

Как известно, электрическое сопротивление зависит от геометрических размеров и удельного сопротивления материала. Ваша задача заключается в том, чтобы проверить эту зависимость экспериментально для линии, проведенной карандашом на листе бумаги.

1. По линейке ровно один раз проведите карандашом достаточно жирную линию на листе белой бумаги и измерьте электрическое сопротивление между двумя точками этой линии на расстоянии около 10 см. Научитесь проводить линию таким образом, чтобы электрическое сопротивление линии длиной 10 см лежало в диапазоне измерений мультиметра. Для дальнейших измерений нужно чтобы ваши результаты были хорошо воспроизводимыми, для этого вы должны научиться проводить линии одинаковой толщины, нажимая на карандаш с приблизительно одинаковой силой.
2. Проведите несколько линий рядом так, чтобы они образовывали широкую сплошную линию. Измерьте зависимость электрического сопротивления получившейся широкой линии длиной 10 см от количества составляющих ее одинарных линий. Результаты занесите в таблицу и постройте график полученной зависимости на миллиметровой бумаге.
3. По линейке несколько раз проведите карандашом по одной и той же линии и измерьте зависимость электрического сопротивления линии длиной 10 см от количества раз, проведенных карандашом по линии. Результаты занесите в таблицу и постройте график полученной зависимости.
4. Выберите одну линию и измерьте для нее зависимость электрического сопротивления от расстояния между контактами в диапазоне от 1 до 10 см. Результаты занесите в таблицу и постройте график полученной зависимости.
5. Являются ли измеренные в пунктах 2-4 зависимости линейными? Если наблюдаются отклонения от линейности, подумайте, с чем они могут быть связаны. На основании полученных результатов сделайте вывод о зависимости электрического сопротивления от геометрических размеров образца.

**Оборудование:** карандаш, точилка (по требованию), несколько листов белой бумаги, линейка, мультиметр для измерения сопротивления, провода, миллиметровая бумага для построения графиков.

Для того чтобы включить мультиметр в режим измерения сопротивления нужно повернуть центральную ручку прибора так, чтобы стрелочка на одном из концов ручки показывала на область, отмеченную значком  $\Omega$  (Ом). У мультиметра есть несколько режимов для измерения сопротивления, которые отличаются пределом измерений (то есть максимальной измеряемой величиной сопротивления). Величина предела измерений указана в омах (если предел обозначается просто числом), или в килоомах (если после числа стоит символ k). Если мультиметр показывает 1 в левой части экрана, это означает, что сопротивление превышает предел измерений и нужно переключить мультиметр в режим с более высоким пределом. Провода должны быть подключены к нижнему гнезду мультиметра (обозначенному значком заземления  $\perp$ ) и к среднему гнезду, рядом с которым есть символ  $\Omega$ .

## Решение.

Методика выполнения работы описана в условии задачи.

1. Удобно сточить карандаш так, чтобы проводить линию всей шириной грифеля. В этом случае ширина линии будет, во-первых постоянной, а во вторых – достаточно большой для того, чтобы линия имела измеряемое сопротивление. Лучше листы сложить стопкой, чтобы шероховатость стола не приводила к неоднородности линии.
2. Проводим на листе 10 “широких” линий, проводя соответственно от 1 до 10 параллельных линий с небольшим сдвигом, так чтобы линии частично пересекались и образовывали одну широкую полосу. Измеряем зависимость электрического сопротивления полосы от количества линий в полосе, полученные результаты заносим в таблицу и строим график зависимости сопротивления  $R$  от  $1/n$ , где  $n$  – число линий.
3. Проводим на листе 10 “жирных” линий, проводя по каждой линии карандашом от 1 до 10 раз соответственно. Измеряем зависимость электрического сопротивления линии от количества раз, проведенных карандашом по одной линии, полученные результаты заносим в таблицу и строим график зависимости сопротивления  $R$  от  $1/n$ , где  $n$  – число линий.
4. Выбираем одну из линий, проведенных в предыдущем пункте, и измеряем для нее зависимость электрического сопротивления от длины линии  $L$  в диапазоне 1-10 см с шагом 1 см. Полученные результаты заносим в таблицу и строим график зависимости сопротивления  $R$  от  $L$ .
5. Сопротивление зависит от геометрических размеров и удельного сопротивления  $\rho$  образца как  $R = \rho \frac{L}{hd}$ , где  $L$  – длина,  $h$  – ширина, а  $d$  – толщина линии, пропорциональная количеству слоев. В пунктах 2 и 3 линии из 1 и 2-х карандашных линий отклоняются от теоретической зависимости, это может быть связано с неоднородностью одиночной линии. Остальные точки хорошо описываются линейной зависимостью. Зависимость в пункте 4 получается линейной. Таким образом, полученные экспериментальные результаты подтверждают формулу  $R = \rho \frac{L}{hd}$ .

## Критерии оценки:

Измерена зависимость сопротивления от ширины линии, результаты занесены в таблицу и построен график зависимости – **1 балл**

Измерена зависимость сопротивления от толщины линии, результаты занесены в таблицу и построен график зависимости – **1 балл**

Измерена зависимость сопротивления от длины линии, результаты занесены в таблицу и построен график зависимости – **1 балл**

Количество измерений в пунктах 1-3 – **3 балла**

Аккуратное оформление графиков (оси подписаны и оцифрованы, выбран правильный масштаб, точки отложены в соответствии с таблицей) – **3 балла**

Обоснование результатов измерений – **3 балла**

Показано, что экспериментальные данные согласуются с теоретической зависимостью

сопротивления от размеров  $R = \rho \frac{L}{hd}$  – **3 балла**