

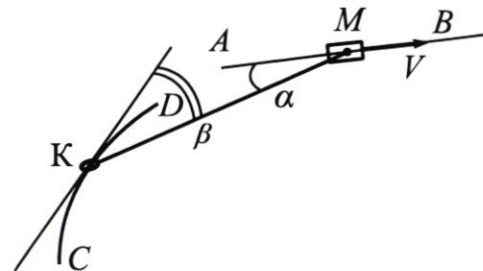
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



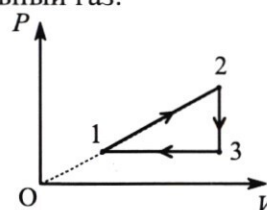
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



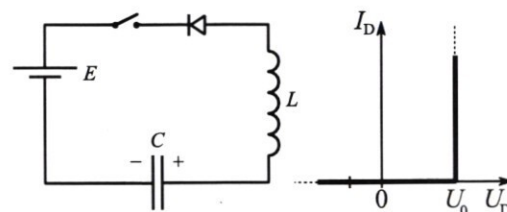
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.



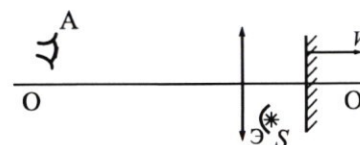
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

Пусть k - коэффициент, значит, что:

$$p_1 = p, \quad V_1 = V;$$

$$p_2 = pk, \quad V_2 = kV,$$

где p_1 и V_1 - значения давления и объема в состоянии 1, а p_2 и V_2 - значения для состояния 2.

Поскольку процесс изотермический, значит, что:

или, иначе, температура для всех состояний и процессов:

$$U_1 = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} \mathcal{O}RT (T_1 = T)$$

$$U_2 = \frac{3}{2} k^2 pV = \frac{3}{2} k^2 \mathcal{O}RT$$

$$U_3 = \frac{3}{2} kpV = \frac{3}{2} k \mathcal{O}RT.$$

$$A_{12} = \frac{(p+pk)(kV-V)}{2} = \frac{1}{2} \mathcal{O}RT(k^2-1)$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{31} = p(V-kV) = \mathcal{O}RT(1-k)$$

$$\Delta T_{12} = T(k^2-1)$$

$$\Delta T_{23} = Tk(1-k)$$

$$\Delta T_{31} = T(1-k).$$

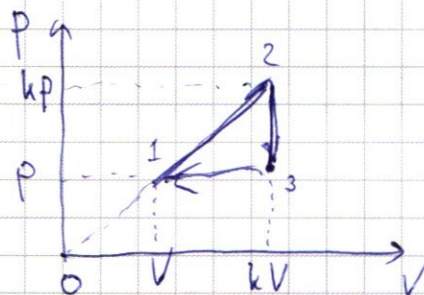
В этом процессе, температура повышается на участке

$$(2-3) \quad \text{и} \quad (3-1)$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23} \mathcal{O}} = \frac{A_{23} + \Delta U_{23}}{\Delta T_{23} \mathcal{O}} = \frac{\frac{3}{2} \mathcal{O}RT(k^2-1)}{Tk(k^2-1) \mathcal{O}} = \frac{3}{2} R.$$

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{\Delta T_{31} \mathcal{O}} = \frac{A_{31} + \Delta U_{31}}{\Delta T_{31} \mathcal{O}} = \frac{\mathcal{O}RT(1-k) + \frac{3}{2} \mathcal{O}RT(1-k)}{T(1-k) \mathcal{O}} =$$

$$= R + \frac{3}{2} R = \frac{5}{2} R.$$



$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{3}{5} \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{1}{2} \cancel{2RT(k^2-1)} + \frac{3}{2} \cancel{2RT(k^2-1)}}{\frac{1}{2} \cancel{2RT(k^2-1)}} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4$$

$$Q_{\text{одн}} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} + A_{12} + A_{23} + A_{31} =$$

$$= \frac{3}{2} 2RT(k^2-1) + \frac{3}{2} 2RT(k(1-k)) + \frac{3}{2} 2RT(1-k) + \frac{1}{2} 2RT(k^2-1) + 2RT(1-k)$$

$$Q_{\text{нагр}} = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 4RT(k^2-1)$$

$$Q_{\text{охла}} = -Q_{23} - Q_{31} = -(\Delta U_{23} + \Delta U_{31} + A_{31}) = -\left(\frac{3}{2} 2RT(k(1-k)) + \frac{3}{2} 2RT(1-k) + 2RT(1-k)\right) =$$

$$= -2RT\left(\frac{3}{2}k(1-k) + \frac{5}{2}(1-k)\right) =$$

$$= 2RT(k-1)\left(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}\right)$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{охла}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{4RT(k^2-1) - 2RT(k-1)\left(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}\right)}{4RT(k^2-1)} =$$

$$= \frac{2RT(k-1)\left(4(k+1) - \left(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}\right)\right)}{4RT(k^2-1)} = \frac{4(k+1) - \frac{3}{2}k - \frac{5}{2}}{4k+4} =$$

$$= \frac{4k+4 - \frac{3}{2}k - \frac{5}{2}}{4k+4} = \frac{\frac{5}{2}k + \frac{3}{2}}{4k+4} = \frac{5k+3}{8k+8}$$

При ограниченном значении k КПД будет стремиться к $\frac{5}{8} = 0,625 = 62,5\%$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) 4; 3) 62,5%.

W3

В конденсаторе на пластину действует сила $F = qE$,
 где E - напряженность электрического поля конденсатора.
 Ускорение пластины в поле равно $\frac{qE}{m} = \mu E$
 Пластина пластина остановилась, то,
 $V_1 = \mu E T$.

С другой стороны,

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

когда время $t = 0,8 \text{ д}$ при равнопеременном
движении, а, значит,

$$0,8 \text{ д} = V_1 T - \frac{\delta E T^2}{2}. \text{ Так, что } \delta E T = V_1, \text{ или}$$

$$0,8 \text{ д} = V_1 T - \frac{V_1 T}{2};$$

$$0,8 \text{ д} = \frac{V_1 T}{2} \Leftrightarrow V_1 T = 1,6 \text{ д} \Leftrightarrow T = \frac{1,6 \text{ д}}{V_1}.$$

$$\text{Также: } V_1 = \delta E T \Leftrightarrow V_1 = \delta E \cdot \frac{1,6 \text{ д}}{V_1} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_1^2 = 1,6 \delta E \text{ д} \Leftrightarrow E = \frac{V_1^2}{1,6 \delta}.$$

$$U = E d = \frac{V_1^2}{1,6 \delta}.$$

Полученная расчетная величина должна совпасть с

$\varphi_0 = 0$. $\varphi_1 = \Delta\varphi = U$. Следовательно, совершена работа
электрического поля $A = qU$. Угловая ~~энергия~~ энергия

расчетная равна ~~интегралу~~: $E_0 = \frac{m V_0^2}{2}$. В момент времени
в конце пути ее энергия равна $E_1 = \frac{m V_1^2}{2} + qU$. Согласно

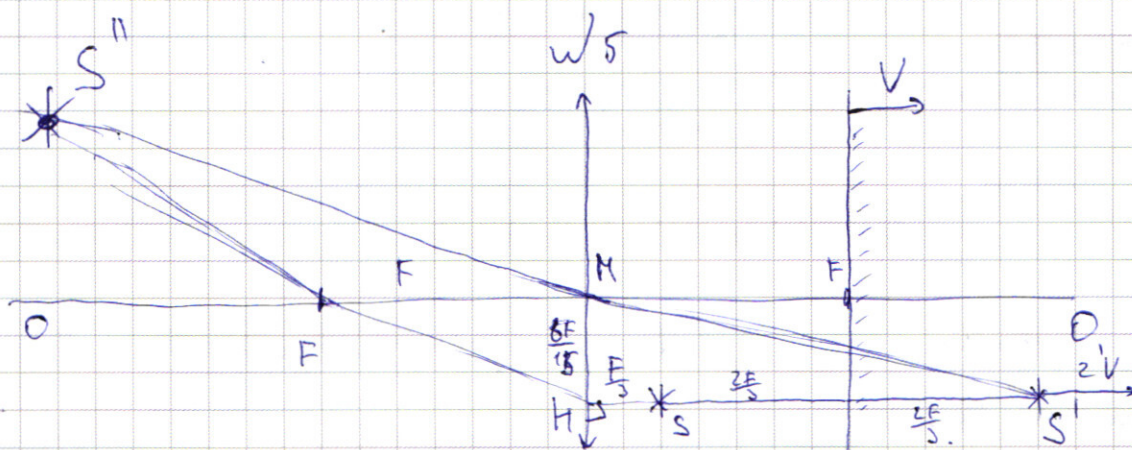
$$\text{ЗЗЭ, } E_0 = E_1 \Leftrightarrow \frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + qU \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m V_0^2 = m V_1^2 + 2qU \Leftrightarrow V_0^2 = V_1^2 + \frac{2qU}{m} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_0^2 = V_1^2 + 2 \delta U \Leftrightarrow V_0^2 = V_1^2 + 2 \delta \cdot \frac{V_1^2}{1,6 \delta} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_0^2 = V_1^2 + \frac{5}{4} V_1^2 \Leftrightarrow V_0^2 = \frac{9}{4} V_1^2 \Leftrightarrow V_0 = \frac{3}{2} V_1.$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{1,6 \text{ д}}{V_1}; U = \frac{V_1^2}{1,6 \delta}; V_0 = \frac{3}{2} V_1.$$



Расстояние от ускорения источника в направлении
 от центра $d = \frac{F}{3} + 2 \cdot \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$

Согласно формуле расстояния между,
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Leftrightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Leftrightarrow f = \frac{Fd}{d-F} \Leftrightarrow f = \frac{\frac{5F^2}{3}}{\frac{2F}{3}} \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow \boxed{f = \frac{5}{2} F}$

Ускорение S' движется вправо параллельно оси OO_1 со скоростью $2V$. Следовательно, при $S'H$, а, значит и HS'' никогда не меняют своего направления. Таким образом, S'' всегда лежит на прямой HF , а, значит, скорость движения S'' совпадает с OO_1 , при $d = \angle O, FH$.

$$FH = \sqrt{F^2 + \frac{64F^2}{225}} = \sqrt{\frac{289F^2}{225}} = \frac{17}{15} F$$

$$\sin \alpha = \sin \angle O, FH = \frac{MH}{FH} = \frac{\frac{8F}{15}}{\frac{17F}{15}} = \frac{8}{17} \quad \cos \alpha = \frac{FH}{d} = \frac{F}{\frac{17F}{15}} = \frac{15}{17}$$

Увеличение длины $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3}{2}$.

Скорость ускорения S'' вдоль оси OO_1 равна
 $V' = \Gamma^2 \cdot 2V = \frac{9V}{2}$

Скорость V'' ускорения равна $V'' = \frac{V'}{\cos \alpha} = \frac{9V}{2} \cdot \frac{17}{15} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow V'' = 5,1V$

Ответ: $f = \frac{5}{2} F$; $\sin \alpha = \frac{8}{17}$; $V'' = 5,1V$.

$$U_2 = \frac{3}{2} k^2 pV$$

$$U_3 = \frac{3}{2} k pV$$

$$Q_{23} = U_3 - U_2 = \frac{3}{2} k pV - \frac{3}{2} k^2 pV = \frac{3}{2} k pV (1 - k)$$

$$\cancel{Q_{23}} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23} \cdot \cancel{D}} \quad \cancel{T_1} \neq \frac{pV}{T_1} = \frac{k^2 pV}{T_2} \Leftrightarrow T_2 = k^2 T_1 = \frac{3}{2} k^2 R T (1 - k)$$

$$T_3 = k T_1$$

$$\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = k T_1 - k^2 T_1 = k T_1 (1 - k)$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23} \cdot D} = \frac{\frac{3}{2} k (1 - k) R T}{R T (1 - k)} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$\cancel{U_{31}} = U_3 = \frac{3}{2} k pV \quad U_1 = \frac{3}{2} pV$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} pV (1 - k) \quad A_{31} = pV (1 - k)$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} pV (1 - k) = \frac{5}{2} R T (1 - k)$$

$$\Delta T_{31} = T (1 - k)$$

$$C_{31} = \frac{\frac{5}{2} R T (1 - k)}{R T (1 - k)} = \frac{5}{2} R$$

$$U_1 = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} R T$$

$$U_2 = \frac{3}{2} p k^2 V = \frac{3}{2} k^2 R T$$

$$U_3 = \frac{3}{2} p k V = \frac{3}{2} k R T$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R T (k^2 - 1)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R T k (1 - k)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} R T (1 - k)$$

$$A_{12} = \frac{(p + k p)(kV - V)}{2} = \frac{1}{2} R T (k^2 - 1)$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{31} = -p(kV - V) = R T (1 - k)$$

$$Q_{12} = 2 R T (k^2 - 1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} R T k (1 - k)$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} R T (1 - k)$$

$$T_1 = T$$

$$T_2 = k^2 T$$

$$T_3 = k T$$

$$\Delta T_{12} = T (k^2 - 1)$$

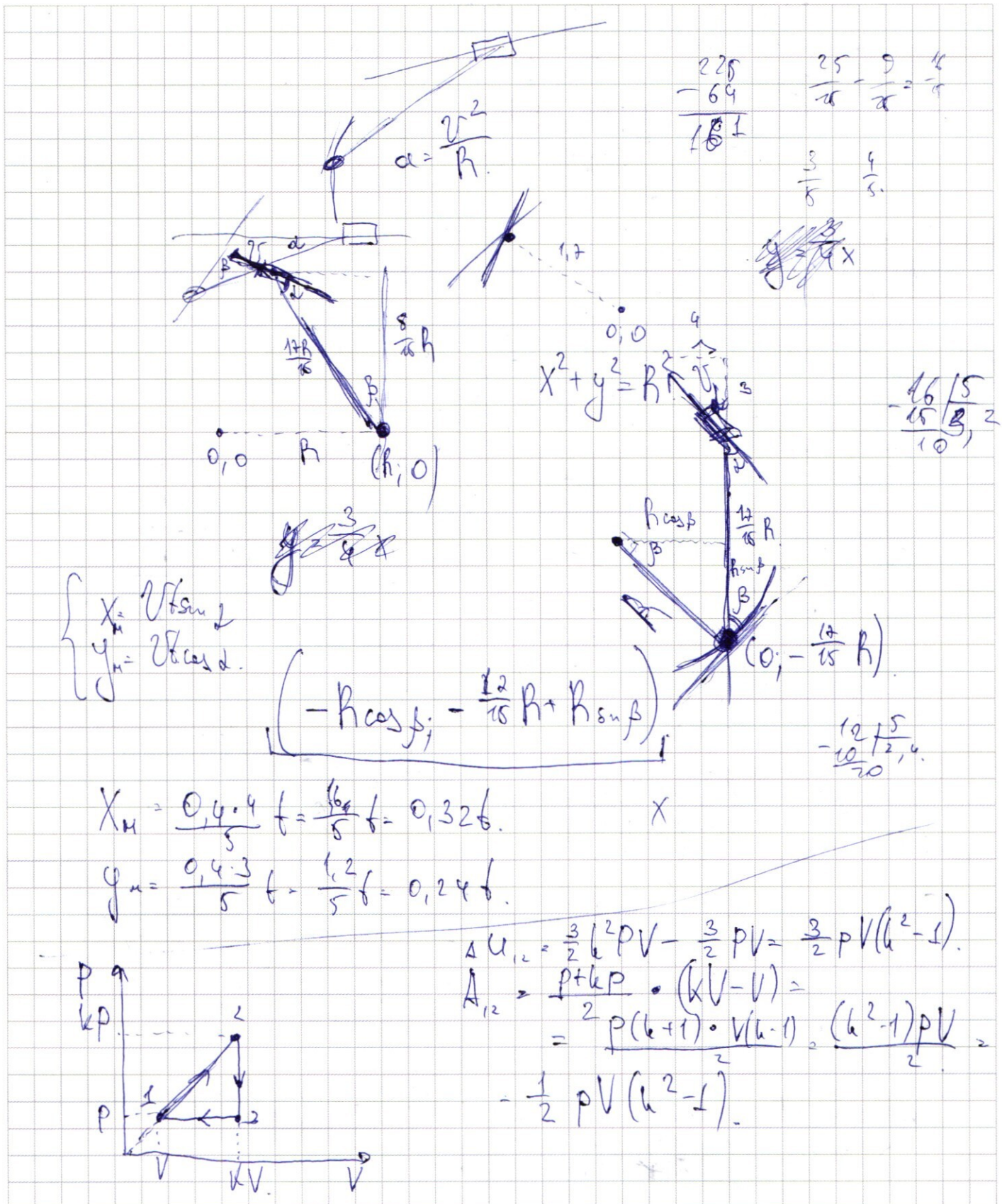
$$\Delta T_{23} = T k (1 - k)$$

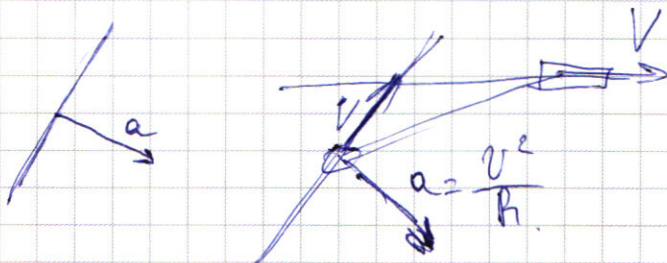
$$\Delta T_{31} = T (1 - k)$$

$$Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = R T \left(2(k^2 - 1) + \frac{3}{2} k(1 - k) + \frac{5}{2} (1 - k) \right) =$$

$$= R T (k - 1) \left(2(k + 1) - \frac{3}{2} k - \frac{5}{2} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F \left(\frac{5F}{3} + 2VT \right) = \frac{\frac{5F^2}{3} + 2FVT}{\frac{2F}{3} + 2VT} = \frac{5F^2 + 6FVT}{2F + 6VT}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} = \frac{6FV(2F + 6VT) - 6V(5F^2 + 6FVT)}{2 \cdot \frac{C}{2} (U_1^2 + U_2^2) (2F + 6VT)^2}$$

$$2V \cdot \Gamma = \frac{12F^2V - 30F^2V}{4F^2} = \frac{18V}{4} = \frac{9V}{2}$$

$$\Gamma = \frac{F}{2} = \frac{\frac{5F}{3}}{\frac{5F}{3}} = \frac{3}{2}$$

$$V' = 2V \cdot \Gamma^2 = \frac{9}{4} \cdot 2V = \frac{9V}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \Rightarrow \frac{CU_1^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_1}{L} = \frac{6}{0,2} = 30 \text{ (A/c)}$$

$$LI^2 = CU^2 \Rightarrow \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} = \frac{CU^2}{0,2} \Rightarrow U_1 = 20 \text{ В}$$

$$E = U_1 - U_2 + U_1 = 20 - 40 + 20 = 0$$

$$E + U_1 = U_2 + U_1 \Rightarrow E = U_2 = 40 \text{ В}$$



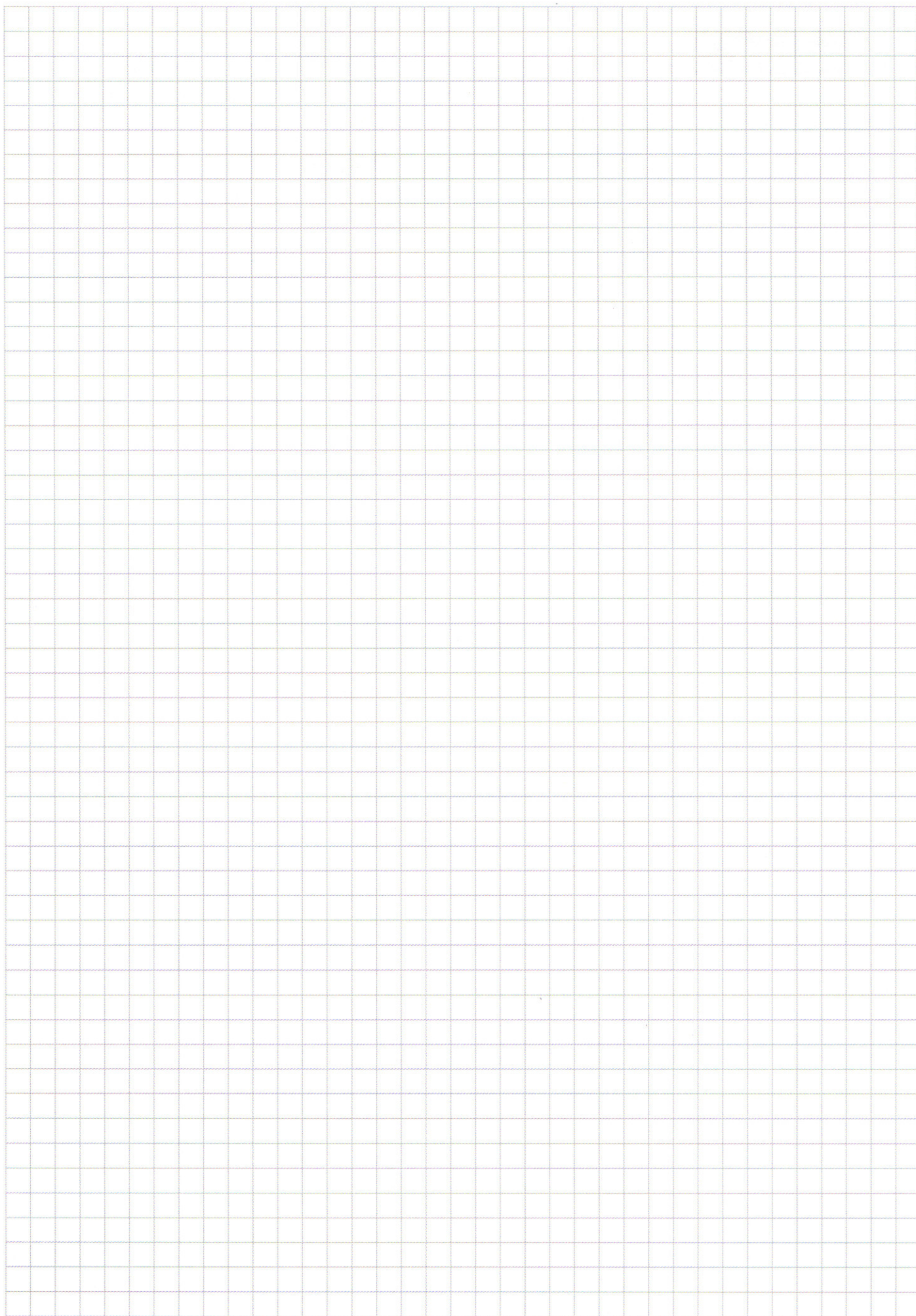
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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

$$A_{12} + A_{32} = \frac{1}{2} \mathcal{O}RT(k^2 - 1) + \mathcal{O}RT(1 - k) =$$

$$S = \gamma f + \frac{ab^2}{z} \Rightarrow RT \left(\frac{1}{2} (u^2 - 1) + \cancel{2 \ln(1-u)} \right) = \cancel{RT(1-1)} \left(\frac{1}{2} (u^2 - 1) \right)$$

$$S = 86 + \frac{86}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2}(h+1) - 1}{\frac{1}{2}(h+1) - \frac{3}{2}h - \frac{5}{2}} = \frac{\frac{h}{2} - \frac{1}{2}}{2h+2-1,5h-2,5} = \frac{\frac{1}{2}(h-1)}{0,5h-0,5}$$

$$y=0, \quad = \frac{1}{2} \quad a$$

$$\frac{(5h+3)'(8h+8) + (8h+8)'(5h+3)}{(8h+8)^2} =$$

$$z = \frac{5(8k+8) - 8\left(\frac{1}{5}k+1\right)}{(8k+8)^2}$$

$$A_2 \quad g_4 = \frac{m v_0}{2} - \frac{m v_1}{2}; \quad \frac{40h + 40 - 40h - 24}{(8h+8)^2} = \frac{16}{(8h+8)^2}$$

$$y = \frac{56x3}{86x8}$$

$$\frac{5 \cdot 10^6 + 3}{8 \cdot 10^6 + 8}$$

$$q = \frac{A}{C}$$

$$\frac{294}{m} = V_0^2 - V_1^2$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{294}{m} + V_1^2}$$

E

$$q = E d$$
$$U = E d$$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 8} \\ - 0 \overline{) 0} 62 \\ \hline 80 \\ - 49 \\ \hline 20 \\ - 16 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$V_1 = \frac{qET}{m}$$

$$V_1 = \frac{QRT}{nF} \ln \frac{A}{C} \cdot B$$

$$0.8 d^2 V_T + \frac{9RT^2}{2m^2}$$

$$V = qEd = k \cdot \frac{q}{r} \cdot r = k \cdot q$$

$$= V_{1T} - \frac{V_T}{2} = \frac{V_T}{2}$$

$$\frac{qE}{m} = \frac{2}{3} \frac{qE}{m} \quad \text{and} \quad T = V_i$$

$$E^2 \quad d.$$

$$V_1 T = 1,6d; \quad V_1 T - \frac{q E T^2}{m \cdot 2} = 0,8d;$$

$$F = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$\frac{qET}{m} = V_1$$

$$V_1 = \frac{qET}{m}$$

$$E = \frac{V_1}{qT} = \frac{V_1^2}{q,64q}$$

$$V_1 T - \frac{V_1 T}{2} = \frac{V_1^2 m}{2 q E T} = 98 d;$$

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

После того, как индуктивность, ЭДС источника тока и напряжение в цепи равно сумме ЭДС источника и напряжения на конденсаторе:

$$-E_i = U_2 + E \Leftrightarrow L \frac{dI}{dt} = U_1 + E \Leftrightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_1 + E}{L} = \frac{9}{0,2} = 45 \left(\frac{A}{c} \right)$$

скорость изменения тока равна.

Также конденсатор заряжается до напряжения, равного 0, и заряжается до $U_2 = E - U_0 = 2 \text{ В}$, т.е. при этом заряд прекращается увеличиваться, ведь напряжение на нем $E - U_2$ станет равно нулю.

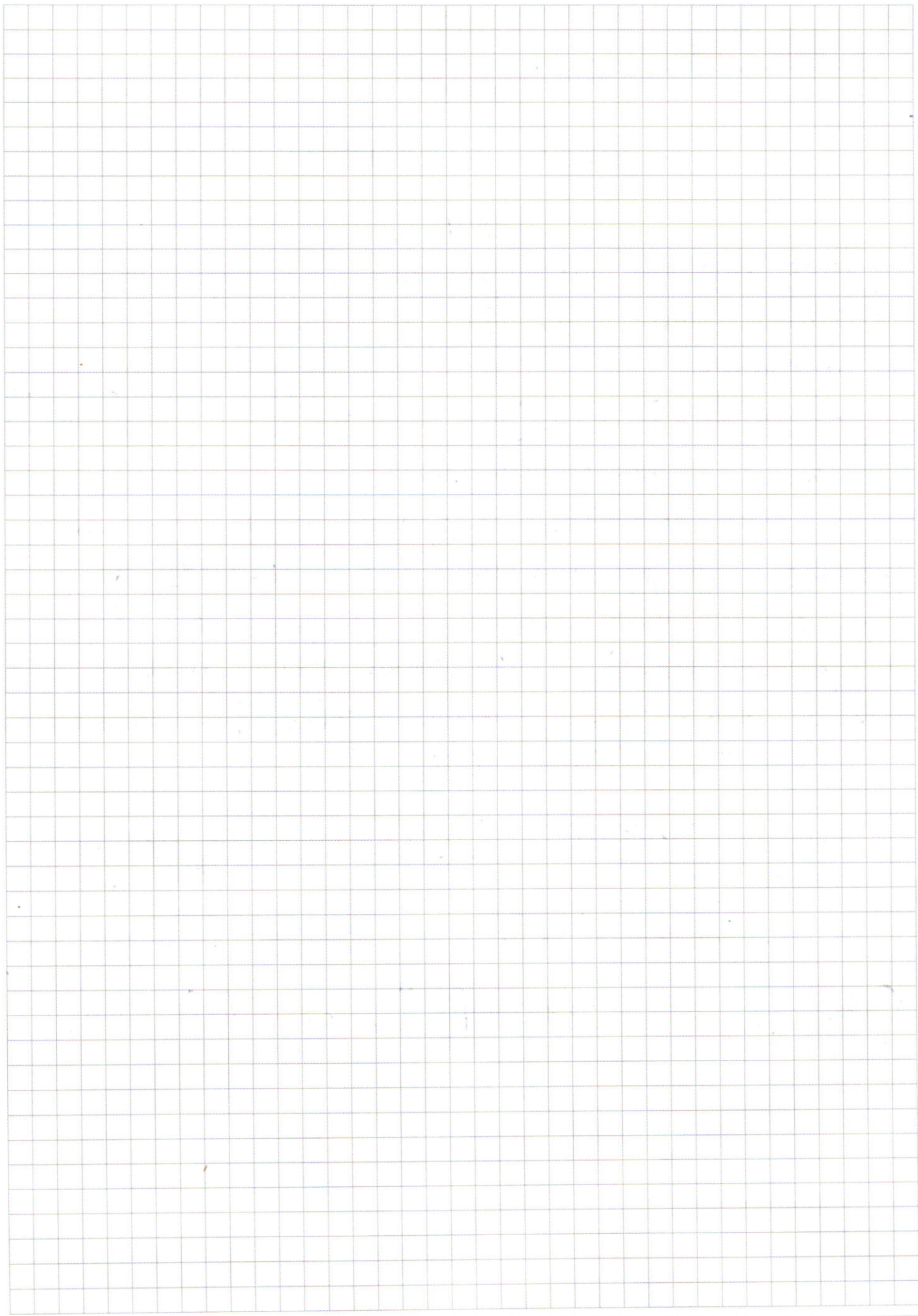
Таким образом, энергия катушки равна (в момент максимального заряда)

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} = \frac{C U_1^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C U_1^2 + C U_2^2}{L}} = \sqrt{\frac{C (U_1^2 + U_2^2)}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 40}{0,2}} = \sqrt{400 \cdot 10^{-5}} = 20 \sqrt{10^{-5}} = 0,2 \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{0,2}{\sqrt{10}} = \frac{0,2 \sqrt{10}}{10} = 0,02 \sqrt{10} \text{ (A)}$$

Ответ: $\frac{dI}{dt} = 45 \text{ A/c}$; ~~$U_1 = 2 \text{ В}$~~ $I_{\max} = 0,02 \sqrt{10} \text{ А}$; $U_2 = 2 \text{ В}$.

№ 1.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)