



**Межрегиональная олимпиада школьников  
«Высшая проба»**

**2015-2016 учебный год**

**МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО И  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПОВ ОЛИМПИАДЫ,  
ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА**

**ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА  
ЭЛЕКТРОНИКА**

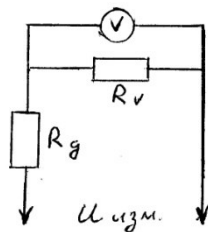
**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВТОРОГО ТУРА ОЛИМПИАДЫ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ**

**10 КЛАСС**

1. Для расширения диапазона измеряемых в электронных схемах напряжений к вольтметру подключают добавочные сопротивления. Если подключить некоторое добавочное сопротивление  $R_{доб.1}$ , то предел измерения вольтметра увеличится в  $n$  раз, а при подключении добавочного сопротивления  $R_{доб.2}$  – в  $m$  раз. Как изменится предел измерения напряжений этим вольтметром, если оба сопротивления соединить параллельно и подключить к вольтметру последовательно?

РЕШЕНИЕ:

Как известно, вольтметр показывает падение напряжения  $U_V$  на своем внутреннем сопротивлении  $R_V$ . Поэтому показания вольтметра  $U_V = I_V \cdot R_V$ , значит ток, протекающий



через вольтметр, равен  $I_V = \frac{U_V}{R_V}$  (1). Как видно из рисунка

$I_V = \frac{U_{изм.1}}{R_{доб.1} + R_V}$  (2). По условию задачи подключение  $R_{доб.1}$  увеличивает

предел измерения вольтметра в  $n$  раз, т.е.  $\frac{U_{изм.1}}{U_V} = n$ , что позволяет

записать выражение (2) в виде  $I_V = \frac{U_V \cdot n}{R_{доб.1} + R_V}$  (3). Учитывая (1) и (3), можно записать

$\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_V \cdot n}{R_{доб.1} + R_V}$ . Откуда следует, что  $R_{доб.1} + R_V = nR_V$ . Поэтому  $R_{доб.1} = R_V(n - 1)$ .

Аналогично рассуждая, получим, что  $R_{доб.2} = R_V(m - 1)$ . Если  $R_{доб.1}$  включить параллельно

$R_{доб.2}$ , то получим  $R_{доб.3}$ , которое равно  $R_{доб.3} = \frac{R_V \cdot (n - 1) \cdot R_V \cdot (m - 1)}{R_V \cdot n - R_V + R_V \cdot m - R_V} = \frac{R_V(n - 1)(m - 1)}{n + m - 2}$ .

Тогда для  $U_{изм.3}$  можно записать:

$U_{изм.3} = \frac{U_V}{I_V} \left( \frac{R_V(n - 1)(m - 1)}{n + m - 2} + R_V \right)$ . Это значит, что предел измерения напряжений этим

вольтметром изменится в  $\frac{U_{изм.3}}{U_V} = \frac{(n - 1)(m - 1)}{n + m - 2} + 1 = \frac{mn - 1}{n + m - 2}$  раз.

Ответ: предел измерения напряжений этим вольтметром изменится в  $\frac{mn - 1}{n + m - 2}$  раз.

2. В одном из электронных приборов используется движение ускоренных электронов в электрических полях. В пространство в таком приборе, где созданы одновременно горизонтальное и вертикальное однородные электрические поля напряженностью  $E_{гориз.} = 800$  В/м и  $E_{вертик.} = 600$  В/м, влетает электрон вдоль направления силовой линии

результатирующего поля. При прохождении пути 3,6 мм скорость электрона изменяется в два раза. Найти скорость электрона в конце этого пути.

РЕШЕНИЕ:

Дано:

$$E_{\text{гор.}} = E_1 = 800 \text{ В/м}, E_{\text{верт.}} = E_2 = 600 \text{ В/м}, s = 3,6 \text{ мм} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}, n = 2.$$

$v_{\text{кон.}}$  - ?

Так как созданы одновременно горизонтальное и вертикальное однородные электрические поля, то напряженность результирующего поля  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ . Так как электрон движется вдоль силовой линии результирующего поля, то его скорость уменьшается, т.е. его движение прямолинейное равнозамедленное. Вычислим ускорение  $a = \frac{F}{m_e}$ , где сила  $F$ ,

действующая на электрон со стороны электрического поля, равна  $F = q_e \cdot E$ . Из

кинematики известно, что  $s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$ . Учитывая, что проекция вектора ускорения в

нашем случае отрицательна, можно записать  $s = -\frac{v^2 - v_1^2}{2a} = -\frac{v^2(n^2 - 1)}{2q\sqrt{E_1^2 + E_2^2}}$ , откуда следует,

что

$v_{\text{кон.}} = v/n =$  Место для формулы.

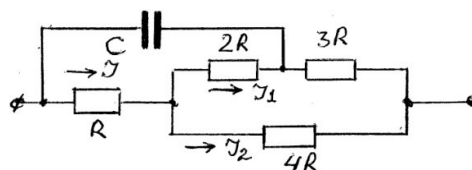
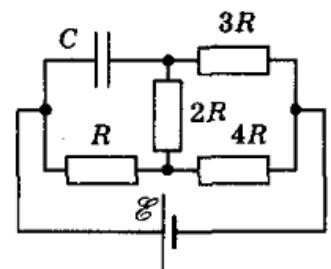
$$\sqrt{\frac{2sq_e\sqrt{E_1^2 + E_2^2}}{m_e(n^2 - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sqrt{800^2 + 600^2}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (2^2 - 1)}} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Ответ: скорость электрона в конце этого пути  $v_{\text{кон.}} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$

3. Определить заряд конденсатора, включенного в схему, показанную на рисунке. Внутренним сопротивлением источника пренебречь

РЕШЕНИЕ:

Цепь, подключенную к источнику постоянного тока, можно представить в следующем виде:



Как известно, заряд конденсатора  $q_c = CU_c$ . Напряжение на конденсаторе  $U_c$ , как видно из приведенной схемы, равно сумме падений напряжений на резисторах  $R$  и  $2R$ . Падение напряжения на резисторе  $R$  равно  $U_R = IR$ , на резисторе  $2R$  равно  $U_{2R} = I_1 \cdot 2R$ . Вычислим

соответствующие токи.  $I = \frac{E}{R_{общ}}$ , где  $E$  – ЭДС источника,  $R_{общ} = R + \frac{(2R + 3R) \cdot 4R}{2R + 3R + 4R} = \frac{29R}{9}$

, значит, ток  $I = \frac{9E}{29R}$ , падение напряжения  $U_R = \frac{9E}{29}$ . Ток  $I_1$  вычислим через падение

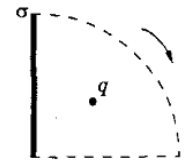
напряжения на резисторах  $2R$  и  $3R$ , и их суммарное сопротивление

$$I_1 = \frac{E - U_R}{5R} = \frac{E - \frac{9E}{29}}{5R} = \frac{4E}{29R}.$$

Тогда  $U_{2R} = \frac{8E}{29}$ , а  $U_C = \frac{9E}{29} + \frac{8E}{29} = \frac{17E}{29}$ . Значит, заряд  $q_c = \frac{17EC}{29}$ .

Ответ: заряд конденсатора  $q_c = \frac{17EC}{29}$ .

4. Маленький шарик с зарядом  $q = 50$  мкКл, находится от равномерно заряженной плоскости на расстоянии много меньшем, чем линейные размеры плоскости. Поверхностная плотность заряда плоскости  $\sigma = 100$  мкКл/м<sup>2</sup>. Как изменится сила, действующая на заряд, если плоскость повернуть на  $90^\circ$ , как показано на рисунке?



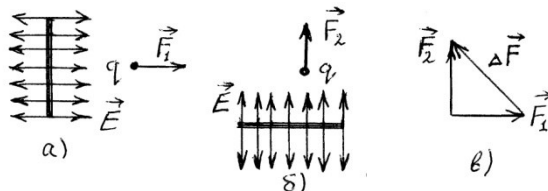
РЕШЕНИЕ:

Дано:

$$q = 50 \text{ мкКл} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}, \quad \sigma = 100 \text{ мкКл/м}^2 = 10^{-4} \text{ Кл/м}^2$$

$\Delta F$  - ?

Так как маленький шарик находится от равномерно заряженной плоскости на расстоянии много меньшем, чем линейные размеры плоскости, то можно считать, что он находится в однородном электростатическом поле, следовательно, на него действует сила  $F_1 = qE = \sigma q / 2\epsilon_0$  (рис. а). Если плоскость повернуть на  $90^\circ$ , как показано на рисунке, то изменится направление силы  $F_1$  на направление силы  $F_2$ , равной по модулю силе  $F_1$  (рис. б). Таким образом, изменение силы  $\Delta F$  определяется модулем  $\Delta F$  вектора разности векторов  $F_2 - F_1$  (рис. в).



$$\text{Вычислим } \Delta F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = F\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}\sigma q}{2\epsilon_0} = \frac{1,41 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 3983 \text{ Н} \approx 4 \text{ кН}.$$

Ответ: сила, действующая на заряд, изменится на  $\Delta F \approx 4 \text{ кН}$

5. Через резистор сопротивлением  $R = 100$  Ом протекает ток, изменяющийся со временем по закону  $I(t) = k\sqrt{t}$ , где коэффициент  $k = 1 \text{ А} \cdot \text{с}^{-1/2}$ . На резисторе выделилось  $1,8$  кДж количества теплоты. Сколько времени протекал ток через этот резистор?

РЕШЕНИЕ:

Дано:

$R = 100$  Ом,  $I(t) = k\sqrt{t}$ , где коэффициент  $k = 1 \text{ А} \cdot \text{с}^{-1/2}$ ,  $Q = 1,8 \text{ кДж} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ .

---

$t - ?$

Согласно закона Джоуля – Ленца  $Q = I^2 R t = k^2 t^2 R$ . Из условия задачи следует, что  $I^2 = k^2 t$ . Так как коэффициент  $k = \text{const}$ , то  $I^2$  меняется по линейному закону, значит, при можно взять среднее значение  $I^2$ . Тогда можно записать  $Q = \frac{k^2 t}{2} R t$ , откуда следует что

$$t = \sqrt{\frac{2Q}{k^2 R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,8 \cdot 10^3}{1 \cdot 100}} = 6 \text{ с.}$$

Ответ: протекал ток через резистор протекал  $t = 6$  с.

6. Для соревнований по робототехнике необходимо разработать самоходного робота, способного самостоятельно двигаться по заранее проложенной траектории (по условиям соревнований, вдоль маршрута прокладывается тонкий провод - робот должен следовать вдоль него). Предложите вариант системы, с помощью которой робот сможет отслеживать положение провода-траектории.

РЕШЕНИЕ:

С подобной задачей сталкиваются при разработке кибернетических тележек, следующих по заданной траектории, например по цехам завода. Опознавать положение задающего траекторию провода можно, используя, например, оптические датчики, выделяющие по контрасту провод на фоне покрытия. Однако можно использовать подсказку, заложенную в вопросе – имеется провод, следовательно, по нему можно пустить электрический ток. Вокруг провода при этом возникнет электрическое поле, определить которое можно с помощью датчиков (например, катушки индуктивности). При наличии нескольких датчиков можно уверенно двигаться вдоль провода.

7. В настоящее время очень распространены системы управления жестами, построенные на основе анализа и обработки изображения с видеокамеры. Однако подобные устройства достаточно дороги и к тому же требуют наличия значительных вычислительных мощностей. Предложите альтернативный вариант построения системы управления жестами, не использующей видеокамеры.

РЕШЕНИЕ:

В целях упрощения системы может быть предложено альтернативное решение, состоящее в определении положения тела человека и его рук. Для этой цели подойдут различные дальномеры, например УЗ сонары, измеряющие расстояние до объекта посредством эхолокации. Также возможно использование ИК сенсоров, определяющих положение излучающих тепло объектов (например, рук).



# Межрегиональная олимпиада школьников «Высшая проба»

2015-2016 учебный год

## КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА по ЭЛЕКТРОНИКЕ

Класс	ПОБЕДИТЕЛИ	ПРИЗЕРЫ	
	Дипломанты 1 степени	Дипломанты 2 степени	Дипломанты 3 степени
	Критерии определения	Критерии определения	Критерии определения
9	100	99	98
10	от 85 и выше	от 77 до 84	от 60 до 76
11	100	от 95 до 99	от 80 до 94