

Электричество.  
Цепи постоянного тока. Черные и серые ящики.  
Задачи региональных этапов.

старший преподаватель кафедры физики СУНЦ НГУ и НГУ  
Юлдашева М.Р.

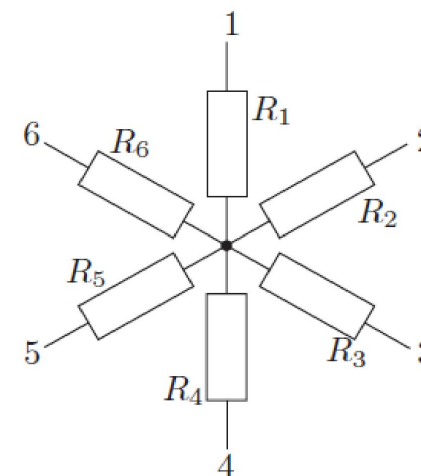
## «Звезда в сером ящике»

Региональный этап 2011-12 (9 класс)

Определите значения сопротивлений каждого из резисторов, находящихся в «сером ящике». Поясните ход ваших измерений, приведите электрические схемы этих измерений и расчетные формулы. Результаты измерений занесите в таблицу.

**Внимание!** Вскрывать серые ящики запрещается.

**Оборудование:** Мультиметр, «серый» ящик с электрической цепью из резисторов, соединенных звездой с шестью лучами (см. рис.). От каждого из резисторов наружу из ящика сделан вывод тонким проводом, выводы пронумерованы (помечены разными цветами).



## Звезда в сером ящике

|  |  |     | Макс.     | баллы |
|--|--|-----|-----------|-------|
|  | Каждое прямое измерение пары выводов (не более 5 баллов)                                     | 0.5 | 5         |       |
|  | Решение в виде системы лин. Ур-ний, или измерение всех остальных через вывод с нулевым сопр. | 4   | 4         |       |
|  | Каждое полученное сопротивление  | 1   | 6         |       |
|  | С погрешностью не более 5%   | 0.5 |           |       |
|  | С погрешностью не более 10%  |     |           |       |
|  | <b>Сумма</b>   |     | <b>15</b> |       |

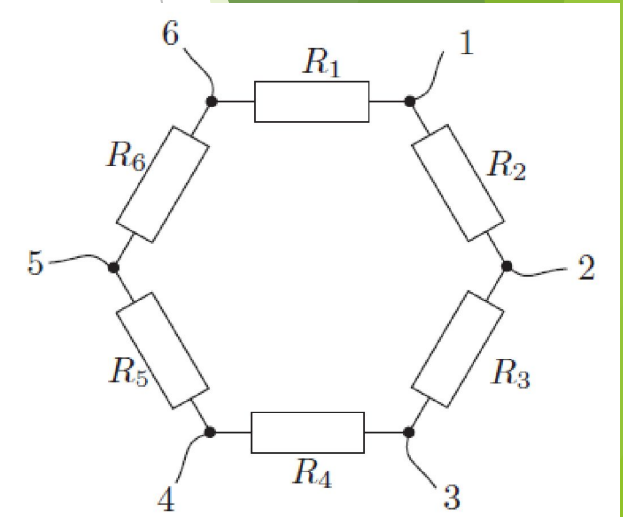
## «Шестиугольник в сером ящике»

Региональный этап 2011-12 (10 класс)

Определите значения сопротивлений каждого из резисторов, находящихся в «сером ящике». Поясните ход ваших измерений, приведите электрические схемы этих измерений и расчетные формулы. Результаты измерений занесите в таблицу.

**Внимание!** Вскрывать серые ящики запрещается.

**Оборудование:** Мультиметр, «серый» ящик с электрической цепью из резисторов, соединенных в многоугольник с шестью углами (см. рис.). От каждого из углов наружу из ящика сделан вывод тонким проводом, выводы пронумерованы (помечены разными цветами).



«Шестиугольник в сером ящике»

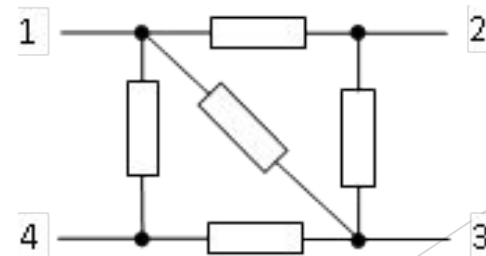
|  |   |              | макс.     | баллы |
|--|---|--------------|-----------|-------|
|  | Найдено $R_2=0$ (с точностью до нескольких Ом)  |              | 2.5       |       |
|  | Предложен метод, позволяющий определить величины (система уравнений или с замыканием) |              | 4         |       |
|  | Результаты измерений, необходимые для данного метода                                  |              | 6         |       |
|  | Найдены значения сопротивлений  | 1,5 за кажд. | 7,5       |       |
|  | <b>сумма</b>  |              | <b>20</b> |       |

## «Чёрный ящик» (четырёхполюсник)

Внутри «чёрного ящика» находится электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления  $R$  четырёх резисторов одинаковы, сопротивление  $r$  пятого резистора отлично от  $R$ .

1. Определите, провода какого цвета подключены к выводам 1 и 3 «чёрного ящика».
2. Определите, между какими выводами включён резистор сопротивлением  $r$ .
3. Определите значения  $R$  и  $r$ .

**Оборудование.** «Чёрный ящик», мультиметр.



## «Чёрный ящик» (четырёхполюсник)

*Решение.* 1) Измеряем сопротивления между всеми парами проводов. Оказывается, что  $R_{12} = R_{23} = R_{34} = R_{41}$ . Значит, сопротивление  $r$  включено в диагональ (между точками 1 и 3).

2) Тогда  $R_{13} = \frac{Rr}{R+r}$ , а  $R_{24} = R$ . Мы использовали симметрию схемы при измерении сопротивления между точками 2 и 4. Точки 1 и 3 в этом случае являются точками равного потенциала и по резистору  $r$  ток не потечет, поэтому его мы можем удалить из схемы при расчете.

Т.к.  $R_{24} > R_{13}$ , то, сравнив измеренные сопротивления, мы можем определить, какие провода подключены к точкам 1 и 3.

3) Сопротивление  $R$ , таким образом, мы измеряем непосредственно, т.к. оно равно  $R_{24}$ . Зная  $R_{13}$

и  $R$ , вычисляем  $r = \frac{RR_{13}}{R - R_{13}}$ .

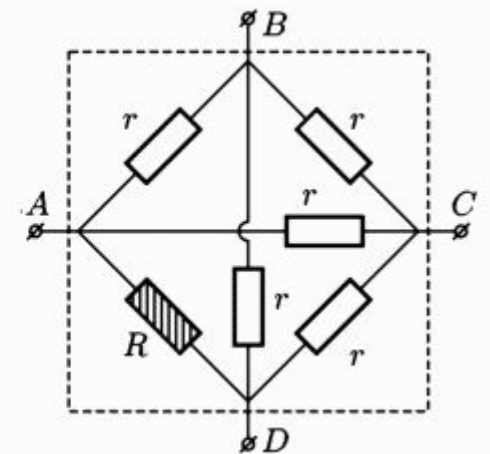
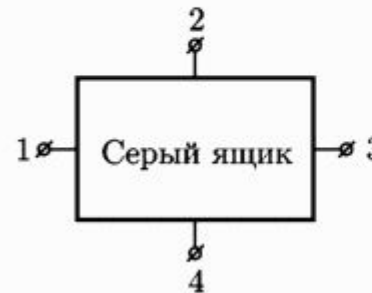
# «Серый ящик» (четырёхполюсник 2)

Заключительный этап 2010, 10 класс

Вам выдан "серый ящик" с пронумерованными выводами (рис.). Внутри него находится пять резисторов с сопротивлением  $r$  и один резистор с сопротивлением  $R$ , соединенные, как показано на рисунке. Однако соответствие между выводами ящика и выводами на приведённой электрической схеме неизвестно.

1. Укажите в работе номер выданного вам ящика.
2. Измерьте значения сопротивлений между каждой парой выводов "серого" ящика и занесите результаты измерений в таблицу.
3. Используя полученные в ходе измерений данные, предложите способ установления верного соответствия между парами выводов  $A — D$  и  $B — C$  и цифрами 1, 2, 3, 4.
4. Определите значения сопротивлений  $R$  и  $r$ .
5. Оцените погрешности найденных величин.

**Оборудование.** "Серый ящик", мультиметр в режиме омметра.





## «Серый ящик» (четырёхполюсник 2)

Используя выданный мультиметр, измерим сопротивления между каждой парой выводов и заполним предложенную таблицу (погрешности найденных значений составляют 0,2 кОм).

Таблица 1: Сопротивления между различными парами выводов

| № вывода | 1 | 2         | 3         | 4         |
|----------|---|-----------|-----------|-----------|
| 1        | x | 135,1 кОм | 112,0 кОм | 112,0 кОм |
| 2        | x | x         | 112,0 кОм | 112,0 кОм |
| 3        | x | x         | x         | 42,8 кОм  |
| 4        | x | x         | x         | x         |

Для остальных пар выводов можно заметить, что их сопротивления равны между собой. Значит, резистор  $R$  может быть подключен либо между точками 1 и 2, либо между точками 3 и 4.

1. Предположим, что  $R$  включено между точками 1 и 2. Получим, что

$$1 - 2 \Leftrightarrow A - D, \quad r = (85,5 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = -(233 \pm 3) \text{ кОм} < 0.$$

Как известно, резистор не может иметь отрицательное сопротивление.

2. Предположим, что  $R$  включено между выводами 3 и 4. В этом случае:

$$3 - 4 \Leftrightarrow A - D, \quad r = (270,0 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = (51,0 \pm 0,5) \text{ кОм}.$$

Значит, паре  $A - D$  соответствует 3 - 4; паре  $B - C$  соответствует 1 - 2.

$$r = (270,0 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = (51,0 \pm 0,3) \text{ кОм}.$$

$$R_{AD} = \frac{rR}{r + R}.$$

$$R_{BC} = \frac{r}{2}.$$

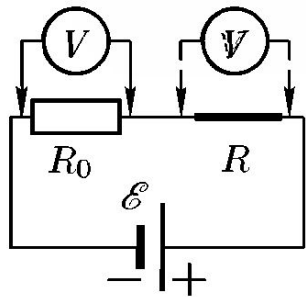
## «Сопротивление графита»

*Региональный этап 2010 – 11, 9 класс*

Используя предложенное вам оборудование, определите удельное сопротивление  $\rho$  графита (грифеля карандаша).

**Оборудование:** Грифель от карандаша, вольтметр, резистор с известным сопротивлением  $R \approx 10$  Ом, батарейка, соединительные провода, миллиметровая бумага, двусторонний скотч (по требованию).

## «Сопротивление графита»



$$R = R_0 \frac{U}{U_0}.$$

$$r = \frac{L}{\pi N}.$$

$$R = \frac{4 \rho l}{\pi D^2} = 4\pi \rho l \left( \frac{N}{L} \right)^2$$

$$\rho = \frac{R_0 U}{4\pi l U_0} \left( \frac{L}{N} \right)^2$$

- ▶ Идея использования в качестве сопротивления
- ▶ Измерение напряжения на сопротивлении и стержне
- ▶ Измерение диаметра прокатыванием (метод рядов)
- ▶ Измерение длины стержня
- ▶ Определение удельного сопротивления

## «ВАХ светодиода»

Снимите ВАХ выданного вам светодиода используя 2 разные схемы (см. рис.).

1. Получите ВАХ обоими схемами.
2. Какие области ВАХ недоступны для 1-й схемы? Для 2-й?

**Оборудование:** Светодиод, 2 мультиметра, батарейка «Крона», соединительные провода, потенциометр 1кОм.

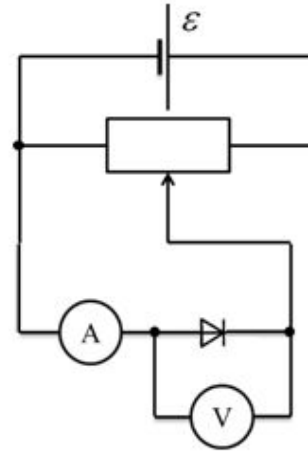


Схема с  
потенциометром

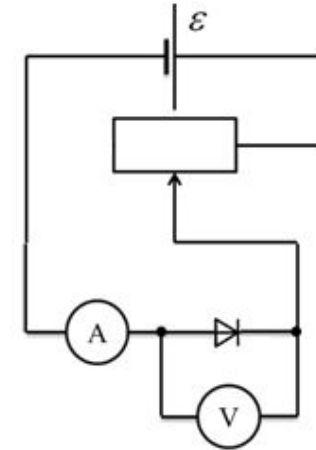


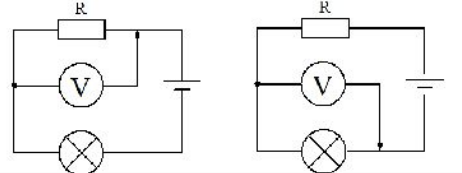
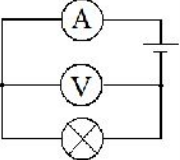
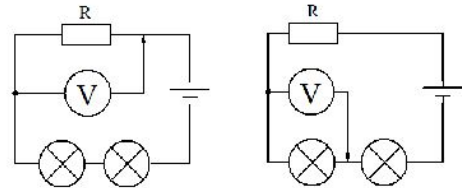
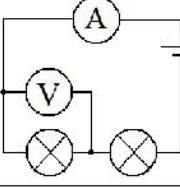
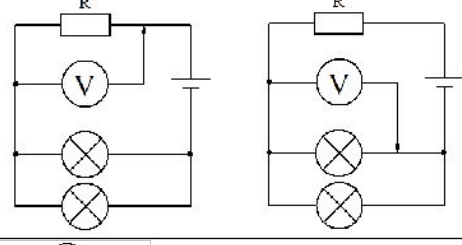
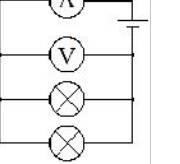
Схема с  
реостатом

## «ВАХ лампочки, используя свойства мультиметра»

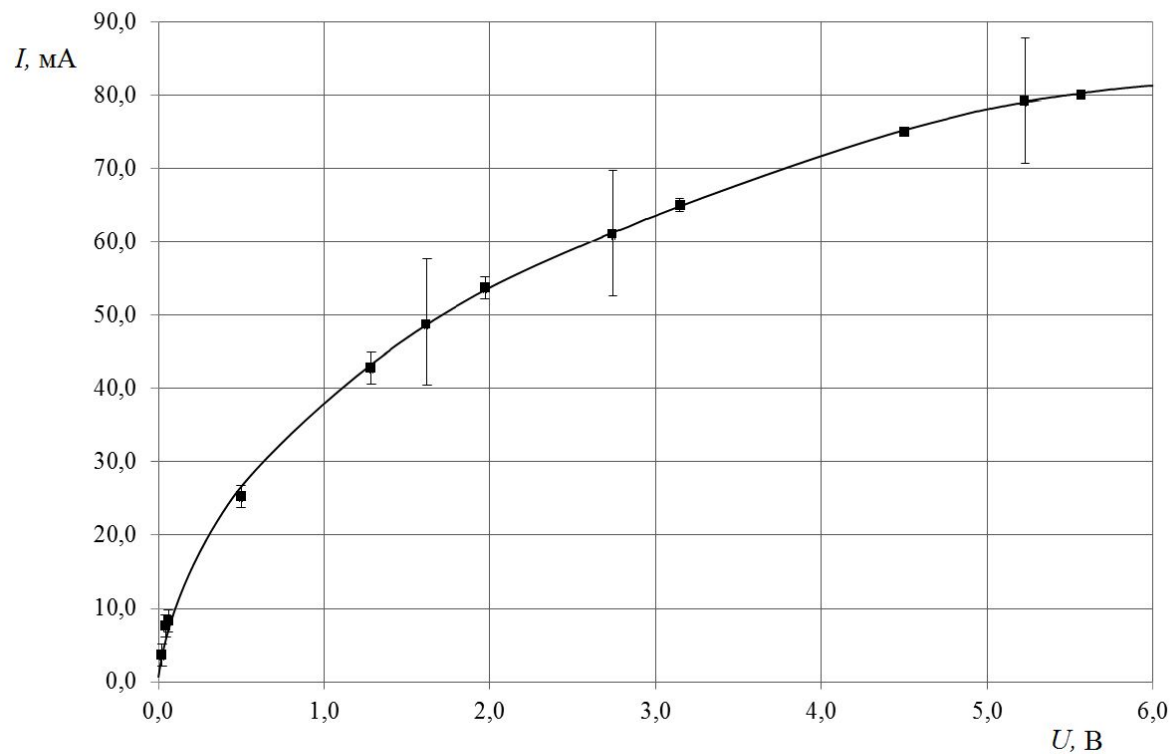
Пользуясь “скрытыми” свойствами мультиметра, построить ВАХ лампочки.

Оборудование: 2 мультиметра, 2 лампочки, соединительные провода, батарейка.

| Диапазон | R, Ом  | $\sigma_R$ , Ом |
|----------|--------|-----------------|
| 200 мкА  | 1000,0 | 1,0             |
| 2 мА     | 100,0  | 1,0             |
| 20 мА    | 11,0   | 0,1             |
| 200 мА   | 5,0    | 0,1             |
| 10 А     | 1,0    | 0,1             |

| Подключение ламп  | R, Ом | $U_1$ , В | I, мА | U, В  | $\sigma_U$ , В | $\sigma_I$ , мА |
|---|-------|-----------|-------|-------|----------------|-----------------|
|   | 1000  | 8,23      | 8,2   | 0,061 | 0,001          | 1,6             |
|   | 100   | 5,42      | 54,2  | 1,97  | 0,01           | 2,1             |
|   | 11,0  | 0,870     | 79,1  | 5,22  | 0,01           | 9,2             |
|    | 5,0   | –         | 80,0  | 5,6   | 0,01           | 0,1             |
|   | 1000  | 7,56      | 7,6   | 0,045 | 0,001          | 1,7             |
|   | 100   | 4,28      | 42,8  | 1,285 | 0,01           | 2,5             |
|   | 11,0  | 0,670     | 60,9  | 2,735 | 0,01           | 9,2             |
|    | 5,0   | –         | 65,0  | 3,15  | 0,01           | 0,1             |
|  | 1000  | 7,21      | 3,6   | 0,02  | 0,001          | 1,7             |
|   | 100   | 5,05      | 25,3  | 0,5   | 0,01           | 2,2             |
|   | 11,0  | 1,071     | 48,6  | 1,62  | 0,01           | 9,2             |
|  | 1,0   | –         | 75,0  | 4,5   | 0,01           | 0,1             |

Вольт-амперная характеристика лампы накаливания



Разбалловка:

|   |   |
|---|---|
| Оптимально выбрана методика проведения измерений.....   | 4 |
| Измерены сопротивления мультиметра в режиме вольтметра и амперметра.....                                  | 2 |
| Верно записан закон Ома.....  | 1 |
| Составлена таблица 1.....   | 1 |
| Составлена таблица 2.....   | 2 |
| Использованы все возможные схемы подключения лампочек (1 отдельно, 2 параллельно, 2 последовательно)..... | 1 |
| Получено как минимум 12 точек.....  | 1 |
| Построен график, оформлен корректно.....  | 2 |
| Проведена разумная оценка погрешностей.....   | 1 |

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**