

Задание 10.2. Что внутри? Внутри «серого» ящика находится идеальный источник с подключённым последовательно к нему резистором (рис. 1).

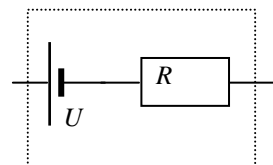


Рис. 1

- 1) Определите напряжение U идеального источника и сопротивление R резистора, находящихся внутри ящика.
- 2) Используя в качестве источника напряжения один из мультиметров, включённый в режиме омметра (в диапазоне 2000 кОм), определите напряжение этого источника U_0 и сопротивление r_0 последовательно соединённого с ним резистора (резистор находится внутри мультиметра).

Примечание. Эквивалентная схема мультиметра, используемого в качестве источника напряжения, полностью аналогична схеме чёрного ящика, приведенной на рис. 1.

Приборы и оборудование: два одинаковых мультиметра (режим амперметра отключён), «серый» ящик с двумя выходами.

Примечание. Погрешность мультиметра считать равной 1% от значения измеряемой величины + 1 единица последнего разряда.

Рекомендации организаторам

- выдавать одинаковые мультиметры (типа м838В, м830, м832, м838) из которых **обязательно!!!!** вынуть предохранители, для исключения их использования в режиме амперметра.
- внутри черного ящика помещается батарейка типа «Крона» с колодкой, к которой последовательно подключается резистор с сопротивлением 1,50 МОм (следует отбраковать из партии резисторы с номиналами, отличающимися более чем на 2%).
- выводы из черного ящика целесообразно снабдить разъемами типа «крокодил».



Возможное решение.

К выводам ящика подключаем вольтметр и снимаем его показания $U_1 = 3,60$ В. Для получения дополнительной информации необходимо провести еще измерения, например, подключив два вольтметра, соединенных последовательно. В этом случае они показывают по $U_2 = 2,57$ В. Сумма показаний вольтметров не совпадает с U_1 . Это наводит на мысль, что сопротивление внутри ящика сравнимо по величине с сопротивлением вольтметра.

Сопротивление вольтметра в режиме 20 В измеряется непосредственно вторым мультиметром, включенным в режим мегаомметра. Оно составляет $R_V = 1,00$ МОм.

Теоретические зависимости напряжений на одном и двух включенных последовательно вольтметрах имеют вид: $U_1 = U \frac{R_V}{R + R_V}$, и $U_2 = U \frac{R_V}{R + 2R_V}$. Решая систему относительно

U и R , получим: $U = \frac{U_1 U_2}{U_1 - U_2} = 9,0$ В и $R = R_V \frac{2U_2 - U_1}{U_1 - U_2} = 1,5$ МОм. К аналогичным

значениям могут привести измерения, сделанные двумя вольтметрами, соединенными параллельно, в этом случае их показания составляют по $U_3 = 2,25$ В.

Если вольтметр подключить к омметру непосредственно (рис. 2), то он покажет напряжение U_4 , равное

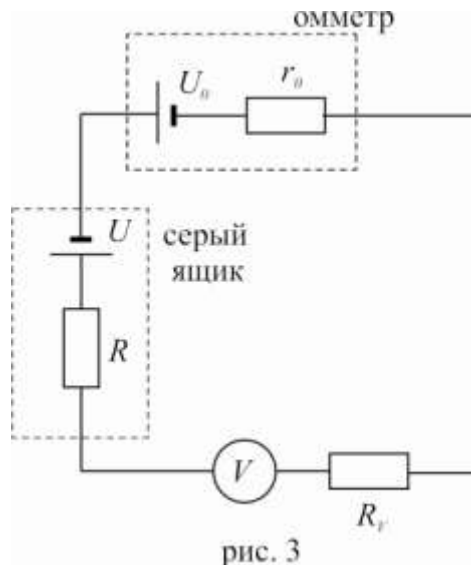
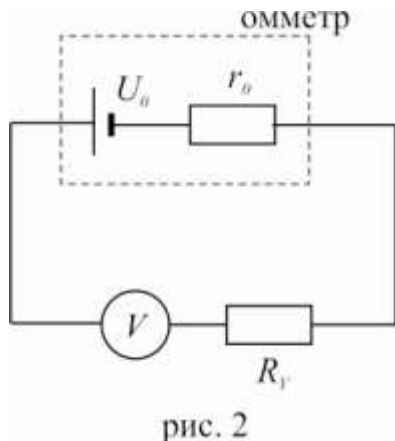
$$U_4 = \frac{U_0 R_V}{R_V + r_0} \approx 1,3 \text{ В} \quad (1)$$

Если собрать последовательную цепь, состоящую из омметра, серого ящика и вольтметра, таким образом, чтобы напряжения серого ящика и омметра складывались (рис. 3), то вольтметр покажет напряжение U_5 , равное

$$U_5 = \frac{(U + U_0) R_V}{R_V + r_0 + R} \approx 3,3 \text{ В} \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1), (2), получаем:

$$r_0 = \frac{R_V U_4 + U - U_5 R + R_V}{U_5 - U_4} \approx 1 \text{ МОм.}$$



Подставляя найденное значение r_0 в (1), получим:

$$U_0 = U_4 \left(1 + \frac{r_0}{R_V} \right) \approx 2,6 \text{ В.}$$

Следует обратить внимание на то, что при измерении больших сопротивлений необходимо избегать соприкосновения пальцев рук с электрическими контактами приборов, так как сопротивление тела человека меньше или сравнимо с 1 МОм и может внести существенное искажение в измеряемую величину. В этом случае за оценку погрешности баллы не ставятся.

Критерии оценивания

1) Измерение напряжения U_1 одним вольтметром		1 балл
2) Измерение напряжения U_2 или U_3 двумя вольтметрами		1 балл
3) Измерение омметром сопротивления вольтметра в режиме 20 В		1 балл
4) Получена теоретическая зависимость для R		1 балл
5) Получена теоретическая зависимость для U		1 балл
6) Вычислено напряжение U	$\pm 2\%$	1 балл
	$\pm 5\%$	0,5 балла
7) Вычислено сопротивление R	$\pm 2\%$	1 балл
	$\pm 5\%$	0,5 балла
8) Предложена методика измерения напряжения U_0 и сопротивления r_0		2 балла
9) Вычислено сопротивление r_0		2 балла
10) Вычислено напряжение U_0		2 балла
11) Оценена погрешность измеренных величин (U , r , U_0 , r_0) (по 0,5 балла за каждую)		2 балла