

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВТОРОГО ТУРА ОЛИМПИАДЫ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

10 КЛАСС

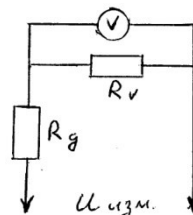
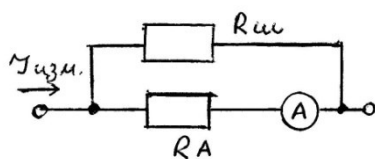
1. Применение различных шунтов и добавочных сопротивлений позволяют использовать миллиамперметр как для измерения токов в различных цепях электронных схем, так и напряжений. Если к миллиамперметру, рассчитанному на измерение максимальной силы тока 2 мА, подключить шунт сопротивлением 5 Ом, то цена деления шкалы прибора увеличится в 10 раз. Какое добавочное сопротивление необходимо подключить к миллиамперметру, чтобы его можно было бы использовать как вольтметр для измерения напряжений до 20 В?

РЕШЕНИЕ:

Дано: $I_A = 2 \text{ мА}$, $R_{ш} = 5 \text{ Ом}$, $I_{изм.} = 10I_A$, $U_{изм.} = 20 \text{ В}$.

$R_{доб.} = ?$

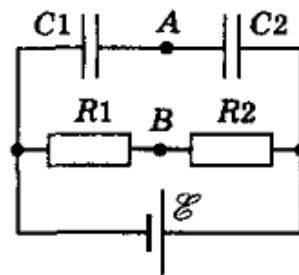
Как видно из схемы подключения шунта, при измеряемом токе $I_{изм.} = 20 \text{ мА}$, через миллиамперметр течет ток $I_A = 2 \text{ мА}$, а через шунт – ток шунта $I_{ш.} = I_{изм.} - I_A = 18 \text{ мА}$, т.е. $9I_A$. Падения напряжений на сопротивлении шунта $R_{ш.}$ и на сопротивлении амперметра R_A равны: $I_A \cdot R_A = I_{ш.} \cdot R_{ш.} = 9I_A \cdot R_{ш.}$. Значит $R_A = 9R_{ш.} = 45 \text{ Ом}$.



При измерении напряжений сопротивление вольтметра R_V равно сопротивлению миллиамперметра R_A , ток протекающий через вольтметр соответствует току миллиамперметра I_A . Следовательно, падение напряжения на внутреннем сопротивлении вольтметра R_V равно $U_V = I_A \cdot R_A = 0,09 \text{ В}$. Значит, на добавочном сопротивлении падение напряжения равно $U_{доб.} = U_{изм.} - U_V = 20 - 0,09 = 19,91 \text{ В}$. Значит, $R_{доб.} = U_{доб.}/I_A = 19,91/2 \cdot 10^{-3} = 9955 \text{ Ом}$.

Ответ: необходимо подключить $R_{доб.} = 9955 \text{ Ом}$.

2. На рисунке представлен участок схемы электронного прибора. Определите разность потенциалов между точками В и А. Параметры элементов схемы: резистор $R_1 = 1 \text{ Ом}$, резистор $R_2 = 10 \text{ Ом}$, конденсатор $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, конденсатор $C_2 = 4 \text{ мкФ}$, ЭДС источника постоянного тока $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



РЕШЕНИЕ:

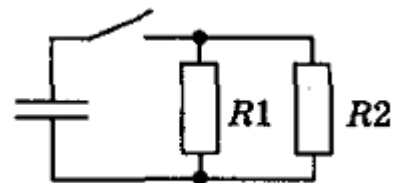
Дано: $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $C_1 = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$, $C_2 = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, ЭДС источника $E = 10 \text{ В}$, $r = 0$.

$\Phi_B - \Phi_A - ?$

Так как ток течет от положительного полюса источника к отрицательному, то примем за нуль потенциал отрицательного полюса. Из схемы видно, что $\Phi_A = U_{C1}$, $\Phi_B = U_{R1}$. Вычислим эти напряжения. Так как конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно, то их заряды равны, значит, $C_1 U_{C1} = C_2 U_{C2}$. Откуда следует, что $\frac{U_{C1}}{U_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} = 4$. Значит, $U_{C1} = 4 U_{C2}$. Из схемы видно, что $U_{C1} + U_{C2} = E = 5 U_{C2} = 10$ В, значит $U_{C2} = 2$ В, $U_{C1} = \Phi_A = 8$ В. Вычислим $\Phi_B = U_{R1} = \frac{E \cdot R_1}{R_1 + R_2} \approx 0,91$ В. Таким образом, $\Phi_B - \Phi_A = 0,91$ В $- 8$ В $= -7,09$ В.

Ответ: разность потенциалов $\Phi_B - \Phi_A = -7,09$ В.

3. На рисунке показан конденсатор емкостью 200 мкФ, заряженный от источника постоянного тока до напряжения 100 В. Конденсатор подключают с помощью ключа к двум параллельно соединенным резисторам сопротивлениями $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 20$ Ом. Какое количество теплоты выделится на каждом резисторе при полной разрядке конденсатора?



РЕШЕНИЕ:

Дано: $C = 200$ мкФ $= 2 \cdot 10^{-4}$ Ф, $U_C = 100$ В, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом.

$Q_1 - ?$, $Q_2 - ?$.

Согласно закону сохранения энергии, энергия заряженного конденсатора перейдет в тепловую энергию, которая выделится на резисторах. Поэтому можно записать $\frac{CU_C^2}{2} = Q_1 + Q_2$, причем,

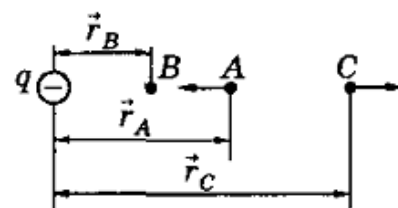
$Q_1 = I_1^2 \cdot R_1 \cdot t$, $Q_2 = I_2^2 \cdot R_2 \cdot t$. Вычислим $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I_1^2 \cdot R_1}{I_2^2 \cdot R_2}$. Так как резисторы включены параллельно, то

$I_1 R_1 = I_2 R_2$, откуда $I_1 = \frac{I_2 R_2}{R_1}$. Поэтому $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I_2^2 \cdot R_2^2 \cdot R_1}{R_1^2 \cdot I_2^2 \cdot R_2} = \frac{R_2}{R_1} = 2$, откуда следует, что $Q_1 = 2 Q_2$,

поэтому $3Q_2 = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4}{2} = 1$ Дж. Значит, $Q_2 = 1/3$ Дж, $Q_1 = 2/3$ Дж.

Ответ: на резисторе R_1 выделится теплоты $Q_1 = 2/3$ Дж, на резисторе $R_2 - Q_2 = 1/3$ Дж/

4. В некоторой точке вакуумного электронного прибора находится неподвижный точечный заряд $q = -0,1$ нКл. Электрон, приближаясь к заряду, в точке A , удаленной от заряда на расстояние $r_A = 0,2$ м, имеет скорость $v = 10^6$ м/с. На какое минимальное расстояние r_B электрон сможет приблизиться к заряду? Какой будет скорость электрона в точке C , удаленной от заряда на расстояние $r_C = 0,5$ м?



РЕШЕНИЕ:

Дано: $q = -0,1$ нКл = 10^{-10} Кл, $r_A = 0,2$ м, $v = 10^6$ м/с, $r_C = 0,5$ м.

r_B - ? v_C - ?

Так как электрон движется в направлении силовых линий электрического поля к отрицательному заряду q , то его кинетическая энергия $W_{\text{кин}}$ убывает и в точке B будет равна нулю, значит потенциальная энергия электрона в точке B $W_{B \text{ пот.}}$ увеличивается по сравнению с потенциальной энергией в точке A $W_{A \text{ пот.}}$ на величину кинетической энергии в точке A $W_{A \text{ кин}}$.

Поэтому можно записать: $W_{B \text{ пот.}} = W_{A \text{ пот.}} + W_{A \text{ кин}}$. $W_{B \text{ пот.}} = \Phi_B \cdot q_e = \frac{kqq_e}{r_B} = \frac{m_e v_A^2}{2} + \frac{kqq_e}{r_A}$, откуда

следует, что

$$r_B = \frac{kqq_e}{\frac{m_e v_A^2}{2} + \frac{kqq_e}{r_A}} = \frac{2r_A kqq_e}{r_A m_e v_A^2 + 2kqq_e} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{0,2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{12} + 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 0,123 \text{ м.}$$

После остановки в точке B , электрон движется против силовых линий к точке C , поэтому его кинетическая энергия возрастает и в точке C будет равна уменьшению потенциальной энергии

по сравнению с точкой B : $W_{C \text{ кин.}} = q_e (\Phi_B - \Phi_C) = \frac{m_e v_C^2}{2}$, откуда следует, что

$$v_C = \sqrt{\frac{2W_{C \text{ кин.}}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2q_e kq \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_C} \right)}{m_e}} = 1,41 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

Ответ: электрон сможет приблизиться к заряду на минимальное расстояние $r_B \approx 0,123$ м,

скорость электрона в точке C равна $v_C = 1,41 \cdot 10^6$ м/с.

5. Во внешнем однородном поле напряженностью E находится незаряженный плоский воздушный конденсатор. Площадь каждой пластины конденсатора равна S . Силовые линии электрического поля перпендикулярны пластинам. Какой заряд q окажется на каждой пластине конденсатора, если их накоротко замкнуть проводником?

РЕШЕНИЕ:

На пластинах незаряженного конденсатора будут индуцироваться заряды, поверхностная плотность которых равна $\sigma = q/S$. Поверхностная плотность заряда пластины зависит от

напряженности электрического поля $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2S\varepsilon_0}$. Замыкание пластин конденсатора коротким проводником приведет к увеличению площади заряда в 2 раза, т.к. любой проводник делает соединенные поверхности эквипотенциальными. Поэтому можно записать: $E = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} + \frac{q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$. Откуда следует, что $q = \varepsilon_0 SE$.

Ответ: на каждой пластине конденсатора окажется заряд $q = \varepsilon_0 SE$.

6. В экспериментальной установке имеется стеклянный сосуд из которого выкачан воздух. В сосуде вдоль своей оси вращения перемещается металлическая пластина-мембрана. Предложите способ бесконтактного измерения расстояния от стенки сосуда до мембраны. Нарушать вакуум и вносить механические элементы внутрь сосуда нельзя.

РЕШЕНИЕ:

Перед нами типичная инженерная задача, для решения которой необходимо вспомнить, какие параметры меняются при движении мембраны? Один из приемлемых вариантов решения – измерять расстояние по изменению электрической емкости конденсатора, образованного подвижной мембраной и неподвижной стенкой сосуда (туда нужно поместить вторую обкладку). Также вполне применим оптический способ измерения расстояния. Оценивается оригинальность подхода и наличие вариантов решения.

7. При разработке интерактивной системы возникла необходимость изготовить датчик, способный на расстоянии (0,5...1м) определить присутствие человека. Предложите устройство оригинального датчика, при условии, что ультразвуковые и инфракрасные излучатели использовать нельзя.

РЕШЕНИЕ:

Один из возможных способов – использовать датчик изменения электрической емкости. Подобный эффект заложен в принцип работы интересного музыкального инструмента – терменвокса. Оценивается оригинальность подхода и наличие вариантов решения.