

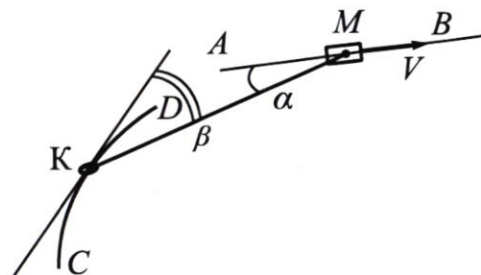
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

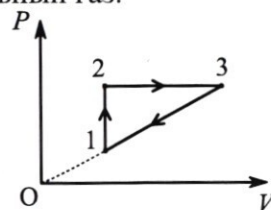
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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 повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

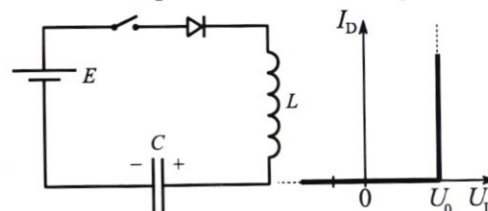
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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 $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ 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.



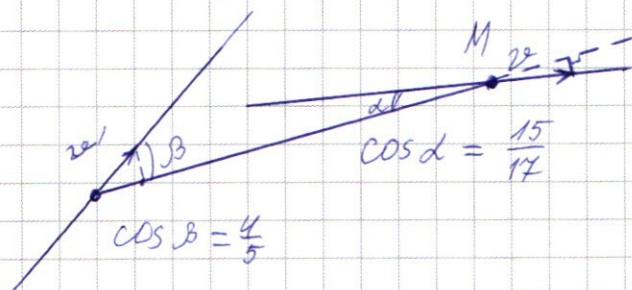
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A 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

№1



$$1) v' \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$v' = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5 \text{ км/ч}}{17 \cdot 4} = 45 \text{ км/ч}$$

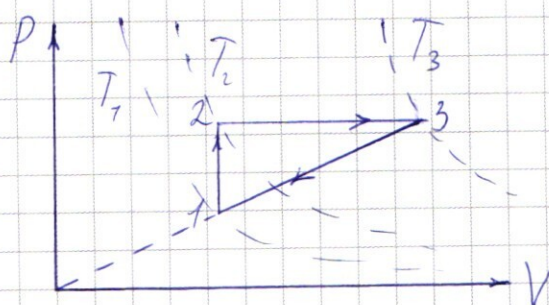
2) Относительно шуртки камень движется по окр.
с шурткой в центре: $v_{\text{отн}} = v' \cdot \sin \beta$

$$\sin \beta = \frac{3}{5} \quad v_{\text{отн}} = 15 \cdot 3 \text{ км/ч} = 45 \text{ км/ч}$$

$$3) \text{ Из п. 2 получаем: } F = a m = \frac{v_{\text{отн}}^2}{R L} \cdot m = \frac{v_{\text{отн}}^2 \cdot 3}{5 R} \cdot m =$$

$$= \frac{(0,45 \text{ м/с})^2 \cdot 3}{9,5 \text{ м}} \cdot 0,1 \text{ кг} = \frac{1215}{19} \cdot 10^{-4} \text{ Н} \approx 608 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

№2



1) Очевидно, что $T_1 < T_2 < T_3$

Найдём $\frac{C_{12}}{C_{23}}$

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} R T_1}{T_1 - T_2} = \frac{3}{2} R \text{ - работы нет}$$

$$C_{23} = \frac{\frac{3}{2} R T_2 + R T_2}{T_2 - T_3} = \frac{5}{2} R$$

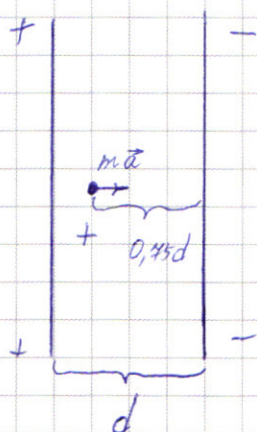
$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$2) Q = \frac{3}{2} \gamma R_0 T + \gamma R_0 T \quad A = \gamma R_0 T$$

$$\boxed{\frac{Q}{A} = 1 + \frac{3}{2} = \frac{5}{2}}$$

$$3) \boxed{\eta = \frac{A}{Q} = \frac{2}{5} = 0,4}$$

№3



$$1) 0,45d = \frac{aT^2}{2} \quad a = \frac{1,5d}{T^2}$$

$$\boxed{v_1 = aT = \frac{1,5d}{T}}$$

$$2) \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q}{m} \cdot \vec{E} = \gamma \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \gamma \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{1,5d}{T^2}$$

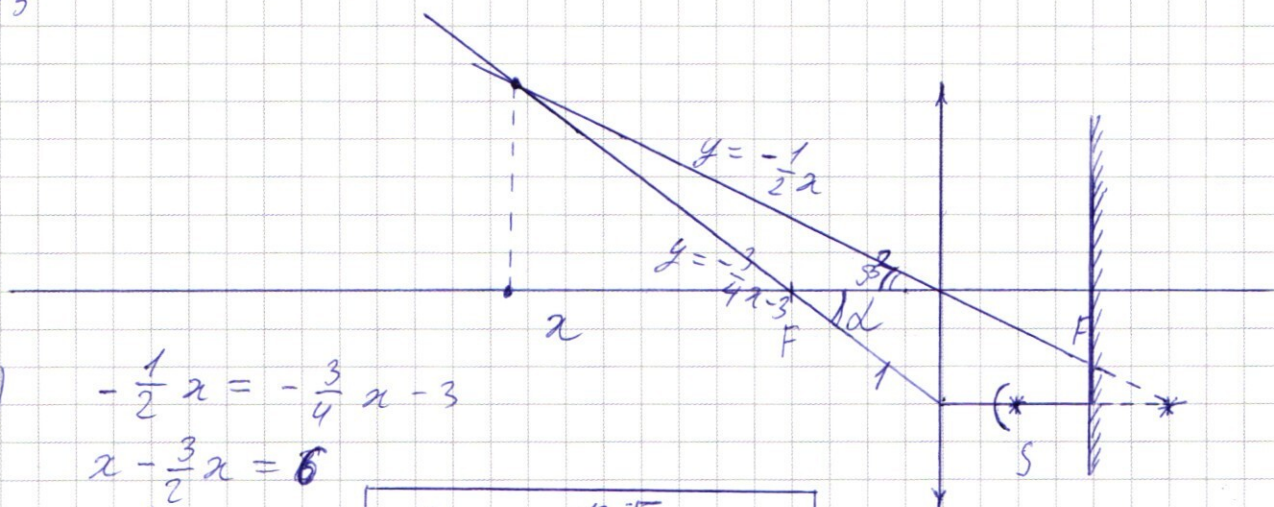
$$\boxed{Q = \frac{1,5d}{T^2 \gamma} \cdot 2\epsilon_0 S}$$

3) Вне конденсатора на расстоянии, сравнимом с d , на оси симметрии поле можно считать однородным. ^{т.к. $d \ll \sqrt{S}$} Поле, создаваемое обкладками $|\vec{E}| = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ — для каждой обкладки отличается по направлению вне к-ра $\Rightarrow$ компенсируется ($E_{\text{сум.}} = 0$)

На расстоянии, сравнимом с $\sqrt{S}$ можно пренебречь разницей расстояний до обкладок (d), т.к. $d \ll \sqrt{S} \Rightarrow E \rightarrow 0 \Rightarrow \boxed{v_2 = v_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5



$$1) \quad -\frac{1}{2}x = -\frac{3}{4}x - 3$$

$$x - \frac{3}{2}x = 6$$

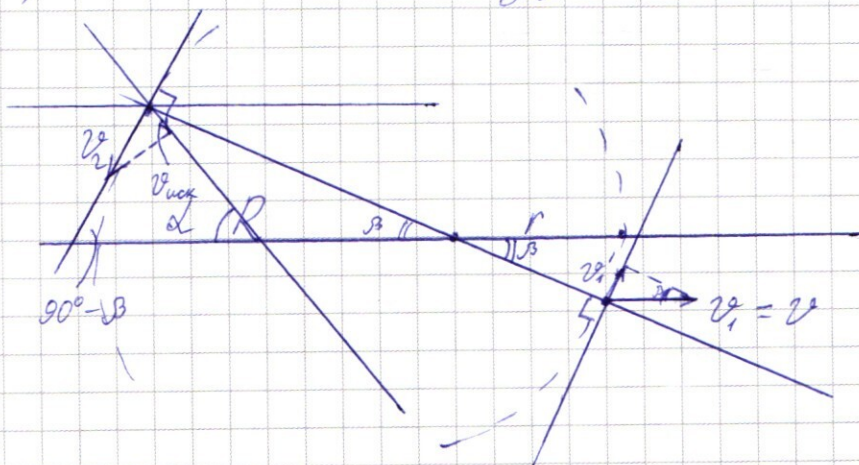
$$-\frac{1}{2}x = 8$$

$$L = |x| = \frac{12}{4} F = 3 F$$

2) Траектория 1 не зависит от расстояния до зеркала, а изображение принадлежит ей:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$$

3) Рассмотрим следующую конструкцию:



$$v_2' = v_1 \cdot \sin \beta$$

$$v_2 = v_1' \cdot \frac{R}{r} = v_1 \cdot \sin \beta \cdot \frac{R}{r}$$

$$v_{ux} = v_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha - (90^\circ - \beta)) = v_2 \cdot \cos(90^\circ + \beta - \alpha)$$

$$\sin B = \frac{1}{\sqrt{5}} \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{2}{\sqrt{5}} \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

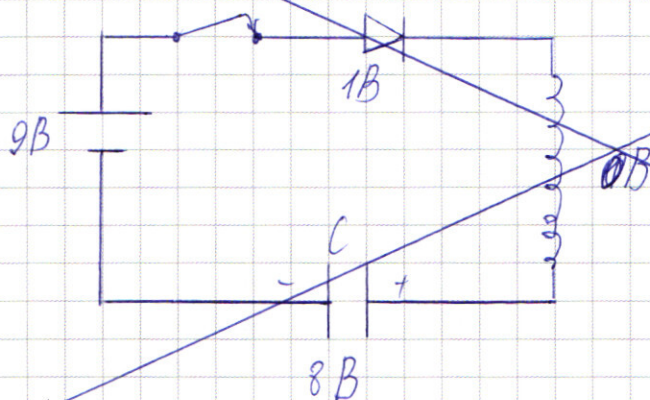
$$v_{\text{max}} = v \cdot \sin \beta \cdot \frac{R}{r} \cdot (\cos \beta \cdot \sin d - \sin \beta \cdot \cos d) =$$

$$= 22 \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{3F}{1.5F} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{5}} \cdot \frac{3}{5} - \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{4}{5} \right) = 22 \cdot \left(\frac{6-4}{25} \right) = \frac{4}{25} 22 = \underline{\underline{0.16 \cdot 22}}$$

№ 4

1) Катушка "стремится" сохранить ток внутри себя $\Rightarrow \frac{dI}{dt} \rightarrow 0$

3) Рассмотрим составные:



3) Схема является аналогом колебательного контура с $E_{\text{эк}} = \frac{C(3V)^2}{2}$ $9V - 5V - 1V$
на 1V на -х-

Эту энергию передает источник ЭДС конденсатору

$$\frac{CU_2^2}{2} = \frac{C(5V)^2}{2} + \frac{C(3V)^2}{2} \cdot 2 \quad U_2 = \sqrt{34} \cdot 1V$$

2) Аналогично: $\frac{LI_{\text{max}}^2}{2} = \frac{C(3V)^2}{2}$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C \cdot 9}{L}} \cdot 1V = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{0,1}} \cdot 1A = \sqrt{4 \cdot 9 \cdot 10^{-4}} \cdot 1A = 0,06A$$

3) Схема является аналогом колебательного контура (только в одну сторону), причем начальное напряжение на катушке 3V. КК перейдет в симметричное состояние, после чего диод закроется.

$$U_2 = 5V + 3V \cdot 2 = 11V$$

2) При этом энергии КК $E = \frac{C(3V)^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L} \cdot 9V^2} = \sqrt{4 \cdot 9 \cdot 10^{-4}} = 0,06A$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0,45 = \frac{45}{100}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 45 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\frac{2025 \cdot 10^{-5} \cdot 3}{1,9 \cdot 5} = \frac{405 \cdot 10^{-5} \cdot 3}{1,9} = \frac{1215}{1,9} \cdot 10^{-4}$$

1-2

$$C = \frac{\frac{3}{2} \cancel{\gamma} R \Delta T}{\cancel{\gamma} \Delta T} = \frac{3}{2} R$$

$$p \Delta V = \gamma R \Delta T$$

$$C = \frac{\frac{3}{2} \cancel{\gamma} R \Delta T + \cancel{\gamma} R \Delta T}{\cancel{\gamma} \Delta T} = \frac{5}{2} R$$

$$0,45 d = \frac{a T^2}{2}$$

$$\frac{1,5 d}{T^2} = a$$

$$v_1 = a T = \frac{1,5 d}{T}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F = q E$$

$$[E] = \frac{K \cdot \mu}{C \cdot K_1} = k \frac{q}{r^2}$$

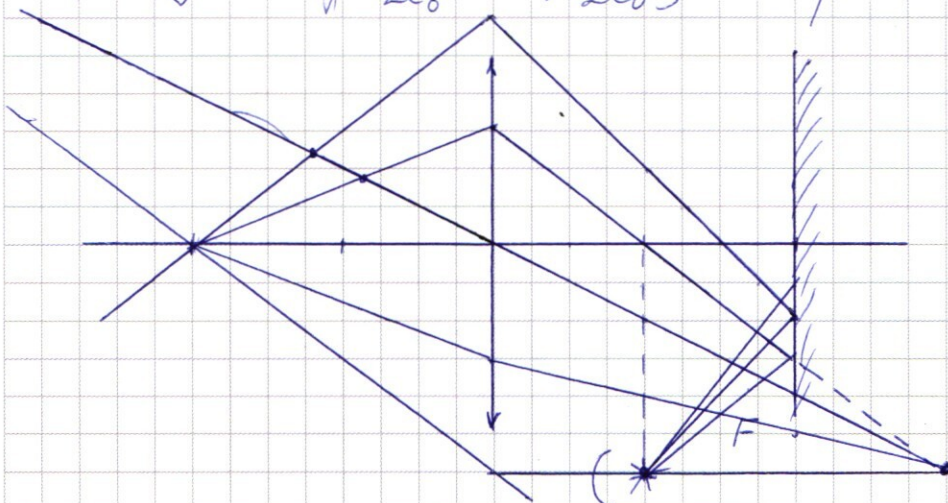
$$E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0 \epsilon}$$

$$a = \frac{\cancel{\gamma} q E}{m}$$

$$= \gamma \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$$

$$= \gamma \frac{Q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{1,5 d}{T^2}$$

$$Q = \frac{1,5 d}{T^2 \gamma} \cdot 2 \epsilon_0 S$$

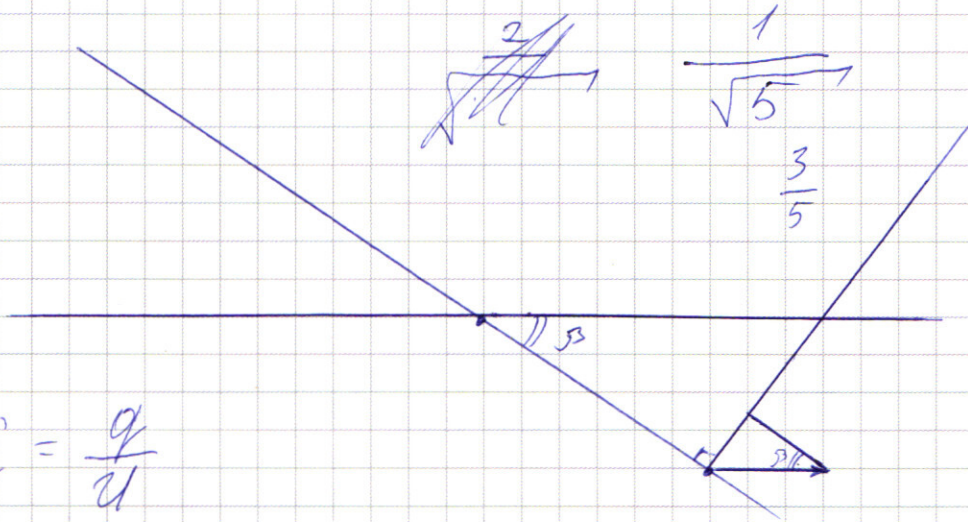


$$y = -\frac{3}{4}x - \frac{3}{4}F \quad \cancel{y = -\frac{3}{4}x} \quad y = \frac{-\frac{3}{4}F}{1,5F + 220t} x$$

$$\frac{3}{4}(x + F) = \frac{3F}{6F + 80} x \quad F = \left(\frac{3F}{6F + 80} - \frac{3}{4} \right) x$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-F \left(\frac{3F}{6F + 8\alpha g t} - \frac{3}{4} \right) \Delta t}{3F - \frac{9}{2}F - 6\alpha g t} =$$

$$= - \frac{F(\cancel{6F} + 32V)}{(1.5F + 62V)t} = 4 \frac{F}{t} - \frac{\cancel{32FV}}{(3F + 122V)t}$$



$$C = \frac{q}{v}$$

$$L I^2 \quad R = \frac{U(t)}{I(t)} \quad U = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \cdot \int I(t) dt$$

R 4 $35 + 8 = 43$

$$\frac{CH^2}{2}$$

$$\frac{121 - 25}{2} \quad \frac{(96B^2)}{2}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C \cdot 96 B^2}{\gamma}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-4} \cdot 96}$$



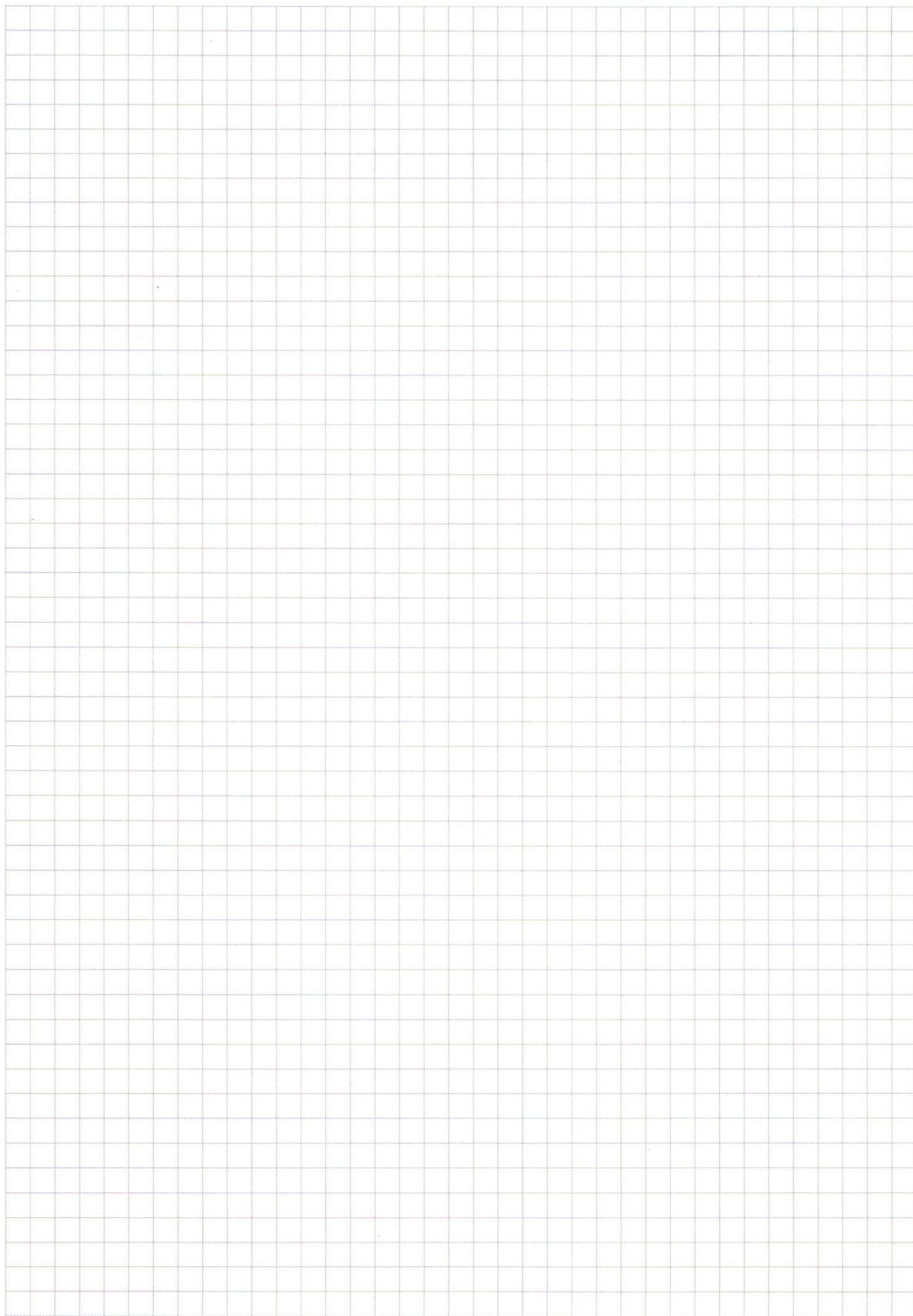
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

