

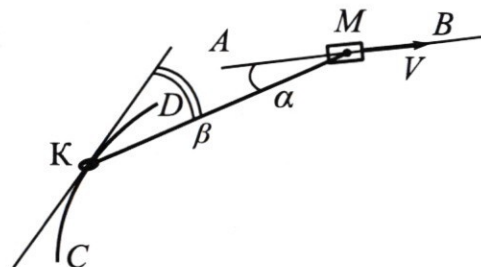
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

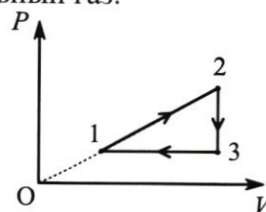
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

- 1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
- 2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

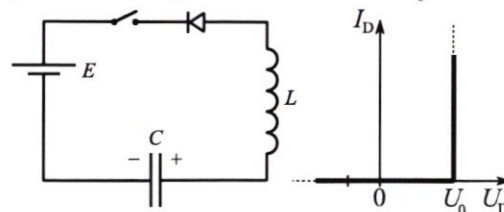
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

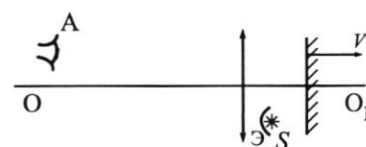


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $P = kV$

1-2) $P \uparrow, V \uparrow, T \uparrow$

2-3) $P \downarrow, V = \text{const}, T \downarrow$

3-1) $V \downarrow, P = \text{const}, T \downarrow$

1) $Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} VR \Delta T_{23}$

2) $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} VR \Delta T_{31} + VR \Delta T_{31} = \frac{5}{2} VR \Delta T_{31}$

$C_{23} = \frac{\Delta U_{23}}{VR \Delta T_{23}} = \frac{3}{2} R$

$C_{31} = \frac{Q_{31}}{VR \Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} = 0,6$

2) $PV = kT^2 = \nu RT$

$dU = \frac{3}{2} \nu R dT$

$dA = P dV = \frac{k}{2} d(V^2) = \frac{1}{2} \nu R dT$

$\frac{dU}{dA} = 3$

3) $A = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) = k (V_2 - V_1)^2 / 2$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{3} \Delta U_{12} = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2k (V_2^2 - V_1^2)$

$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{4(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{V_2 + V_1}{4(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)}$

$\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$; $\frac{U_{12}}{A_{12}} = 3$; $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

3) 1) $E = \frac{U}{d}$, $a = \frac{191E}{m} = \frac{191U}{dm}$

$d - 0,2d = \frac{at^2}{2}$, $at = V_1 \Rightarrow 0,8d = \frac{V_1^2}{2a}$, $a = \frac{V_1^2}{1,6d}$, $\frac{191}{m} = \frac{V_1^2}{1,6U}$

2) ~~$d - 0,2d = \frac{at^2}{2}$~~ , $at = 2V_1$, $T = \frac{2V_1 dm}{191U} = \frac{3,2d}{V_1}$

3) Ра бесконечно большим раст. от конг. потенциал равен 0, как и на равн. раст. от его обиваек, скорости част. в этом случае такие равны $0,5d - 0,2d = \frac{at^2}{2}$, $at = V_0 = \sqrt{2 \cdot 0,3ad} = \sqrt{\frac{3}{8}} V_1 \approx 0,63 V_1$

Ответ: $\frac{191}{m} = \frac{V_1^2}{1,6U}$, $T = \frac{3,2d}{V_1}$, $V_0 = 0,63 V_1$

5) Зеркало создаёт мнимое изображение источника света с раст. до линзы $f_1 = 2n - d = 2(\frac{6F}{5} + Vt) - \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5} + 2Vt$, n - раст. от линзы до зеркала, t - время

1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_1(t)}$, $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{9F}} = \frac{9F}{4}$

2) $\frac{1}{F} = \frac{1}{f(t)} + \frac{1}{f_1(t)}$, $f(t) = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{9F}{5} + 2Vt}}$, $f'(t) = - \frac{2V}{(\frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{9F}{5} + 2Vt})^2 (\frac{9F}{5} + 2Vt)^2}$

$f'(0) = - \frac{25V}{8}$

$\frac{h(t)}{h_0} = \frac{f(t)}{f_1(t)} = \frac{f(t)}{F} - 1$

~~$h(0) = \frac{8F}{15} (-\frac{25V}{8F})$~~

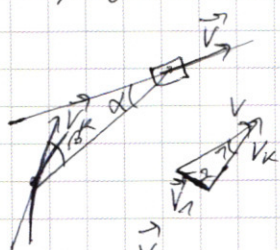
$h'(0) = \frac{h_0}{F} f'(0) = -\frac{8}{15} \cdot \frac{25V}{8} = -\frac{5}{3} V$

$\sin \alpha = \frac{h'(0)}{f'(0)} = \frac{8}{15}$

3) $v = \sqrt{f'^2(0) + h'^2(0)} = \sqrt{(\frac{5}{3})^2 + (\frac{25}{8})^2} = \frac{95}{24} V$

Ответ: $f = \frac{9F}{4}$, $\sin \alpha = \frac{8}{15}$, $v = \frac{95}{24} V$

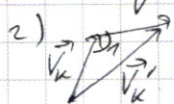
- 1) 1) В системе отсчёта, связанной с мюонами, скорость колёса должна быть направлена перп. тропе, а в исходной сист. отсчёта по касательной к дуге. $\vec{V}_K = \vec{V}_1 + \vec{V}$, где V_K это скорость колёса, а V_1 перп. тропе.



$$L_1 = \alpha + \beta \quad L_2 = 90 - \beta \quad L_3 = 180 - L_1 - L_2 = 90 - \alpha$$

$$\frac{V}{\sin L_2} = \frac{V_K}{\sin L_3}$$

$$V_K = V \frac{\sin(90 - \alpha)}{\sin(90 - \beta)} = \frac{4}{5} \cdot \frac{77}{8} V = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$V_K'^2 = V_K^2 + V^2 - 2 V_K V \cos L_1 = 12,64$$

$$V_K' = 4,2 - \text{скорость колёса отн. мюонов}$$

Ответ: $V_K = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $V_K' = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

4) 1) $E + \frac{q}{\epsilon} = I' L = -q'' L$

$$(q + \frac{E\epsilon}{L})'' L + (q + E\epsilon) \frac{1}{L} = 0 \Rightarrow q + E\epsilon = A \sin(\sqrt{\frac{1}{LC}} t + \varphi)$$

$$\frac{q_0}{\epsilon} = U_1 \Rightarrow U + E = (U_1 + E) \cos \frac{t}{\sqrt{LC}}$$

$$I = q' = (U_1 + E\epsilon) \sqrt{\frac{1}{LC}} \sin(\sqrt{\frac{1}{LC}} t)$$

$$I'(0) = \frac{U_1 + E\epsilon}{LC} = \frac{U_1 + E}{L} = 37,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) I_{\text{max}} = (U_1 + E) \sqrt{\frac{\epsilon}{L}} = 0,075 \text{ А}$$

Ответ: $I'(0) = 37,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$, $I_{\text{max}} = 0,075 \text{ А}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$V_1 = V \cos \alpha$
 $V_2 = V \cos \beta$
 $\gamma = \alpha + \beta$
 $\angle 1 = \alpha + \beta$
 $\angle 2 = 90 - \beta$
 $\angle 3 = 180 - \angle 1 - \angle 2 = 90 - \alpha$

$V_K = V \cdot \frac{\sin(90 - \alpha)}{\sin(90 - \beta)} = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} V = 1,7 V = 3,4 \frac{м}{с}$

2) $V_K'^2 = V^2 + V_K^2 - 2 V V_K \cos(\alpha + \beta) =$
 $= V^2 + V_K^2 - 2 V V_K (\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}) =$
 $= 4 + 3,4^2 + 4 \cdot 3,4 \cdot \frac{13}{5 \cdot 17} = 4 + 11,56 + 2,08 = 17,64$
 $V_K' = \sqrt{17,64} = 4,2$

3) $F =$

$T = m a \cos(\beta - \varphi) = \frac{V_K^2 \sin \beta}{R}$
 $= \frac{V_K^2 \sin \beta}{R} - \frac{V_K^2 \sin \gamma}{R}$
 $= \frac{V_K^2 m}{R} (\sin \beta - \sin \gamma) = \frac{3,4^2 \cdot 0,4}{17} \cdot \frac{15}{17} (\frac{15^2}{17^2} - 1)$

2) $QV = \nu RT$

1) 1-2: $T \uparrow, p \sim V, T \sim V^2$
2-3: $T \downarrow, p \sim T, \Delta U = Q, C_{2-3} = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$
3-4: $T \downarrow, V \sim T, \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = Q$
 $\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = 0,6$

2) $p = \rho v$
 $\rho v^2 = \nu R T$
 $dA = p dv = \frac{\rho}{2} dv^2 = \frac{\nu R}{2} dT$
 $dU = \frac{3}{2} \nu R dT$
 $\frac{dU}{dA} = \frac{\frac{3}{2} \nu R}{\frac{\nu R}{2}} = 3$

3) $Q_K = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{4}{3} \Delta U_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$
 $A = \frac{1}{2} (V_2 - V_1)(p_2 - p_1)$
 $\eta = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{4(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{(n-1)^2}{4(n^2-1)} =$
 $= \frac{n-1}{4(n+1)} n = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(n+1)}$
 $\eta_{max} = \frac{1}{4}$

$$3.1) E = \frac{u}{d}$$

$$a = \frac{1914}{dm}$$

$$d = 0,2d = \frac{at^2}{2}, at = V_1$$

$$0,8d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{1914}{dm} = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

$$V = \frac{191}{m} = \frac{V_1^2}{1,6u}$$

$$2) 0,8d = \frac{at^2}{2}$$

$$T = \sqrt{\frac{1,6d}{a}} = \sqrt{1,6d \cdot 1,6d / V_1^2} = \frac{1,6d}{V_1}$$

$$(1+n)^2 = 1,5$$

$$\sqrt{1,5} \approx 1,25$$

$$\sqrt{\frac{3}{8}} \approx 0,63$$

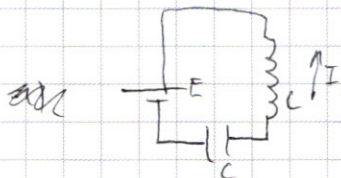
$$a = \frac{u}{d} \cdot \frac{V_1^2}{1,6u} = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

$$3) V_0 = at_0, 0,5d - 0,2d = \frac{at_0^2}{2}$$

$$0,3d = \frac{V_0^2}{2a}$$

$$V_0 = \sqrt{0,6da} = \sqrt{\frac{0,6}{1,6}} V_1 = \sqrt{\frac{3}{8}} V_1 \approx 0,63 V_1$$

4)



$$E + q/C = I'L = -q''L$$

$$(q + \frac{E}{C})''L + (q + \frac{E}{C})/C = 0$$

$$q + \frac{E}{C} = A \sin(\sqrt{\frac{1}{LC}}t + \varphi) \quad A = (u_1 + E)C$$

$$1) I(0) = \frac{u_1 + E}{L} = \frac{5+9}{0,4} = 37,5 \frac{A}{C}$$

$$I = -q' = -A\sqrt{\frac{1}{LC}} \cos(\sqrt{\frac{1}{LC}}t + \varphi) \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$2) I_{max} = (u_1 + E)\sqrt{\frac{C}{L}} = 15\sqrt{\frac{10^{-9}}{4}} = 15 \cdot \frac{\sqrt{10}}{2} = 15 \cdot \frac{3,16}{2} = 23,7$$

$$= 0,075 A$$

$$I = (u_1 + E)\sqrt{\frac{C}{L}} \sin \sqrt{\frac{1}{LC}}t$$

$$3) \frac{\pi}{\sqrt{LC}} = \frac{\pi}{2} + \pi n \rightarrow u + E = 0$$

5)



$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{\frac{6F}{5} + \frac{6F}{5} - \frac{3F}{5}} = \frac{1}{F} + \frac{5}{9F}$$

$$f = \frac{9}{4}F$$

$$2) \frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{2(\frac{6F}{5} + Vt) - \frac{3F}{5}}$$

$$h = \frac{8F}{15}$$

$$\frac{h}{F} = \frac{\frac{8F}{15}}{2(\frac{6F}{5} + Vt) - \frac{3F}{5}} = \frac{8F}{15} \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{F} \right)$$

$$h = \frac{8}{15}F - \frac{8F}{15}$$

$$h'(0) = \frac{8}{15}f(0) = -\frac{5}{3}V$$

$$f'(0) = -\frac{2V}{(\frac{1}{F} - \frac{5}{9F})^2 (\frac{2F}{5})^2} = -\frac{2V}{(\frac{2}{3} - 1)^2} = -\frac{2V}{\frac{1}{9}} = -18V$$

$$\sin \alpha = \frac{h'(0)}{f'(0)} = \frac{-\frac{5}{3}V}{-18V} = \frac{5}{54} = \frac{8}{75}$$

$$3) u = \sqrt{f'(0)^2 + h'(0)^2} = V \sqrt{(\frac{5}{3})^2 + (\frac{25}{8})^2} = V \sqrt{\frac{25}{9} + \frac{625}{64}} = V \sqrt{\frac{1600 + 5625}{9 \cdot 64}} = V \sqrt{\frac{7225}{576}} = V \cdot \frac{\sqrt{7225}}{24} = \frac{95}{24}V$$



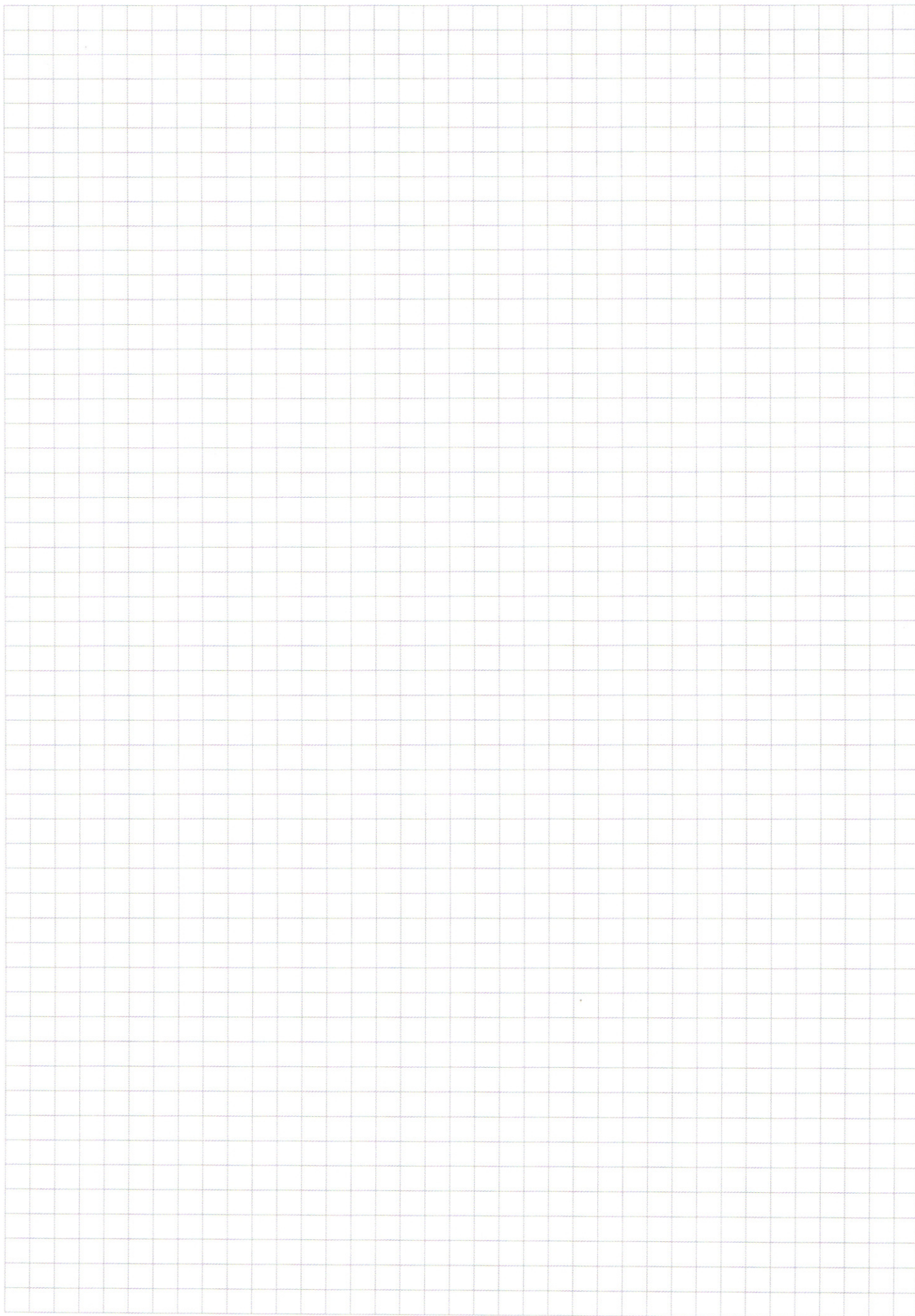
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



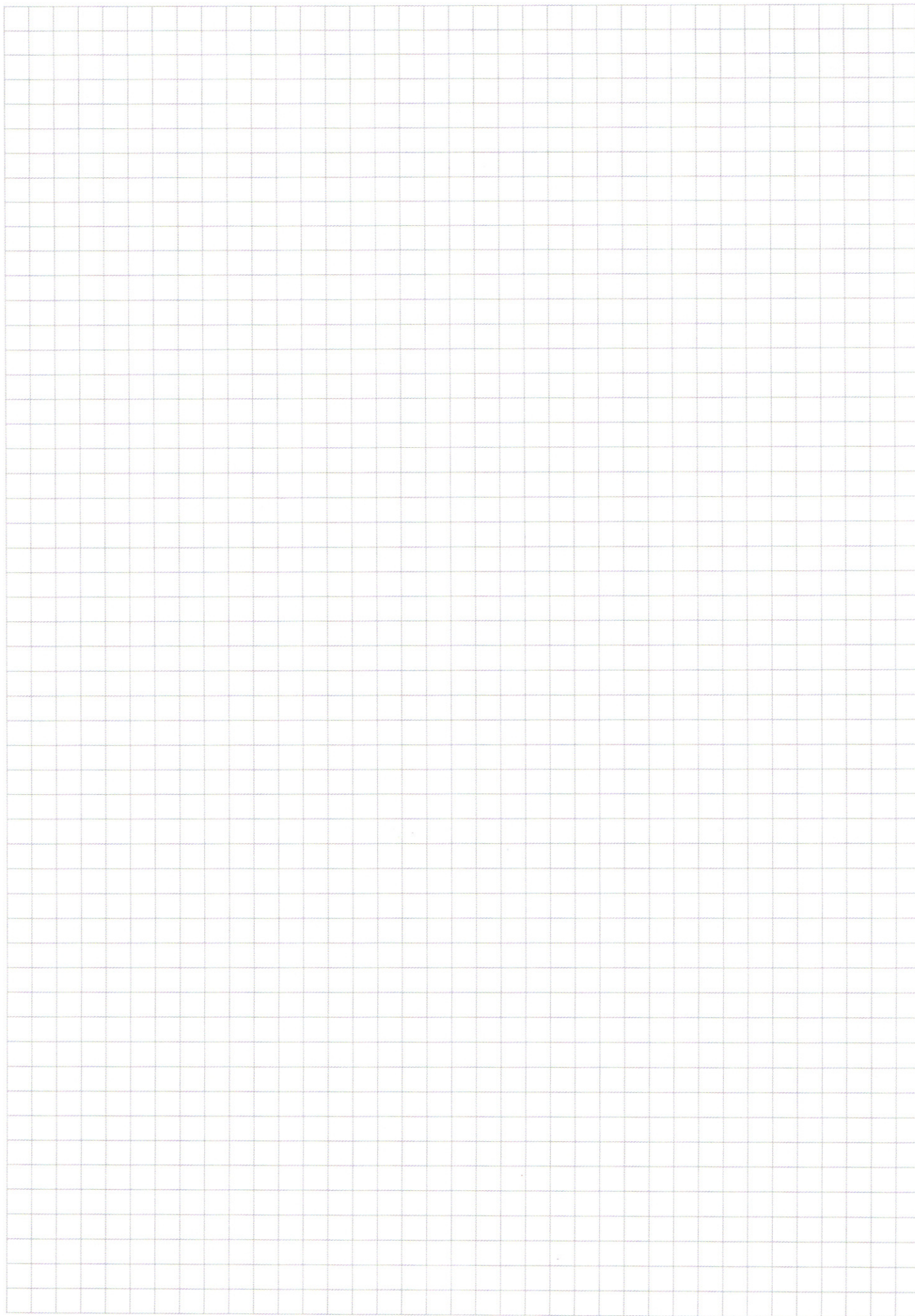
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



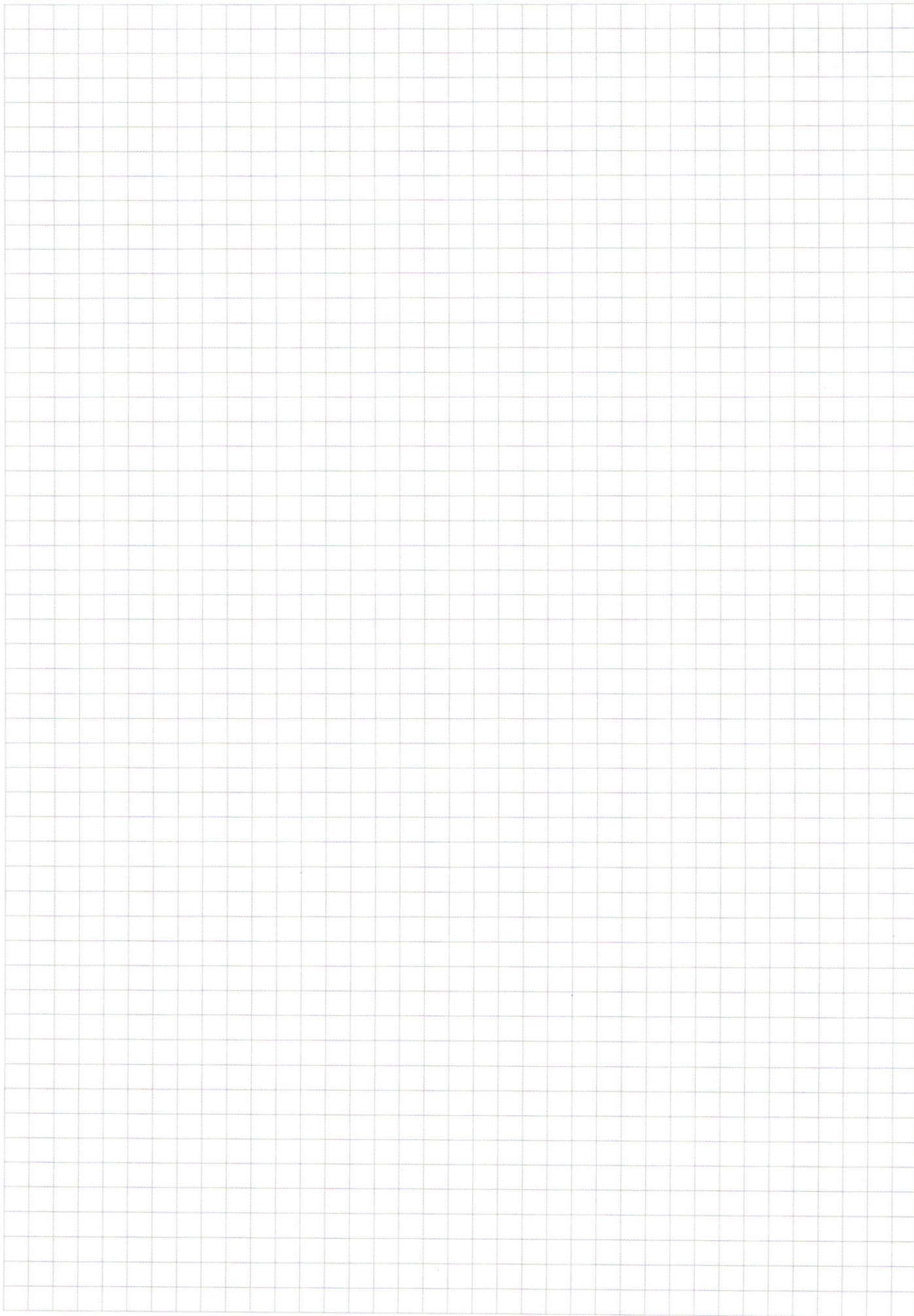
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)