

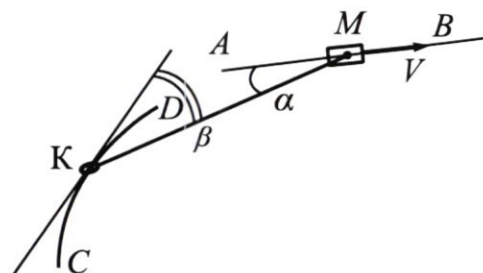
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



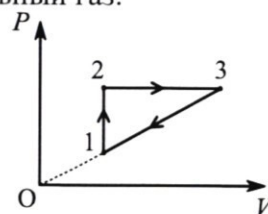
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

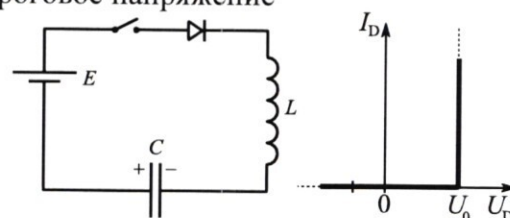
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение

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.

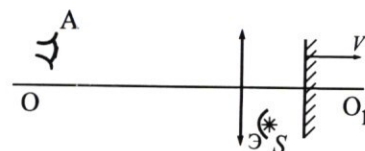


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

У1

$V, m, R, \epsilon, \Delta, \beta$

$V = 0,34 \text{ м/с}$
 $m = 0,3 \text{ кг}$
 $R = 0,53 \text{ м}$
 $\epsilon = \frac{5R}{4}$

$\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{13}{5}$
 $(\sin \alpha = \frac{8}{17})$
 $(\sin \beta = \frac{4}{5})$

Решение:

1) Т.к. нить нерастяннута и кривизна значит проекции скорости на ОК будут равны.

2) В с.о. М.

Кривую имеет см.: $u \cos \beta = V \cos \alpha$

Т.е. $u \cos \beta = u - V$

по Т. косинусов имеем:

$u \cos \beta = \sqrt{V^2 + u^2 + 2uV \cos(\beta + \alpha)}$

$u \cos \beta = 0,12 \sqrt{28} \text{ м/с}$

3) Найдите. Т даст только m с ун. а:

$\vec{m}\vec{a} = \vec{T}$

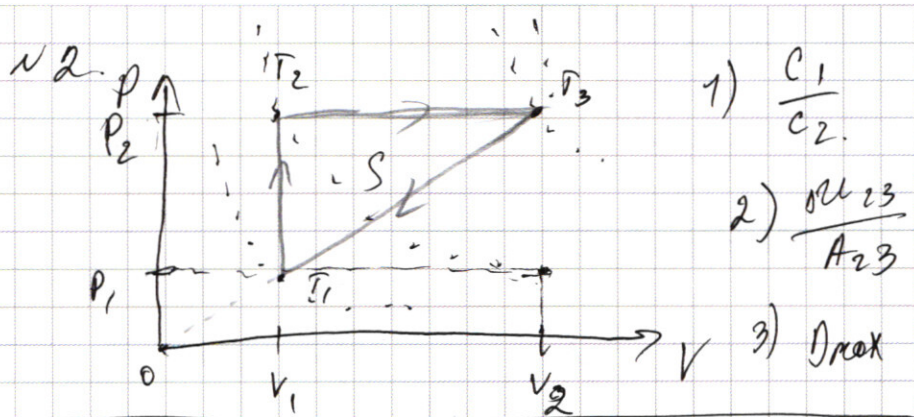
$a = \frac{v^2}{R}$

$m \frac{v^2}{R} = T \sin \beta$

$T = \frac{mv^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,34^2}{0,53 \cdot 0,4} = 0,75 = 1,5$

$\approx \frac{1}{5} = 0,2 \text{ Н}$

Ответ: $0,5 \text{ м/с}$; $0,12 \sqrt{28} \text{ м/с}$; $0,2 \text{ Н}$



1) $\frac{C_1}{C_2}$

2) $\frac{Q_{123}}{A_{23}}$

3) Диск

Решение.

1) Проверим
изохоры в точках

T_1, T_2, T_3
 $T_1 < T_2 < T_3$

↓

$c_1 = c_{12}; c_{23} = c_{23}$

$\frac{c_{12}}{c_{23}} = \frac{c_V}{c_P} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$

$|A_{31}| = \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2}$
 $P_2 V_2 + P_2 V_1 - P_1 V_1 - P_1 V_2$

2) $\frac{Q_{123}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{P_2 (V_2 - V_1)} = \frac{3}{2}$

$P_1 V_1 = \nu R T_1$
 $P_2 V_1 = \nu R T_2$
 $P_2 V_2 = \nu R T_3$
 $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$
 $P_1 V_2 = P_2 V_1$

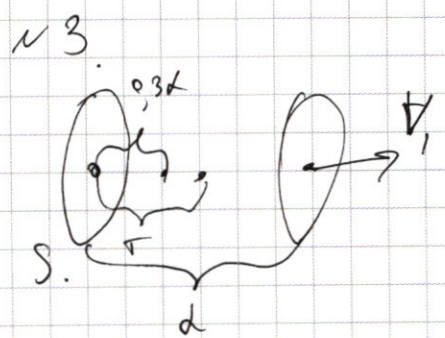
3) $\eta = \frac{A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + |A_{31}|}$

$= \frac{(P_2 V_2 - P_1 V_2 + P_2 V_1 - P_1 V_1) \frac{1}{2}}{\nu R (\frac{3}{2} T_2 - \frac{3}{2} T_1 + T_3 - T_1 - T_3 + T_1)}$
 $= \frac{T_3 - 2T_2 + T_1}{3(T_2 - T_1)}$

замечание:
 $T_1, T_3 = T_2^2$
из ** и **

$\frac{T_3}{T_1} = \left(\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = 2^2$ Ответ: $\frac{3}{5}; \frac{3}{2}; \frac{1}{3}$

$= \frac{(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2}{3\sqrt{T_1}(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})} = \frac{\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1}}{3\sqrt{T_1}} = \frac{T_2 - T_1}{3T_1}$
 $\frac{\sqrt{T_1}(n-1)}{3\sqrt{T_1}} = \frac{1}{3}$



- $S, R, \frac{q_1}{m} = 8, V_1$
- 1) T ?
 - 2) Q ?
 - 3) V_2 ?

1) $Q = c u$
 $c = \frac{S}{d}$
 $Q = \beta S \frac{u}{d} \leftarrow E$
 $Q = \beta S E \Rightarrow F = ma = qE = \frac{qQ}{\beta S}$
 $\downarrow$
 $const \rightarrow a const$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Downarrow \quad 0,4d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

$$0,4d = \frac{at^2}{2}$$

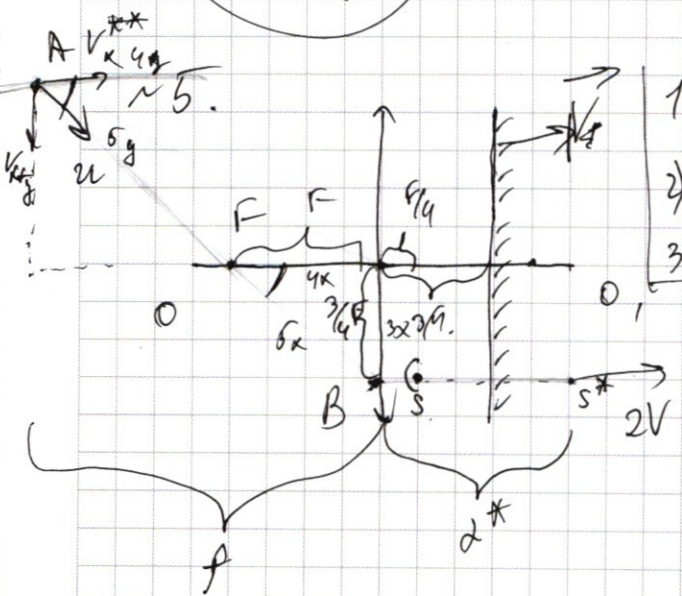
$$t = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d^2 \cdot 1,4}{V_1^2}} = \frac{4d}{V_1} \sqrt{0,14}$$

$$2) \quad \frac{V_1^2}{1,4d} = \frac{Q\gamma}{\beta S}$$

$$Q = \frac{V_1^2 \beta S}{1,4d\gamma}$$

3) Т.к. время от полета на частицу
превращается в энергию $E_2 \Rightarrow$

$$V_2 \neq V_1$$



1) f - ?
2) - ?
3) V - ?

$$1) \quad d^* = \frac{F}{4} + 2 \cdot \frac{2}{4} F = \frac{5}{4} F$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d^*} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d^* - F}{d^* F}$$

$$f = \frac{d^* F}{d^* - F} = \frac{\frac{5}{4} F^2}{\frac{1}{4} F} = 5F$$

2) Т.к. угол s^* равен углу между $0,0$

$$\cos \alpha = 0, F B$$

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

$$\cos \alpha = \frac{F^2}{\sqrt{\frac{25}{16} F^2}} = \frac{4}{5}$$

$$s^* \in AB$$

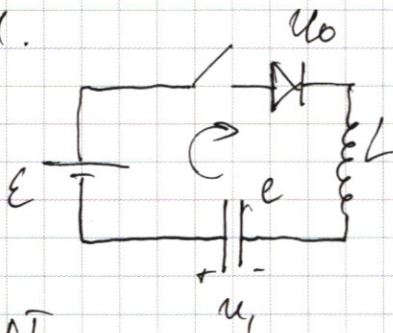
$$\Gamma = \frac{f}{\alpha f} = \frac{5 F}{\frac{5 F}{4}} = 4$$

$$V_{**} = 2V \text{ (т.к. в зеркале)}$$

$$V_x^{**} = 2V \Gamma^2 = 32V$$

$$V_{**} = \frac{32}{4} \cdot 5 = 40V \text{ Ответ: } 5F; t_{gl} = 3/4; 40V$$

нч.



$$E = 6V$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} F$$

$$U_1 = 2V$$

$$L = 0,1 \text{ ГН}$$

$$U_0 = 1V$$

$$1) U = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$U_1 + E = U$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 + E}{L} = \frac{8}{0,1} = 80 \text{ А/с.}$$

$$1) \frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$$

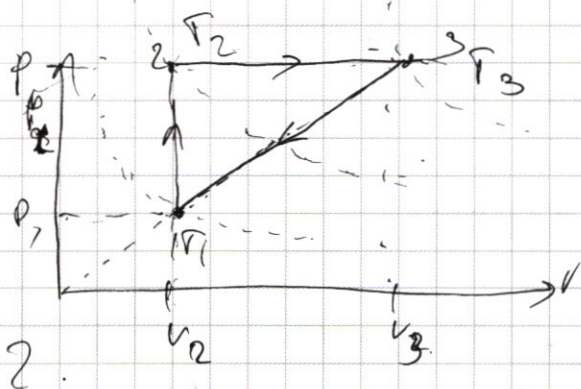
$$2) I_{\text{max}} - ?$$

$$3) U_2 - ?$$

$$2) I_{\text{max}} = \frac{E + U_1}{\sqrt{LC}} = \frac{8}{\sqrt{4 \cdot 10^{-6}}} = \frac{8 \cdot 10^3}{2} = 4000 \text{ А.}$$

$$3) U_2 - \text{когда закроется диод} - -U_2 + E = U_0$$

$$U_2 = 5V.$$



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

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

$$1. \quad c_{1-2} = c_{2-3}$$

$$\frac{P_2 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{\Delta Q_{23}}{A} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{P_1 (V_3 - V_2)}$$

$$\frac{c_V}{c_P} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} \quad T_1 \cdot T_3 = T_2^2$$

$$P_2 V_3 = \nu R T_3 \quad \left(\frac{3}{2}\right)$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_2$$

$$3. \quad D = \frac{A}{Q_{123}} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{c_V \nu (T_2 - T_1) + c_P \nu (T_3 - T_1) + (P_2 V_3 - P_1 V_2)}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$a^2 - 2ab + b^2 = (a - b)^2$$

$$a^2 + 2ab + b^2 = (a + b)^2$$

$$= P_2 V_3 - P_1 V_2 + P_1 V_2$$

$$\frac{(P_1 + P_2)(V_3 - V_2)}{2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$P_1 V_3 = P_2 V_2$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$T_3 - \sqrt{T_1 T_3} = n \sqrt{T_1 T_3} - n T_1$$

$$+ \nu R (T_3 - T_1) - (P_2 V_3 - P_1 V_2 + P_1 V_2)$$

$$T_3 - (1+n) \sqrt{T_1 T_3} + n T_1 = 0 \quad T_3 + T_1 - 2T_2$$

$$\frac{3}{2} T_2 - \frac{3}{2} T_1 + T_3 - T_1 = T_3 - T_1$$

$$\frac{T_3 + n T_1}{1+n} = \sqrt{T_1 T_3}$$

$$\frac{2(T_3 + T_1 - 2T_2)}{3(T_2 - T_1)} = \frac{2}{3} \left(\frac{T_3 - T_2 - (T_2 - T_1)}{T_2 - T_1} \right)$$

$$T_3^2 + 2T_1 T_3 n + n^2 T_1^2$$

$$\frac{\sqrt{T_1 T_3}}{2}$$

$$T_3 = n^2 T_1$$

$$\frac{2}{3} \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_1} - 1 \right)$$

$$n \sqrt{T_1 (n-1)}$$

$$\frac{3}{2} - \sqrt{5} \sqrt{T_3} -$$

$$\sqrt{T_1 T_3} (T_3 - T_1)$$

$$\frac{(T_3 - \sqrt{T_1 T_3})(\sqrt{T_1 T_3} + T_1)}{T_1 T_3 - T_1^2}$$

$$\frac{T_3 - \sqrt{T_1 T_3}}{\sqrt{T_1 T_3} - T_1} \cdot \frac{T_1 (T_3 - T_1)}{\sqrt{T_3} \sqrt{T_1}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V, m, R, l, \alpha, \beta$

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

1) $u = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 84 \frac{15.5}{17.8} = 50 \text{ см/с.}$

2) $V_{\text{отн}} = u - V = u^2 + V^2 - 2uV \cos(\gamma)$

$\cos(\gamma) = -\cos(\alpha + \beta) = -\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta = \frac{8}{17.5} - \frac{3 \cdot 15}{17.5} = \frac{-13}{17.5}$

$V_{\text{отн}} = \sqrt{50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \left(\frac{-13}{17.5}\right)} = \sqrt{2500 + 1156 + 520} = \sqrt{4176} = 64.7$

$\cos(\gamma) = \frac{8}{17.5} - \frac{3 \cdot 15}{17.5} = \frac{-13}{17.5}$

$66^2 = (70 - 4)^2$

$4800 + 16 - 560$

$64^2 = (60 + 4)^2$

$3600 + 16 + 480$

$4176 \div 14 = 298.2857$

$4176 \div 14 = 298.2857$

$\cos(\beta - \alpha) = \sin \alpha$

$\frac{mu^2}{R} = T$

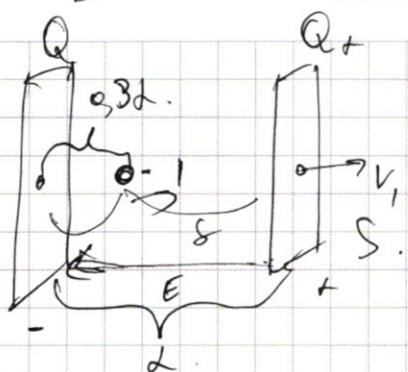
$\frac{mu^2}{R} = T \cdot \sin \beta$

$T = \frac{mu^2}{R \sin \beta} = \frac{0.3 \cdot 0.5 \cdot 4 \cdot 5}{0.53 \cdot 4 \cdot 4} = \frac{0.3 \cdot 0.5 \cdot 20}{0.53 \cdot 16} = \frac{3}{16.96} = 0.177$

$0.15 \cdot 901 = 135.15$

$0.5 \cdot 16 = 8$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$d, v_1, \frac{1}{m} = \gamma$$

$$x + y = d$$

$$F = Eq$$

$$\Gamma = \frac{5F}{5/4F} = 4F$$

$$F_1 = \frac{kQq}{x^2}$$

$$F_2 = \frac{kQq}{y^2}$$

$$F_1 + F_2 = \frac{(x+y)kQq}{d^2} = \frac{d \cdot kQq}{d^2} = \frac{kQq}{d}$$

$$F_1 + F_2 = kQq/d = ma$$

$$0,2d = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = 2\sqrt{\frac{d}{10a}}$$

$$t = 2\sqrt{\frac{d \cdot m}{10kQq}}$$

$$\sqrt{\frac{0,4d^2 \cdot 14}{v_1^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{5,6d^2}{v_1^2}}$$

$$= \frac{d}{v_1} \sqrt{5,6}$$

$$\frac{0,2d}{v_1} \sqrt{14}$$

$$R = Eq = \frac{Qq}{\epsilon_0 S d^2} = \frac{k(Qq)}{d^2}$$

$$k = \frac{1}{\epsilon_0 S d^2}$$

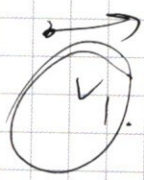
$$a = \frac{kQq}{\epsilon_0 S^2} = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

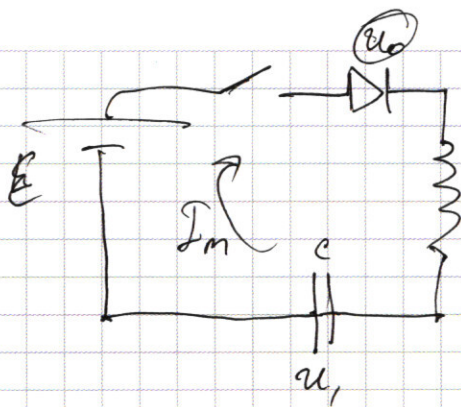
$$0,7d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d} = \frac{kQq}{m}$$

$$Q = \frac{v_1^2}{1,4d k q}$$

←





$$\begin{aligned} \varepsilon &= 6 \text{ В} \\ c &= 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ u_1 &= 2 \text{ В} \\ L &= 0,1 \text{ Гн} \\ u_0 &= 1 \text{ В} \end{aligned}$$

$$u = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$8 \text{ В} = 0,1 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 80 \text{ А/с}$$

t.

$$\varepsilon + u(t) = L \frac{I_{\text{max}}}{t}$$

$$\varepsilon I_{\text{max}} + \frac{c u(t)}{\Delta t} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2 \Delta t}$$

$$\varepsilon I_{\text{max}} + \frac{c (u(t))^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{T_2 \sqrt{\frac{1}{T_1}} - \sqrt{T_1}}{3 \sqrt{T_1}}$$

$$\frac{T_2 - T_1}{3 \sqrt{T_1}}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{\Delta u}{\frac{3}{2} \partial R}$$

$$\frac{V}{3 \partial R} (P_2 - P_1)$$

$$\frac{\varepsilon I t}{2} + \frac{c u_1^2}{2} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$u_3 = L \frac{I_{\text{max}}}{t}$$

$$\frac{\varepsilon I_{\text{max}} t}{2} + \frac{c u_1^2}{2} =$$

$$\frac{\varepsilon I_{\text{max}} t}{2} + \frac{c u_1 (u_1 - u_4)}{2} = u I_{\text{max}} t$$



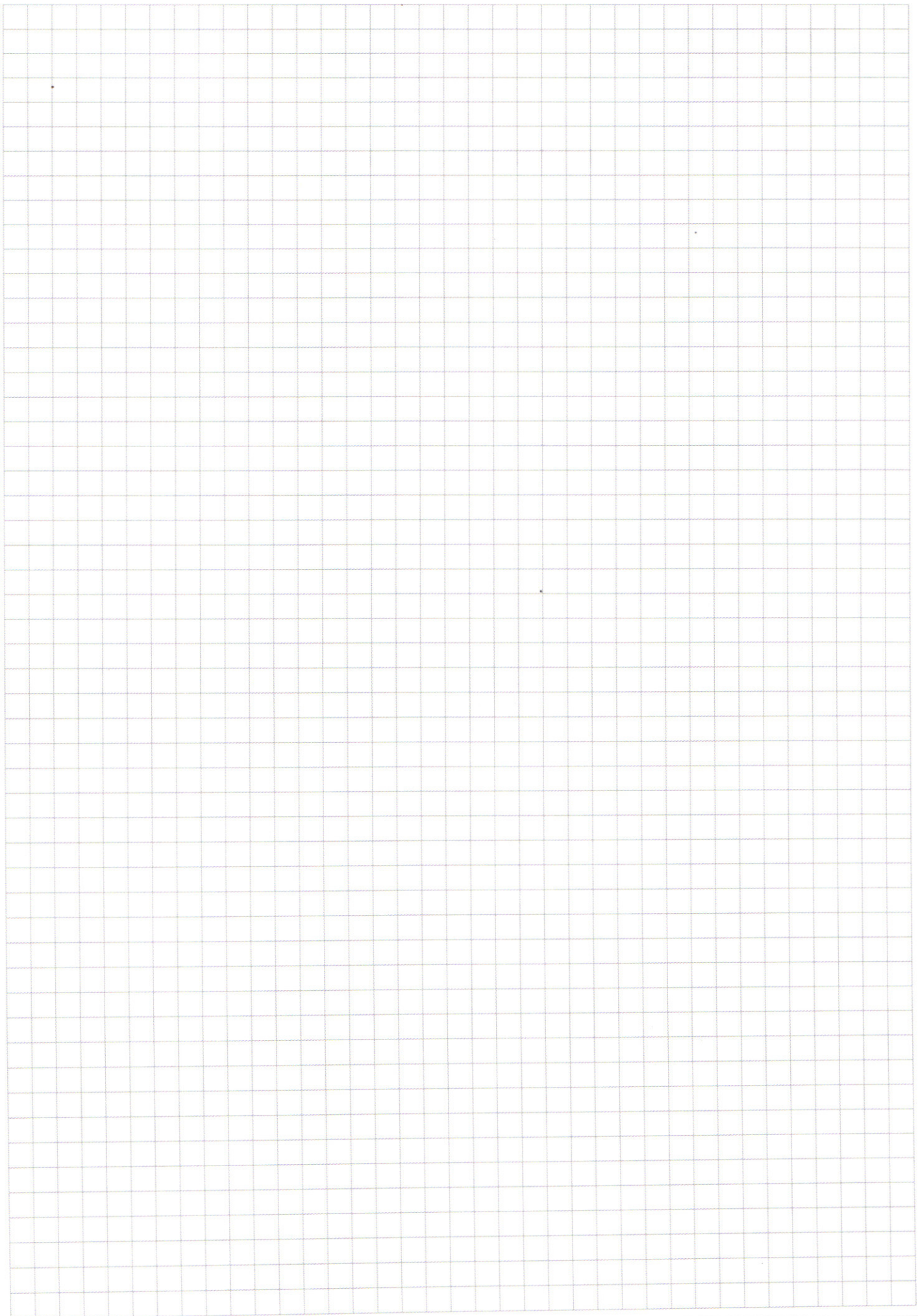
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)