

ГУАП

КАФЕДРА № 3

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

105

асс  
должность, уч. степень, звание

15.09.23  
подпись, дата

М.Д. Рассохина  
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

по курсу: ФИЗИКА

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ гр. №

4326

Г.С. Томчук  
подпись, дата

Г. С. Томчук  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2023

# Протокол измерений к № 1

"Определение электрического сопротивления"

см. гр. № 4326 Тюмень д.г.

нпр. Рассохова М.Р. 01.09.23

## Парометр прибора

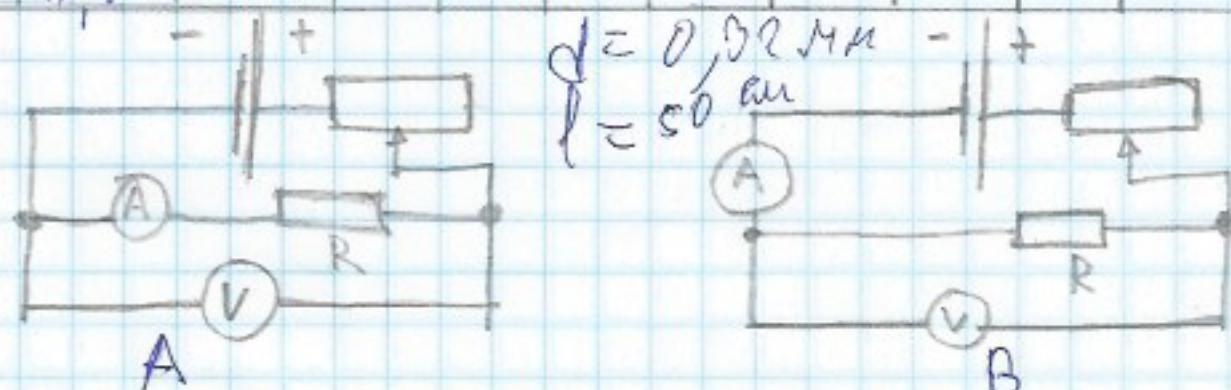
изделие

Прибор	Инн	Число серии	Предел К	Система изл. номинальная
Милливольтметр МК-2	5.А	250 мА	3,5	3,75 мА
Вольтметр МК-2	0,05 В	1,5 В	1,5	0,0225 В
Линейка	-	0,1 см	50 см	0,05 см

Дальномеры измерения и вычисления:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A	U, В	0,041	0,049	0,048	0,052	0,057	0,062	0,066	0,071	0,075	0,079
A	I, мА	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
B	U, В	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	0,63	0,66	0,71	0,75
B	I, мА	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180



- Число работос: ознакомление с методикой обработки результатов измерений; определение электрического сопротивления; экспериментальная проверка закона Ома; определение удельного сопротивления кислоты.
- Описание измерительной установки

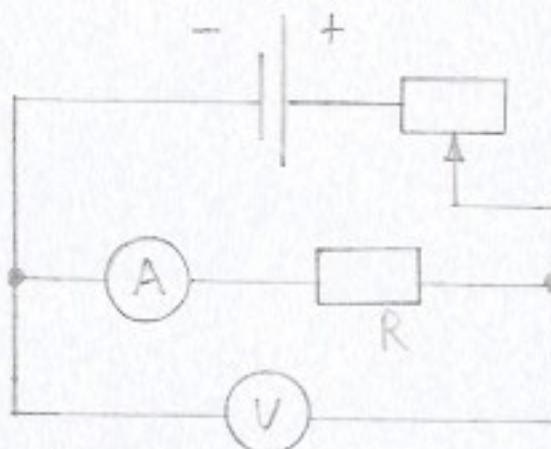


Схема А

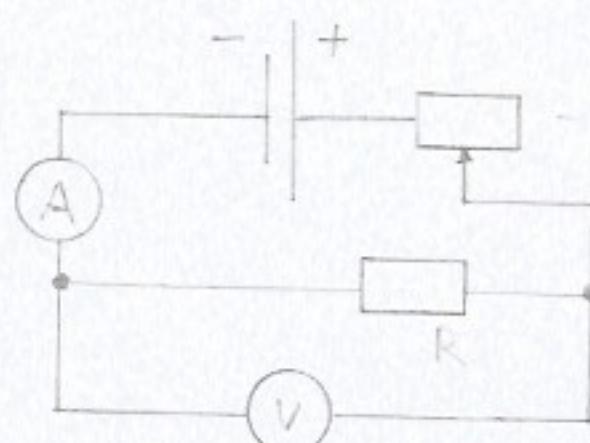


Схема В

$$R_V = 2500 \Omega$$

$$R_A = 0,2 \Omega$$

$$D = 0,32 \text{ мкм}$$

$$l = 50 \text{ см}$$

### Таблица технических характеристик приборов

Прибор	Ном	Число делений	Предел	K	Систематическая погрешность
Амперметр	МК-2	5 мА	250 мА	5,5	3,75 мА
Вольтметр	МК-2	0,05 В	1,5 В	1,5	0,0225 В
Линейка	-	0,5 см	50 см	-	0,05 см

### 3. Решение задачи

Закон Ома:  $R = \frac{U}{I}$ , (1)

для схемы А:  $R = \frac{U}{I} - R_A$ , (2)

для схемы В:  $R = \left( \frac{I}{U} - \frac{1}{R_V} \right)^{-1}$ , (3)

где  $R$  — электрическое сопротивление проводника,  $U$  — падение напряжения на проводнике,  $I$  — сила тока в проводнике,  $R_A$  — сопротивление амперметра,  $R_V$  — сопротивление вольтметра.

$$R_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (4)$$

где  $R_{cp.}$  - среднее значение сопротивления проводника,  
 $n$  - количество измерений.

$$\rho = \frac{\pi \cdot D^2 R}{4l} \quad (5)$$

4. Результаты измерений и вычислений

Таблица 4.1. А

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$U, V$	0,4	0,44	0,48	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75	0,79	
$I, A$	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	
$\frac{U}{I}, \Omega$	4,44	4,44	4,36	4,33	4,39	4,43	4,4	4,44	4,41	4,39	
$R, \Omega$	4,24	4,2	4,16	4,13	4,19	4,23	4,2	4,24	4,21	4,19	
$\Theta_R, \Omega$	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	

Таблица 4.1. В

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$U, V$	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	0,63	0,66	0,71	0,75	
$I, A$	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	
$\frac{U}{I}, \Omega$	4,22	4,2	4,09	4,08	4,15	4,14	4,2	4,13	4,18	4,17	
$R, \Omega$	4,23	4,21	4,2	4,09	4,16	4,15	4,21	4,13	4,18	4,17	
$\Theta_R, \Omega$	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	

$$R_{cp.} = 4,18 \Omega$$

5. Примеры вычислений

$$\text{Пример 1: } R = \frac{U}{I} = \frac{0,4}{0,09} = 4,44 (\Omega) \approx 4,44 (\Omega).$$

$$\text{Пример 2: } R = \frac{U}{I} - R_A = \frac{0,4}{0,09} - 0,2 = 4,2 (\Omega) \approx 4,24 (\Omega).$$

$$\begin{aligned} \text{Пример 3: } R &= \left( \frac{I}{U} - \frac{1}{R_A} \right)^{-1} = \left( \frac{0,09}{0,38} - \frac{1}{2500} \right)^{-1} = \\ &= \left( \frac{11238}{41500} \right)^{-1} = \frac{41500}{11238} \approx 4,23 (\Omega). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{По оп-ке (4): } R_{cp} &= \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{20} R_i}{20} = \\
 &= \frac{4,24 + 4,2 + 4,16 + 4,13 + 4,19 + 4,23 + 4,2 + 4,24}{20} + \\
 &+ \frac{4,21 + 4,19 + 4,23 + 4,11 + 4,1 + 4,09 + 4,16 + 4,15}{20} + \\
 &+ \frac{4,22 + 4,13 + 4,18 + 4,17}{20} = \frac{83,52}{20} = 4,176 \approx \\
 &\approx 4,18 \text{ (Om)}, \text{ по оп-ке (5): } \rho = \frac{\pi \cdot 0,00032^2 \cdot 0,00046 \cdot 4,18}{2} \approx 0,672 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

## 6. Влияние погрешностей

### 6.1 Систематические погрешности

$$\Theta_I = \frac{I_{max} K_I}{100} = \frac{0,25 \cdot 1,5}{100} = 3,75 \cdot 10^{-3} \approx 0,004 \text{ (A)}.$$

$$\Theta_u = \frac{U_{max} K_u}{100} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{100} = 0,0225 \approx 0,02 \text{ (B)}.$$

Введен оп-ку для систематической погрешности измерения тока. Сопротивление (через сист. погрешности прямых измерений  $\Theta_I$ ,  $\Theta_u$ ):

$$R = R(I, u) = \frac{u}{I};$$

$$\Theta_R = |R'_I| \cdot \Theta_I + |R'_u| \cdot \Theta_u;$$

$$R'_I = \left( \frac{u}{I} \right)'_I = u \left( \frac{1}{I} \right)'_I = \frac{-u}{I^2};$$

$$R'_u = \left( \frac{u}{I} \right)'_u = \frac{1}{I} u'_u = \frac{1}{I};$$

$$\Theta_R = \frac{u \cdot \Theta_I}{I^2} + \frac{\Theta_u}{I}.$$

Пример вычислений по введенной оп-ке:

$$\Theta_{R_1} = \frac{0,4 \cdot 0,004}{0,09^2} + \frac{0,02}{0,09} = \frac{0,0016}{0,0081} + \frac{0,02}{0,09} \approx 0,4 \text{ (Om)}$$

$$\Theta_{R_{20}} = \frac{0,75 \cdot 0,004}{0,18^2} + \frac{0,02}{0,18} = \frac{0,003}{0,0324} + \frac{0,02}{0,18} = \frac{11}{54} \approx 0,2 \text{ (Om)}.$$

П.к. измерение величина неизвестна, поэтому погрешность  $\Delta R$  приема равной систематич.  $\Theta_R$ , величиной при наибольшем значении неизв.:

$$\Delta R = \Theta_{R_{\text{max}}} = 0,2 \text{ (Ом).}$$

### 6.2. Статистическое погрешности

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{\text{ср}})^2}{n-1}} \quad (\text{сред. квадратич. погр-сть отн. измерений})$$

$$S_R = \sqrt{\frac{(4,24 - 4,18)^2 + (4,2 - 4,18)^2 + \dots + (4,17 - 4,18)^2}{20-1}} =$$

$$= \frac{\sqrt{1857}}{950} \approx 0,047 \text{ (Ом).}$$

$$S_{R_{\text{ср}}} = \frac{S_R}{\sqrt{n}} \quad (\text{ср. квадратич. отклонение})$$

$$S_{R_{\text{ср}}} = \frac{0,047}{\sqrt{20}} \approx 0,01 \text{ (Ом).}$$

### 6.3. Сравнение

$$0,047 \ll 0,2 \Rightarrow \text{м.е. } S_R \ll \Delta R;$$

$$0,01 \ll 0,2, \text{ м.е. } S_{R_{\text{ср}}} \ll \Delta R.$$

Данные неравенства свидетельствуют о том, что в измерениях нет ошибок и нет погрешностей.

### 7. Выводы

- Откалиброван с помощью обработки результатов приема и коэффициентов разделения измерений.
- Экспериментальное значение провода  $R = (4,18 \pm 0,2) \text{ Ом}$
- Убедился, что все полученные значения  $R_i$  в общем поддаются близки к среднему (отн. от  $R_{\text{ср}}$  не более, чем на  $\Theta_{R_i}$ ). Этому оракул подтверждал закон Ома.
- Среднее сопротивление сопротивления приведено к поправке 0,2 Ом, а вольтметр — 0,02 Ом. П.к. результатам нужно отрегулировать до целых единиц Ома, поправку к сопротивлению вольтметра по ф-ле (3) можно не делать  $\rightarrow$  для Севен В сопротивление можно балансировать без поправок.