

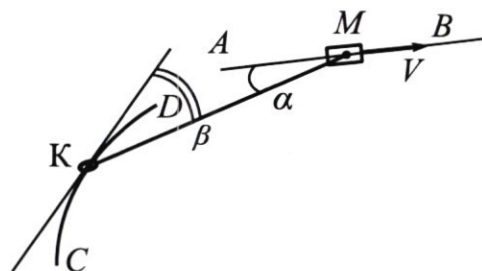
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



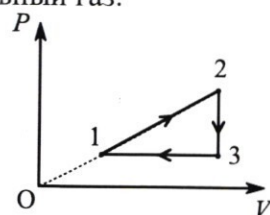
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

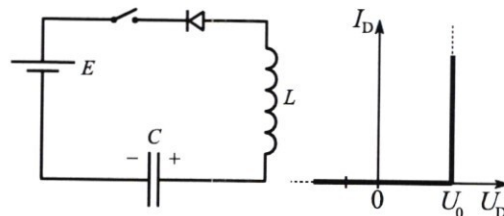
1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

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.

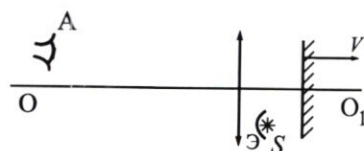
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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.

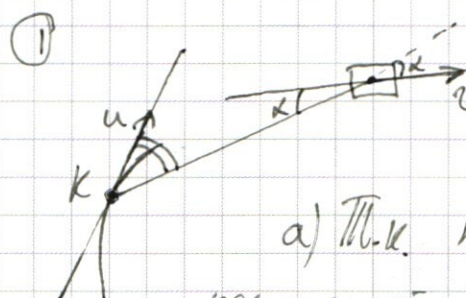
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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.



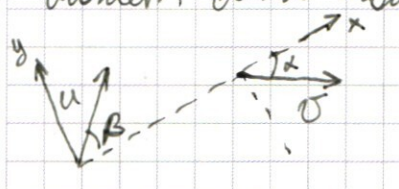
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①  $\omega = 0,4 \text{ ч/с}$ $m = 1 \text{ кг}$ $R = 1,7 \text{ м}$
 $l = \frac{17R}{15}$ $\cos \alpha = \frac{3}{5}$ $\cos \beta = 8/17$

а) Т.к. трос не разрывается его длина остается постоянной, пусть u - скорость колеса, тогда
 $\Delta t u \cos \beta = \omega \cos \alpha \Delta t$, чтобы трос не порвался, значит

$$u \cos \beta = \omega \cos \alpha \quad u = \frac{\omega \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0,4 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{\frac{2}{5} \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 5 \cdot 8} = \frac{51}{100} \text{ ч/с} = 0,51 \text{ ч/с}$$

б) Т.к. трос не разрывается, то относительная скорость может быть только перпендикулярна тросу (нормальная скорость)

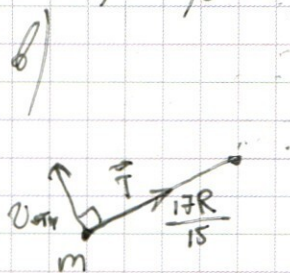
 $v_{огт}^2 = v_{горт}^2 + v_{горт}^2$ $v_{огт} = v_{горт}$
(т.к. трос не разрывается)

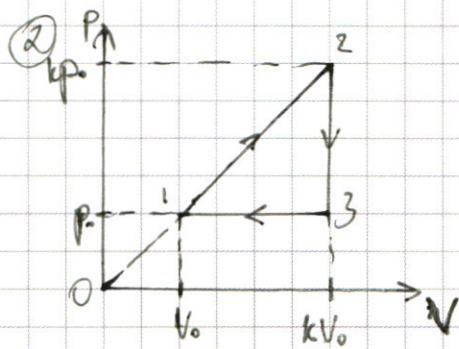
$$v_{горт} = u_y - v_y = u \sin \beta + \omega \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$v_{огт} = v_{горт} = 0,51 \text{ ч/с} \cdot \frac{15}{17} + 0,4 \text{ ч/с} \cdot \frac{4}{5} = \frac{51}{100} \cdot \frac{15}{17} \text{ ч/с} + \frac{2}{5} \cdot \frac{4}{5} \text{ ч/с} =$$

$$= 0,45 \text{ ч/с} + 0,32 \text{ ч/с} = 0,77 \text{ ч/с}$$

в)  $\vec{F}_c = m \vec{a}(\vec{I} \text{ г. в.})$
 $T = m \cdot \frac{v_{огт}^2}{l} = 1 \text{ кг} \cdot \frac{(0,77 \text{ ч/с})^2}{17 \cdot 1,7 \text{ м}} = \frac{7,7 \cdot 15}{289} \text{ Н} = \frac{1155}{289} \text{ Н}$
 $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{v_{огт}^2}{l}$



1 ат

на 12 градусе: $p \sim V$ м.к. $pV \sim JRT$, но

м.к. $pV \uparrow$, но $T \uparrow$

на 23 градусе $V = \text{const}$ $p \downarrow \Rightarrow T \downarrow$

на 31 градусе $p = \text{const}$ $V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$

a) $C = \frac{\Delta Q}{J}$ $\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{\Delta Q_{31}}{\Delta T_{31}}}{\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T_{23}}} = \frac{\Delta Q_{31}}{\Delta Q_{23}}$, пусть $p_1 = p_0$; $V_1 = V_0$,

тогда м.к. на градусе 12, $p \sim V$, но $p_2 = kp_0$ $V_2 = kV_0$
 $V_3 = V_2 = kV_0$ $p_3 = p_0$

$$\Delta Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{r23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} J R \Delta T_{23} = -\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_3 V_3) = -\frac{3}{2} (kp_0 kV_0 - kV_0 p_0) = -\frac{3}{2} kp_0 V_0 (k-1)$$

(м.к. $V = \text{const}$)

$$\Delta Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{r31} = \frac{3}{2} J R \Delta T_{31} - p_0 \cdot V_0 (k-1) = -\frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) - p_0 V_0 (k-1) = -\frac{3}{2} (p_0 kV_0 - p_0 V_0) - p_0 V_0 (k-1) = -p_0 V_0 (k-1) \cdot \left(\frac{3}{2} + 1\right) = -\frac{5}{2} p_0 V_0 (k-1)$$

$$\frac{\Delta Q_{31}}{\Delta Q_{23}} = \frac{-\frac{5}{2} p_0 V_0 (k-1)}{-\frac{3}{2} kp_0 V_0 (k-1)} = \frac{5}{3k}$$

$$\frac{\Delta T_{31}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{(1-k)p_0 V_0}{J R}}{\frac{(k-k)p_0 V_0}{J R}} = \frac{1}{k}$$

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{\Delta Q_{31}}{\Delta T_{31}}}{\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T_{23}}} = \frac{5}{3k} \cdot k = \frac{5}{3}$$

b) $\frac{Q_{12}^+}{A_{r12}} = ?$ $\Delta U_{12} = kp_0 V_0 - p_0 V_0 = (k^2 - 1) p_0 V_0$

$$A_{r12} = (k-1)V_0 \cdot \frac{(k+1)p_0}{2} = \frac{(k^2 - 1)}{2} p_0 V_0$$

$$\frac{Q_{12}^+}{A_{r12}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{r12}}{A_{r12}} = \frac{\Delta U_{12}}{A_{r12}} + 1 = \frac{(k^2 - 1) p_0 V_0}{\frac{(k^2 - 1)}{2} p_0 V_0} + 1 = 3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

б) $k \gg 1$

$$\eta = \frac{A \cdot \varepsilon}{Q} = \frac{\frac{(k-1)^2}{2} \rho_0 v_0}{\frac{3}{2}(k^2-1) \rho_0 v_0} = \frac{(k-1)^2}{3(k-1)(k+1)} = \frac{(k-1)}{3(k+1)} \rightarrow \max$$

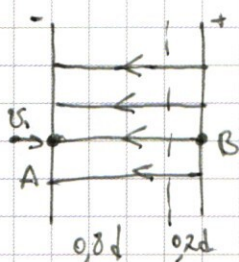
при $k \rightarrow +\infty$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{3}$$

3

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

$$0,2d$$



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

$$F = Eq$$

Частина вистала со
сторони отрицательной
пластини, т.к. инаге
бы она не остановилась

$$0,8d = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$a = \text{const, т.к. } F = \text{const}$$

$$v_1 = a \cdot T$$

$$T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{\frac{v_1^2}{1,6d}} = 1,6 \frac{d}{v_1}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{U}{d} \cdot q$$

д) $F = Eq$ $a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = F\gamma = \frac{U\gamma}{d}$

$$\frac{v_1^2}{1,6d} = \frac{U\gamma}{d}$$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma} = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{\gamma}$$

у границы
пути

б) $\varphi_{\infty} - \varphi_A = \varphi_B - \varphi_{\infty}$

у поверхности симметрии

$$\varphi_{\infty} = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = \frac{0 + U}{2} = \frac{U}{2}$$

Пусть $\varphi_A = 0$, тогда $\varphi_B = U$

303

$$q \cdot \varphi_A + \frac{mv_1^2}{2} = q \cdot \varphi_{\infty} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$= \frac{5}{8} v_1^2$$

$$v_1^2 - v_0^2 = \frac{2q}{m} \cdot (\varphi_{\infty} - \varphi_A) = \frac{2q}{m} \cdot \frac{U}{2} = U\gamma$$

$$v_0^2 = v_1^2 - \frac{5}{8} v_1^2 = \frac{3}{8} v_1^2 \quad v_0 = \sqrt{\frac{3}{8}} v_1 = \frac{\sqrt{6}}{4} v_1$$

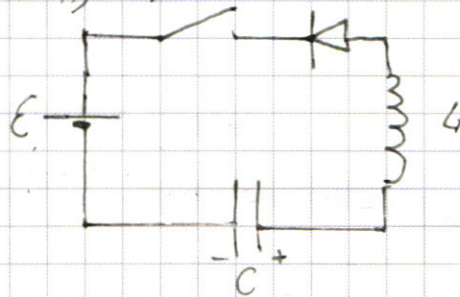
④ $\mathcal{E} = 3\text{В}$, $C = 20\text{мкФ}$, $U_1 = 6\text{В}$, $L = 0,2\text{Гн}$, $U_0 = 1\text{В}$

а) $U_L = L \frac{dI}{dt}$

$\mathcal{E} + U_C = U_0 + U_L$

$U_L = \mathcal{E} + U_C - U_0 = 3\text{В} + 6\text{В} - 1\text{В} = 8\text{В}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{8\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$



б) В уст. режиме $\mathcal{E} = U_2 + U_L + U_0$ $U_0 \leq 1\text{В}$

$\left(L \frac{dI}{dt} \rightarrow 0 \right)$
м.д. уст.

П.к. режим установившийся, то тока в цепи нет, т.к. конденсатор будет заряжен (значит не будет пропускать ток), значит либо $U_0 \neq 1\text{В}$, либо $U_2 + U_0 = \mathcal{E}$, если в.1, то в качестве миним U_0 , становится ^н меньше 1В и заряд сразу же перестанет распределяться, т.о. $U_0 \rightarrow 1\text{В}$, значит все варианты одинаковы и:

$U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 3\text{В} - 1\text{В} = 2\text{В}$

в) $W_1 = \frac{CU_1^2}{2}$ $W_k = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} + Eq = C(U_1 - U_c)$

$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} + C\mathcal{E}(U_1 - U_c)$

$\frac{LI_m^2}{2} = -\frac{CU_c^2}{2} + C\mathcal{E}U_c - C\mathcal{E}U_1 + \frac{CU_1^2}{2}$

$U_c = -\frac{C\mathcal{E}}{2C} = -\mathcal{E}$

$I_m = \sqrt{\frac{2}{L} \cdot \left(-\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}U_1 + \frac{CU_1^2}{2} \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20\text{мкФ}}{0,2\text{Гн}} \cdot \left(\frac{9\text{В}^2}{2} - 3\text{В} \cdot 8\text{В} + \frac{64\text{В}^2}{2} \right)} = 10^{-2} \text{А}$

$\bullet \sqrt{9 - 48 + 64} = 5 \cdot 10^{-2} \text{А}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3

$$a) \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

п.к. для линзы источником

будет отражение в зеркале,

$$\text{то } d = F + (F - \frac{F}{5}) = \frac{5}{3}F$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{5F} \quad f = \frac{5}{2}F = 2,5F$$

на расстоянии $2,5F$

$$b) \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F} = 1,5$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = 1,5 \quad H = 1,5h = 0,8F$$

$$h = \frac{8F}{15}$$

$$v_{\text{отн}} = \Gamma^2 v_{\text{ст}}; \quad v_{\text{отн}} = 20, \text{ м.к.} \quad \text{изображение удаляется в 4 раза}$$

$$v'_{\text{отн}} = 2,25 \cdot 20 = 4,5v$$

быстрее скорости зеркала

$$H' = \frac{f + v'_{\text{отн}} \Delta t}{d + v_{\text{отн}} \Delta t} h = \frac{f + 4,5v \Delta t}{d + 20v \Delta t} h$$

$$\frac{dH'}{dt} = \frac{\frac{df}{dt} + 4,5v}{d + 20v \Delta t} h - \frac{H}{d + 20v \Delta t} \frac{dH}{dt} = \frac{9v}{5F} h - \frac{dH}{dt}$$

$$2 \frac{dH}{dt} = \frac{9v}{5F} \cdot \frac{8}{15} F = 2,88v$$

$$\frac{dH}{dt} = 1,44v$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{dH}{dt}}{\frac{dh}{dt}} = \frac{1,44v}{4,5v} = \frac{\frac{8 \cdot 4}{25} v}{\frac{8}{4} v} = \frac{16}{25}$$

б)

$$v_{\Sigma} = \sqrt{(1,44v)^2 + 4,5v^2} = \sqrt{\left(\frac{36}{25}\right)^2 + \frac{9^2}{4}} v = 9 \cdot \sqrt{\frac{16}{25} + \frac{1}{4}} v = \underline{\underline{0,9189v}}$$



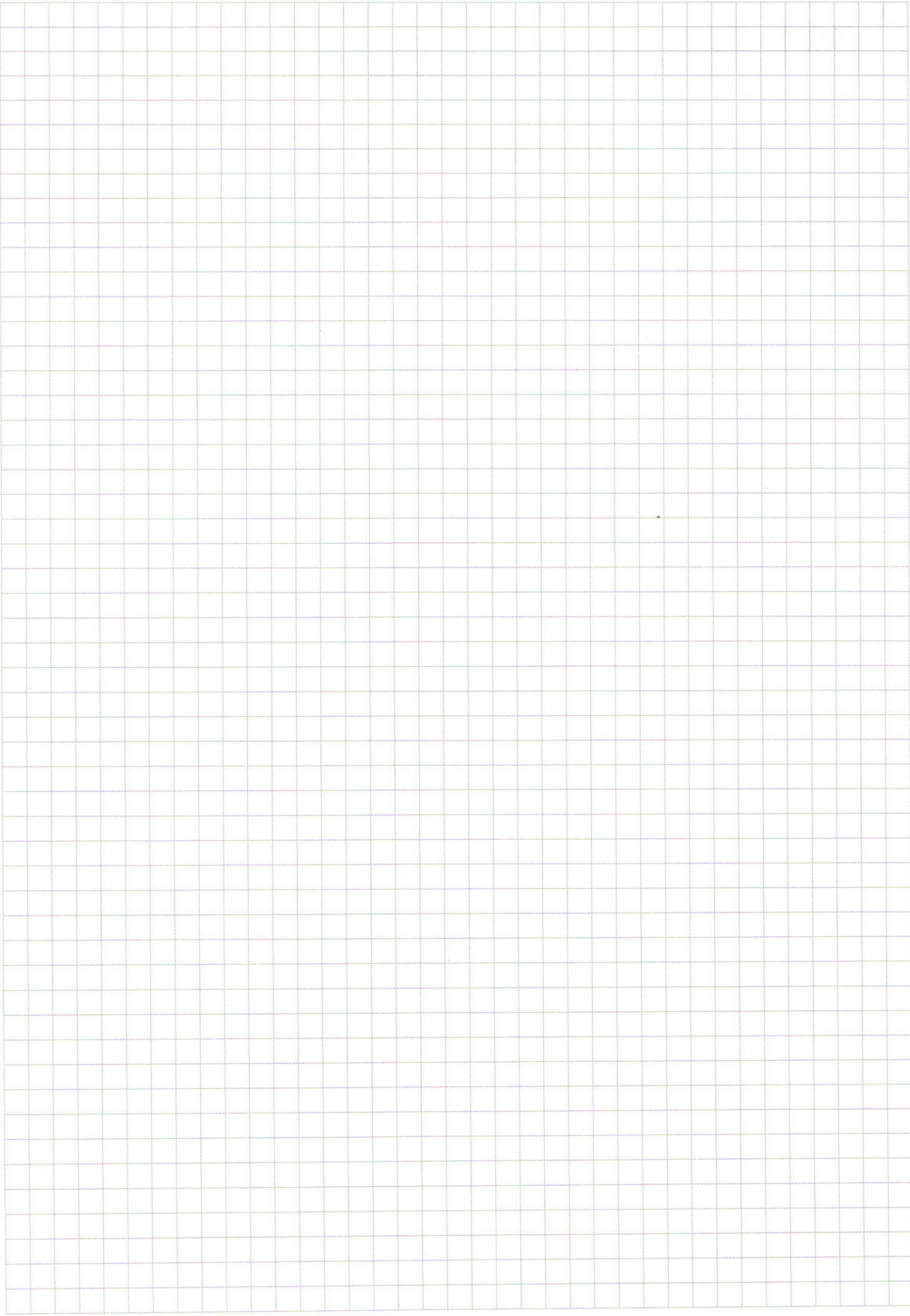
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



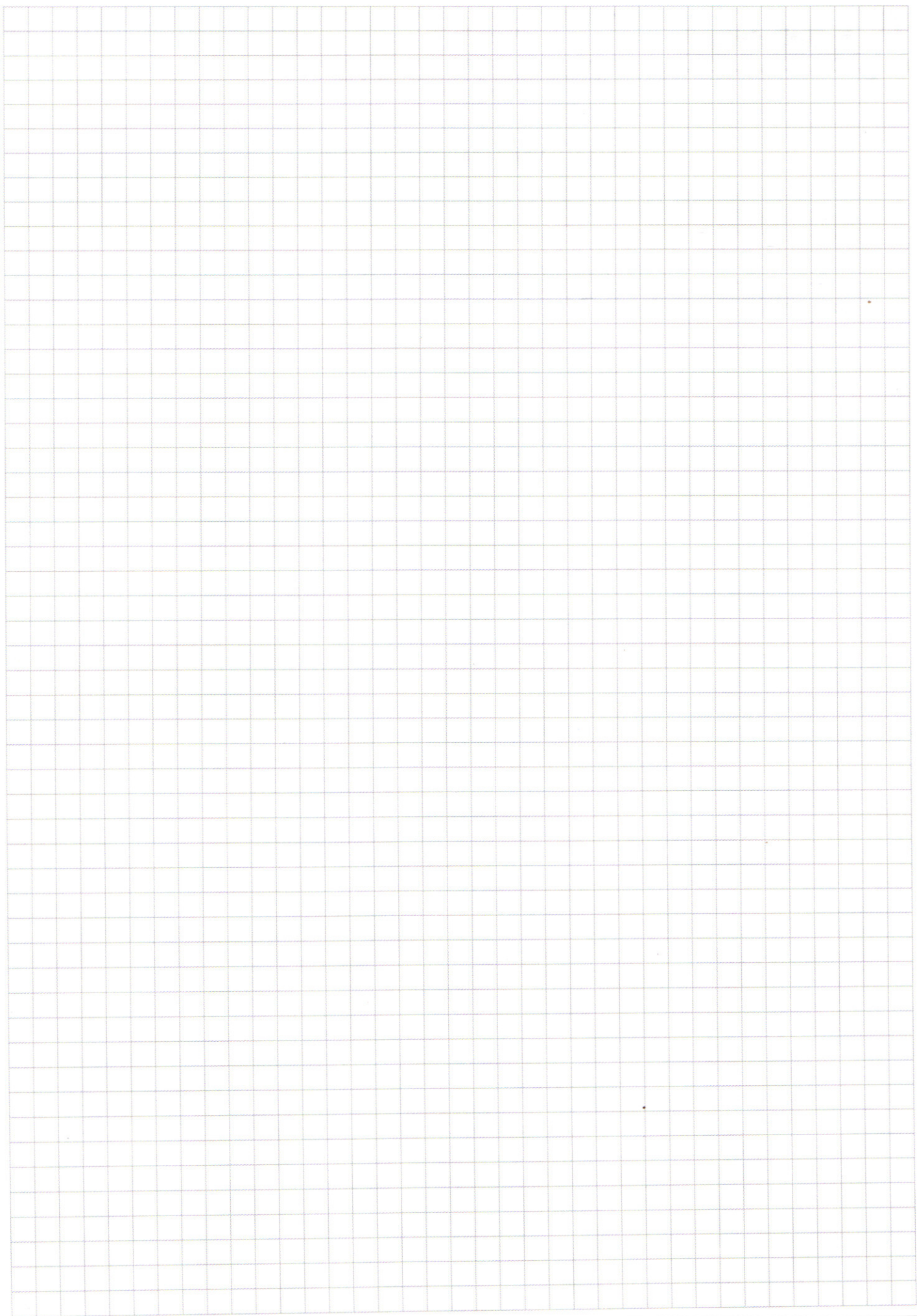
☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta T_{31} = - \frac{p_3 V_3 - p_1 V_1}{\gamma R} = \frac{(1-k)}{\gamma R} p_0 V_0$$
$$\Delta T_{23} = \frac{p_3 V_3 - p_2 V_2}{\gamma R} = \frac{(k-k^2)}{\gamma R} p_0 V_0$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)