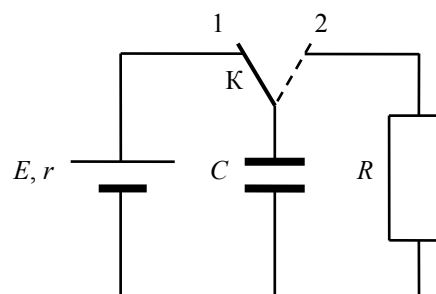


Задание 3

В схеме, показанной на рисунке, ключ К долгое время находился в положении 1. В момент $t_0 = 0$ ключ перевели в положение 2. К моменту $t > 0$ на резисторе R выделилось количество теплоты $Q = 25$ мкДж. Сила тока в цепи в этот момент равна $I = 0,1$ мА. Чему равно сопротивление резистора R ? ЭДС батареи $E = 15$ В, её внутреннее сопротивление $r = 30$ Ом, ёмкость конденсатора $C = 0,4$ мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



Возможное решение

1. К моменту $t_0 = 0$ конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС E , энергия конденсатора $W_0 = \frac{CE^2}{2}$.

$$W_0 = \frac{CE^2}{2}.$$

2. В момент $t > 0$ напряжение на конденсаторе U равно напряжению IR на резисторе в правой части схемы (см. рисунок). Энергия конденсатора в этот момент

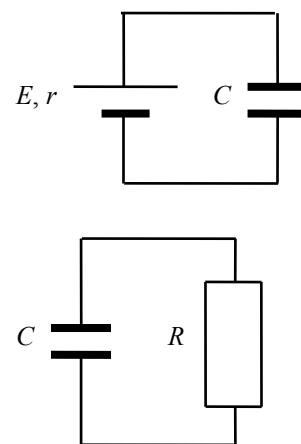
$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}.$$

3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии:

$$W_0 = W + Q, \text{ или } \frac{CE^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q,$$

$$\text{откуда } R = \frac{1}{I} \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = 100 \text{ кОм.}$$

Ответ: $R = 100$ кОм



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома для участка цепи, формула для энергии конденсатора, закон сохранения энергии); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) <u>представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</u>	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.	2

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Работа 3.1 (3 балла)

$t=0$ конденсатор заряжен.

В момент переключения $\rightarrow$ конденсатор начинает разряжаться, на резистор падает та же ЭДС конденсатора.

$Q = 75 \text{ мкКл}$ | $W_{K1} = \frac{CE^2}{2}$ - зарядка конденсатора

$I = 0,1 \text{ А}$ | $W_{K2} = \frac{C\mathcal{U}^2}{2}$ - энергия в момент времени t

$E = 15 \text{ В}$ | по закону сохранения энергии.

$C = 0,4 \text{ мкФ}$ | $W_{K2} = Q + W_{K1}$ | $\mathcal{U}^2 = \frac{2 \cdot 75 \cdot 10^{-6} \cdot 15^2 - 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}} = \frac{40}{0,4} = 100$

$R = ? \text{ Ом}$ | $\frac{CE^2}{2} = Q + \frac{C\mathcal{U}^2}{2}$ | $\mathcal{U} = 10$

$0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 15^2 = 2 \cdot 75 \cdot 10^{-6} + \frac{C\mathcal{U}^2}{2}$ | по закону Ома

$\mathcal{U}^2 = \frac{2 \cdot (CE^2 - Q)}{C}$ | $I = \frac{\mathcal{U}}{R}$ | $R = \frac{\mathcal{U}}{I} = \frac{10}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 10^5$

Отв: 10^5 Ом

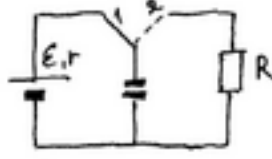
Полностью верное решение задачи.

Работа 3.2 (3 балла)

Дано: $Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ $I = 0,1 \text{ мА}$ $E = 15 \text{ В}$ $r = 30 \text{ Ом}$ $C = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ $R = ?$	Вс $25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ $0,1 \cdot 10^{-3}$ $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	Решение: 1) Когда ключ в положении 1 ток через конденсатор не проходит, на нем накапливается заряд, найдем его $W_k = \frac{CU^2}{2}$, где $U = E$; $W_k = \frac{CE^2}{2} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 225}{2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$ 2) После переключения ключа в положение 2, энергия на конденсаторе пойдет на резистор R, часть энергии пойдет на нагревание. Найдем ту, что осталась $W = W_k - Q = 4,5 \cdot 10^{-5} - 25 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$. 3) Найдем энергию на резисторе, сложим найденное сопротивление. $W = \frac{CU^2}{2}$, где $U = \sqrt{\frac{2W}{C}}$ и по закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$, где $R = \frac{U}{I}$ $U = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{100} = 10 \text{ В}$, тогда $R = \frac{10 \text{ В}}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^5 \text{ Ом}$. Ответ: $R_{\text{резистора}} = 10^5 \text{ Ом}$.
---	---	--

Полностью верное решение задачи, проведенное «по частям», с промежуточными вычислениями.

Работа 3.3 (2 балла)

Дано $Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ $E = 15 \text{ В}$ $r = 30 \text{ Ом}$ $I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ $C = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ $R = ?$	Решение:  ① $\frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2} (U = E)$ ② $\frac{CE^2}{2} = Q + \frac{CU^2}{2} (I = 0,1 \text{ мА})$ $CE^2 - 2Q = CU^2 \Rightarrow U = \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = \sqrt{225 - \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{225 - 125} = 10 \text{ В}$ $I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{10 \text{ В}}{0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 10^5 \text{ Ом} = 0,1 \text{ кОм}$ Ответ: $R = 0,1 \text{ кОм}$
---	---

Решение правильное, но в нем присутствуют три недостатка: описаны не все вновь вводимые величины, разные величины обозначены одной буквой (U) и допущена ошибка при записи окончательного ответа. Поскольку недостатки решения, каждый из которых приводит к снижению оценки на 1 балл, не суммируются, итоговый результат – 2 балла.

Работа 3.4 (1 балл)

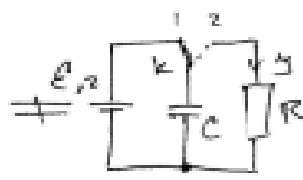
Р-?

$Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$
 $Y = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $E = 15 \text{ В}$
 $r = 30 \text{ Ом}$
 $C = 0.4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}$

1) Т.к. до момента переключения инерция мала в положении 2, ток был в положении 1, то конденсатор заряжен,
 $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$, т.к. $C \ll$

2) Полн энергия мала в положении 2, ток течет по цепи, и прибор вольтметра подсоединяется к прибору 1 и к источнику.

3) В положении мала I , $Y = \frac{E}{R+r}$; $Y = \frac{E}{r}$, т.к. R мала, $Y = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ А}$
 в положении 2 $Y = 0.1 \text{ А}$
 $Q = Y^2 R \cdot t$, где Q - работа, t - время, в течение которого по цепи идет ток от источника:
 $\frac{CU^2}{2} = \frac{CY^2 R^2}{2}$ по закону сохранения энергии
 $R = \sqrt{\frac{CE^2}{CY^2}} ; R = \sqrt{\frac{0.4 \cdot 10^{-6} \cdot 2.25}{0.01^2}} = 150 \text{ (Ом)}$
 Ответ: $R = 150 \text{ Ом}$



В решении одна из формул, необходимых для решения задачи, записана ошибочно (закон сохранения энергии). При этом присутствуют лишние записи, одной буквой обозначены величины, относящиеся к разным состояниям и не равные друг другу, и описаны не все вновь вводимые величины. Более серьезная ошибка «поглощает» набор менее серьезных.

Работа 3.5 (0 баллов)

Дано:

$Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$
 $I_2 = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $E = 15 \text{ В}$
 $r = 30 \text{ Ом}$
 $C = 0.4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

Решение

1) $U = IR$ $I_2 = \frac{Q}{t}$ $U = I_2 R$ $C = UI_2 t$ $t = \frac{C}{U I_2}$

$Q = I_2^2 R t$ $R = \frac{Q}{I_2^2 t}$ $R = \frac{U_1 Q}{I_2 C}$ U_1, I_2 - по закону 1
 U_1, I_2 - по закону 2
 R - сопротивление

$U = I_2 R$ $\frac{U}{R} = \frac{I_2}{R}$ $U = \frac{E R}{R+r}$

$R = \frac{E R C}{I_2 C (R+r)}$

Р-?

Беспорядочный набор формул, решения нет.