

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра физики и методики преподавания физики

Н.А. Манаков, А.Г. Четверикова, Е.В. Цветкова

# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательные области «Математические и естественные науки» и «Инженерное дело, технологии и технические науки»

Оренбург  
2019

УДК 53(076.5)

ББК 22.3я7

М 23

Рецензент – доцент, кандидат педагогических наук А.В. Дудко

**Манаков, Н.А.**

М 23 Самостоятельная работа при выполнении лабораторных работ по физике: методические указания / Н.А. Манаков, А.Г. Четверикова, Е.В. Цветкова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 25 с.

Методические указания содержат требования и необходимый вспомогательный материал для выполнения лабораторных работ по кафедре физики и методике преподавания физики.

Методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательные области "Математические и естественные науки" и "Инженерное дело, технологии и технические науки".

УДК 53(076.5)

ББК 22.3я7

© Манаков Н.А.,  
Четверикова А.Г.,  
Цветкова Е.В., 2019  
© ОГУ, 2019

## Содержание

Введение.....	4
1 Перечень лабораторных работ по механике и молекулярной физике.....	5
2 Перечень лабораторных работ по разделам: «Электричество и магнетизм», «Оптика».....	10
3 Перечень лабораторных работ по разделам: «Атомная и ядерная физика», «Основы физики твёрдого тела .....	13
4 Методика выполнения лабораторных работ .....	16
Список использованных источников .....	23

## Введение

Изучение физики как общеобразовательного предмета в вузе имеет важное значение в подготовке студентов к жизни в современном мире техники в условиях быстрого научно-технического прогресса. Полноценное изучение физики предполагает овладение модельным подходом к анализу явлений, процессов и систем; освоение экспериментальных методов исследования объектов природы и техники; приобретение навыков решения не только идеализированных, но и реальных физических задач. Важнейшую роль в целостном процессе изучения физики играет этап выполнения лабораторных работ - физический лабораторный практикум. Для студентов естественнонаучного и инженерно-технических направлений подготовки он, как и физика в целом, является базовой основой профессионального становления.

Полный курс лабораторного практикума на кафедре физики и методики преподавания физики состоит из следующих частей:

- 1) механика (аудитория 1401 а),
- 2) молекулярная физика и термодинамика (аудитория 1401 б);
- 3) электричество и магнетизм (аудитория 1305 а),
- 4) оптика (аудитория 1305б);
- 5) атомная физика, ядерная физика и физика твердого тела (аудитория 1301).

Как следует из приведенного ниже перечня лабораторных работ кафедры, он позволяет учитывать специфику как естественнонаучных, так и инженерно-технических направлений подготовки классического университета.

Комплекс лабораторных работ по физике включает все разделы курса физики и обеспечивает формирование общеобразовательных компетенций по всем направлениям путём индивидуального подбора для каждого профиля перечня лабораторных работ.

# **1 Перечень лабораторных работ по механике и молекулярной физике**

## **1. Вводная лабораторная работа.**

Цель работы:

Познакомить студента с элементами теории ошибок и обработки результатов измерения физических величин на примере экспериментального определения ускорения свободного падения при помощи математического маятника.

## **2. Изучение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.**

Цель работы:

1. Изучить теорию вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
2. Экспериментально проверить выполнимость уравнения  $M_z = J \cdot \varepsilon$ .

## **3. Изучение движения твердого тела.**

Цель работы:

1. Изучить основные понятия раздела кинематики.
2. Измерить скорости различных тел из законов кинематики и динамики.

## **4. Исследование движения маятника Максвелла.**

Цель работы:

1. Изучение особенностей движения маятника Максвелла.
2. Рассмотрение превращения механической энергии маятника из одной формы в другую и диссипацию этой энергии.

## **5. Измерение момента инерции твердых тел методом крутильных колебаний.**

Цель работы:

1. Уяснить физический смысл момента инерции тел.
2. Определить расчетным и опытным путем момент инерции твердого тела.

## **6. Маятники.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теоретическим описанием колебаний математического и физического маятников.
2. Определить приведенную длину физического маятника.

### **7. Определение логарифмического декремента затухания.**

Цель работы:

1. Уяснить теоретические представления о затухающих колебаниях.
2. Экспериментально исследовать затухающие колебания физического маятника при различных условиях.

### **8. Движение твердого тела в поле тяжести Земли.**

Цель работы:

1. Изучить движение тела брошенного под углом к горизонту
2. Проверить выполнимость закона сохранения механической энергии.

### **9. Определение момента инерции колеса методом вращения.**

Цель работы:

1. Уяснить физический смысл момента инерции тел.
2. Определить расчетным и опытным путем момент инерции колеса методом вращения.

### **10. Определение коэффициента вязкости методом Стокса.**

Цель работы:

1. Познакомиться с методом Стокса.
2. Определить коэффициент вязкости водного раствора глицерина.

### **11. Определение коэффициента вязкости жидкости с помощью физического маятника.**

Цель работы:

Определение коэффициента вязкости жидкости с помощью физического маятника.

### **12. Определение моментов инерции тел, имеющих простейшую геометрическую форму.**

Цель работы:

Изучить связь момента инерции тела с периодом колебаний и упругостью подвеса.

### **13. Проверка закона сохранения момента количества движения (импульса).**

Цель работы:

Проверить выполнимость закона сохранения момента количества движения (импульса).

### **14. Изучение упругой деформации изгиба пластины.**

Цель работы:

1. Подтвердить экспериментально закон Гука.
2. Определить модуль упругости пластины методом изгиба.

### **15. Изучение динамики простейших систем с помощью машины Атвуда.**

Цель работы:

1. Познакомиться с законом равноускоренного движения.
2. Экспериментально проверить законы с помощью машины Атвуда.

### **16. Изучение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теоретическим описанием вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
2. Экспериментально проверить выполнимость основного закона вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.

### **17. Определение мощности двигателя.**

Цель работы:

1. Познакомиться с определением мощности на валу микроэлектродвигателя ленточным методом.
2. Установить зависимость мощности от нагрузки.

### **18. Исследование вращательного движения твердого тела.**

Цель работы:

1. Познакомиться с законами динамики вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.
2. Определить момент инерции твердого тела различными методами.

### **19. Движение под действием постоянной силы.**

Цель работы:

1. Исследование движения тела под действием постоянной силы.
2. Экспериментальное определение свойств сил трения покоя и движения.

### **20. Соударение шаров.**

Цель работы:

1. Выбор физических моделей для анализа взаимодействия двух шаров при столкновении.
2. Исследование физических характеристик, сохраняющихся при соударениях упругих шаров.

### **21. Изучение оборотного маятника.**

Цель работы:

1. Познакомиться с уравнениями, описывающими колебания физического маятника.
2. Измерить ускорения свободного падения  $g$  с помощью оборотного маятника.

### **22. Сложение гармонических колебаний.**

Цель работы:

1. Усвоить теорию сложения двух гармонических колебаний.
2. Получить на экране осциллографа развертку складываемых в суммарных напряжений при различных соотношениях начальных фаз и частот.

Получить фигуры Лиссажу.

### **23. Изучение колебаний струны.**

Цель работы:



1. Познакомиться с элементами теории поперечных колебаний натянутой струны.

2. Экспериментально определить величину линейной плотности материала струны.

#### **24. Определение молярных теплоемкостей воздуха при постоянном объеме и постоянном давлении.**

Цель работы:

1. Изучить классическую теорию теплоёмкости идеального газа

2. Определить  $C_p$ ,  $C_v$ , и их отношение  $\gamma$  для воздуха.

#### **25. Определение холодильного коэффициента.**

Цель работы:

1. Познакомиться с термодинамическим описанием круговых процессов.

2. Экспериментально определить холодильный коэффициент лабораторного холодильного устройства с помощью эффекта Пельтье.

#### **26. Определение коэффициента вязкости воды.**

Цель работы:

1. Познакомиться с методом определения коэффициента вязкости воды.

2. Экспериментально определить коэффициент вязкости воды.

#### **27. Влияние температуры на скорость распространения звука в воздухе.**

Цель работы:

1. Познакомиться с феноменом распространения в воздухе звуковой волны.

2. Экспериментально определить величину скорости звука при разных температурах.

#### **28. Определение температуры плавления сплава и приращения его энтропии.**

Цель работы:

1. Познакомиться с определением понятия энтропии.

2. Экспериментально определить температуру плавления сплава Розе и приращение его энтропии.

## **29. Теплопроводность металлов.**

Цель работы:

1. Познакомиться со стационарным методом определения теплопроводности металлов.
2. Экспериментально определить коэффициент теплопроводности металлов.

## **2 Перечень лабораторных работ по разделам: «Электричество и магнетизм», «Оптика»**

### **1. Вводная лабораторная работа по электричеству**

Цель работы:

1. Подготовить студента к выполнению цикла лабораторных работ по электричеству и магнетизму.
2. Определить сопротивление проволочного образца с помощью амперметра и вольтметра по двум схемам.

### **2. Изучение разветвленных электрических цепей.**

Цель работы:

1. Изучение правил Кирхгофа.
2. Проверка первого и второго правила Кирхгофа.

### **3. Измерение сопротивления мостовым методом.**

Цель работы:

1. Ознакомиться с мостовым методом измерения сопротивления.
2. Экспериментально определить этим методом зависимость сопротивления однородного проволочного образца от длины вычислить удельное сопротивление проводника.

### **4. Исследование электростатических полей.**

Цель работы:

1. Определить форму эквипотенциальных поверхностей в поле плоского конденсатора.
2. Исследовать поле двух точечных зарядов.

## **5. Определение емкости конденсаторов при помощи баллистического гальванометра.**

Цель работы:

1. Познакомиться с принципом действия баллистического гальванометра.

## **6. Проверка закона Джоуля-Ленца.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теоретическим обоснованием закона Джоуля-Ленца.
2. Экспериментально подтвердить выполнимость этого закона.

## **7. Изучение взаимодействия электрических токов.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теоретическим рассмотрением силового взаимодействия токов друг с другом.
2. Экспериментально подтвердить прямую пропорциональность между силой взаимодействия и величиной тока в каждом проводнике.

## **8. Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.**

Цель работы:

1. Познакомиться с элементами земного магнетизма.
2. Измерить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли на широте г. Оренбурга.

## **9. Электронная эмиссия.**

Цель работы:

1. Познакомиться с видами электронной эмиссии.
2. Основываясь на законе «трех вторых», определить удельный заряд электрона.

## **10. Измерение коэффициента самоиндукции, емкости и проверка закона Ома для цепи переменного тока.**

Цель работы:

1. Познакомиться с закономерностями вынужденных электрических колебаний в линейных электрических цепях переменного тока.

2. Определить активное сопротивление резистора, индуктивность катушки и ёмкость конденсатора.

### **11. Изучение самоиндукции и взаимной индукции.**

Цель работы:

1. Уяснить теоретическое рассмотрение самоиндукции и взаимной индукции.
2. Экспериментально подтвердить основной закон электромагнитной индукции.

### **12. Определение показателя преломления жидкости с помощью рефрактометра.**

Цель работы:

1. Изучить поведение света на границе раздела двух сред.
2. Измерить с помощью рефрактометра показатели преломления некоторых жидкостей.

### **13. Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теоретическим описанием явления дифракции света.
2. Измерить длины световых волн для лучей красного, зеленого и фиолетового, цветов, угловую и линейную дисперсию в видимом диапазоне.

### **14. Дифракция световых волн.**

Цель работы:

1. Получить дифракционные картины на круглом отверстии методом Френеля.
2. Рассчитать положение дифракционных минимумов и максимумов.

### **15. Определение разрешающей способности человеческого глаза.**

Цель работы:

1. Изучить явление дифракции Фраунгофера.
2. Определить разрешающую способность человеческого глаза.

### **16. Закон Малюса.**

Цель работы:

1. Познакомиться со способами получения поляризованного света.
2. Экспериментально подтвердить выполнимость закона Малюса.

### **17. Изучение внешнего фотоэффекта.**

Цель работы:

1. Изучить основные законы фотоэффекта.
2. Проверить их выполнимость на практике.

### **18. Изучение интерференции света.**

Цель работы:

1. Изучение явления интерференции света. Получение интерференционной картины.
2. Определить показатель преломления стекла с помощью интерференции.

### **19. Изучение принципов работы лазеров и свойств лазерного излучения.**

Цель работы:

1. Изучить принцип действия гелий-неонового лазера.
2. Определить длину волны монохроматического излучения гелий-неонового лазера с помощью дифракционной решетки.

### **20. Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз.**

Цель работы:

1. Познакомиться с основными понятиями геометрической оптики.
2. Определить фокусное расстояние собирающей и рассеивающей линз.

## **3 Перечень лабораторных работ по разделам: «Атомная и ядерная физика», «Основы физики твёрдого тела»:**

### **1. Санитарные нормы и техника безопасности при работе с радиоактивными препаратами.**

Цель работы:

1. Познакомиться с санитарными нормами и техникой безопасности при работе с радиоактивными препаратами.
2. Определить радиационный фон г. Оренбурга и оценить погрешность измерений.

## **2. Изучение оптического спектра испускания водорода.**

Цель работы:

1. Познакомится с элементами квантово-механического описания атома водорода.
2. Определить длины волн линий серии Бальмера в видимой области спектра атомов водорода.

## **3. Изучение спектра натрия.**

Цель работы:

1. Познакомится со спектром испускания паров натрия в видимой части спектра, тонкой структурой линий спектра.
2. Рассчитать величину эффективного заряда для основного и возбужденных состояний атома натрия.

## **4. Изучение молекулярного спектра поглощения йода.**

Цель работы:

1. Познакомиться на опыте со спектром поглощения молекулярного йода.
2. Определить энергию фотодиссоциации.

## **5. Изучение работы счетчиков ионизирующих частиц.**

Цель работы:

1. Ознакомиться с физическими основами работы счетчиков ионизирующих частиц.
2. При заданном общем времени эксперимента определить рациональное распределение времени между отдельными измерениями.

## **6. Определение максимальной энергии $\beta$ -излучения изотопа стронций 90 - иттрий 90.**

Цель работы:

1. Познакомиться с некоторыми закономерностями  $\beta$  – распада.
2. Познакомиться с методикой экспериментального определения верхней границы  $\beta$  – спектра.

## **7. Определение энергии гамма-лучей методом поглощения.**

Цель работы:

1. Познакомиться с некоторыми закономерностями гамма-излучения ядер, свойствами гамма лучей и особенностями их взаимодействия с веществом.
2. Определить из эксперимента энергию гамма-лучей изотопа  $\text{Co}^{60}$  методом поглощения.

### **8. Исследование зависимости индукции магнитного поля и магнитной проницаемости ферромагнетика от намагничивающего поля.**

Цель работы:

1. Познакомиться с природой ферромагнетизма.
2. Опытным путем определить точку Кюри.

### **9. Эффект Холла.**

Цель работы:

1. Изучить теоретические основы эффекта Холла.
2. Определить постоянную Холла, концентрацию носителей в исследуемом образце.

### **10. Температурная зависимость проводимости полупроводника.**

Цель работы:

1. Познакомиться с теорией проводимости полупроводников.
2. Определить энергию активации примесной проводимости полупроводников.

### **11. Изучение полупроводникового диода.**

Цель работы:

1. Познакомиться со свойствами  $p-n$  - перехода;
2. Снять вольтамперные характеристики реального полупроводникового диода при различных температурах и определить сопротивление  $p-n$  - перехода в прямом и обратном направлениях при различных температурах.

### **12. Изучение статических характеристик полупроводникового триода.**

Цель работы:

1. Познакомиться с принципом действия полупроводникового триода.
2. Определить входное и выходное сопротивление триода, коэффициент усиления по току.

### **13. Изучение туннельного диода.**

Цель работы:

1. Познакомиться с физическими процессами, протекающими в туннельном диоде.
2. Снять вольтамперные характеристики туннельного и выпрямительного диодов и определить их основные параметры.

### **14. Термоэлектронные явления.**

Цель работы:

1. Измерить зависимость объемной термоэдс в полупроводнике от температуры.
2. Измерить зависимость термоэдс металлической пары от температуры и определить дифференциальную термоэдс этой термодпары.

## **4 Методика выполнения лабораторных работ**

Вводные работы выполняются обучающимися фронтально.

Для выполнения остальных работ группа студентов разбивается на бригады по два человека (три - в виде исключения). На выполнение каждой лабораторной работы отводится два академических часа. Примерно такое же время (или больше) требуется студенту для самостоятельной подготовки к выполнению работы, для оформления отчета и для подготовки к защите отчета.

До выполнения лабораторной работы студент должен самостоятельно познакомиться с методическими рекомендациями к этой работе и подготовить заготовку отчета (краткий конспект теории, схему установки, план проведения эксперимента, таблицы для фиксации результатов измерений и т. п.). Методические рекомендации по выполнению всех работ и по обработке результатов измерений размещены на сайте университета ([www.osu.ru](http://www.osu.ru)), или в соответствующей аудитории у инженера.



К выполнению лабораторной работы студенты приступают с разрешения преподавателя или инженера. Инструкция по выполнению каждой работы расположена на рабочем столе рядом с лабораторной установкой. О выполнении экспериментальной части работы студенты сообщают преподавателю и затем приступают к обработке экспериментальных результатов и подготовке отчета по выполненной работе (завершение подготовки отчета и подготовка к защите отчета проводятся, как правило самостоятельно, во внеаудиторное время).

Подробно основы обработки экспериментальных результатов приведены в методических указаниях [1].

Отчеты по всем лабораторным работам оформляются в отдельной тетради. Защита отчетов по лабораторным работам проводится индивидуально. При подготовке к защите отчетов необходимо ознакомиться с контрольными вопросами, которые приводятся в конце методических указаний.

Студентам при оформлении отчета необходимо приводить следующую информацию:

- 1) номер, название и цель работы;
- 2) краткий конспект теоретической части работы (основные понятия, используемые законы, формулы для расчетов);
- 3) экспериментальные данные и результаты их обработки (таблицы, графики, доверительные интервалы и т.п.);
- 4) основные выводы по работе (в соответствии с целью работы).

В отчете уместно привести письменные ответы на контрольные вопросы к работе.

### **Построение графиков**

Более наглядными, чем таблицы, при обработке результатов измерений являются графики зависимостей физических величин. Графики позволяют визуально представить изучаемые зависимости и определить их константы; графическая информация вызывает больше доверия, обладает значительной

ёмкостью и хорошо воспринимается. На основе графика легко сделать вывод о соответствии теоретических представлений реальному эксперименту. Ниже даются рекомендации по построению и использованию графиков.

Если графики строятся на бумаге, то она должна иметь координатную сетку. Это может быть обычная миллиметровая бумага с линейным масштабом по осям, или логарифмическая бумага.

Графики принято строить в декартовой (прямоугольной) системе координат, в которой по оси абсцисс (ось  $x$ ) откладывается *аргумент*, т.е. независимая физическая величина, а по оси ординат (ось  $y$ ) - *функция*, т.е. зависимая физическая величина.

График строится на основании таблицы экспериментальных данных, по которым следует сначала определить интервалы значений аргумента и функции. Их наименьшее и наибольшее значения задают наименьшее и наибольшее значения масштабных шкал, наносимых на оси. Не следует стремиться, чтобы начало координат - точка  $(0, 0)$  обязательно уместилось на графике. Масштабы по обеим осям выбираются независимо друг от друга и соотносятся с погрешностью измерения аргумента и функции. Желательно, чтобы цена наименьшего деления каждой шкалы была примерно равна соответствующей погрешности.

Масштабные шкалы должны легко читаться, а для этого необходимо выбирать удобную цену деления шкалы: одной клетке должно соответствовать  $1 \cdot 10^n$ ,  $2 \cdot 10^n$  или  $5 \cdot 10^n$  единиц откладываемой физической величины ( $n$  - любое целое число). Так, в качестве цены деления шкалы числа 2; 0,5; 100; 0,02 - подходят, а числа 3; 7; 0,15 - не подходят. Обычно множитель  $10^n$  указывается на конце оси и понимается как общий множитель к каждому делению.

При необходимости масштаб по одной и той же оси для положительных и отрицательных значений откладываемой величины может быть выбран разным, но только в том случае, если эти значения отличаются на порядок (в 10 раз) и более. Примером может служить вольтамперная характеристика диода, у

которой прямой и обратный токи отличаются не менее чем в  $10^3$  раз (прямой ток составляет миллиамперы, обратный - микроамперы).

Возле каждой оси записываются название или символ соответствующей величины и через запятую - его размерность (все размерности указываются в русском написании и только в системе СИ). Масштаб наносится на оси в виде равноотстоящих круглых чисел, например: 2, 4, 6, 8 ... или 1,82 1,84 1,86 ... Как и для таблиц, десятичный множитель масштаба удобно отнести к единице измерения и, например, вместо 1000 3000 5000 ... писать 1 3 5 ... (общий множитель  $10^3$  указывается вместе с единицей измерения).

Экспериментальные точки соединяются плавной кривой так, чтобы они в среднем одинаково располагались по обе стороны от кривой. Если известно математическое описание наблюдаемой зависимости, то кривая (в частном случае - прямая) проводится точно так же. Не следует стремиться провести кривую линию через каждую экспериментальную точку - ведь кривая является только нашей интерпретацией результатов измерений, известных из эксперимента с некоторой погрешностью. По сути, есть только экспериментальные точки, а кривая - наше (не обязательно верное) "домысливание" эксперимента.

Если же все точки последовательно соединить, то получится ломаная линия, которая не имеет ничего общего с истинной физической зависимостью. Это следует хотя бы из того, что форма полученной ломаной линии не будет воспроизводиться при повторных сериях измерений.

Законченный график нумеруется, ему дается название, кратко отражающее содержание построенной зависимости. Все графические символы, использованные при построении, поясняются в подписи к графику, располагаемой под графиком или на незанятой части координатной сетки.

Часто возникает необходимость найти из графика значение функции  $y$  по произвольному заданному значению аргумента  $x$ . Такое считывание точек с графика требуется, например, при использовании градуировочных графиков термодпар, расходомеров и т.п., которые, в свою очередь, строятся на основании

предварительных измерений или берутся из справочников. При этом график даёт возможность определить промежуточное значение функции для тех значений аргумента, при которых измерения не проводились.

Погрешность координаты точки, определяемой из графика, задается ценой наименьшего масштабного деления или усредненным размером точки на графике, если он не превышает деление.

Результаты измерений и расчетов необходимо округлять в соответствии с теорией ошибок.

Для построения графика на компьютере, можно воспользоваться программой Excel, в которой доступно представлен принцип построения линии тренда.

### **Правила округления погрешности и результата измерения**

После вычисления погрешности ее округляют - обычно до одной значащей цифры (т.е. первой ненулевой). Если первая значащая цифра в погрешности меньше 3, то оставляют две значащие цифры.

В конечном итоге, последняя значащая цифра результата измерения, до которой его и следует округлять, находится в том же десятичном разряде, что и первая значащая цифра погрешности. Нужно приучить себя к мысли, что экспериментатор несет ответственность за достоверность каждой значащей цифры, которую он приводит в результате измерений. Записать лишнюю цифру в результате – значит зависеть точность использованного метода и экспериментальной установки, т.е. приписать себе незаслуженные достоинства.

Абсолютная погрешность определяется числом верных десятичных знаков в его записи. Например, для числа 28,70 абсолютная погрешность равна 0,005. При этом значащими считаются все цифры числа, кроме нулей, до первой цифры отличной от нуля. Пользуясь термином «значащая цифра» можно сформулировать следующее правило записи приближенных чисел: приближенные числа следует записывать так, чтобы все цифры числа кроме нулей слева, если они есть, были верными.

В учебно-лабораторном эксперименте используют две формы записи чисел с фиксированной и с плавающей запятой. Форма с фиксированной запятой предполагает обычную запись чисел: 52,16; 0,0813; 2,623 и тому подобное. Для записи числа в форме с плавающей запятой его необходимо представить в виде:

$$Q = M \cdot 10^n,$$

где  $M$  – мантисса числа,  $n$  – порядок числа.

Правило представления числа в форме с плавающей запятой реализуется, например, так:  $152,8 = 0,1528 \cdot 10^3$ , то есть  $M = 0,1528$ , а  $n = 3$ . Если число отрицательно, то отрицательна и его мантисса. Обычно в процессе вычислений стремятся все числа записывать с одинаковой точностью. Одинаковую абсолютную погрешность можно обеспечить, записывая все числа в фиксированной форме с одинаковым количеством десятичных знаков. Одинаковая относительная погрешность обеспечивается записью с плавающей запятой с одинаковым числом знаков в мантиссе.

При округлении приближенных чисел руководствуются следующим правилом Гаусса: если первая отбрасываемая цифра меньше или равна 4, то последняя сохраняемая цифра остается без изменений; если же первая отбрасываемая цифра больше 5, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Если первая отбрасываемая цифра равна 5, то последняя сохраняемая цифра остается без изменений, если она четная, и последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу, если она – нечетная.

Окончательная запись результата эксперимента приводится в виде доверительного интервала:

$$(X \pm \Delta X) \cdot 10^n \text{ [СИ]},$$

при этом одинаковый множитель, указывающий порядок величины, выносится за скобки. Обязательно следует указывать единицы измерения физических величин.

Примеры:

$$\begin{array}{lll} \bar{U}=8,252 \text{ В}, & \Delta U=0,032 \text{ В}, & U=(8,252 \pm 0,032) \text{ В} \\ \bar{R}=0,0364 \text{ Ом}, & \Delta R=0,00021 \text{ Ом}, & R=(3,64 \pm 0,02) \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \\ \bar{R}=7875000 \text{ Ом}, & \Delta R=7500 \text{ Ом}, & R=(7,88 \pm 0,08) \cdot 10^6 \text{ Ом} \end{array}$$

Ниже приведены распространенные ошибки в представлении результатов эксперимента.

$\bar{f} = 125,3$  кГц,  $\Delta f = 0,06$  кГц,  $(125,3 \pm 0,06)$ кГц: вычисления произведены некорректно, следовало вычислять  $\bar{f}$  с точностью до сотых долей кГц, т.е. необходимо пересчитать и  $\bar{f}$  и  $\Delta f$ .

$\bar{T} = 8,7253638$  мс,  $\Delta T = 0,63456327$  мс – вычисления произведены нерационально, впечатление высокой точности является ложным, поэтому результат следует записывать в виде:

$$T = (8,7 \pm 0,6) \text{ мс.} \quad (1)$$

Среднее арифметическое значение измеряемой величины округляется до десятичного разряда, которым оканчивается округленное значение абсолютной ошибки.

Необходимо помнить, что отчет по лабораторной работе оценивается по грамотности и качеству оформления отчета и по ответам на контрольные вопросы. В тетради студента преподаватель ставит отметку или "зачтено" и подпись.

Количество работ по разделам, которые необходимо выполнить за семестр определяет ведущий преподаватель, в соответствии с учебным планом и закрепленными компетенциями. Конкретные работы для выполнения преподаватель подбирает в соответствии с направлением подготовки студентов и пожеланиями выпускающей кафедры.

## Список использованных источников

1. Летута, С.Н. Обработка результатов эксперимента: методические указания к лабораторным работам / С.Н. Летута, А.А. Чакак. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 43 с.

2. Самостоятельная работа с учебным текстом по физике [Электронный ресурс] : практикум: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / М. А. Кучеренко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. общ. физики. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.37 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2016. - 127 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1444-8.[http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/10216\\_20160505.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/10216_20160505.pdf).

3. История физики XX века [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки 03.03.03 Радиофизика, 03.03.02 и 03.04.02 Физика / М. Р. Расовский, А. П. Русинов. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 183 с. : ил.; 11,38 печ. л. - Библиогр.: с. 181-182. - ISBN 978-5-7410-1312-0.

4. Физика в схемах и таблицах [Текст] : [эффективная подготовка к ЕГЭ: учебное пособие для старшего школьного возраста] / К. Э. Немченко. - Москва : Эксмо, 2016. - 208 с. : ил. - (Экзамен без проблем).-(Наглядно и доступно). - Прил.: с. 163-198. - ISBN 978-5-699-50756-6.

5. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в состав укрупненных групп направлений подготовки 03.00.00 Физика и астрономия, 04.00.00 Химия, 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи, 12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии / В. В. Гуньков, А. Г. Четверикова, Ю. А. Гладышева; М-во науки и

высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 22959 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 94 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-2192-7..-№гос.регистрации 0321900158. [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/83823\\_20181002.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/83823_20181002.pdf).

6. Лабораторный практикум по теплофизике [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700.62 Техносферная безопасность / А. Г. Четверикова [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.65 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2014. - 109 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1223-9.[http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/6348\\_20141106.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/6348_20141106.pdf)

7. Анализ и визуализация данных лабораторного эксперимента по физике [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящих в состав укрупненных групп направлений подготовки 15.00.00 Машиностроение, 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника, 27.00.00 Управление в технических системах / А. А. Огерчук, Т. И. Пискарёва, И. Н. Анисина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.55 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 119 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN978-5-7410-2098-2..-№гос.регистрации 0321802830.[http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/75619\\_20180629.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/75619_20180629.pdf).

8. Электричество и оптика [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 10.05.01 Компьютерная безопасность / М. Н. Перунова [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф.



образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.95 Мб). - Оренбург : Университет, 2015. - 40 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/9170\\_20151109.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/9170_20151109.pdf)

9. Общая физика: лабораторные задачи [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим и естественнонаучным направлениям / А. В. Зотеев, В. Б. Зайцев, С. Д. Алекперов.- 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2018. - 252 с. : ил. - (Бакалавр. Академический курс). - На обл. и тит. л.: Книга доступна в электронной библиотечной системе biblio-online.ru. - Прил.: с. 225-248. - Библиогр.: с. 249-251. - ISBN 978-5-534-04283-2.