

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики

**ФИЗИКА**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ВОЗМОЖНОСТЕЙ МУЛЬТИМЕТРА**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов всех специальностей и направлений подготовки*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2023

УДК 531/534 (073)

**ФИЗИКА. Исследование метрологических возможностей мультиметра:** Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *М.Ю. Кожокарь, А.С. Иванов.* СПб, 2023. 27 с.

Лабораторный практикум для курса общей физики по предназначен для студентов всех специальностей Санкт-Петербургского горного университета.

С помощью учебного пособия студент имеет возможность ознакомиться с методикой выполнения лабораторного исследования, физическими явлениями, и правилами оформления лабораторных работ.

Выполнение лабораторного практикума проводится студентом по индивидуальному графику.

Научный редактор доц. *Н.Н. Смирнова*

Рецензент доцент, к. ф.-м. н. *Ю.В. Чуркин* (АО «Корпорация «Комета» - «НПЦ ОЭКН»)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Законы постоянного тока .....	5
1.1 Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника.....	5
1.2 Последовательное и параллельное соединение проводников ..	6
2. Правила Кирхгофа .....	10
3. Теоретические основы лабораторной работы .....	12
4. Лабораторная работа. Исследование метрологических возможностей мультиметра .....	17
5. Требования к выполнению лабораторных работ .....	21
6. Требования к содержанию отчета по лабораторной работе .....	21
7. Рекомендации по защите отчета .....	22
8. Вопросы для подготовки .....	23
10. Рекомендательный библиографический список .....	25
9. Приложение .....	26

## **Введение**

Цель данного лабораторного практикума, как и дисциплины в целом – приобретение знаний и умений по физике в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) по различным направлениям подготовки бакалавров и специалистов.

В соответствии с требованиями результат освоения лабораторного практикума направлен на формирование общих и профессиональных компетенций заключающихся в способностях:

- организовать работу для достижения поставленных целей;
- применять на практике полученные навыки при выполнении и описании исследований;
- работать исключительно самостоятельно;
- использовать инновационные и новаторские идеи;
- принимать активное участие в научно-исследовательских разработках.

Лабораторная практика в физике в сочетании крупномасштабных вариантов и моделей, обеспечивает при этом высокую точность результатов и делает реальный опыт важным элементом для повышения качества обучения и повышения его мотивации. Кроме того, физические задачи, выраженные не только в текстовой форме, но и представленные в лабораторном варианте, позволяют тренировать процесс принятия технических решений на разных уровнях. Это очень важный элемент инженерной подготовки.

В лабораторную работу входят материалы по электромагнетизму, помогающие сформировать у студентов начальных курсов базу знаний для успешного освоения специальных дисциплин, связанных с данным направлением. К ним в большей или меньшей степени относятся все технические дисциплины.

Студенты допускаются к занятиям в лаборатории при подготовке на аудиторном занятии теоретической базы новой работы, наличии заготовки к ней и защиты предыдущей работы.

## 1. Законы постоянного тока

### 1.1 Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника

Однородным участком электрической цепи называют участок, на котором направленное движение зарядов происходит под действием только кулоновских сил. Для него Г. Ом в 1826 году экспериментально установил следующий закон (**закон Ома**): сила тока  $I$ , текущего по однородному участку цепи, прямо пропорциональна напряжению  $U$ , приложенному к нему, и обратно пропорциональна сопротивлению  $R$  этого участка цепи

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1.1)$$

Отметим, что в данном случае напряжение  $U$  совпадает с разностью потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$  между начальной и конечной точками участка проводника. Уравнение (1.1) определяет соотношение между током и напряжением для конечного участка цепи и поэтому иногда называется **законом Ома в интегральной форме**.

На основе формулы (1.1) вводится понятие **сопротивления  $R$  однородного участка цепи**: сопротивление  $R$  характеризует свойство проводника препятствовать протеканию по нему электрического тока и равно

$$R = \frac{U}{I}. \quad (1.2)$$

Сопротивление  $R$  однородного участка цепи не зависит ни от  $U$ , ни от  $I$ , но определяется геометрическими размерами проводника, его материалом и температурой.

**Вольт-амперной характеристикой (ВАХ)** однородного участка цепи называют график зависимости силы тока  $I$  от приложенного к нему напряжения (рис. 1); он представляет собой прямую линию, угол наклона которой определяет электрическое сопротивление участка  $R = \operatorname{ctg} \beta$  (рис. 1).

На практике обычно используют проводники цилиндрического вида длиной  $l$  и площадью поперечного сечения  $S$ . Это позволяет ввести новую характеристику – **удельное сопротивление**  $\rho$  проводника по следующей формуле

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \Rightarrow \quad \rho = R \frac{S}{l}. \quad (1.3)$$

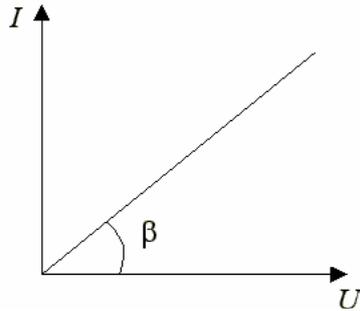


Рис. 1 Вольт-амперная характеристика

Удельное сопротивление  $\rho$  проводника зависит только от его материала и температуры. Оно численно равно сопротивлению  $R$  проводника при  $l=1$  м и  $S=1$  м<sup>2</sup>. В СИ удельное сопротивление измеряется в (Ом·м); в технике его часто измеряют в  $\left(\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}}{\text{мм}^2}\right)$ .

### 1.2 Последовательное и параллельное соединение проводников

Проводники в электрических цепях могут соединяться последовательно и параллельно.

При **последовательном соединении** проводников (рис. 2) сила тока во всех проводниках одинакова:

$$I_1 = I_2 = I.$$

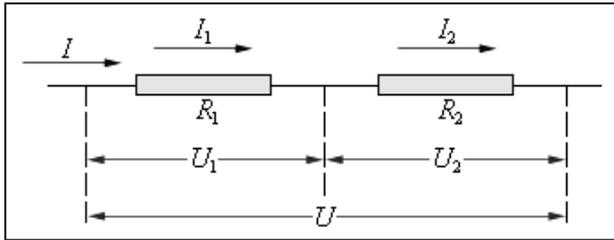


Рис. 2. Последовательное соединение двух сопротивлений  
По закону Ома, напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на проводниках равны

$$U_1 = IR_1; \quad U_2 = IR_2. \quad (1.4)$$

Общее напряжение  $U$  на обоих проводниках равно сумме напряжений  $U_1$  и  $U_2$ :

$$U = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2) = IR, \quad (1.5)$$

где  $R$  – электрическое сопротивление всей цепи. Отсюда следует:

$$R = R_1 + R_2. \quad (1.6)$$

При последовательном соединении полное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений отдельных проводников. Этот результат справедлив для любого числа последовательно соединенных проводников.

При **параллельном соединении** (рис. 3.) напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на обоих проводниках одинаковы:

$$U_1 = U_2 = U. \quad (1.7)$$

Сумма токов  $I_1 + I_2$ , протекающих по обоим проводникам, равна току в неразветвленной цепи:

$$I = I_1 + I_2. \quad (1.8)$$

Этот результат следует из того, что в точках разветвления токов (узлы  $A$  и  $B$ ) в цепи постоянного тока не могут накапливаться заряды. Например, в узел  $A$  за время  $\Delta t$  втекает заряд  $I\Delta t$ , а вытекает из узла за то же время заряд  $I_1\Delta t + I_2\Delta t$ . Следовательно,  $I = I_1 + I_2$ .

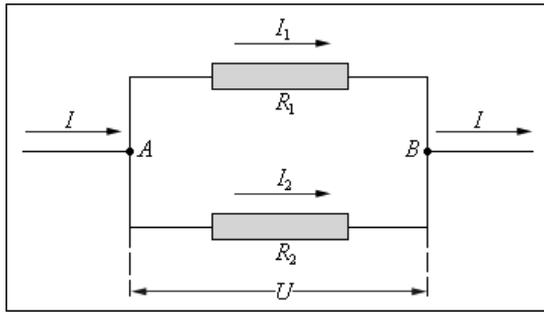


Рис. 3. Параллельное соединение двух сопротивлений

Запишем на основании закона Ома

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I = \frac{U}{R}, \quad (1.9)$$

где  $R$  – электрическое сопротивление всей цепи, тогда получим

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \quad (1.10)$$

При параллельном соединении проводников величина, обратная общему сопротивлению цепи, равна сумме величин, обратных сопротивлениям параллельно включенных проводников. Этот результат справедлив для любого числа параллельно включенных проводников.

Общее сопротивление  $n$  участков при их параллельном и последовательном соединении соответственно равны:

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}; \quad R = \sum_{i=1}^n R_i. \quad (1.11)$$

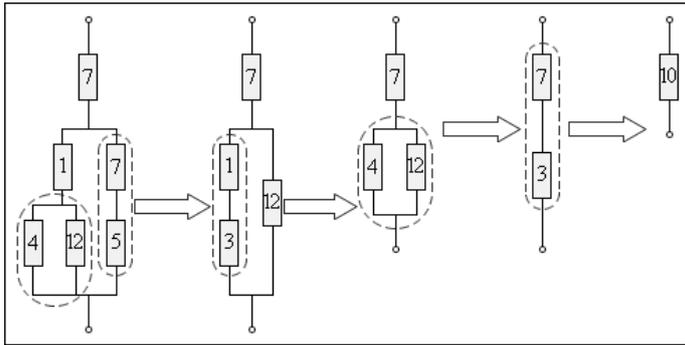


Рис. 4. Расчет сопротивления сложной цепи.  
Сопротивления всех проводников указаны в Ом

Формулы для последовательного и параллельного соединения проводников позволяют во многих случаях рассчитывать сопротивление сложной цепи, состоящей из многих резисторов. На рис. 4 приведен пример такой сложной цепи и указана последовательность вычислений.

Следует отметить, что далеко не все сложные цепи, состоящие из проводников с различными сопротивлениями, могут быть рассчитаны с помощью формул для последовательного и параллельного соединения. На рис. 5 приведен пример электрической цепи, которую нельзя рассчитать указанным выше методом.

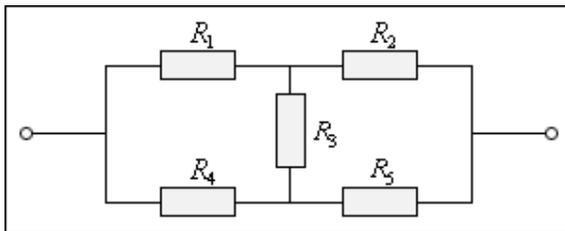


Рис. 5. Пример электрической цепи, которая не сводится к комбинации последовательно и параллельно соединенных проводников

## 2. Правила Кирхгофа

Цепи, подобные изображенной на рис. 5, а также цепи с разветвлениями, содержащие несколько источников, рассчитываются с помощью **правил Кирхгофа**. Эти правила были сформулированы Кирхгофом в 1847 году, и с тех пор они используются для расчета разветвленных цепей постоянного и квазистационарного тока – цепей, содержащих несколько замкнутых контуров.

Правила Кирхгофа для разветвленных цепей:

1. Алгебраическая сумма сил токов  $-I_i$ , сходящихся в любом узле (узел – соединение не менее трех проводников), равна нулю (рис. 6)

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0; \quad (2.1)$$

При этом токи, подходящие к узлу считаются положительными, а токи, отходящие от него, отрицательными.

2. Для любого замкнутого контура алгебраическая сумма произведений сил токов  $-I_i$ , на сопротивления соответствующих участков цепи  $-R_i$ , равна алгебраической сумме источников ЭДС  $\mathcal{E}_i$ , действующих в этом контуре

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i. \quad (2.2)$$

Второе правило Кирхгофа является обобщением закона Ома для разветвленных электрических цепей.

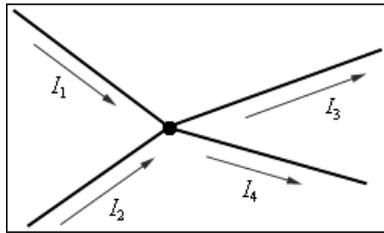


Рис. 6 Узел электрической цепи.  $I_1, I_2 > 0$ ;  $I_3, I_4 < 0$

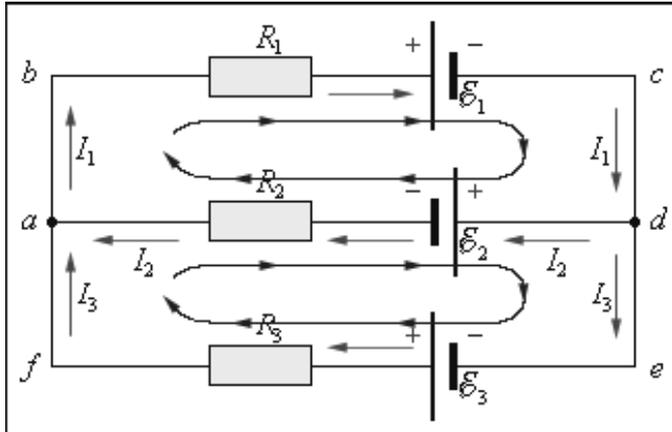


Рис. 7 Пример разветвленной цепи. Цепь содержит один независимый узел ( $a$  или  $d$ ) и два независимых контура (например,  $abcd$  и  $adef$ )

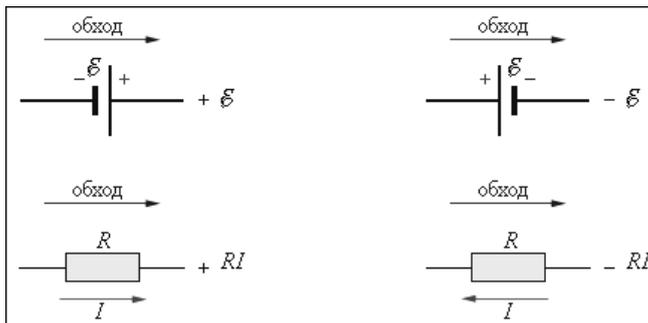


Рис. 8 Иллюстрация к «Правилу знаков»

Для составления уравнений по 2-му закону Кирхгофа надо:

1) Произвольно проставить направления токов на каждом участке и обозначить их;

2) Выбрать произвольно направление обхода контура. Все токи, совпадающие по направлению с обходом контура, считаются положительными. ЭДС  $\varepsilon_k$  источников тока считаются положительными, если они создают ток, направленный в сторону обхода контура, т. е. если мы при выбранном направлении обхода идем от (+) к (-) во внешней цепи источника.

Если в цепи заданы все  $R_k$  и  $\varepsilon_k$ , и требуется определить все токи, то, очевидно, что число различных токов будет равно числу ветвей («ветвь» – участок между соседними узлами).

Обозначим число ветвей через  $N$ , это дает и число неизвестных токов и, следовательно, число требующихся уравнений. Следовательно,  $N$  - число необходимых уравнений.

Обозначим через  $n$  – число узлов. Число независимых уравнений, которые можно составить для узлов, т. е. по первому правилу Кирхгофа равно  $n-1$ . Тогда число уравнений, которые нужно составить для контуров, т. е. по второму правилу Кирхгофа будет равно

$$N - (n - 1) = N - n + 1. \quad (2.3)$$

Остальные уравнения не будут независимыми и их можно не учитывать при решении задач.

### 3. Теоретические основы лабораторной работы

**Мультиметр** (или *тестер*) – это прибор, который служит для измерения основных электрических величин: силы тока, напряжения, сопротивления, ёмкости, индуктивности, частоты электрического тока и др., а также для измерения температуры с использованием термопары. Виды измерений, которые доступны в мультиметре, зависят от его модели. Мультиметры могут быть простыми и, соответственно, дешевыми, однако в этом случае они позволяют измерять, в основном, только напряжение, ток и сопротивление.

Внешний вид современного мультиметра, позволяющего осуществлять гораздо больше различных измерений, показан на рис. 9.



Рис. 9. Внешний вид мультиметра (продукция фирмы PeakTech, модель 2010 DMM).

На передней панели мультиметра имеются: цифровой экран, четыре функциональные кнопки, ручка переключателя вида и пределов измеряемой величины и четыре разъема для подключения к прибору проводов.

Для использования мультиметра необходимо знать назначение его кнопок и переключателей.

#### **Функциональные кнопки**

Включение мультиметра производится левой верхней кнопкой с надписью «Power». Отметим, что прибор питается от батареек, поэтому при низком заряде в целях экономии энергии он автоматически выключается, если в течение минуты над ним не

производится никаких действий (например, нажатие кнопок или поворот ручки переключателя). Индикатором разряда батареек является изображение батарейки в верхней части экрана.

Кнопка «PK HOLD» служит для фиксации результата на экране. Кнопка с изображением жёлтого солнышка включает подсветку экрана.

Имеется возможность измерения как постоянных, так и переменных сигналов. Для переключения между этими режимами работы используется кнопка «DC/AC» (direct current / alternative current). При включении режима переменного тока на экране слева вверху высвечиваются буквы «AC». В связи с указанным, ***перед началом измерений следует выяснить, какой тип тока протекает на измеряемом участке цепи, постоянный или переменный***, иначе возможно получение неверных данных.

### **Переключение видов и пределов измерений**

Переключение вида и пределов измеряемой величины осуществляется круглым переключателем в центре мультиметра.

**Виды измерений:** символ, расположенный рядом с цифрами, на которые указывает ручка (указателем служит конец, помеченный выступом), должен соответствовать измеряемой величине: А – силе тока, V – напряжению,  $\Omega$  – сопротивлению, С – ёмкости, L – индуктивности и т.д.

### **Пределы измерений**

Цифра, на которую направлен указатель, означает предел измерений, то есть максимально возможное значение данной физической величины, которое мультиметр может измерить на этом пределе. Например, предел «200 mA» означает, что ток, превышающий по величине 200 мА, измеряться прибором не будет, а вместо его значения на экране появится индикатор переполнения - надпись «OL» (over limits). Поэтому ***начинать измерения следует, установив самый грубый предел***, то есть повернуть указатель на максимальную цифру.

**Единицы измерения** величины (размерность) отображаются внизу экрана.

Если перед первой цифрой на экране стоит точка, то эта цифра - в разряде десятых («ноль» единиц не показывается).

**Абсолютная погрешность** измерений мультиметра принимается равной единице последнего надежно индицируемого (не мигающего) разряда.

Если точность измерений недостаточна (на экране только одна значащая цифра либо прибор показывает только нули), следует, поворачивая ручку переключателя, увеличить чувствительность прибора, то есть уменьшить предел. Недостаточная точность может возникнуть при уменьшении измеряемого сигнала.

С другой стороны, если предел выбран настолько чувствительный, что нестабильность сигнала затрудняет снятие показаний, то есть цифра (в младшем разряде) постоянно меняет своё значение, может быть целесообразно повышение значения предела.

### **Подключение прибора к электрической цепи**

Для измерения нужного параметра электрической цепи мультиметром недостаточно только установить на нём подходящие пределы измерений. Необходимо также правильно подключить его к этой цепи. Отметим, что перед подключением (или переподключением) мультиметра к цепи, его необходимо выключить.

Подключение мультиметра производится включением в него двух проводов (**не больше!**), один из которых должен обязательно быть подсоединён к разъёму с надписью «СОМ». Второй провод подключается к разъёму соответствующему измеряемой величине. Если измеряются большие токи (до 20 А), второй провод следует включить в самый левый разъём, обозначенный надписью «20А». При измерении малых токов (до 200 мА) следует использовать второй разъём, обозначенный «mA». Напряжение, сопротивление и частота электрических колебаний измеряются при подключении провода к четвёртому разъёму «VΩHz». Остальные величины: ёмкость (С), индуктивность (L), температура (°С) и

коэффициент усиления транзистора ( $h_{FE}$ ) измеряются путём подключения второго провода к разъёму «mA».

***Следует знать, в каком случае мультиметр подключается последовательно в цепь, а в каком – параллельно.***

Неправильное подключение может вывести прибор из строя. Так в режиме амперметра мультиметр нужно подключать к исследуемому участку цепи последовательно, при этом через него будет течь ток. В режиме вольтметра мультиметр подключается к участку цепи параллельно, при этом ток через него, практически, не идёт.

Режимы омметра, измерителя емкости и индуктивности требуют отключения исследуемого участка цепи от источников питания и подключения мультиметра к этому участку. При этом используется внутренний источник тока мультиметра, величина тока которого зависит от выбранного предела.

Температуру мультиметр измеряет при подключении к его разъёмам термопары, которая должна быть подведена к исследуемому объекту.

В режиме омметра существует предел, используемый для тестирования полупроводниковых диодов, то есть проверки их целостности и определения их полярности.

Для тестирования цепи на наличие низкоомного контакта имеется режим «звонка».

#### **4. Лабораторная работа. Исследование метрологических возможностей мультиметра**

**Цель работы:** измерение электрических величин и температуры с помощью мультиметра.

**Теоретическое содержание работы** представлено в первом разделе методических указаний.

##### **Порядок выполнения работы**

При выполнении работы следует строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда, установленные в лаборатории. Выполнять работу нужно предельно аккуратно, не трясти и не толкать установку, поскольку это может исказить результаты. Работа выполняется в строгом соответствии с нижеизложенным порядком выполнения и в объёме, предусмотренном индивидуальным заданием.

**Записать в таблицу технические данные прибора:**

№ п.п.	Название прибора	Пределы измерений	Число делений	Цена деления	Абсолютная приборная погрешность
1					
2					
3					

1. Ознакомиться с кнопками и переключателями мультиметра
2. По указанию преподавателя измерить различные электрические величины, записав их числовые значения, абсолютную погрешность прямого измерения и размерности в табл.1

Таблица 1.

## Результаты измерений электрических величин мультиметром

Измеряемая величина	Сопротивление $R =$	Емкость $C =$	Индуктивность $L =$
Положение переключателей			
Абсолютная погрешность измерения			
Относительная погрешность измерения, %			

3. Собрать и зарисовать электрическую схему представленную на рис. 10.

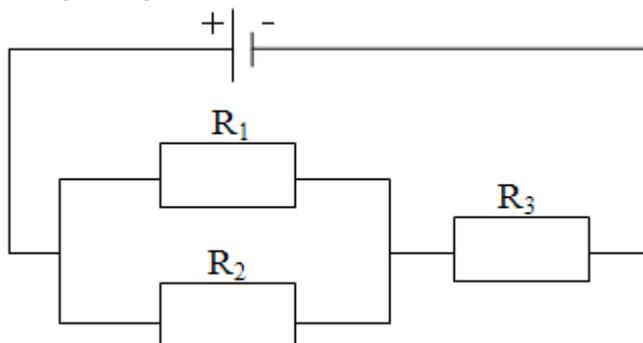


Рис. 10. Электрическая схема экспериментальной установки

Измерить и записать в табл.2 токи и напряжения в каждом элементе схемы:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Также записать указанное на резисторах значения их сопротивлений. Рассчитать экспериментальное значение сопротивления на каждом элементе схемы:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  по формуле 1.2, а также результирующее сопротивление:  $R_{рез}$  с использованием формул 1.11.

Измерить и записать в табл.2 токи и напряжения в каждом элементе схемы. Также записать указанное на резисторах значения их сопротивлений.

Таблица 2.

Результаты измерений токов и напряжений мультиметром в электрической схеме

Элемент схемы	$R_1=$	$R_2=$	$R_3=$	$R_{рез}=$
Физическая величина				
Сила тока, А				
Напряжение, В				
Расчетное значение сопротивлений, Ом				

4. Определить внутреннее сопротивление мультиметра в режиме вольтметра.

Для этого измерить мультиметром в режиме вольтметра напряжение  $U$  источника напряжения, установленное преподавателем. Затем подключить *последовательно* с вольтметром известное высокоомное сопротивление  $R$  (1 МОм при первом измерении и 10 МОм – при втором) и также измерить напряжение на источнике. Показания вольтметра в этом случае будут меньше и составят некоторую величину  $U_v$ , меньшую, чем  $U$ , т.к. часть напряжения источника будет падать на подключенном сопротивлении за счет протекания небольшого тока.

Искомое сопротивление вольтметра  $R_v$  рассчитать по формуле:

$$R_v = \frac{U_v}{U - U_v} R \quad (3.1)$$

5. Измерить с помощью термопары температуру объекта, указанного преподавателем. В качестве примера может быть предложено измерить зависимость температуры остывания воды от времени, таблица 3.

Таблица 3.

## Результаты измерения температуры

Параметр	1	2	3	4	...	n
Порядковый номер измерения						
Время, с						
Температура, °C						

## Обработка результатов

1. Представить заполненную таблицу 1.
2. Представить заполненную таблицу 2. Расчетные значения сопротивлений получить на основании закона Ома для участка цепи как отношения напряжения к силе тока для данного резистора. Сравнить записанные и расчетные значения сопротивлений резисторов. Также рассчитать теоретические значения токов и напряжений в схеме, считая известным поданное на нее напряжение и значения сопротивлений резисторов. Сравнить рассчитанные токи и напряжения с измеренными.
3. По результатам измерений и расчетов по приведенной в п.3 формуле определить два значения входного сопротивление вольтметра  $R_V$  (при использовании резисторов 1 МОм и 10 МОм. Вычислить среднее значение  $R_{V_{cp}}$  и оценить его погрешность.
4. Представить результаты измерения температур в виде графика:
  - a. На координатных осях указать откладываемые физические величины и обозначить единицы величин.
  - b. Указать масштаб на осях координат (при очень больших или очень малых величинах, показательную часть в записи величины указать рядом с единицами измерений на оси).
  - c. Нанести полученные экспериментальные данные на координатную плоскость, обозначив их крестиком, кружочком или жирной точкой.
  - d. Провести через экспериментальные точки плавную линию, в соответствии с выбранным законом аппроксимации экспериментальных данных.
5. Определить абсолютные погрешности прямых измерений.

6. Вывести формулы для оценки максимальной абсолютной и относительной погрешности косвенных измерений.
7. Выполнить оценку максимальной абсолютной и относительной погрешности косвенных измерений.
8. Выполнить сравнительную оценку экспериментальных и справочных результатов.

#### **5. Требования к выполнению лабораторных работ**

1. Выполнение лабораторных работ проводится в аудиториях и учебных лабораториях кафедры ОТФ (по 2 учебных часа на 1 работу) в соответствии с графиком работ по учебным лабораториям механики, электромагнетизма, оптики, физики твердого тела и виртуальных экспериментов. В случае пропуска прошлого занятия по уважительной причине на очередном занятии делается следующая по графику работа.

2. Студенты допускаются к занятиям в лаборатории при подготовке на аудиторном занятии теоретической базы новой работы, наличии заготовки к ней и защиты предыдущей работы.

3. Полученные в результате работы данные заносятся в таблицу и после ее завершения подписываются преподавателем или инженером - лаборантом.

#### **6. Требования к содержанию отчета по лабораторной работе**

1. Отчеты к лабораторной работе оформляются на компьютере, с целью совместимости с установленным программным обеспечением следует предоставлять готовые работы в формате MSWord, таблицы могут быть оформлены в формате MSExcel.

2. Печать на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Поля: левое - 30 мм; правое - 25 мм; верхнее и нижнее по 25 мм.

3. Тип шрифта для текста Times New Roman, прямой. Высота шрифта: тело абзаца - 12, заголовки и другие рубрики - 14. Интервал - 1,5.

4. Выравнивание по абзацу - двустороннее, для заголовка - по центру. Слова и заголовки не разрываются, а переносятся целиком.

Помимо стандартного титульного листа должны быть раскрыты следующие пункты:

1. Цель работы.

2. Краткое теоретическое содержание:

- а) явления, изучаемые в работе;
  - б) определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин;
  - в) законы и соотношения (использованные при выводе расчетной формулы);
  - г) пояснения к физическим величинам, входящим в формулы, и единицы их измерений.
3. Основные расчетные формулы.
4. Формулы погрешности косвенных измерений.
5. Таблицы (указать номер и название).
6. Пример вычислений.
- а) Исходные данные (постоянные параметры в лабораторной работе).
  - б) Погрешности прямых измерений
  - в) Вычисления: [*величина = формула = подстановка чисел = результат вычисления, единицы измерений*].
  - г) Вычисление погрешностей косвенных измерений.
7. Графический материал:
- а) Аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить.
  - б) На осях координат указать масштаб, наименование физической величины и единицы измерения.
  - в) График искомой зависимости.
8. Результат в виде  $x = \bar{x}_{\text{ср}} \pm \Delta x$  или  $x = \bar{x}_{\text{ср}} \pm \sigma_x$ ,  
 где  $x$  – физическая величина,  $\Delta x$  и  $\sigma_x$  – абсолютная и среднеквадратичная погрешности косвенных измерений.
9. Анализ и выводы должны базироваться на сравнительной оценке экспериментального результата с теоретическим, с данными справочника, более точными экспериментальными данными. Указать возможные причины расхождения.

### 7. Рекомендации по защите отчета

К защите допускаются студенты, подготовившие отчет в соответствии с требованиями к его содержанию в установленные сроки. После проверки преподавателем содержания отчета, при

наличии ошибок и недочетов, работа возвращается студенту на доработку.

При правильном выполнении лабораторной работы, соблюдении всех требований к содержанию и оформлению отчета, студент допускается к защите.

Для успешной защиты отчета необходимо изучить теоретический материал по теме работы, а также освоить математический аппарат, необходимый для вывода расчетных формул работы.

При подготовке к защите, помимо данного методического указания, необходимо использовать учебники и другие учебные пособия, рекомендованные к учебному процессу кафедрой ОТФ и Министерства образования и науки.

Во время защиты студент должен уметь ответить на вопросы преподавателя в полном объеме теоретического и методического содержания данной лабораторной работы, уметь самостоятельно вывести необходимые расчетные формулы, выполнить анализ полученных зависимостей и прокомментировать полученные результаты.

### **8. Вопросы для подготовки**

1. Дайте определения и укажите размерности физических величин, измеряемых мультиметром.

2. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и для полной цепи.

3. Внутреннее сопротивление источника равно 10 МОм. можно ли непосредственно исследованным мультиметром в режиме вольтметра измерить ЭДС данного источника? Как можно с помощью данного мультиметра определить эту ЭДС?

4. Необходимо снять вольт-амперную характеристику (ВАХ) элемента с большим (порядка десятков МОм) сопротивлением. Изобразите электрическую схему подключения при снятии ВАХ амперметра и вольтметра, позволяющую минимизировать влияние внутренних сопротивлений приборов на результаты измерений.

5. Измерьте с помощью мультиметра электрические характеристики, предоставленные преподавателем элементов.

6. Каковы достоинства метода измерения температуры с помощью термопары? на чем основаны ее физические основы работы?

## 10. Рекомендательный библиографический список

### *Основная литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб.пособие [Электронный ресурс]/ Т.И.Трофимова. - 21-е изд., стер. - М.: Академия, 2015. - 560 с. и пред.изд. (2008, 2007, 2004, 1997)
2. Детлаф А.А. Курс физики: учеб.пособие [Электронный ресурс]/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - 5-е изд., стер. – М.: АCADEMIA, 2005. - 720 с.и пред. изд. (2003, 2002, 2001, 1998)
3. Савельев И.В. Курс физики: учеб.пособие: в 3 т. Т.1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс] /И.В. Савельев – Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.]: Лань,2016. - 352 с.и пред. изд. (2008, 1998, 1989)
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учеб.пособие / И. Е. Иродов. - Москва: Лань, 2009. - 416 с.— 434 с. и пред.изд. (2007, 2004, 2003, 1988)

### *Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.*

5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
6. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>.
7. Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе, на внутри сетевом сервере <http://www.spmi.ru/>.

## 9. Приложение

Таблица 3.

Множители и приставки для образования десятичных и кратных единиц

Множитель	Приставка		Множитель	Приставка	
	Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение
$10^3$	кило	к	$10^{-3}$	милли	м
$10^6$	мега	М	$10^{-6}$	микро	мк
$10^9$	гига	Г	$10^{-9}$	нано	н
$10^{12}$	тера	Т	$10^{-12}$	пико	п

Таблица 4.

Основные физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Числовое значение
Нормальное ускорение свободного падения	$g$	9,81 м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11}$ м <sup>3</sup> /(кг·с) <sup>2</sup>
Элементарный заряд	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Скорость света в вакууме	$c$	$3 \cdot 10^8$ м/с
Атомная единица массы	а. е. м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Энергия, соответствующая 1 а. е. м.	—	931,50 МэВ
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Масса покоя протона	$m_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг

### 2. Диэлектрическая проницаемость (относительная) вещества

Бакелит .....	4,0	Слюда.....	6,0
Парафин.....	2,2	Масло трансформаторное .....	2,2
Вода.....	81,0	Стекло .....	7,0

### 3. Удельное сопротивление, $10^{-8}$ Ом·м

Вольфрам.....	5,5	Никелин.....	40,0
Железо.....	9,8	Нихром.....	110,0
Медь.....	1,75	Серебро.....	1,6

## **ФИЗИКА**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МУЛЬТИМЕТРА**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов всех специальностей и направлений подготовки*

Сост.: *М.Ю. Кожокарь, А.С. Иванов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
общей и технической физики

Ответственный за выпуск *М.Ю. Кожокарь*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.02.2023. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,6. Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 50 экз. Заказ 109.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2