

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и технической физики

Отчет по лабораторной работе №1

По дисциплине _____ Физика _____

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема работы: Оценка точности прямых и косвенных измерений

Выполнил: студент гр. _____ САМ-22 _____ Кутуков Д.И. _____

(шифр группы)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Проверил(а): _____

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2021

Цель работы

Обработка данных прямых и косвенных измерений физических величин.

Краткое теоретическое содержание

Явления, изучаемое в работе. Явление погрешности при прямых и косвенных измерениях.

Определения основных физических понятий, процессов, объектов и величин.

Электрический ток – упорядоченное, направленное движение заряженных частиц под действием электрического поля.

Сила тока – отношение заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника площадью S за промежуток времени t , к этому промежутку.

$$[I] = 1 \text{ Ампер}$$

Напряжение – разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории движения заряда, где потенциал – это отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду. Ток всегда направлен от большего потенциала к меньшему.

$[U] = 1 \text{ Вольт}$, где 1 Дж – единица измерения работы, совершённой для перемещения заряда.

Электрическое сопротивление – физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему.

Амперметр – физический прибор, предназначенный для измерения силы тока в замкнутой цепи, где К – класс точности прибора, он указывается на приборе.

Вольтметр – физический прибор, предназначенный для измерения напряжения в замкнутой цепи.

Штангенциркуль – физический прибор, предназначенный для измерения диаметра проволоки.

Микрометр – физический прибор, предназначенный для измерения диаметра проволоки с большей точностью, чем у штангенциркуля.

Законы и соотношения (использованные при выводе расчетной формулы). Пояснения к физическим величинам и их единицы измерений.

Закон Ома- сила тока на участке цепи прямо пропорциональна электрическому напряжению на концах участка и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению данного участка цепи.

$$I = \frac{U}{R},$$

где I – сила тока, А;

U – напряжение, В;

R – сопротивление, Ом.

Удельное сопротивление проводника:

$$\rho = R \frac{S}{l},$$

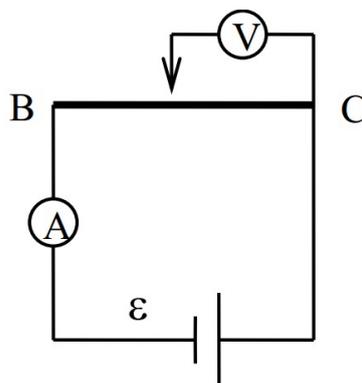
где ρ -удельное сопротивление проводника, Ом*м;

l - длина проводника, м;

S - площадь поперечного сечения проводника, м²;

R – сопротивление однородного цилиндрического проводника, Ом.

Схема установки



ε - источник тока

A – амперметр

V – вольтметр

BC –исследуемый участок

Основные расчетные формулы

Сопротивление проводника

$$R = \frac{U}{I},$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

R – сопротивление, Ом.

Экспериментальное удельное сопротивление

$$\rho_s = \frac{U * \pi * d^2}{I * 4l},$$

где ρ_s – экспериментальное удельное сопротивление, Ом*м;

U – напряжение, В;

l – длина проводника, м;

I – сила тока, А;

d – диаметр проводника, м.

Среднее значение диаметра проволоки

$$\bar{d} = \frac{1}{n} (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)$$

Графическое вычисление среднего значения удельного сопротивления

$$\bar{\rho} = \frac{\pi * \bar{d}^2}{4} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{R_2 - R_1}{l_2 - l_1}$$

$\rho_{\text{гр}}$ -значение удельного сопротивления, рассчитанного графически, Ом*м.

Погрешности прямых измерений

Средняя абсолютная погрешность диаметра проволоки

$$\Delta d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{d} - d_i|$$

\bar{d} – среднее значение диаметра;

d_i – значение диаметра при измерении i .

Средняя квадратичная погрешность одной серии измерений диаметра

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} * \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}$$

n – кол-во измерений

Абсолютная погрешность прибора

$$\Delta x = \varepsilon_{np} \cdot x_{np} = x_{np} \cdot K / 100$$

x_{np} - наибольшее значение величины, которое может быть измерено по шкале прибора

$$\Delta I = \frac{k \cdot I_{max}}{100}$$

$$\Delta U = \frac{k \cdot U_{max}}{100}$$

ΔU -приборная погрешность вольтметра;

ΔI -приборная погрешность амперметра;

k-класс точности прибора;

I_{max} и U_{max} -максимальные значения используемых измерительных шкал.

Погрешности косвенных измерений

Абсолютная погрешность

$$\overline{\Delta \rho_s} = \bar{\rho}_s \cdot \left(\frac{\overline{\Delta U}}{\bar{U}} + \frac{\overline{\Delta I}}{\bar{I}} + \frac{\overline{\Delta \ell}}{\bar{\ell}} + \frac{2\overline{\Delta d}}{\bar{d}} \right) = \bar{\rho}_s \cdot \varepsilon_\rho$$

$\bar{\rho}, \bar{U}, \bar{I}, \bar{\ell}$ - среднее значение удельного сопротивления, напряжения, силы тока и длины проводника

$\Delta \ell$ - абсолютная погрешность длины

Средняя квадратичная погрешность

$$\sigma_\rho = \bar{\rho}_s \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_I}{\bar{I}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_U}{\bar{U}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_\ell}{\bar{\ell}} \right)^2 + \left(\frac{2\sigma_d}{\bar{d}} \right)^2}$$

Абсолютная погрешность сопротивления

$$\Delta R = \bar{R} * \left(\frac{\Delta U}{\bar{U}} + \frac{\Delta I}{\bar{I}} \right)$$

Средняя квадратичная погрешность сопротивления

$$\sigma_R = \bar{R} * \sqrt{\left(\frac{\sigma_U}{\bar{U}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{\bar{I}}\right)^2}$$

$$\sigma_I = \Delta I$$

$$\sigma_U = \Delta U$$

Таблица 1 Технические данные приборов

№	Название прибора	Пределы измерений	Число делений	Цена деления	Класс точности	Абсолютная приборная погрешность
1	Штангенциркуль	300 мм	250	0,05 мм	1	0,05 мм
2	Микрометр	25 мм	125	0,01 мм	1	0,01 мм
3	Амперметр	250 мА	50	5 мА	1,5	3,75 мА
4	Вольтметр	1,5 В	30	0,05 В	1,5	0,0225 В

Таблица 2 Погрешность прямых измерений диаметра

Физическая величина	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	\bar{d}	Δd	σ_d	$\frac{\Delta d}{\bar{d}}$	$\frac{\sigma_d}{\bar{d}}$
Ед. изм. Прибор	мм	мм	мм	мм	мм								
Штангенциркуль	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4375	0,1375	0,48	0,314	1,09
Микрометр	0,41	0,41	0,39	0,4	0,38	0,39	0,4	0,38	0,392	0,005	1,284	0,0115	1,103

Таблица 3 Погрешность электрических приборов

Физическая величина	I	ΔI	I	ΔI	U	ΔU	R	ΔR	σ_R
Ед. изм.	см	см	mA	mA	В	В	Ом	Ом	Ом
№ опыта									
1	5	0,1	23 0	3,75	0,10	0,0225	0,0004	0,00012	0,00011
2	10		22 0		0,20		0,0009		
3	18		24 0		0,35		0,0015		
4	20		23 5		0,40		0,0017		
5	22		23 0		0,40		0,0017		
6	26		22 5		0,50		0,002		
7	27,5		23 0		0,55		0,0024		
8	33		23 0		0,65		0,0028		
9	39		24 0		0,80		0,003		
10	47		245		0,95		0,0039		

Графический материал

Таблица данных для графика:

<i>l, м</i>	<i>R, Ом</i>
0	0
0,05	0,0004
0,1	0,66
0,15	0,88
0,2	1,33
0,25	1,77
0,3	2,22
0,35	2,66
0,4	3,11
0,45	3,55
0,50	4



Пример вычислений

$$\Delta I = \frac{1,5 * 250}{100} = 3,75 \text{ мА}$$

$$\Delta U = \frac{1,5 * 1,5}{100} = 0,0225 \text{ В}$$

$$\Delta l_{cp} = \frac{10 * 0,1}{10} = 0,1 \text{ см}$$

$$l_{cp} = \frac{5+10+18+20+22+26+27,5+33+39+47}{8} = 30,9 \text{ см}$$

$$U_{cp} = \frac{0,1+0,2+0,35+0,4+0,4+0,5+0,55+0,65+0,8+0,95}{10} = 0,49 \text{ В}$$

$$I_{cp} = \frac{10 \cdot 225}{10} = 225 \text{ мА} = 0,225 \text{ А}$$

$$R_{cp} = \frac{0,0004+0,0009+0,0015+0,0017+0,0017+0,002+0,0024+0,028+0,003+0,0039}{10} = 0,0045 \text{ Ом}$$

$$\Delta R = 0,0004 * \left(\frac{0,0025}{0,1} + \frac{2,5}{230} \right) = 0,0001 \text{ Ом}$$

$$\sigma_R = 0,0004 * \sqrt{\left(\frac{0,025}{0,1} \right)^2 + \left(\frac{2,5}{230} \right)^2} = 0,001 \text{ Ом}$$

Штангенциркуль

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{90} \cdot \sqrt{4 \cdot |0,31 - 0,3|^2 + |0,35 - 0,31|^2 + 3 \cdot |0,31 - 0,25|^2 + 2 \cdot |0,4 - 0,31|^2}} = i$$

$$= 0,018 \text{ мм}$$

$$\overline{\rho_{cp}} = \frac{3,14 \cdot 0,00031^2}{4} \cdot \frac{0,134}{0,001} = 1,0109 * 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\rho_s} = \frac{3,14 \cdot 0,00031^2 \cdot 0,46}{4 \cdot 0,225 \cdot 0,275} = 5,6084 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\Delta \overline{\rho_s} = 5,6084 * 10^{-7} \cdot \left(\frac{0,0225}{0,46} + \frac{0,00375}{0,225} + \frac{0,001}{0,275} + \frac{2 \cdot 0,00005}{0,00031} \right) = 2,2 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{\rho} = 5,6084 * 10^{-7} * \sqrt{\left(\frac{0,00375}{0,225} \right)^2 + \left(\frac{0,0225}{0,46} \right)^2 + \left(\frac{0,001}{0,275} \right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,00005}{0,00031} \right)^2} =$$

$$= 1,83 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Микрометр

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{90} \cdot \sqrt{3 \cdot |0,41 - 0,392|^2 + 2 \cdot |0,392 - 0,39|^2 + |0,392 - 0,35|^2 + 2 \cdot |0,392 - 0,38|^2 + 2 \cdot |0,4 - 0,392|^2}} = i$$

$$= 0,0031 \text{ мм}$$

$$\overline{\rho_{cp}} = \frac{3,14 \cdot 0,000392^2}{4} \cdot \frac{0,134}{0,001} = 1,6164 * 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\bar{\rho}_s = \frac{3,14 \cdot 0,000392^2 \cdot 0,46}{4 \cdot 0,225 \cdot 0,275} = 8,9678 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\Delta \rho}_s = 8,9678 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{0,0225}{0,46} + \frac{0,00375}{0,225} + \frac{0,001}{0,275} + \frac{2 \cdot 0,00001}{0,000392} \right) = 1,08 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\begin{aligned} \sigma_\rho &= 8,9678 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{\left(\frac{0,00375}{0,225} \right)^2 + \left(\frac{0,0225}{0,46} \right)^2 + \left(\frac{0,001}{0,275} \right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,00001}{0,000392} \right)^2} = \\ &= 1,42 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Конечные Результаты:

Штангенциркуль:

$$\rho_s = (5,6 \pm 1,83) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_s = (5,6 \pm 2,2) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Микрометр:

$$\rho_s = (8,9 \pm 1,42) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_s = (8,9 \pm 1,08) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Вывод

В ходе лабораторной работы я проделала измерения проволоки с помощью микрометра и штангенциркуля. Полученные погрешности настолько малы, что при измерении приборами не будут допущены грубые ошибки.

Также я проделала измерения удельного сопротивления в цепи с током. Полученные результаты измерения удельного сопротивления, с учетом погрешностей, приблизительно равны табличным значениям.

Цель лабораторной работы достигнута.