + 1 + 0,8 = 1,96$$

$$1,2^2 = 0,49 + 1 + 1,4 = 2,89$$

$$1,6^2 = 0,64 + 1 + 1,6 = 3,24$$

$$\frac{1950}{3,7} = \frac{19500}{37}$$

$$\begin{array}{r} 0,4 \\ \times 0,8 \\ \hline 3,2 \\ \times 1,2 \\ \hline 0,32 \\ \times 1,2 \\ \hline 2,24 \\ + 3,2 \\ \hline 0,544 \end{array}$$

$$6,25 \cdot 48 = 12,5 \cdot 24 = 25 \cdot 12 = 50 \cdot 6 = 100 \cdot 3 = 300$$

$$5,25 \cdot 16 = 10,5 \cdot 8 = 21 \cdot 4 = 84$$

$$384 = 2^2 \cdot 96 = 4^2 \cdot 24 = 8^2 \cdot 6$$

$$4 \cdot 0,5 = 2$$

$$\frac{0,5}{19} = \frac{5}{190} = \frac{5}{200}$$

$$1,2 \cdot 1,4 = 1,7 + 1,4 + 0,68 + 0,98 = 3,1 + 1,66 = 4$$

$$= \frac{1}{40} = \frac{1}{50}$$

$$1,2 \cdot 1,4 = 1,2 \cdot 1 + 1,4 \cdot 0,4 = 1,2 + 0,68 = 2,38 \approx 2,4$$

$$\frac{5}{100} = \frac{1}{20}$$

$$(2,4)^2 = 2,4 \cdot 2,4$$

$$2,3^2 = 6,25$$

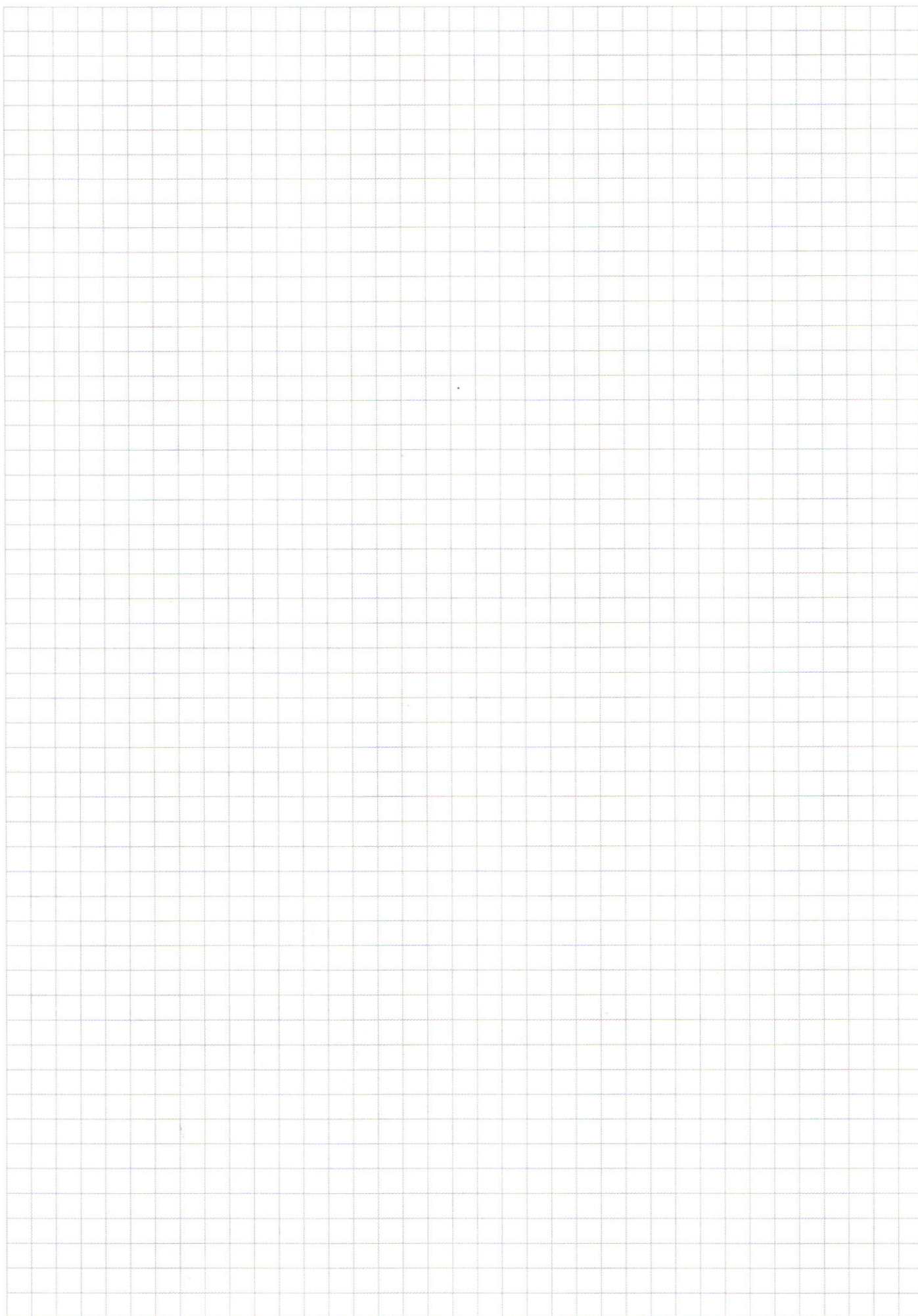
$$\begin{array}{r} 2,4 \\ \times 2,4 \\ \hline 9,6 \\ + 48 \\ \hline 5,76 \end{array}$$

$$224 = 2 \cdot 112 = 2^2 \cdot 56 = 2^3 \cdot 28 = 2^4 \cdot 14 = 2^5 \cdot 7$$

$$368 = 2 \cdot 184 = 2^2 \cdot 92 = 2^3 \cdot 46 = 2^4 \cdot 23$$

$$283 = 3 \cdot 91 = 3 \cdot 7 \cdot 13$$

12,34, 51, 68	37	71	108	145	182
69	1	2	3	4	5
83	112	50	50	51	52
	407	51	52	53	54
		1820	1852	1894	1931
					1968
					1950



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



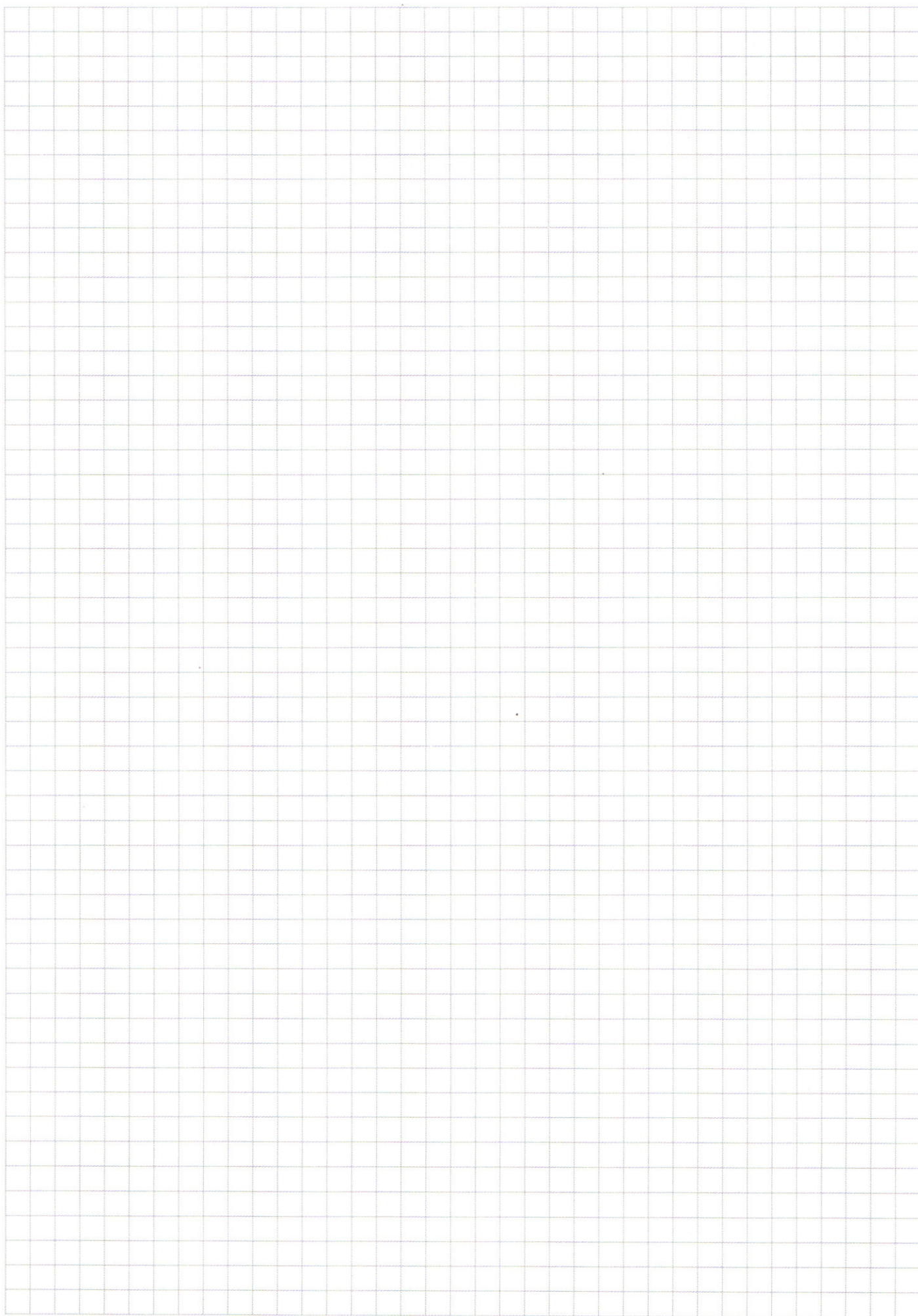
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



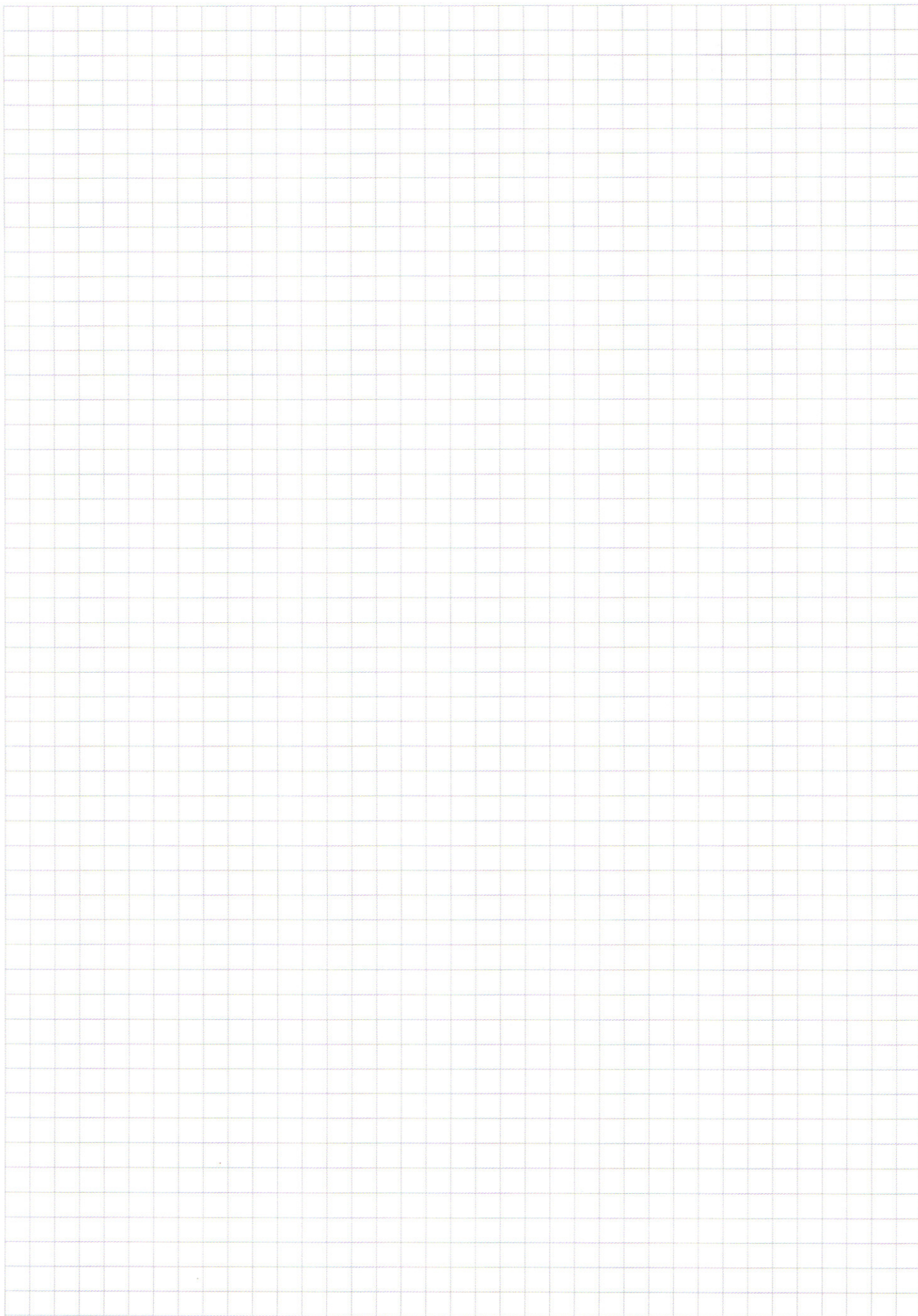
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)