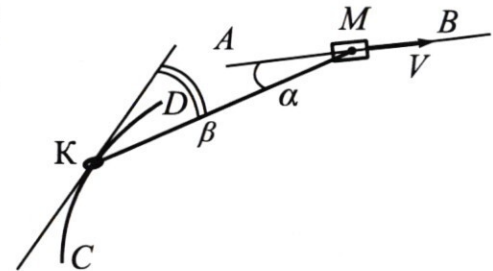


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

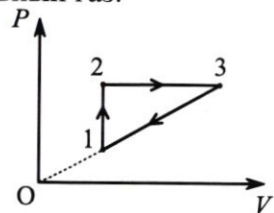
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

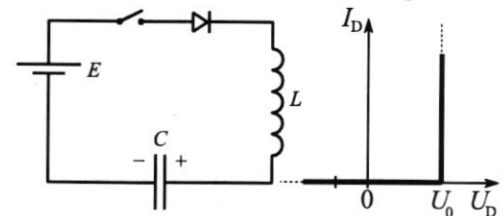


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

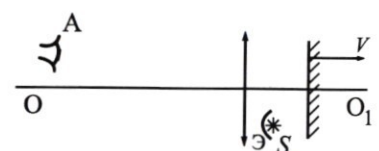
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

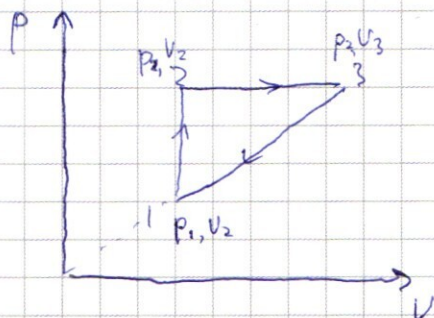


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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



N2

- 1) Т.т.т. на участках 12 и 23, а т.т.т. 31 Т.т.т.
на 12 $C = C_V$, на 23 $C = C_P$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3} \quad (\text{для одноатомного газа})$$

2) $Q = \Delta U + A$; $A = p \Delta V$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} p_2 V + p_0 V = \frac{5}{2} p_2 V$$

$$\frac{Q_{23}}{A} = \frac{5}{2}$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_+}$

$$Q_+ = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_2$$

$$A = p_2 (V_3 - V_2) + - \frac{(p_1 + p_2)}{2} (V_3 - V_2) =$$

$$= p_2 V_3 - p_2 V_2 + \frac{p_2 V_2}{2} + \frac{p_1 V_2}{2} - \frac{p_1 V_3}{2} - \frac{p_2 V_3}{2} =$$

$$= \frac{p_2 V_3}{2} - \frac{p_2 V_2}{2} + \frac{p_1 V_2}{2} - \frac{p_1 V_3}{2} =$$

$$= \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_2) = \frac{p_1 V_2}{2} \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right) \left(\frac{V_3}{V_2} - 1 \right)$$

$$Q_+ = \frac{5}{2} p_2 V_3 - \frac{5}{2} p_2 V_2 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_2 = \frac{5}{2} p_2 V_3 - p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_2 = \frac{1}{p_1 V_2} \left(\frac{5}{2} \frac{p_2}{p_1} \frac{V_3}{V_2} - \frac{p_2}{p_1} - \frac{3}{2} \right) p_1 V_2$$

т.т.т. на 31 $p \sim V$, т.т.т. $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_2} = k > 1$

$$\eta = \frac{(k-1)^2}{2(\frac{5}{2}k^2 - k - \frac{3}{2})} = \frac{(k-1)^2}{5k^2 - 2k - 3}$$

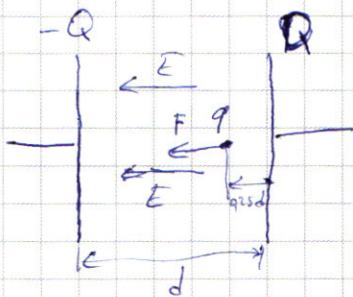
$$\eta = \frac{2(k-1)(5k^2 - 2k - 3) - (10k + 2)(k-1)^2}{(5k^2 - 2k - 3)^2}$$

$$5k^2 - 2k - 3 = 5k^2 - 8k + 2 \Rightarrow k = 1$$

$$\eta_{\text{max}} = \eta = \frac{k-1}{5k+3}$$

Из формулы $\eta(k)$ видно, что максимальное возможное значение η такого цикла достигается при $k \rightarrow \infty$ и тогда $\eta = 0,2$

Ответ: $\frac{5}{3}, \frac{5}{2}, 0,2$



N3

$$1) F = qE \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \quad ; \quad F = \frac{qQ}{S\epsilon_0}$$

$$\frac{F}{m} = \frac{qQ}{mS\epsilon_0}$$

$$q = \frac{F}{E} = \frac{F}{\frac{Q}{S\epsilon_0}} = \frac{FS\epsilon_0}{Q}$$

$$0,75d = \frac{v_1}{2} \cdot T$$

$$v_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$2) \frac{v_1}{2} T = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{T} = \frac{F}{m}$$

$$\frac{qQ}{S\epsilon_0} = \frac{v_1}{T} = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow Q = \frac{3dS\epsilon_0}{2qT^2}$$

3) ~~Полное изменение энергии в области~~

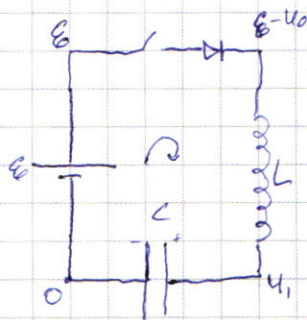
В начале энергии взаимодействия с обкладками равнона н в конце (на ∞) она равна 0. $U = -0,25dq \frac{Q}{S\epsilon_0} + 0,75dq \frac{Q}{S\epsilon_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dQ}{S\epsilon_0}$

$$U = \frac{mv_2^2}{2} \quad (3C7) \quad v_2^2 = \frac{dQ}{S\epsilon_0} = \frac{3d^2}{2T^2}$$

$$v_2 = \frac{d}{T} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{3d}{2T} ; \frac{3dS\epsilon_0}{2qT^2} ; \frac{d}{T} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

N4



$$1) U_L = E - U_0 - U_1 = 3B$$

$$U_L = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{30}{L} \frac{A}{C}$$

$$2) I_{\max} \Leftrightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0 ; q_0 = U_1 C$$

$$U_C = E - U_0 - U_1 \Rightarrow q = (E - U_0)C$$

$$\frac{CU_1}{2} + EC(E - U_0 - U_1) = \frac{CU_1^2}{2}$$

2.3.1.1.1.1.1

$$E - U_0 = -L\ddot{q} + \frac{q}{C} \Rightarrow \ddot{q} - \frac{1}{LC}(q - C(E - U_0)) = 0 \Rightarrow q = C(E - U_0) + A \cos \omega t ; \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$q(0) = CU_1 \Rightarrow A = C(E - U_0 - U_1) ; \dot{q} = A\omega \sin \omega t \Rightarrow I_{\max} = A\omega =$$

$$= (E - U_0 - U_1) \sqrt{\frac{C}{L}} = 6 \cdot 10^{-2} A = 60 \text{ mA}$$

3) U_2 1) видно, что $q_{\max} = C(2E - 2U_0 - U_1)$ и $U_2 = U_{\max}$, т.к.

После достижения $U_{\max}$ ток не пойдет в обратную сторону из-за диода.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

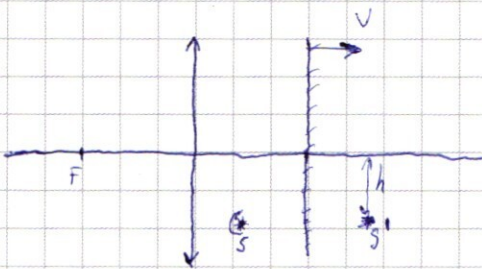
Соединительный график $U_c(t)$:



$$U_{2\text{max}} U_2 = 26 - 240 - U_1 = \underline{11 \text{ В}}$$

Соедин: 30 А/с ; 60 мА ; 11 В .

№ 5



1) S' - изображение источника в линзе

$$d(s') = \frac{3}{2}F; \quad h = \frac{3}{4}F$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad f = \frac{dF}{d-F} = \underline{3F} \quad \underline{f = 3F}$$

2) $H = R \frac{d}{dt} V_x^{(1)} = V_x \cdot 4 \quad V_x = 2 \text{ В} \Rightarrow V_x^{(1)} = 8 \text{ В}$

$$H = h \frac{d}{dt} = h \frac{F}{d-F}$$

$$H' = \frac{dH}{dt} = \frac{d}{dt} \left(h \frac{F}{d-F} \right) = \frac{hF}{(d-F)^2} \cdot d' = \frac{hF}{(d-F)^2} \cdot 2V = 2V \frac{hF}{(d-F)^2} = 6 \text{ В}$$

$$H' = \frac{V_x^{(1)}}{V_x} = \frac{hF}{(d-F)^2} \cdot d' = \frac{hF}{(d-F)^2} \cdot 2V = 2V \frac{hF}{(d-F)^2} = 6 \text{ В}$$

$$\tan \alpha = \frac{V_y^{(1)}}{V_x^{(1)}} = \frac{3}{4} \quad \tan \alpha = \frac{3}{4}; \quad \alpha = \arctan \frac{3}{4}$$

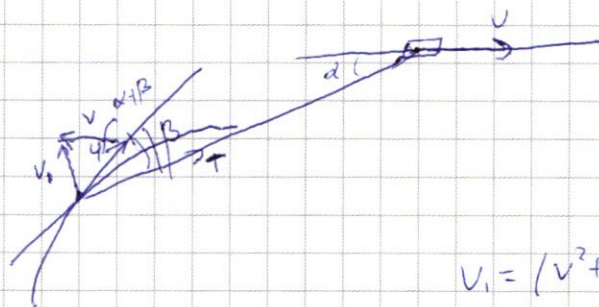


(движение идет к оси OO' , (вниз) и к линзе (сзади))

3) $V^{(1)} = \sqrt{V_x^{(1)2} + V_y^{(1)2}} = 10 \text{ В} \quad \underline{V^{(1)} = 10 \text{ В}}$

Соедин: 3 В ; $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 10 В

№ 11



1) Линза перемещается $\Rightarrow V \cos \alpha = U \cos \beta$

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 75 \text{ см/с}$$

2) $V_1^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{36}{85}$$

$$V_1 = \sqrt{V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)}$$

$$V_1 \approx \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ см/с} \approx 0,6 \text{ см/с}$$

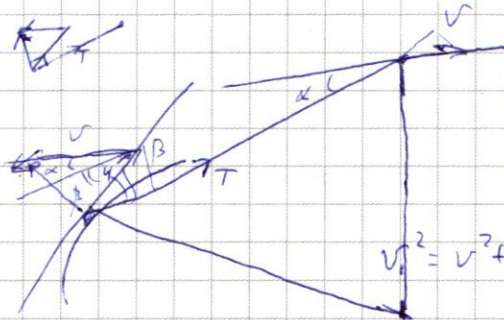
3) В СД частица кольца должна вращаться по окружности, иначе длина пути будет меняться, значит $v \perp T$.

$$\frac{v^2}{e} = \frac{T}{m} \quad (\text{з-ние движения по окружности})$$

$$T = \frac{mv^2}{e} \approx 0,01 \text{ н}$$

Ответ: 0,75 мк; 0,6 мк; 0,01 н

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$u \cos \alpha = v \cos \beta$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 7.5 \text{ км/ч}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{84}}{17} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$V^2 = v^2 + u^2 = 24v \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{12}{17} - \frac{24}{17.5} = \frac{36}{17.5} = \frac{36}{85}$$

$$\frac{u^2}{R} = a_{\text{центр}} = \frac{v^2}{R} \sin^2 \beta$$

$$\frac{u^2}{R} = a_{\text{центр}}$$

$$T \cos \beta \cdot dx = T \cos \alpha \cdot dx$$

$$\frac{u^2}{R} = a_{\text{центр}} = T \cos \beta$$

$$\frac{u^2}{R} = \frac{T}{m}$$

$$\begin{array}{r} 36985 \\ 370 \overline{) 142352} \\ 200 \\ 170 \\ 100 \\ 255 \\ 450 \\ 425 \\ 250 \\ 170 \\ 800 \end{array}$$

$$\frac{71}{171}$$

$$m a_{\text{центр}} = T \sin \beta - N$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 6 \\ 68 \\ \times 68 \\ \hline 514 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$0.68^2 + 0.75^2 - 2 \cdot 0.68 \cdot 0.75 \cdot \frac{36}{85} =$$

$$0.4624 + 0.5625 - 2 \cdot 0.51 \cdot 0.42 =$$

$$0.4284 + 0.4624 - 0.5625 =$$

$$0.3283$$

$$0.89 + 0.56 = 1.45$$

$$\sqrt{1.45}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{q Q d}{\epsilon_0} = \frac{m v_2^2}{2}$$

$$E = q k \Omega \sigma$$

$$U = q d k \Omega \sigma$$

$$\frac{10}{6} =$$

$$-0.25 d q k \Omega \sigma + 0.75 d q k \Omega \sigma =$$

$$\frac{19.5}{10} = \frac{95}{30}$$

$$0.036 \cdot \frac{30}{95}$$

$$\frac{31}{100}$$

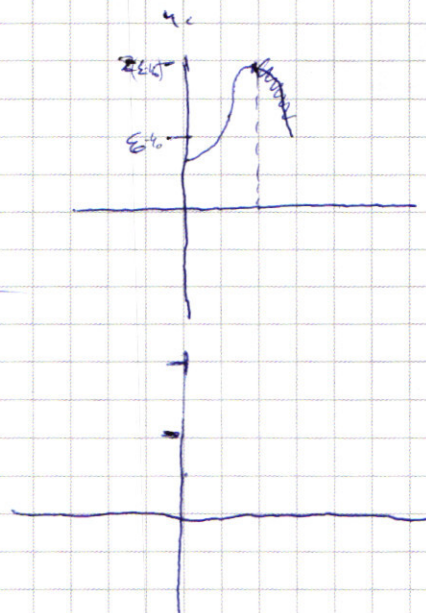
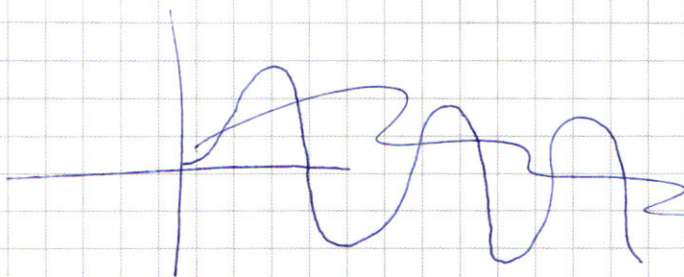
$$0.01 \frac{1.116}{100}$$

$$0.01$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 31 \\ \hline 36 \\ 108 \\ \hline 1116 \end{array}$$

$$+ 0.25 d q E + 0.75 d q E = \Delta U = 0.5 d q \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\Delta U = \frac{m v_2^2}{2}$$



$$\epsilon - U_0 = -L\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$\ddot{q} - \frac{1}{LC}(q - (\epsilon - U_0)C) = 0$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

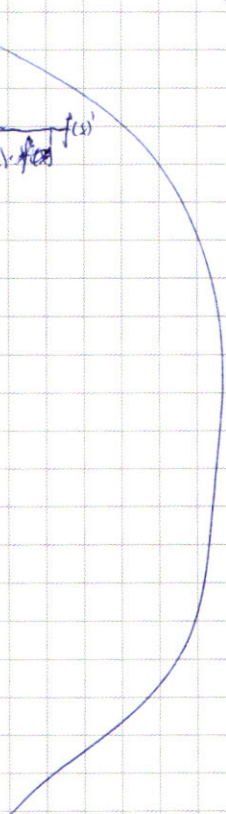
$$q = (\epsilon - U_0)C + A \cos \omega t$$

$$q(0) = U_1 C \quad A = U_1 C - C(\epsilon - U_0) = -C \cdot 3B$$

$$q_{\max} = (\epsilon - U_0)C + C(\epsilon - U_0 - U_1) = C(2\epsilon - 2U_0 - U_1)$$

$$\dot{q} = A\omega \sin \omega t \quad \dot{q}_{\max} = A\omega = C(\epsilon - U_0 - U_1) \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\left(\frac{1}{f(x)}\right)' = \frac{-1}{f^2(x)} f'(x)$$





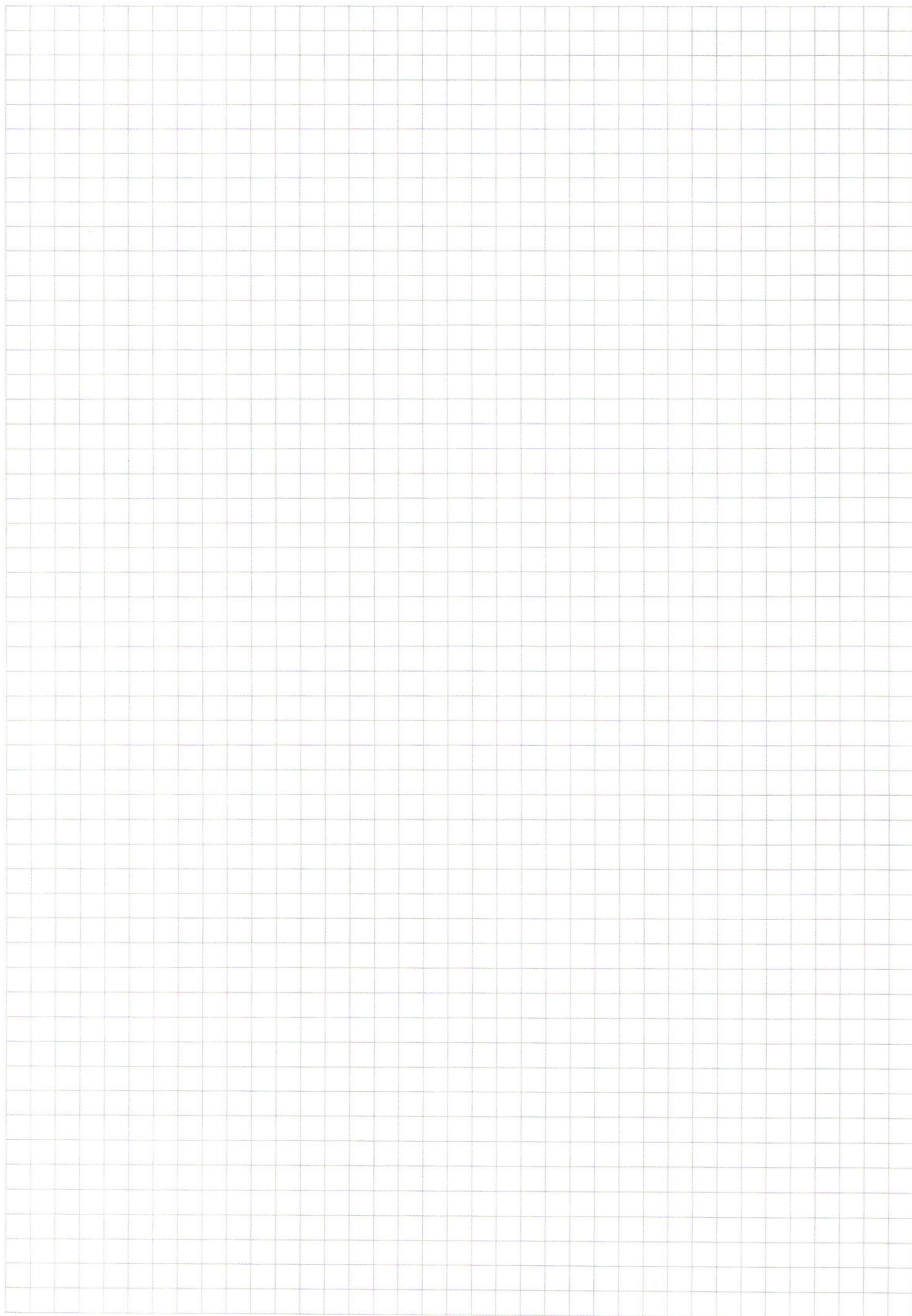
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

