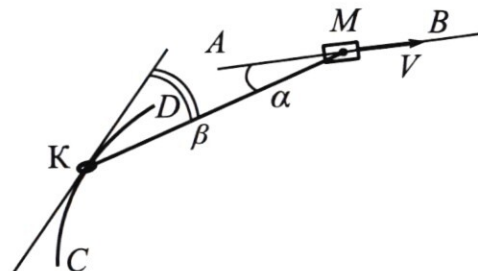


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

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

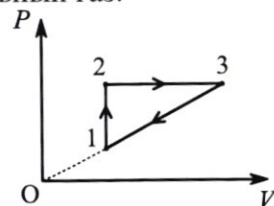
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

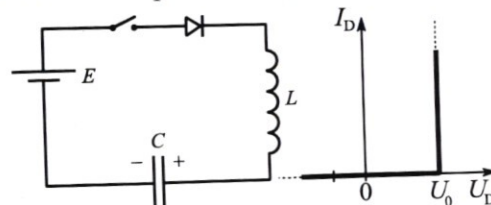
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

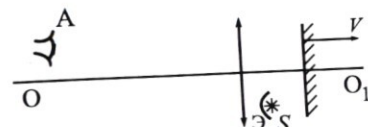
Ключ замыкают.

- 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

$$v = 68 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \mu$$

$$l = \frac{5R}{3}$$

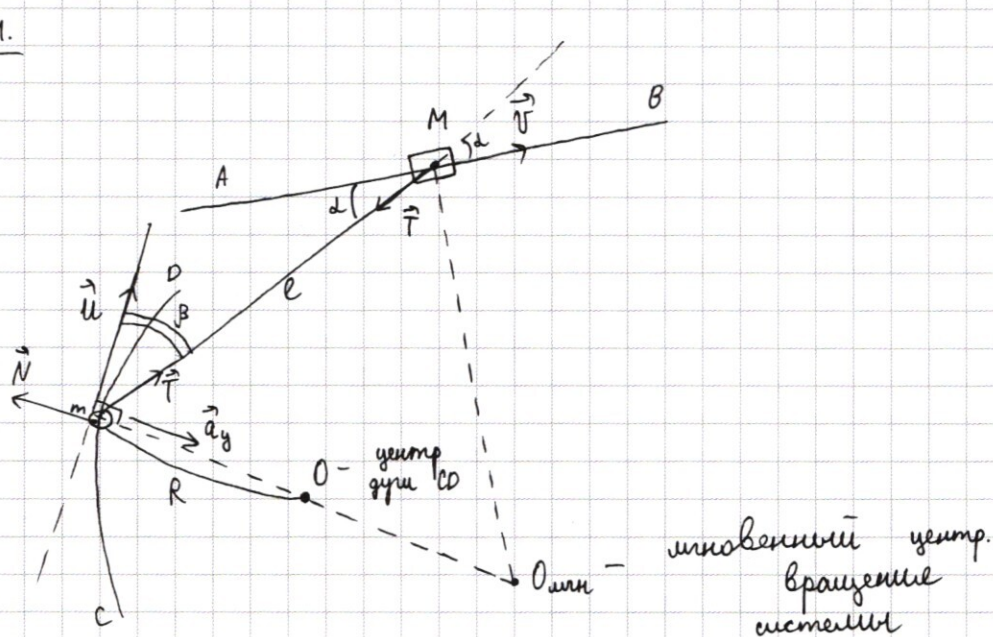
$$\cos d = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

1) $u = ?$

2) Name = ?

3) $T = ?$

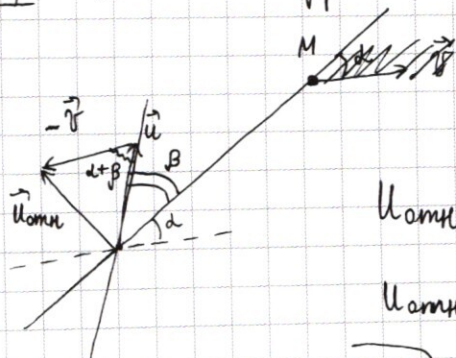


3) $T = !$ 1) Т.к. нить нерастяжима, то горизонт. проекции $\vec{r}$ и $\vec{a}$ вдоль нити должны быть равны:

$$V \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = r \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

2) В со мурты:



$$\vec{u}_{\text{orth}} = \vec{u} - \vec{v}$$

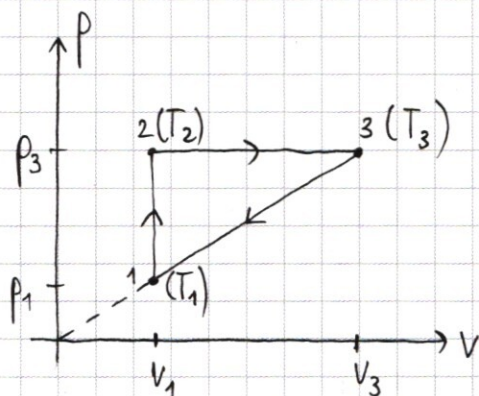
$$u_{\text{result}} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$U_{\text{ампл}} = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right)}$$

$$u_{army} = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{77^2} = 77 \frac{m}{s}$$

$$\begin{array}{r} \begin{array}{r} \times 45 \\ 45 \\ \hline + 375 \\ \hline 525 \\ \hline 5625 \\ \hline + 4624 \\ \hline 10249 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline + 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 36 \\ 120 \\ \hline 72 \\ + 36 \\ \hline 4320 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 47 \\ 47 \\ \hline 539 \\ + 539 \\ \hline 5929 \end{array} \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



N2.

1) 1-2: $\Delta T_{21} > 0$

2-3: $\Delta T_{32} > 0$

3-1: $\Delta T_{13} < 0$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$J \cdot C_{M12} \cdot \Delta T_{21} = \frac{3}{2} J R \cdot \Delta T_{21}$

$C_{M12} = \frac{3R}{2}$

$\frac{C_{M12}}{C_{M23}} = ?$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

$J C_{M23} \cdot \Delta T_{32} = p_3 (V_3 - V_1) + \frac{3}{2} J R \cdot \Delta T_{32}$

Ур-ние Менделеева - Клапейрона:

$\begin{cases} p_3 V_1 = J R T_2 \\ p_3 V_3 = J R T_3 \end{cases} \Leftrightarrow p_3 (V_3 - V_1) = J R \cdot \Delta T_{32}$

$J C_{M23} \cdot \Delta T_{32} = J R \cdot \Delta T_{32} + \frac{3}{2} J R \cdot \Delta T_{32}$

$C_{M23} = \frac{5}{2} R$

значит, $\frac{C_{M12}}{C_{M23}} = \frac{3R}{2} \cdot \frac{2}{5R} = \frac{3}{5}$

2) $Q_{23} = J C_{M23} \cdot \Delta T_{32} = \frac{5}{2} J R \cdot \Delta T_{32}$ $\Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$ | 2-3 - изобара

$A_{23} = p_3 (V_3 - V_1) = J R \cdot \Delta T_{32}$

3) $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$ (удов. условию Карно)

$T_{\min} = T_1$; $T_{\max} = T_3 \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{T_1}{T_3} = \frac{T_3 - T_1}{T_3}$

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}$

$\eta = \frac{A_{\text{кар}}}{Q_{\text{кар}}} = \frac{\frac{1}{2} (p_3 - p_1) (V_3 - V_1)}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{p_3 V_3 - p_3 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1}{2 \cdot \left(\frac{3}{2} J R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} J R (T_3 - T_2) \right)}$

$\eta = \frac{J R T_3 + J R T_1 - 2 p_3 V_1}{3 J R (T_2 - T_1) + 5 J R (T_3 - T_2)} = \frac{J R (T_3 + T_1 - 2 T_2)}{J R (3 T_2 - 3 T_1 + 5 T_3 - 5 T_2)} = \frac{T_1 + T_3 - 2 T_2}{5 T_3 - 3 T_1 - 2 T_2}$

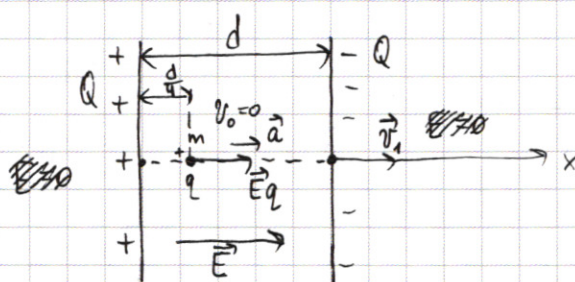
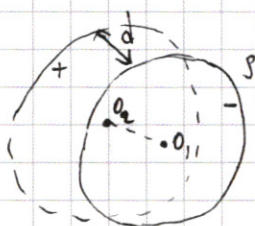
Максимум КПД будет, если:

$$\begin{cases} T_1 + T_3 - 2T_2 = T_3 - T_1 \\ 5T_3 - 3T_1 - 2T_2 = T_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = T_2 \\ 4T_3 = 5T_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1}{T_3} = \frac{4}{5}$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{5} = 20\%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) $\frac{5}{2}$; 3) 20%

N3.



$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

1) гв-е заряда внутри конденсатора равноускоренное:

$$\text{ОХ: } \begin{cases} V_1 = a \cdot T \\ \frac{3}{4}d = 0 + \frac{aT^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{3d}{2T^2} = \frac{aT^2}{2} \cdot \frac{1}{aT} = \frac{T}{2} \Rightarrow T = \frac{3d}{2T^2}$$

$$2) a = \frac{3d}{2T^2}$$

II з.Н. на ОХ: $Eg = ma \quad | : m$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \gamma = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow Q = \frac{3\epsilon_0 S d}{2\gamma T^2}$$

3) После того, как q вылетит, справедлив ЗСЭ:

$$\frac{kQq}{d} + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + 0 \quad (\text{на } \infty \quad W_{\text{ном}} \rightarrow 0)$$

$$\frac{2}{m} \cdot \frac{q \cdot 3\epsilon_0 S d}{4\pi \epsilon_0 d \cdot 2\gamma T^2} + v_1^2 = v_2^2$$

$$\frac{3\gamma S}{4\pi \gamma T^2} + \frac{9d^2}{4T^2} = v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{3S + 9\pi d^2}{4\pi T^2}$$

$$v_2 = \frac{1}{2T} \cdot \sqrt{\frac{3S}{\pi} + 9d^2}$$

$$\text{Ответ: 1) } v_1 = \frac{3d}{2T}; \quad 2) Q = \frac{3\epsilon_0 S d}{2\gamma T^2}; \quad 3) v_2 = \frac{1}{2T} \cdot \sqrt{\frac{3S}{\pi} + 9d^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4.

$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$
 $C = 40 \text{ мкФ}$
 $U_1 = 5 \text{ В}$
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$

1) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$
 2) $I_{\max} = ?$
 3) $U_2 = ?$

1) Сразу после замыкания К ток через L и напряжение на C скачком не изменяются
 $\Rightarrow U_C(0) = U_1$; $I_L(0) = 0 \Rightarrow$ тока нет во всей цепи.
 $W(0) = \frac{CU_1^2}{2}$

метод потенциалов

$U_L = \mathcal{E} - U_0 - U_1 = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$
 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) $U_L = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ (в любой момент времени)
 Ток будет расти, пока U_L не станет равно 0. $I \rightarrow \max$, если $U_L = 0$
 $W(t) = \frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C(\mathcal{E} - U_0)^2}{2}$

Заряд, прошедший через $\mathcal{E}$:

$q = C(\mathcal{E} - U_0) - CU_1 = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$

3СЭ: $A_5 = W(t) - W(0) + \mathcal{E}q$
 $\mathcal{E}q = \frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C(\mathcal{E} - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

$$2C\mathcal{E}(\mathcal{E} - u_0 - u_1) = LI_{\max}^2 + C(\mathcal{E} - u_0 - u_1)(\mathcal{E} - u_0 + u_1)$$

$$LI_{\max}^2 = C(\mathcal{E} - u_0 - u_1) \cdot (2\mathcal{E} - \mathcal{E} + u_0 - u_1)$$

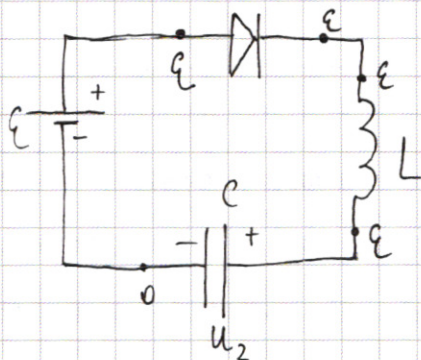
$$LI_{\max}^2 = C((\mathcal{E} - u_1) - u_0) \cdot ((\mathcal{E} - u_1) + u_0)$$

$$LI_{\max}^2 = C((\mathcal{E} - u_1)^2 - u_0^2)$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L} \cdot ((\mathcal{E} - u_1)^2 - u_0^2)} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} \cdot 15} \approx 80 \text{ mA}$$

3) В уст. режиме:

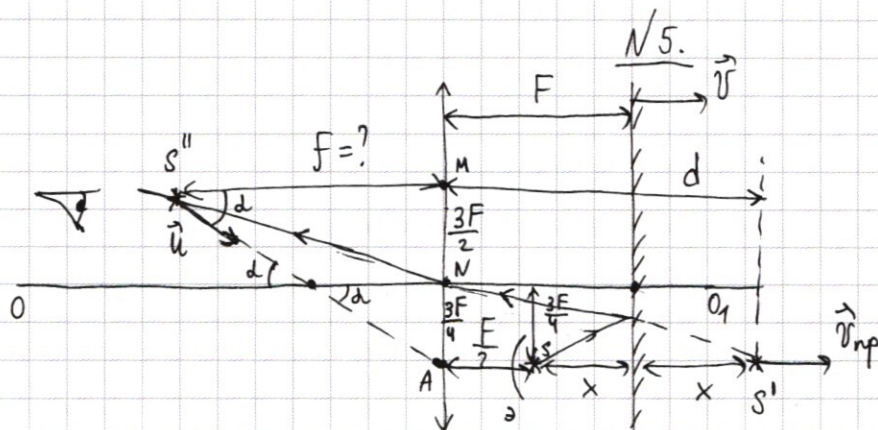
$u_L(t_{\text{уст}}) = 0$; $I_C(t_{\text{уст}}) = 0 \Rightarrow$ тока нет во всей цепи.



$$u_2 = \mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

Ответ: 1) $30 \frac{\text{A}}{\text{C}}$; 2) 80 mA ; 3) $u_2 = 9 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) S' - ^{мнимое}изобр-е S в зеркале

$$X = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$$

линза $\updownarrow$, а $d = F + x = \frac{3F}{2} > F \Rightarrow$ изобр-е в системе действительное

Ф-ла тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \nearrow \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{3F} \Rightarrow \underline{f = 3F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{F}$$

2) S' , GOO и S'' - всегда наход-ся на одной прямой.

Пуска u - скорость изобр-я, u_{np} - скорость предмета.

Пр-я векторов $\vec{u}$ и $\vec{v}_{pr}$ - сходятся в одной точке.
(на рис. точка A).

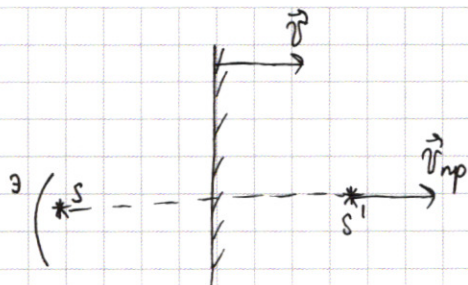
$$\triangle S''MN \sim \triangle S'AN$$

$$\frac{s''M}{s'A} = \frac{MN}{AN} \Rightarrow MN = \frac{f \cdot \frac{3F}{4}}{\frac{F}{2} + 2x} = \frac{3F \cdot \frac{3F}{4}}{\frac{3F}{2}} = \frac{3F}{2}$$

$$\underline{\Delta S''_{MA}}: \quad \text{tg } \alpha = \frac{AM}{f} = \frac{\frac{3f}{4} + \frac{3f}{2}}{3f} = \frac{3}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

3)



Если зеркало движется от
 S со скоростью v , то изобра-
 S движется со скоростью

$$v_{np} = 2v$$

$$U_{||} = U \cos \alpha$$

$$v_{np||} = v_{np} = 2v$$

$$v_{np||} \cdot \Gamma^2 = U_{||}, \text{ где } \Gamma - \text{поперечное увеличение.}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2$$

$$U \cos \alpha = 4 \cdot 2v = 8v$$

$$U = \frac{8v}{\cos \alpha} = \frac{8v \cdot 5}{4} = 10v$$

Ответ: 1) $3F$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $10v$



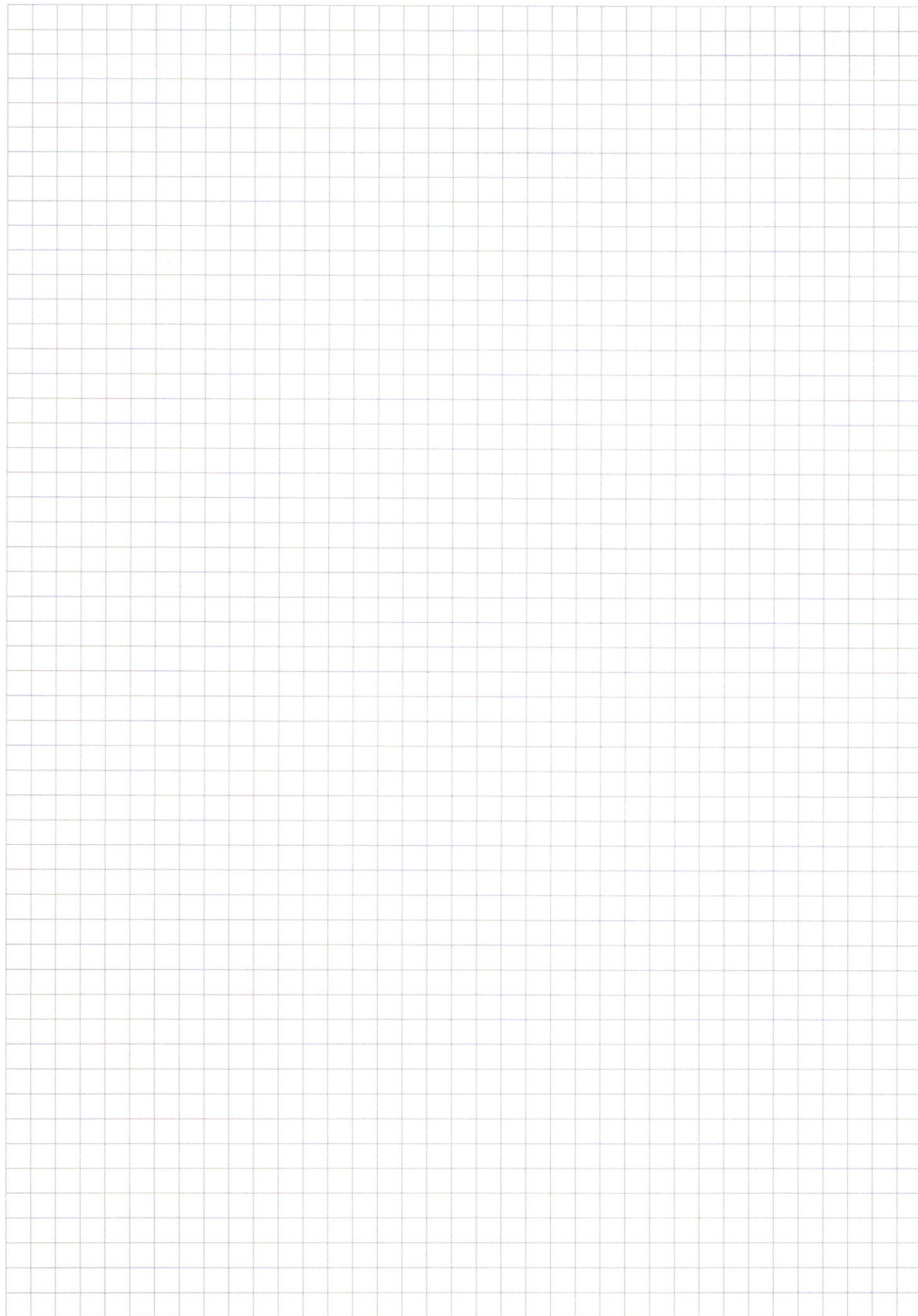
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)