

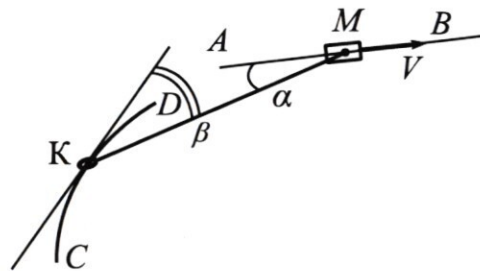
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



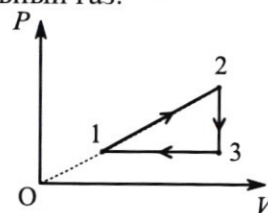
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, 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. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

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.

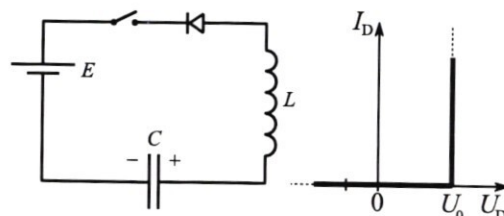
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

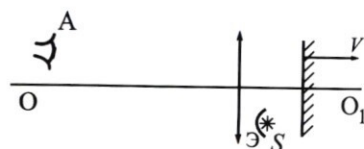


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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?

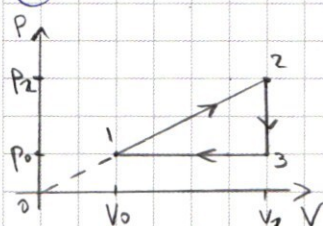
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②



1) т.к. на участке 1-2 давление P прямо пропорцио-
нально объему $V \Rightarrow$ ~~идеальный газ~~ ~~идеальный газ~~ ~~идеальный газ~~

$$\alpha = \frac{P_0}{V_0} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow P_2 = k \cdot P_0$$

$$V_2 = k \cdot P_0$$

$$\Rightarrow \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{k P_0 \cdot k \cdot V_0}{T_2} \Rightarrow T_2 = k^2 \cdot T_0$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{k P_0 \cdot k V_0}{k^2 T_0} = \frac{P_0 \cdot k V_0}{T_3} \Rightarrow T_3 = k \cdot T_0$$

Рассмотрим участок 2-3 $V = \text{const}$ $P \downarrow \Rightarrow T \downarrow$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \Rightarrow Q_{23} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (k T_0 - k^2 T_0) = \frac{3}{2} \nu R T_0 k (1 - k)$$

Рассмотрим участок 3-1 $P = \text{const}$ $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow T \downarrow$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - k T_0) + P_0 V_0 (1 - k) = \frac{3}{2} \nu R T_0 (1 - k) + \nu R T_0 (1 - k) = \frac{5}{2} \nu R T_0 (1 - k)$$

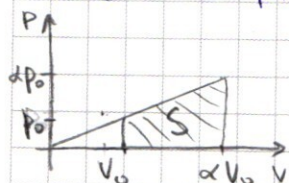
$$Q = c \nu \Delta T \Rightarrow c = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$c_{23} = \frac{\frac{3}{2} \nu R T_0 k (1 - k)}{\frac{1}{2} T_0 (1 - k) \cdot \nu} = \frac{3}{2} k ; c_{31} = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_0 (1 - k)}{T_0 (1 - k) \cdot \nu} = \frac{5}{2} k$$

$$\Rightarrow \frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3R}{2} \cdot \frac{2}{5R} = \frac{3}{5} = 0,6 \quad \text{— оптимально}$$

$$2) Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}; \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (k^2 T_0 - T_0) = \frac{3}{2} \nu R T_0 (k^2 - 1) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (k^2 - 1)$$

$$A_{12} = + S \cdot \Delta V = \frac{P_0 + k P_0}{2} \cdot (k V_0 - V_0) = \frac{P_0 V_0}{2} (k^2 - 1)$$



$$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} P_0 V_0 (k^2 - 1) + \frac{P_0 V_0}{2} (k^2 - 1) = 2 P_0 V_0 (k^2 - 1)$$

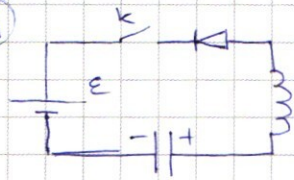
$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 P_0 V_0 (k^2 - 1)}{\frac{1}{2} P_0 V_0 (k^2 - 1)} = 4 \quad \text{— оптимально}$$

$$3) \eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{12}} ; A_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 2 P_0 V_0 (k^2 - 1) + \frac{3}{2} P_0 V_0 k (1 - k) + \frac{5}{2} P_0 V_0 (1 - k) = (k - 1) (2 P_0 V_0 k + 2 P_0 V_0 - \frac{3}{2} P_0 V_0 k - \frac{5}{2} P_0 V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (k - 1)^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \cos \alpha = \frac{U_{11}}{U} \Rightarrow U = \frac{U_{11}}{\cos \alpha} = \frac{17 \cdot V}{\cos \alpha} = \frac{2,25 \cdot V}{15} = \boxed{2,55 V}$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2} F$ 2) $\alpha = \arccos \frac{15}{17}$ 3) $2,55 V$

4)  1) $U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = L I' \Rightarrow I' = \frac{U_L}{L}$

Дано:

$U_1 = 6 V$

$C = 20 \mu F$

$E = 3 V$

$U_0 = 1 V$

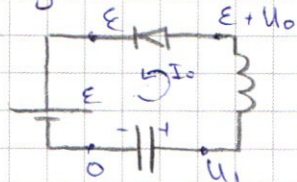
$L = 0,2 H$

1) $I' - ?$

2) $I_{max} - ?$

3) $U_2 - ?$

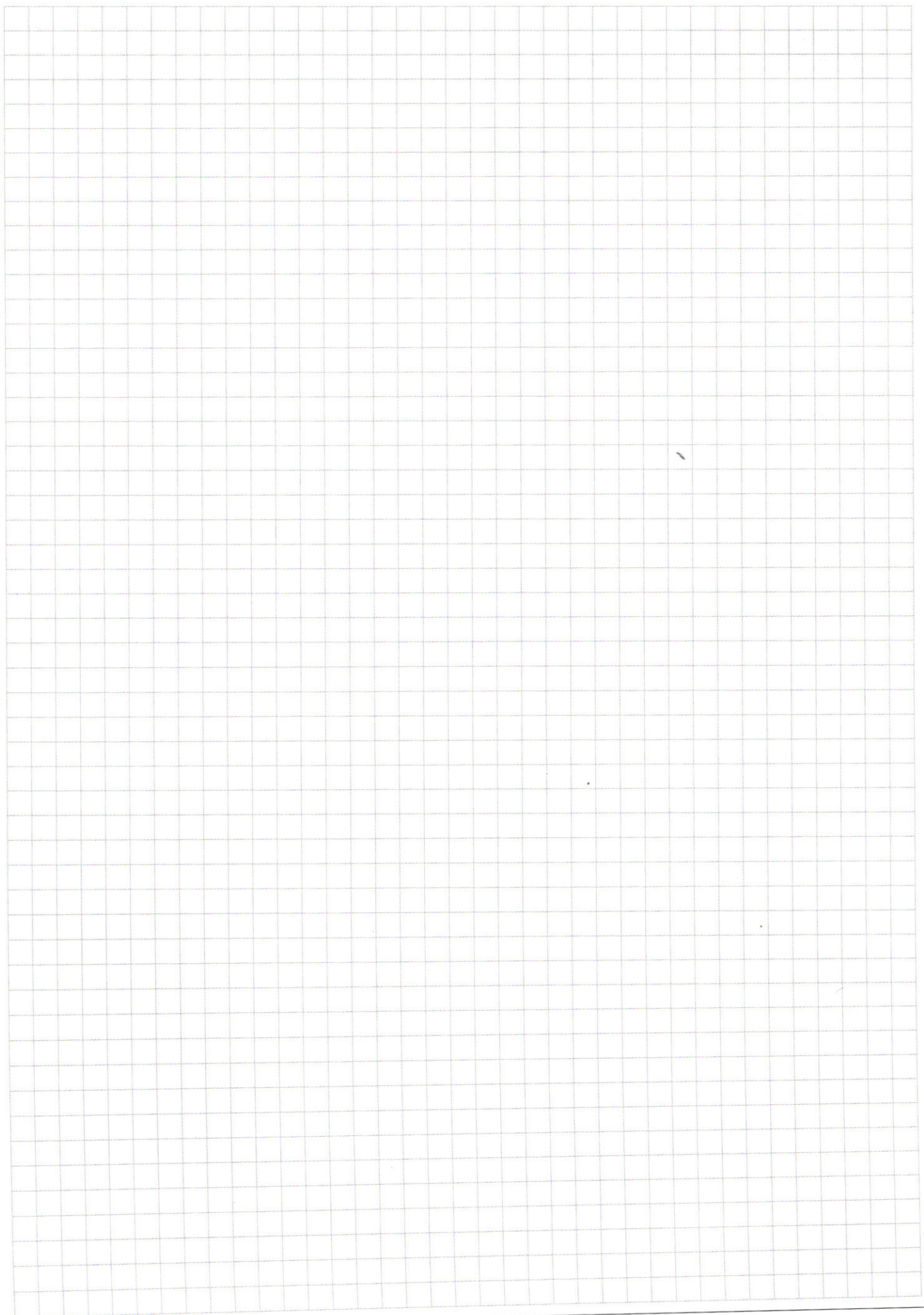
Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе и сила тока на катушке скачком не изменились $\Rightarrow U_1 = U(0) = 6 V$; $I_L = I_0$



метод потенциалов

$$\Rightarrow I' = \frac{U_1 - (E + U_0)}{L} = \frac{2}{0,2} = 10 A/c$$

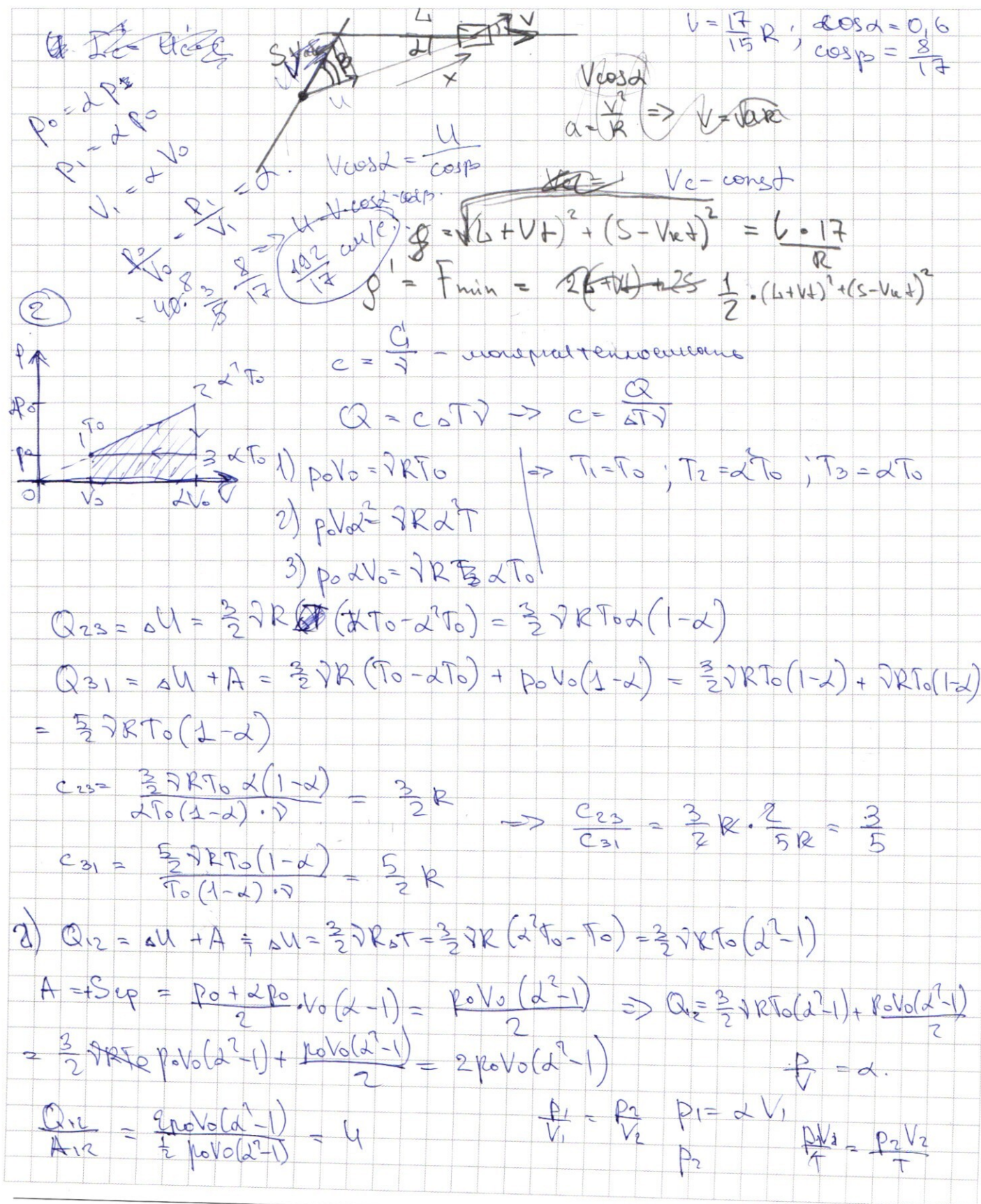
Ответ: 1) $10 A/c$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$3) \eta = \frac{Q_{\oplus}}{Q_{\ominus}} = \frac{A \epsilon}{Q_{12}} \quad U_C' = \frac{I}{C} \quad \begin{matrix} I_C(\text{reg}) = 0 & U_C = U_0 \\ U_C(\text{reg}) = 0 & I_C = I_0 \end{matrix}$$

$$Q_{\oplus} = Q_{12}; \quad Q_{\ominus} = Q_{23} + Q_{31} \Rightarrow$$

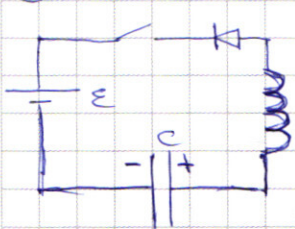
$$A \epsilon = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 2 \rho_0 V_0 (\alpha^2 - 1) + \frac{3}{2} \rho_0 V_0 \alpha (1 - \alpha) + \frac{5}{2} \rho_0 V_0 (1 - \alpha) (\alpha - 1) (2 \rho_0 V_0 (\alpha + 1) - \frac{3}{2} \rho_0 V_0 \alpha + \frac{5}{2} \rho_0 V_0) = (\alpha - 1) (\frac{1}{2} \rho_0 V_0 \alpha - \frac{1}{2} \rho_0 V_0) = -\frac{1}{2} \rho_0 V_0 (\alpha - 1)^2$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \rho_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2 \rho_0 V_0 (\alpha^2 - 1)} = \frac{\alpha - 1}{4(\alpha + 1)} = \frac{\alpha - 1}{4\alpha + 4}$$

$$\eta' = \frac{(\alpha - 1)(4\alpha + 4) - (4\alpha + 4)^2 \cdot (\alpha - 1)}{(4\alpha + 4)^2} = \frac{4\alpha^2 + 4\alpha - 4\alpha^2 - 4\alpha - 4}{16\alpha^2 + 32\alpha + 16} = \frac{8}{16(\alpha + 1)^2} = \frac{1}{2(\alpha + 1)^2}$$

$$(4\alpha + 4)^{\frac{1}{2}} = 0 \quad \text{при } \alpha = -1$$

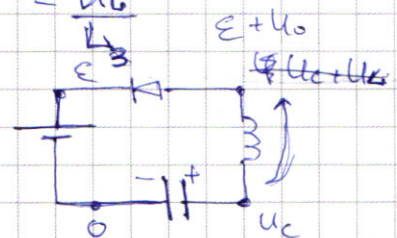
4)



$$U_C = 6 \text{ В}; \quad C = 20 \text{ мкФ}; \quad E = 3 \text{ В}; \quad L = 0,2 \text{ Гн}$$

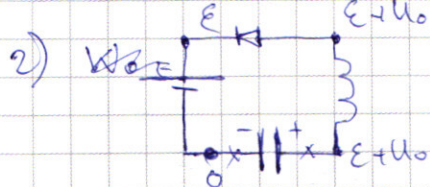
$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L I' \Rightarrow I' = \frac{U_L}{L}$$

1) Сразу после замыкания ключа
и источника на напряжение
напряжение на конденсаторе равно нулю



$$\text{уменьшилось} \Rightarrow U_1 = U_C; \quad I_L = I_0$$

$$I_L = \frac{U_C - (E + U_L)}{L} = \frac{6 - 3}{0,2} = \frac{3}{0,2} = 15 \text{ А}$$



$$U_C = E + U_L = 4 \text{ В}$$

$$I_L(\text{reg}) = 0; \quad I_0 = \frac{U_C}{L}$$

$$U_C' = \frac{I_C}{C}$$

$$I_{\text{max}} = U_C \cdot C = U_L$$

$$I_L = U_L$$

$$\frac{P_1 P_1}{2 T} = P_2$$

$$\alpha = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_2}{V_1}$$

$$y = kx + b$$

$$V_2 = \frac{P_2}{\alpha}$$

$$V_1 = \frac{P_1}{\alpha}$$

$$\frac{P_1 V_1}{2 T_1} = \frac{P_2 V_2}{V_1 T_2}$$

$$\frac{V_1^2}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{2 T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤

S^* - действующий пружин
дл. мунг

$$d = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{5}{5F} - \frac{3}{5F} \Rightarrow f = \frac{5}{2}F$$

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} = 1,5$; получим выражение S^{**} на расстоянии f от мунг

~~$V = V' - \text{скорость } S^*$~~ $V^* = V' - \text{скорость } S^*$

$\cos \alpha = \frac{u_{||}}{u}$

$2F^2 + \frac{64}{225}F^2 = \lg \alpha = \frac{18}{15}$

$1 + \lg^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \lg^2 \alpha}} = \frac{15}{\sqrt{481}} = \frac{15}{22,5}$

$\cos \alpha = \sqrt{F^2 + \frac{64}{225}F^2} = \frac{17}{15}F$

$= \sqrt{\frac{289}{225}F^2} = \frac{17}{15}F \Rightarrow \alpha = \arccos \frac{17}{15}F$

$u_{||} = V_{||} \cdot \Gamma^2 = V \cdot 2,25 = 2,25V$

$u = \frac{u_{||}}{\cos \alpha} = \frac{2,25V \cdot 15}{17F} =$

15 - 2,25 115 3
15 10,125
75 17
75 105
0 150
255

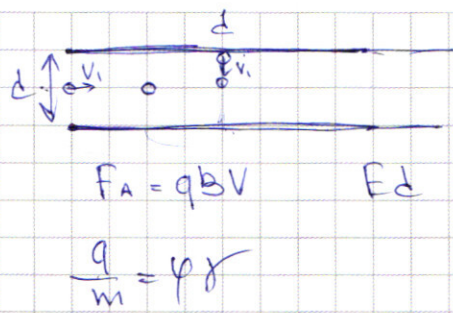
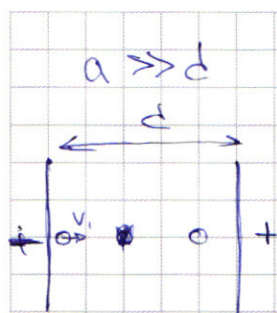
450
+ 64
514

16
16
98
160
256 + 16

17
17
139
170
309
16
16
96
160
256

17
17
139
170
309
16
16
96
160
256

17
17
139
170
309
16
16
96
160
256



$$F_A = qBV$$

$$Ed$$

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

$$E = \frac{U}{d}$$

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

$$\gamma = \frac{2\pi\hbar}{qB}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = 0,8 E q$$

$$E = \frac{m \cdot V_1^2}{1,6 \cdot q \cdot d} = \frac{V_1^2}{1,6 \cdot \gamma \cdot d}$$

$$a = \frac{V_1^2}{2 \cdot 5} = \frac{V_1^2}{2 \cdot 0,8 d}$$

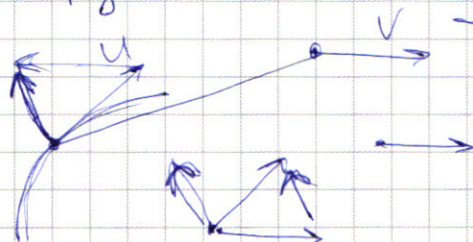
$$0 = V_1 - at$$

$$U = \frac{V_1^2}{1,6 \cdot \gamma \cdot d} \cdot d = \frac{V_1^2}{1,6 \gamma}$$

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

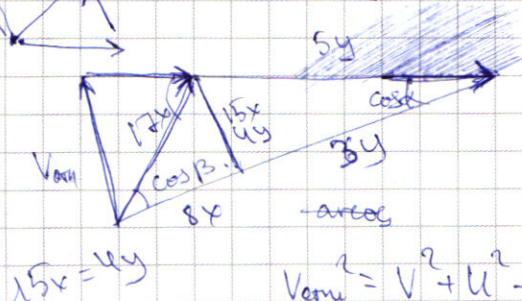
$$\begin{array}{r} 1,92 \\ \times 1,92 \\ \hline 17280 \\ + 18200 \\ \hline 36864 \\ - 289 \\ \hline 36575 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8289 \\ \times 289 \\ \hline 5788 \\ + 2890 \\ \hline 8677 \end{array}$$



$$V_{arc} = V + V_{arc}$$

$$V_{arc} = U_{arc} - V$$



$$15x = 4y$$

$$V_{arc}^2 = V^2 + U^2 - 2VU \cos \alpha$$

$$= 1600 + 423 - 2 \cdot 40 \cdot \frac{192}{17} \cdot \frac{3}{5}$$



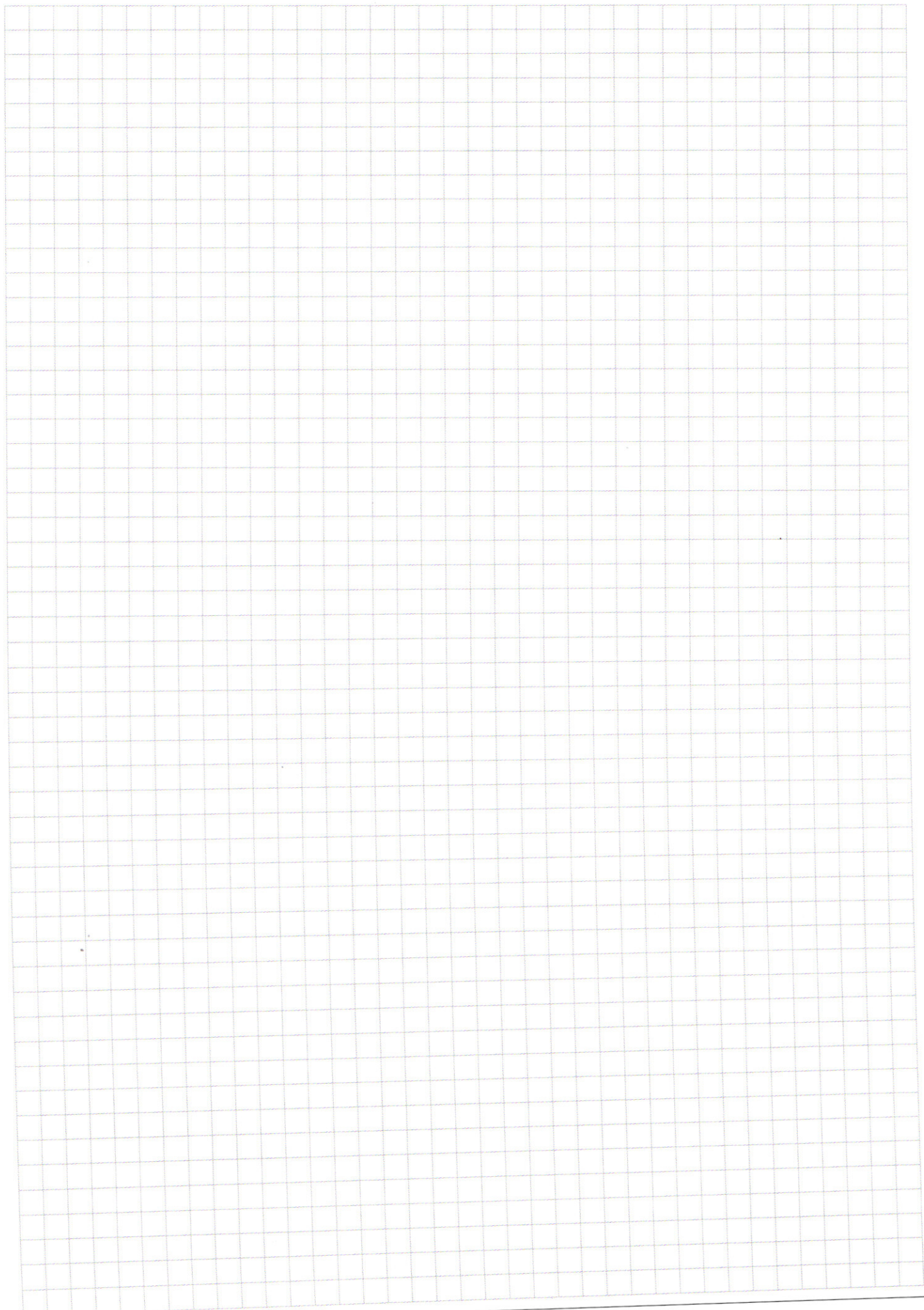
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)