

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВТОРОГО ТУРА ОЛИМПИАДЫ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

11 КЛАСС

1. Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью $v = 10^5$ м/с противоположно направлению силовых линий поля. Область поля, протяженностью $l = 1,1$ м электрон пролетает за время $t = 10^{-6}$ с. Определить напряженность электрического поля.

РЕШЕНИЕ:

Дано: $v = 10^5$ м/с, $l = 1,1$ м, $t = 10^{-6}$ с.

E - ?

Так как электрон влетает в однородное электрическое поле противоположно направлению силовых линий поля, то он ускоряется полем, т.е. его движение прямолинейное равноускоренное. Поэтому можно записать, что пройденный путь $l = vt + at^2/2$. Из этого

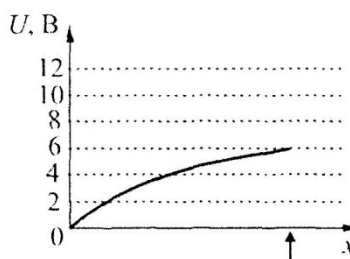
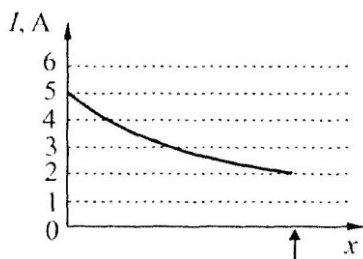
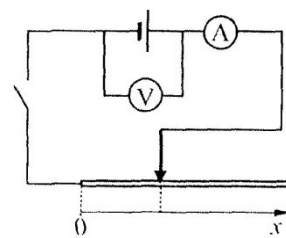
уравнения вычислим $a = \frac{2l - 2vt}{t^2} = \frac{2 \cdot 1,1 - 2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = 2 \cdot 10^{12}$ м/с². На электрон со стороны

поля действует сила $F = q_e E = ma$, откуда находим напряженность поля

$$E = \frac{ma}{q} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^{12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 11,375 \text{ В/м.}$$

Ответ: напряженность электрического поля $E = 11,375 \text{ В/м.}$

2. Во время лабораторной работы по определению внутреннего сопротивления источника тока школьник исследовал зависимость показаний вольтметра и амперметра от длины проводника x при движении скользящего контакта вправо, как показано на рисунке. По результатам эксперимента он построил два графика зависимостей показаний амперметра $I(x)$ и вольтметра $U(x)$.



Полагая измерительные приборы идеальными, определите внутреннее сопротивление источника по результатам этой работы.

РЕШЕНИЕ:

Обозначим через E ЭДС источника тока, через $R(x)$ – сопротивление участка проволоки

длиной x . Запишем закон Ома для полной электрической цепи для данной задачи:

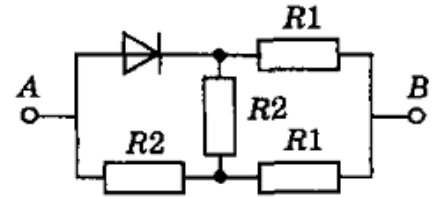
$$I(x) = \frac{E}{R(x) + r}. \text{ Из него следует, что показания вольтметра } U(x) = I(x)R(x) = E - I(x)r. \text{ Из}$$

графика $I(x)$ видно, что при $x = 0$, ток в цепи $I(0) = 5$ А. Можно записать: $0 = E - I(0)r$, откуда $E = I(0)r$. Для x_{max} можно записать: $U(x_{max}) = E - I(x_{max})r = I(0)r - I(x_{max})r$. Из графика $U(x)$ видно, что $U(x_{max}) = 6$ В, а из графика $I(x)$ видно, что $I(x_{max}) = 2$ А. Из предыдущего уравнения следует,

$$\text{что } r = \frac{U(x_{max})}{I(0) - I(x_{max})} = \frac{6\text{В}}{5\text{А} - 2\text{А}} = 2 \text{ Ом.}$$

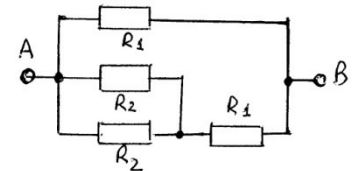
Ответ: внутреннее сопротивление источника тока $r = 2$ Ом.

3. Определить сопротивление цепи с идеальным диодом для двух направление тока: от клеммы А к клемме В и от клеммы В к клемме А. Сопротивления резисторов $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 60$ Ом.



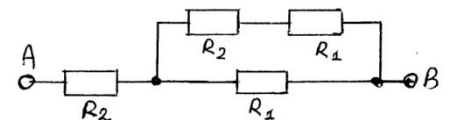
РЕШЕНИЕ:

Так как за направление тока принято движение положительных зарядов, то при направлении тока от клеммы А к клемме В идеальный диод оказывается под прямым смещением и его сопротивление равно нулю, что соответствует следующей схеме включения резисторов. Из этой схемы следует, что



$$R_{AB} = \frac{\left(\frac{R_2}{2} + R_1\right) \cdot R_1}{\frac{R_2}{2} + R_1 + R_1} = \frac{(30 + 30) \cdot 30}{30 + 30 + 30} = 20 \text{ Ом.}$$

При направлении тока от клеммы В к клемме А идеальный диод оказывается под обратным смещением, его сопротивление бесконечно велико, что соответствует разрыву цепи. Этому случаю соответствует следующая схема включения резисторов. Из этой схемы следует, что



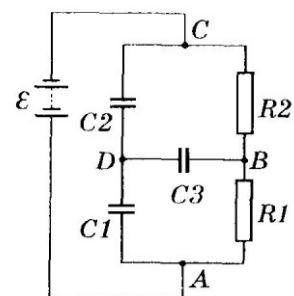
$$R_{BA} = R_2 + \frac{(R_2 + R_1) \cdot R_1}{R_2 + R_1 + R_1} = 60 + \frac{(60 + 30) \cdot 30}{60 + 30 + 30} = 82,5 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R_{AB} = 20$ Ом, $R_{BA} = 82,5$ Ом.

4. Определите заряд конденсатора C_3 в схеме, представленной на рисунке. Элементы схемы R_1 , R_2 , C_1 , C_2 и C_3 считать известными, внутреннее сопротивление источника тока достаточно мало.

РЕШЕНИЕ:

Обозначим через E ЭДС источника тока, а заряд конденсатора C_3 через $q_3 = C_3 U_3 = C_3 U_{BD}$. С другой стороны из схемы видно, что конденсаторы C_1 и C_2 соединены разноименно заряженными



пластинами, конденсаторы C_2 и C_3 – одноименно заряженными.. Так как сумма зарядов в точке D равна нулю, можно записать: $q_1 - q_2 - q_3 = 0$. Из схемы видно, что $E = U_{C1} + U_{C2} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$.

Откуда следует, что $q_1 = EC_1 - \frac{q_2 C}{C_2}$. Из схемы видно, что $U_{BC} = U_{BD} + U_{DC} = \frac{q_2}{C_2} - \frac{q_3}{C_3}$. Отсюда

следует, что $q_2 = U_{BC} C_2 + q_3 \frac{C_2}{C_3}$. Тогда $q_1 = EC_1 - \left(U_{BC} C_2 + q_3 \frac{C_2}{C_3} \right) \frac{C_1}{C_2} = EC_1 - U_{BC} C_1 - q_3 \frac{C_1}{C_3}$.

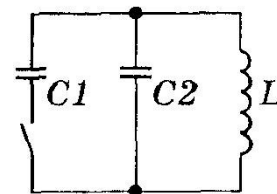
Вычислим $U_{BC} = R_2 I = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2}$. Тогда для q_3 можно записать:

$q_3 = q_1 - q_2 = EC_1 - \frac{R_2 EC_1}{R_1 + R_2} - q_3 \frac{C_1}{C_2} - \frac{R_2 EC_2}{R_1 + R_2} - q_3 \frac{C_2}{C_3}$, откуда следует, что

$$q_3 \left(\frac{C_1}{C_3} + \frac{C_2}{C_3} + 1 \right) = EC_1 - \frac{R_2 EC_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_2 EC_2}{R_1 + R_2}, \text{ откуда получим } q_3 = \frac{EC_1 - \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)}{\frac{C_1}{C_2} + \frac{C_2}{C_3} + 1}.$$

Ответ: $q_3 = \frac{EC_1 - \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)}{\frac{C_1}{C_2} + \frac{C_2}{C_3} + 1}$

5. На схеме, приведенной на рисунке, конденсаторы $C1 = C2 = C$, индуктивность катушки равна L . В начальный момент времени ключ в цепи разомкнут, а конденсатор $C1$ заряжен до разности потенциалов U . Конденсатор $C2$ – не заряжен и ток через катушку не протекает. Определите максимальное значение силы тока через катушку после замыкания ключа и период электромагнитных колебаний, возникающих в цепи.



РЕШЕНИЕ:

Дано: $C1 = C2 = C, L, U_{C1} = U, U_{C2} = 0$.

I_m -?, T - ?.

Вычислим энергию W заряженного конденсатора до замыкания ключа: $W = \frac{CU^2}{2}$. После

замыкания ключа заряд конденсатора $C1$ распределится между конденсаторами $C1$ и $C2$ поровну, т.к. $C1 = C2$, т.е. $q_1 = q_2 = \frac{q}{2} = \frac{CU}{2} = CU_1 = CU_2$. Таким образом, $U_1 = U_2 = \frac{U}{2}$.

Следовательно, энергия двух конденсаторов после замыкания ключа равна

$W_k = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} = \frac{CU^2}{8} + \frac{CU^2}{8} = \frac{CU^2}{4}$, т.е. энергия электрического поля уменьшается в два раза из-за рассеяния в другие виды энергии. Конденсаторы $C1$ и $C2$ образуют с катушкой индуктивности L колебательный контур, поэтому энергия электрического поля конденсаторов переходит в энергию магнитного поля катушки. Максимальную силу тока, протекающего через катушку, можно вычислить из закона сохранения энергии: $\frac{CU^2}{4} = \frac{LI_m^2}{2}$, откуда следует, что

$I_m = U \sqrt{\frac{C}{2L}}$. В контуре возникают электромагнитные колебания, период которых

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot 2C} = 2\pi\sqrt{2LC}.$$

Ответ: $I_m = U \sqrt{\frac{C}{2L}}$, $T = 2\pi\sqrt{2LC}$.

6. В школьной столовой висят настенные часы, для движения стрелок которых используется электрический двигатель. Часы включены в бытовую электросеть 220В, 50Гц. Иногда с электропитанием бывают перебои – напряжение сети исчезает на неопределенное время. При появлении сетевого напряжения, часы продолжают работать, но показывают неверное время. Предложите систему, реализующую автоматическую установку текущего времени при возобновлении работы часов.

РЕШЕНИЕ:

Решение задачи связано с разбиением единой системы «часы» на составные части: автономные «часы» с низким энергопотреблением либо датчик точного времени и исполнительной системы – «движение стрелок». При возникновении перебоев электропитания стрелки останавливаются, но «часы» продолжают идти. После появления напряжения нужно привести в соответствие положение стрелок. Оценивается оригинальность подхода и наличие вариантов решения.

7. При разработке новой охранной системы возникла задача: придумать систему, способную обнаруживать человека в помещении и определять его местоположение. Система должна быть пассивной, т.е. не должна излучать никаких сигналов. Предложите вариант подобной системы, а также используемые датчики.

РЕШЕНИЕ:

Поскольку система должна быть пассивной, необходимо использовать датчики, непосредственно контактирующие с человеком (нажимной пол, разделенный на квадраты), либо направленные ИК сенсоры, позволяющие реализовать определение местоположения человека. Оценивается оригинальность подхода и наличие вариантов решения.