

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ЭМ-2 ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

1. Цель работы

Изучение закона Ома и зависимости электрического сопротивления проводника от его геометрических параметров;
опытное определение удельного сопротивления металлического проводника.

2. Подготовка к работе

Изучите теоретический материал по учебнику ([1]: закон Ома, электрическое сопротивление проводников, удельные электрические сопротивления и проводимость, закон Ома в дифференциальной форме, связь плотности тока в проводнике со скоростью упорядоченного движения электронов.

3. Вопросы для допуска к лабораторной работе

1. Сформулируйте закон Ома для однородного металлического проводника. Объясните, от каких параметров зависит его электрическое сопротивление.
2. Запишите закон Ома в дифференциальной форме. В каких единицах измеряется удельная электрическая проводимость.
3. Оцените величину скорости упорядоченного движения электронов в металлической проволоке диаметром 1 мм., по которой протекает ток силой 10 А, если концентрация свободных электронов в металле равна 10^{28} м^{-3} .
4. Изобразите две схемы измерения сопротивления, применяемые в лабораторной установке. В какой из этих схем измеряемое значение сопротивления не зависит от внутреннего сопротивления амперметра?
5. Каким образом из результатов измерений определяется величина удельного сопротивления проводника?

4. Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. М.: Наука, 1998 г.

5. Методика проведения эксперимента и описание установки

Внешний вид лабораторной установки показан на рис. 1. Вдоль стойки 1 с делениями натянут проводник 2 в виде металлической проволоки. Вдоль проводника можно передвигать скользящий контакт 3 и, таким образом, включать

в схему измерений часть проводника, расположенную между точками А и С. В измерительном блоке 4 находятся источник постоянного напряжения с регулятором тока 5 и измерительные приборы – амперметр 6 и вольтметр 7. Для измерения сопротивления R_{AC} между точками А и С используется метод амперметра и вольтметра, при этом с помощью переключателя 8 можно выбирать две различные схемы подключения приборов к измеряемому сопротивлению. Эти схемы показаны на рис. 2 (U_0 - Напряжение источника, r_a и r_e - внутреннее сопротивление амперметра и вольтметра). На том же рисунке изображены соответствующие эквивалентные схемы.

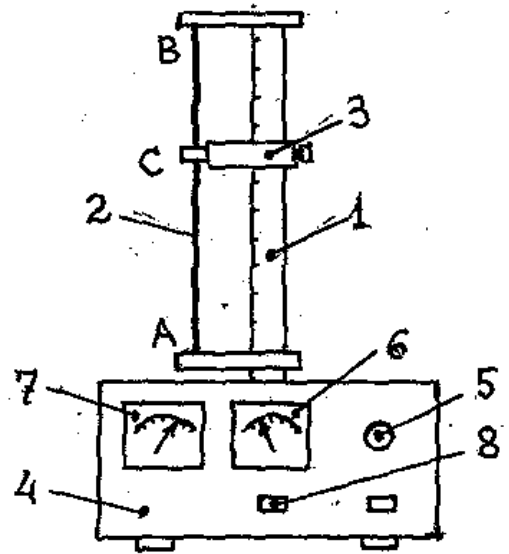


Рис. 1

В схеме 1 вольтметр показывает напряжение U_1 на параллельном соединении измеряемого сопротивления R_{AC} и вольтметра r_e , поэтому

$$U_1 = I_1 \frac{R_{AC} \cdot r_e}{R_{AC} + r_e}. \quad (1)$$

В схеме 2 показание вольтметра U_2 соответствует напряжению на последовательном соединении R_{AC} и сопротивления амперметра r_a , то есть

$$U_2 = I_2 (R_{AC} + r_a). \quad (2)$$

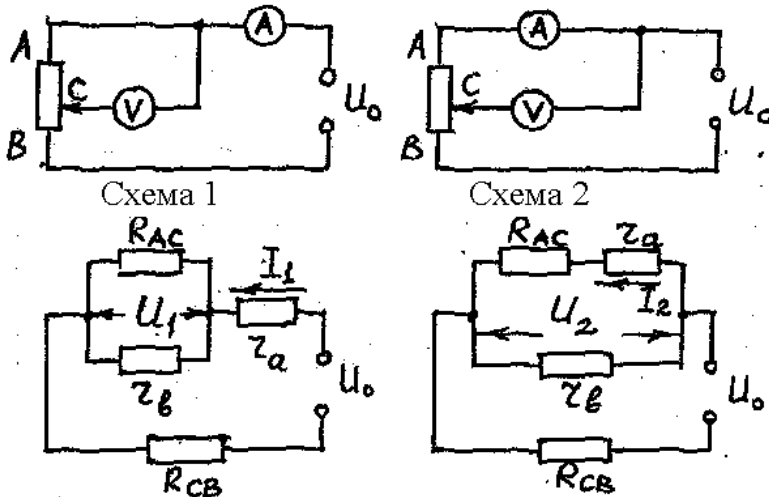


Рис. 2

В соответствии с методом амперметра-вольтметра и законом Ома измеряемые величины сопротивления будут равны

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} \text{ (схема 1);}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} \text{ (схема 2).} \quad (3)$$

Пользуясь формулами (1), (2), находим истинные значения искомого сопротивления:

$$R_{AC}(1) = \frac{R_1 r_e}{r_e - R_1} \text{ (схема 1),} \quad (4)$$

$$R_{AC}(2) = R_2 - r_a \text{ (схема 2).} \quad (5)$$

Для определения удельного сопротивления проводника ρ используем известную формулу

$$R_{AC} = \frac{\rho l}{S}, \quad (6)$$

где l - длина проводника, определяемая по шкале 1 (см. рис. 1), S - площадь сечения проволоки (указана на стенде). Если, перемещая скользящий контакт, произвести измерения R_{AC} при различных длинах l , то по наклону графика зависимости $R_{AC}(l)$ можно найти удельное сопротивление металла ρ :

$$\rho = S \left(\frac{\Delta R_{AC}}{\Delta l} \right), \quad (7)$$

где ΔR_{AC} и Δl - соответствующие приращения величин R_{AC} и l по графику.

6. Порядок выполнения работы

1. Привести ручку регулятора тока 5 в крайнее левое положение. Скользящий контакт 3 установить в среднее положение. Переключатель 8 установить в нажатое положение (схема 1).
2. Включить установку в сеть (выполняет лаборант). Регулятором тока 5 установить величину тока $I_1 = 150 \text{ мА}$.
3. Передвигая скользящий контакт 3 вдоль шкалы 1 вниз с шагом 5 см., начиная с $l = 45$ см., произвести измерения напряжений U_1 и токов I_1 в схеме 1. Полученные данные занести в табл. 1.
4. Установить скользящий контакт 3 в среднее положение. Перевести переключатель 8 в ненажатое положение (схема 2). Регулятором тока 5 установить величину тока $I_2 = 200 \text{ мА}$.
5. Передвигая контакт 3, аналогично пункту 3, произвести измерения напряжений U_2 и токов I_2 в схеме 2. Результаты записать в табл. 1.

7. Оформление отчёта

1. По данным табл. 1 рассчитать величины измеряемых сопротивлений R_1 и R_2 (формула (3)), записать полученные данные в табл. 1.
2. Пользуясь формулами (4) и (5), рассчитать величины $R_{AC}(1)$ и $R_{AC}(2)$ для схем 1 и 2 соответственно, определить усредненные значения $\langle R_{AC} \rangle = \frac{R_{AC}(1) + R_{AC}(2)}{2}$. Данные занести в табл. 1.
3. Построить график зависимости $\langle R_{AC} \rangle(l)$. По наклону графика (формула (7)) найти удельное сопротивление металла ρ .
4. По полученным результатам эксперимента сделать выводы.

Таблица 1.

ℓ, \mathcal{M}				•••	
U_1, B				•••	
I_1, A				•••	
U_2, B				•••	
I_2, A				•••	
R_1, O_M				•••	
R_2, O_M				•••	
$R_{AC}(1)$				•••	
$R_{AC}(2)$				•••	
$\langle R_{AC} \rangle$					
$\rho, O_M \cdot \mathcal{M} =$					