

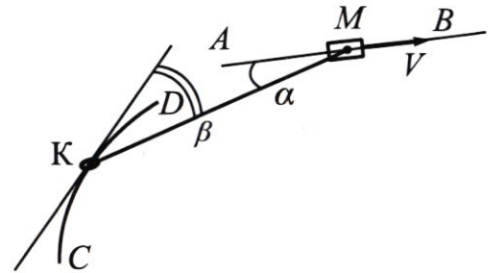
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

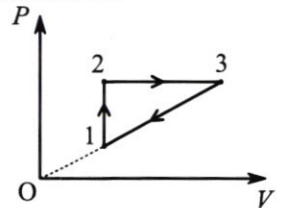
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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 $\frac{q}{m} = \gamma$.

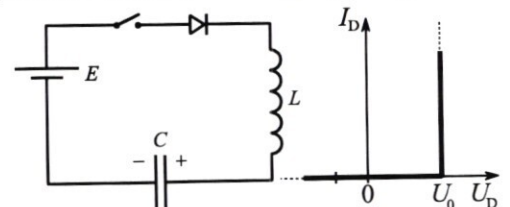
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

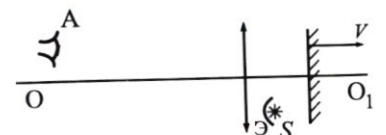
Ключ замыкают.

- 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 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 $3F/4$ 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 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

- 1) Нить нерастяжима $\Rightarrow$ проекция скорости
из конуса на ось $\parallel$ ей равна.

$$U \cos \beta = V \cos \alpha; U = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} = 75 \text{ см/с.}$$

U - скорость колебаний в лабораторной системе отсчета.

$$2) U_{отн}^2 = (U \sin \beta + V \sin \alpha)^2 + (U \cos \beta - V \cos \alpha)^2 =$$

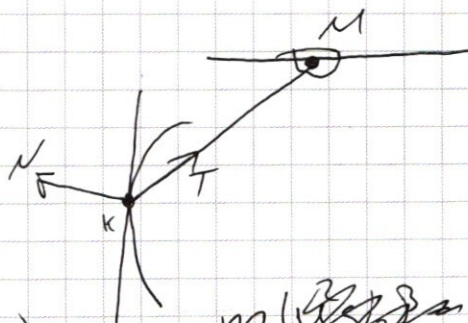
$$= (U \sin \beta + V \sin \alpha)^2$$

$$U_{отн} = U \sin \beta + V \sin \alpha = 75 \cdot \frac{3}{5} + 68 \cdot \frac{8}{17} = 45 + 32 = 77 \text{ см/с.}$$

$U_{отн}$ - скорость колебаний относительно муфты

3) на

$$\begin{cases} \frac{mU^2}{R} = T \sin \beta - N \\ \frac{mU_{отн}^2}{\rho} = T - N \sin \beta \end{cases}$$

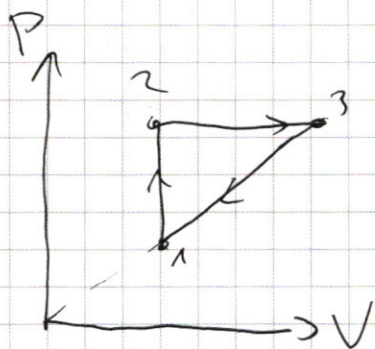


$$\frac{mU^2}{R} \sin \beta - \frac{mU_{отн}^2}{\rho} = T(\sin^2 \beta - 1); T = \frac{m(0,6U_{отн}^2 - U^2 \sin \beta)}{R \cos^2 \beta}$$

Ответ: 1) $U = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 75 \text{ см/с}$

2) $U_{отн} = V(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \tan \beta) = 77 \text{ см/с}$

3) $T = \frac{m}{R \cos^2 \beta} (0,6U_{отн}^2 - U^2 \sin \beta) = 1,5 \text{ мН}$



1) На 1-2 и 2-3 PV растет $\Rightarrow T$ растет.
 На 3-1 PV уменьшается $\Rightarrow T$ тоже уменьшается.

$$\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{\frac{i}{2}R}{\frac{i+2}{2}R} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{3+2} = 0,6$$

$$2) A_{2-3} = P_2(V_3 - V_2); Q_{2-3} = P_2(V_3 - V_2) + \frac{i}{2}R(T_3 - T_2) = \frac{i+2}{i} \cdot P_2(V_3 - V_2).$$

$$\frac{A_{2-3}}{Q_{2-3}} = \frac{P_2(V_3 - V_2)}{\frac{i+2}{i} \cdot P_2(V_3 - V_2)} = \frac{i}{i+2} = 0,6.$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{\frac{i}{2}VR(T_2 - T_1) + \frac{i+2}{2}VR(T_3 - T_2)} \quad \leftarrow \cancel{VR T_3 - VR T_1}$$

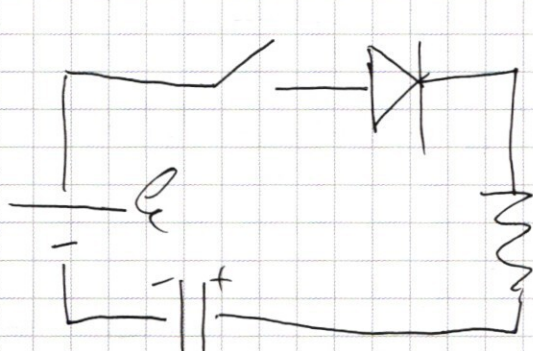
1-3 происходит через 0 $\Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_1}$; $P_3 = P_2 = \alpha P_1$
 $V_3 = \alpha V_1 = \alpha V_2$.

$$\eta = \frac{(\alpha - 1)^2}{5\alpha^2 - 2\alpha - 3} = \frac{\alpha - 1}{5\alpha + 3} = \frac{1}{5} - \frac{8}{25\alpha + 15} < 0,2.$$

Ответ: 1) $\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = 0,6$; 2) $\frac{Q_{2-3}}{A_{2-3}} = \frac{5}{3} = 1,67$

3) $\eta_n = 20\%$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№4

$$1) I = \frac{E - U_{d,0}}{R} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \text{ A}$$

$$I = \frac{E - U_{d,0}}{R} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \text{ A}$$

2+3) Если $I_{д,0}$ диода не $I_{д,0}$, то в системе происходят $I_{д,0}$ гармонические колебания.

Значит в начале дурит ток. Когда ток $I_{д,0}$ (когда напряжение на диоде становится меньше $U_{d,0}$) ток прекращается, и в системе происходят гармонические колебания. Когда ток $I_{д,0}$ становится больше $I_{д,0}$, ток снова падает, и в системе происходят гармонические колебания.

и в системе происходят гармонические колебания. Это происходит, когда конденсатор заряжен до $E - U_{d,0}$.

Значит в системе дурит гарм. кол-ва, пока ток не пойдет в обратном направлении, после этого система снова не дурит.

2) ~~в~~ $\mathcal{E} - U_0 - U_k = 0$; $I = I_{\max}$, то $I' = 0 \Rightarrow$

$\mathcal{E} - U_0 - U_k = 0$; $U_k = \mathcal{E} - U_0$.

$\rightarrow C(\mathcal{E} - U_0 - U_1) \cdot (\mathcal{E} - U_0) = \frac{L I_m^2}{2} + \frac{C(\mathcal{E} - U_0)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$

Решая
и отбрасывая $I_m^2 = \frac{C}{L} (\mathcal{E} - U_0 - U_1) (2\mathcal{E} - 2U_0 - \mathcal{E} + U_0 - U_1) =$

$= \frac{C}{L} (\mathcal{E} - U_0 - U_1) (\mathcal{E} - U_0 - U_1).$

$I_m = (\mathcal{E} - U_0 - U_1) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = (9 - 1 - 5) \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}}$

$= 3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 60 \text{ мА}.$

3) $(\mathcal{E} - U_0) \cdot C \cdot (U_2 - U_1) = \frac{L \cdot 0^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$

Решая
и отбрасывая $U_2^2 - U_2 \cdot 2(\mathcal{E} - U_0) - U_1^2 + U_1 \cdot 2(\mathcal{E} - U_0) = 0$

$U_2 = U_1$ ← начальная момент

В этот момент,
когда ток не $U_2 = 2\mathcal{E} - 2U_0 - U_1$ ← конечный момент.

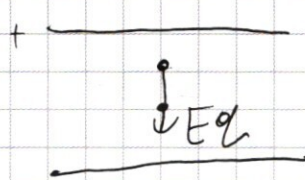
$U_2 = 2\mathcal{E} - 2U_0 - U_1 = 2 \cdot 9 - 2 \cdot 1 - 5 = 11 \text{ В}.$

Ответ: 1) $I = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L} = 30 \text{ А/с}$

2) $I_{\max} = (\mathcal{E} - U_0 - U_1) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 60 \text{ мА}.$

3) $U_2 = 2\mathcal{E} - 2U_0 - U_1 = 11 \text{ В}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma = Eq; a = E\gamma = \frac{\sigma\gamma}{\epsilon_0} = \frac{Q\gamma}{S\epsilon_0}$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{aT^2}{2}; a = \frac{3}{2} \cdot \frac{d}{T^2}$$

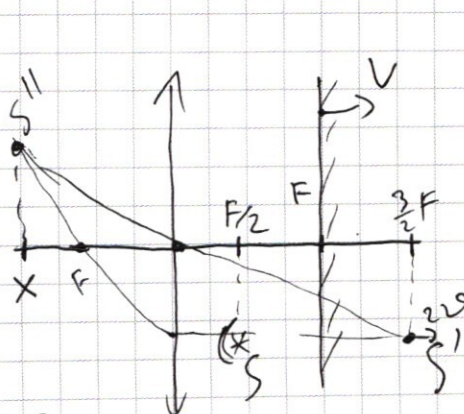
$$1) V_1 = aT = \frac{3d}{2T}$$

$$2) Q = \frac{a S \epsilon_0}{\gamma} = \frac{3d S \epsilon_0}{2\gamma T^2}$$

$$3) \text{ Вне конденсатора } E = 0 \Rightarrow a = 0$$

$$V_2 = V_1 = \frac{3d}{2T}$$

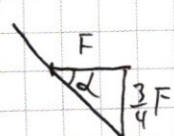
Отвѣт: 1) $V = \frac{3d}{2T}$; 2) $Q = \frac{3d S \epsilon_0}{2\gamma T^2}$; 3) $V_2 = \frac{3d}{2T}$



$$1) \frac{1}{x} + \frac{1}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{F}; x = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{3}{2}F - F} = 3F \Rightarrow OS'' = 2OS$$

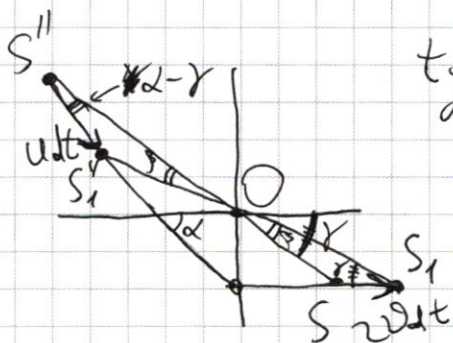
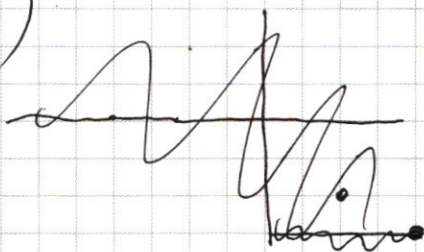
2) S' движется горизонтально со скоростью $2v$.

Значит луч пройдет $\parallel OO_1$ и пройдет через фокус F в любой момент времени. Значит S'' будет двигаться по нему.



$$\alpha = \arctg \frac{3}{4}$$

3)

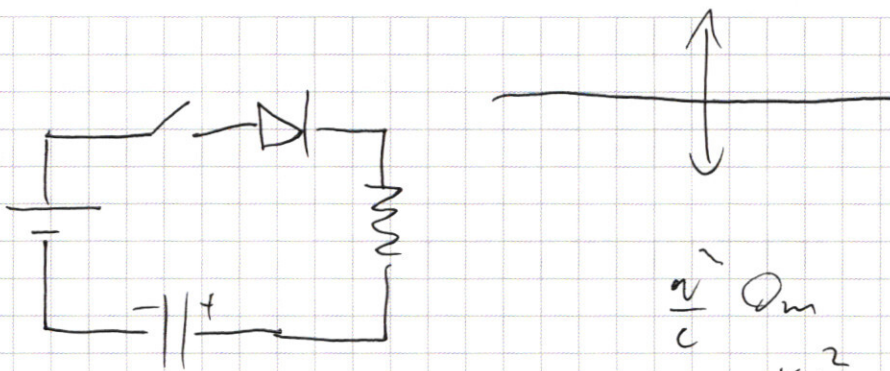


$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} u dt = OS'' \cdot \beta \\ 2v dt = OS \cdot \beta \end{array} \right. \quad u = \frac{OS''}{OS} \cdot 2v = 2v \cdot \frac{OS''}{\sqrt{F^2 + (\frac{3}{4}F)^2}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u dt}{\beta} = \frac{OS''}{\sin(\alpha - \gamma)} \\ \frac{2v dt}{\beta} = \frac{OS}{\sin \gamma} \end{array} \right. \quad \begin{aligned} u &= 2v \cdot \frac{OS''}{OS} \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha - \gamma)} = \\ &= 2v \cdot 2 \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \gamma} = \\ &= 4v \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2}} = 10v \end{aligned}$$

Отв: 1) $x = 3F$
 2) $\alpha = \arctg \frac{3}{4}$
 3) $u = 10v$



1) $\varepsilon - U_1 = LI$

$\frac{v}{c} Q_m$
 $c = \frac{k\lambda^2}{H \cdot M}$ $\frac{H \cdot M^2}{k\lambda^2}$

2) $(c(\varepsilon - U_1) - cU_1) \cdot \varepsilon = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{c\varepsilon^2}{2} - \frac{cU_1^2}{2}$

$I_m = \sqrt{\frac{2(c(\varepsilon - U_1) - cU_1) \cdot \varepsilon}{L}}$ $I_m^2 = \frac{c}{L} (\varepsilon - U_1)(2\varepsilon - \varepsilon - U_1)$

$I_m = (\varepsilon - U_1) \cdot \sqrt{\frac{c}{L}}$ $\frac{k\lambda^2}{H \cdot M^2}$

$(c(\varepsilon - U_0) - cU_1) \cdot \varepsilon = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{c(\varepsilon - U_0)^2}{2} - \frac{cU_1^2}{2}$

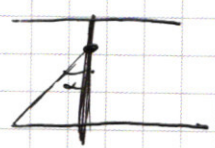
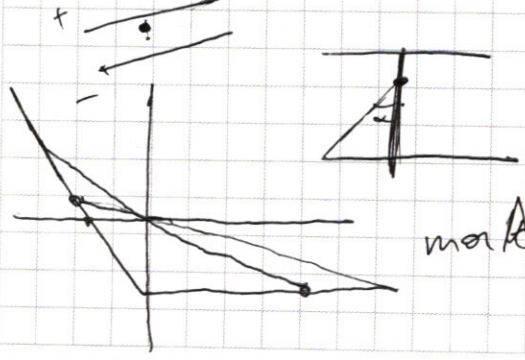
$I_m^2 = \frac{c}{L} (\varepsilon - U_0 - U_1)(2\varepsilon - \varepsilon - U_0 - U_1)$

$(\varepsilon - U_0) \cdot U_1 = \frac{L \cdot 0}{2} + \frac{cU_2^2}{2} - \frac{cU_1^2}{2}$ $\frac{H}{k\lambda}$

$U_2^2 - U_2 \cdot 2(\varepsilon - U_0) - U_1^2 + 2U_1(\varepsilon - U_0) = 0$

$U_2 = \frac{2\varepsilon - 2U_0 \pm \sqrt{(2\varepsilon - 2U_0)^2 + 4U_1^2 - 8U_1(\varepsilon - U_0)}}{2}$

$= \varepsilon - U_0 \pm (\varepsilon - U_0 - U_1) = \begin{cases} U_1 \\ 2\varepsilon - 2U_0 - U_1 \end{cases}$



$E = \frac{F}{q}$

$F = \sum \frac{L}{\sin \alpha}$

$\max A = \frac{\sigma \cdot q}{\varepsilon_0}$

$\frac{3}{4}d = \frac{\alpha F^2}{2}$ $\alpha = \frac{3}{2} \frac{d}{F^2}$



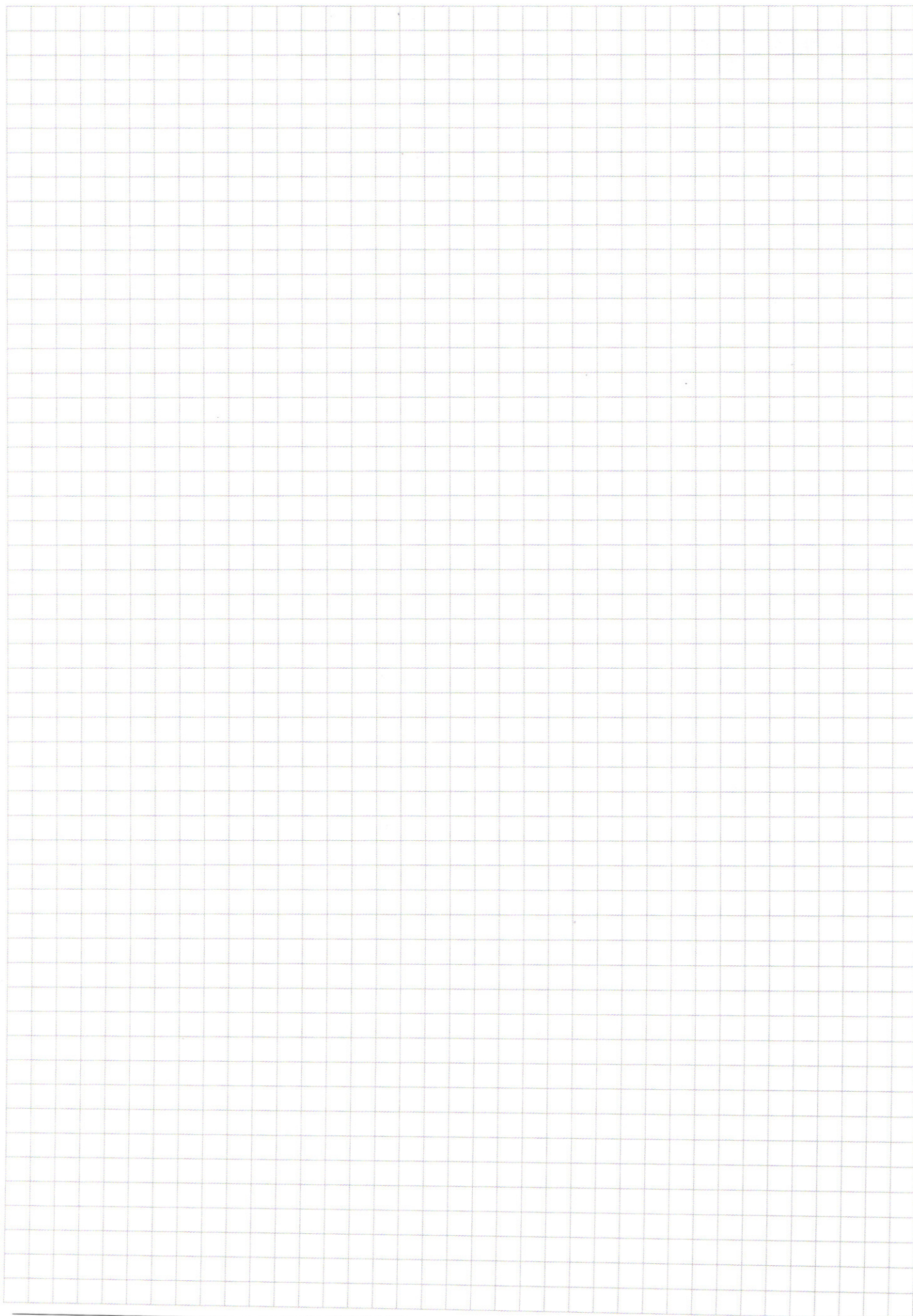
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)