

# Решения задач заключительного этапа олимпиады «Высшая проба» по электронике, 2014/2015 учебный год

## 9 класс

1. Для проверки режимов работы электронных устройств измеряют силу тока в различных цепях схемы. Чтобы использовать один измерительный прибор для измерения токов в широком диапазоне применяют набор шунтов. Рассчитайте с точностью до 1% сопротивление шунта для миллиамперметра, рассчитанного для измерения силы тока до 1 мА, чтобы измерить ток до 10 мА. Сопротивление прибора 20 Ом.

### РЕШЕНИЕ:

Дано:

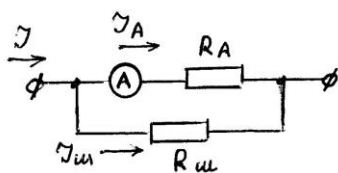
$$I_A = 1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А};$$

$$I = 10 \text{ мА} = 10^{-2} \text{ А};$$

$$R_A = 20 \text{ Ом.}$$

---

$R_{ш}$  - ?



Как видно из приведенной схемы ток в цепи  $I$  равен сумме токов, протекающих через амперметр  $I_A$  и через шунт  $I_{ш}$ :  $I = I_A + I_{ш}$ . Т.к. шунт подключается к амперметру параллельно, то падение напряжения на шунте  $U_{ш}$  равно падению напряжения на амперметре  $U_A$ :  $U_{ш} = U_A$ . Таким образом, можно записать:

$$U_A = I_A R_A = I_{ш} R_{ш} = U_{ш}.$$

Из этого следует, что  $R_{ш}$  равно:

$$R_{ш} = \frac{I_A R_A}{I_{ш}} = \frac{I_A R_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1} = \frac{20}{9} = 2,22 \text{ Ом}$$

Ответ: Сопротивление шунта  $R_{ш}$  равно 2,22 Ом.

2. Одним из основных элементов электронных схем являются резисторы, соединенные различными способами. Рассчитайте сопротивление цепи в виде правильного треугольника, изготовленного из проволоки сопротивлением 90 Ом. Чему равно его сопротивление между двумя любыми вершинами?

### РЕШЕНИЕ:

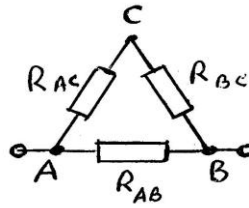
Дано:

Обозначим сопротивление проволоки  $R = 90 \text{ Ом}$ .

Обозначим длину сторон правильного треугольника

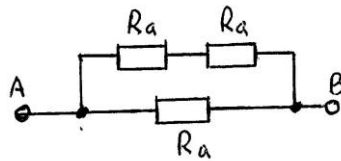
$$a_1 = a_2 = a_3 = a.$$

$R_{общ.} - ?$



Как показано на рисунке, приведенную цепь можно представить в виде смешанного соединения трех резисторов  $R_{AB}$ ,  $R_{BC}$  и  $R_{AC}$ , причем,  $R_{AB} = R_{BC} = R_{AC} = R_a$ .

Т.к.  $R = \rho \frac{l}{S}$ , то  $R_a = \rho \frac{l/3}{S} = \frac{R}{3} = 30 \text{ Ом}$ . Вычислим  $R_{общ.}$  как сопротивление цепи между точками А и В.



Это смешанное соединение трех резисторов  $R_a$ : два последовательно включенных резистора  $R_a$  соединены параллельно с третьим резистором  $R_a$ . Поэтому можно записать:

$$\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{2R_a} + \frac{1}{R_a} = \frac{1+2}{2R_a} = \frac{3}{2R_a} \Rightarrow R_{общ} = \frac{2R_a}{3} = \frac{2R}{3 \cdot 3} = \frac{2R}{9} = \frac{180}{9} = 20 \text{ Ом}.$$

Ответ: сопротивление между двумя любыми вершинами правильного треугольника равно 20 Ом.

3. Принцип действия многих электронных приборов основан на движении свободных электронов в различных средах. Рассмотрите движение электрона в вакууме в однородном электрическом поле. Электрон движется в нем по направлению линий напряженности. Какой путь пройдет электрон в вакууме, если напряженность поля равна 90 В/м, а начальная скорость электрона равна 1800 км/с?

Масса электрона  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд электрона  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

### Р Е Ш Е Н И Е :

Дано:

$E = 90 \text{ В/м}$ ; масса электрона  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд электрона  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  
 $v_0 = 1800 \text{ км/ч} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

$s - ?$

Т.к. электрон движется по направлению силовых линий поля, то его движение прямолинейное равнозамедленное. Из кинематики известно, что путь до остановки

электрона можно вычислить по формуле  $s = \frac{v_0^2}{2a}$ . Ускорение  $a = \frac{F}{m}$ , сила  $F$ , действующая

на электрон со стороны поля, равна  $F = qE$ . Таким образом,

$$s = \frac{v_0^2 m}{2qE} = \frac{1,8 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^6 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 90} \approx 0,102 \text{ м.}$$

Ответ: электрон пройдет в вакууме путь  $s \approx 0,102 \text{ м.}$

4. Тонкая шелковая нить выдерживает максимальную силу натяжения 10 мН. На этой нити подвешен шарик массой 0,6 г, имеющий положительный заряд 11 нКл. Снизу в направлении нити подвеса к нему подносят шарик, имеющий отрицательный заряд (-13 нКл). При каком расстоянии между шариками нить разорвется? ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ )

### Р Е Ш Е Н И Е :

Дано:

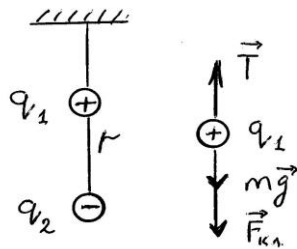
Сила натяжения  $T_{\max} = 10 \text{ мН} = 0,01 \text{ Н}$

Масса шарика  $m = 0,6 \text{ г} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$

Заряд шарика  $q_1 = +11 \text{ нКл} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$

Заряд подносимого шарика  $q_2 = -13 \text{ нКл} = -1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ .

Расстояние между шариками, когда нить оборвется  $r_{\min} - ?$



Как видно из рисунка на шарик с зарядом  $q_1$  действуют три силы: натяжения нити  $T$ , сила тяжести  $mg$  и кулоновская сила притяжения второго шарика  $F_{кл}$ . Т.к. шарик неподвижен, то результирующая этих сил равна нулю:  $T - mg - F_{кл} = 0$ . Откуда следует, что

$F_{кл} = T - mg = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ , откуда следует, что

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{T - mg}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-8} \cdot 1,3 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot (10^{-2} - 6 \cdot 10^{-4} \cdot 9,8)}} \approx 1,77 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Ответ: нить разорвется при расстоянии  $r_{\min} = 1,77 \text{ см.}$

5. Лампочку карманного фонаря, рассчитанную на напряжение 3,5 В и силу тока 0,28 А, соединили последовательно с лампочкой мощностью 110 Вт, рассчитанную на напряжение 220 В. Перегорит ли лампочка карманного фонаря при включении лампочек в сеть с напряжением 220 В? Считать, что нити накала лампочек имеют сопротивление рабочего режима.

### Р Е Ш Е Н И Е:

Дано:

Напряжение лампочки карманного фонаря  $U_1 = 3,5 \text{ В}$ ;

Сила тока лампочки карманного фонаря  $I_1 = 0,28 \text{ А}$ ;

Мощность второй лампочки  $P_2 = 110 \text{ Вт}$ ;

Напряжение сети  $U_2 = 220 \text{ В}$ .

---

Перегорит ли лампочка ?

Исходя из напряжения  $U_1$  и силы тока  $I_1$  вычислим мощность  $P_1$  лампочки карманного фонаря:  $P_1 = U_1 \cdot I_1 = 0,98 \text{ Вт}$ . Вычислим сопротивление  $R_1$  лампочки карманного фонаря:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 12,5 \text{ Ом. Вычислим сопротивление } R_2 \text{ второй лампочки: } R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = 440 \text{ Ом.}$$

При последовательном соединении лампочек в цепи потечет ток:

$$I = \frac{U_2}{R_1 + R_2} = \frac{220}{12,5 + 440} = 0,486 \text{ А.}$$

Это значит, что на лампочке карманного фонаря будет рассеиваться мощность

$$P = I^2 \cdot R_1 = 2,95 \text{ Вт} > P_1 = 0,98 \text{ Вт}. \text{ Следовательно, лампочка перегорит.}$$

Ответ: лампочка карманного фонаря перегорит.

6. Для автоматизации проведения экскурсий по музею планируется использовать робота – гида, который, перемещаясь по залам музея, рассказывает посетителям истории экспонатов. При проектировании такого робота поставлена задача: оснастить его системой ориентации в пространстве и определения присутствия человека и экспонатов в заданном поле действия робота. Предложите устройство и алгоритм работы такой системы.

#### РЕШЕНИЕ:

Система ориентации в пространстве представляет собой совокупность датчиков (например, УЗ-сонаров, ИК-дальномеров) и систему обработки информации (например, микроконтроллер). Определить наличие человека в поле действия робота проще всего, используя ИК-сенсор, возможно также использование системы распознавания визуальных образов. Алгоритм работы задается назначением системы:

- 1) движение по залам музея используя управляющие сигналы системы ориентации, а также карту расположения экспонатов с установленными метками (например, радиометки)
- 2) остановка у экспонатов и ведение экскурсии.

7. При работе солнечной батареи ее панели сильно нагреваются под действием солнечных лучей. При этом уменьшается ее эффективность. Предложите способ (желательно автоматический) охлаждения рабочей поверхности солнечной панели до необходимой температуры и поддержания ее.

#### РЕШЕНИЕ:

Самое распространенное решение – оснастить панель жидкостной системой охлаждения. При использовании в качестве охлаждающей жидкости воды, ее можно использовать для бытовых нужд. Кроме того, с помощью такого контура можно не только охлаждать, но и нагревать панель (например, для стаивания выпавшего снега). Возможно также использование элементов Пельтье.