



Библиотека бакалавра

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ФИЗИКА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ по физике
для студентов ИИТЗО**

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры физики
Протокол № 6 от 16.03.2021г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Учебно-издательского
совета ГОУВПО «ДОННТУ»
Протокол № 5 от 21.04.2021г.

**Донецк
2021**

УДК 53(076)

ББК 22.3я73

М54

Составители:

Лумпиева Таисия Петровна – доцент кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Волков Александр Фёдорович – профессор кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ», кандидат технических наук

М54

Методические указания по выполнению лабораторных работ по физике для студентов ИИТЗО :для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» и «специалист» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. физики : сост.: Т. П. Лумпиева, А. Ф. Волков. – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана

Методические указания по выполнению лабораторных работ по физике разработаны для студентов, обучающихся в институте инновационных технологий заочного обучения (ИИТЗО). Содержание работ соответствует базовой рабочей программе курса физики для направлений подготовки специалист и бакалавр. Основная цель занятий – изучение на практике основных физических явлений, овладение практическими навыками проведения измерений и обработки полученных данных.

УДК 53(076)

ББК 22.3я73

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЧАСТЬ 1. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	5
1.1 Правила построения графиков	5
1.2 Наиболее типичные ошибки, допускаемые при построении графиков	6
2 ЧАСТЬ 2. ИНСТРУКЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	8
2.1 Лабораторная работа №3 Определение плотности твёрдых тел.	9
2.2 Лабораторная работа №17 Определение вязкости жидкости методом падающего шарика	11
2.3 Лабораторная работа №43 Измерение удельного сопротивления металлов методом вольтметра и амперметра.	14
2.4 Лабораторная работа №46 Исследование зависимости электрического сопротивления металлов от температуры	17
2.5 Лабораторная работа №49 Исследование зависимости полезной мощности и коэффициента полезного действия источника эдс от силы тока	20
2.6 Лабораторная работа №55 Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.	23
2.7 Лабораторная работа №66 Измерение ускорения свободного падения с помощью физического маятника	26
2.8 Лабораторная работа №69 Измерение момента инерции физического маятника	29
2.9 Лабораторная работа №72 Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс в колебательном контуре.	32
2.10 Лабораторная работа №83 Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки на гониометре	36
2.11 Лабораторная работа №84 Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки на оптической скамье.	39
2.12 Лабораторная работа №85 Знакомство с работой сахариметра. Определение концентрации сахарных растворов.	42
2.13 Лабораторная работа №88 Знакомство с работой оптического пирометра. Определение постоянной Стефана – Больцмана.	46
2.14 Лабораторная работа №92 Определение постоянной Планка и работы выхода электрона	50
3 Приложения. Справочные материалы	53

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу физики предназначены для студентов Донецкого национального технического университета, обучающихся по заочной форме обучения. Пособие состоит из двух частей. В первой части описываются правила построения графиков и дан анализ наиболее типичных ошибок, допускаемых при построении графиков. Во второй части приведены инструкции к лабораторным работам.

Содержание инструкций к работам соответствует базовой рабочей программе курса физики. Количество выполняемых работ определяется учебным планом специальности (для специалистов) или направления подготовки (для бакалавров).

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача, которая стоит перед студентами, выполняющими лабораторные работы, заключается в том, чтобы изучить на опыте основные физические явления. Нужно научиться воспроизводить их самому и научиться анализировать полученные результаты. Для этого надо изучить правила измерения физических величин и правила их обработки и оформления.

В большинстве лабораторных работ по курсу общей физики используется оформление результатов эксперимента в виде графиков. Технические дисциплины также используют этот способ представления данных. На основе анализа графических зависимостей можно найти соотношения между изучаемыми величинами и на основании их сделать вывод о характере и особенностях физического процесса. Можно найти области возрастания и убывания, максимумы и минимумы, определить периодичность процесса и т.д.

Графическая обработка не так точна, как численная, использующая строгие методы. Но зато она проста и наглядна, в большинстве случаев не требуется длинных вычислений, а результаты получаются очень неплохие. Более того, на графике обычно хорошо видны особенности, которые легко пропустить при формальном применении численных методов. Умение строить и анализировать графики является общепрофессиональным умением, то есть графики применяются не только в технических дисциплинах, но и в экономике, гуманитарных науках и т.д.

ЧАСТЬ 1. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1.1 Правила построения графиков

Очень важным методом обработки результатов эксперимента является представление их в виде графика. График – это наглядное представление результатов, поэтому основное требование – аккуратное и четкое исполнение. Графики должны легко читаться, поэтому при построении графиков необходимо соблюдать следующие правила.

1. Графики выполняют на миллиметровой бумаге (бумаге, имеющей координатную сетку), размером не больше тетрадного листа (формат А5). Весь график, в том числе и подписи, выполняют *карандашом*.

2. По оси ординат (оси y) откладывают значение функции, по оси абсцисс (оси x) – значение аргумента.

3. На бумагу, прежде всего, наносятся координатные оси. Затем выбирают масштаб для координатных осей (отдельно для каждой оси). Масштаб выбирают таким образом, чтобы график не был сжат или растянут вдоль одной из осей. Он должен занимать всё поле чертежа. За единицу масштаба принимают числа, соответствующие 1, 2, 5 (допускается 2,5) единицам откладываемой величины, или кратным и дольным им (но не 3; 7; 11; 13; и т.д.). Если необходимо отложить по оси «длинные», многозначные числа, то множитель, указывающий порядок числа, нужно вынести в запись обозначения величины или включить его в единицы измерения. Например: I , мА; I , 10^3 А.

Начало отсчёта не обязательно совмещать с нулем. Но, если на графике есть и положительные и отрицательные значения, то ось обязательно проходит через «0». При переходе через «0» можно поменять масштаб. Иногда точка (0, 0) является результатом измерения, причём часто – наиболее надёжным результатом (например, при определении сопротивления точка $I = 0$; $U = 0$).

На рис. 1.1 и 1.2 представлены наиболее типичные ошибки, допускаемые при выборе масштаба.

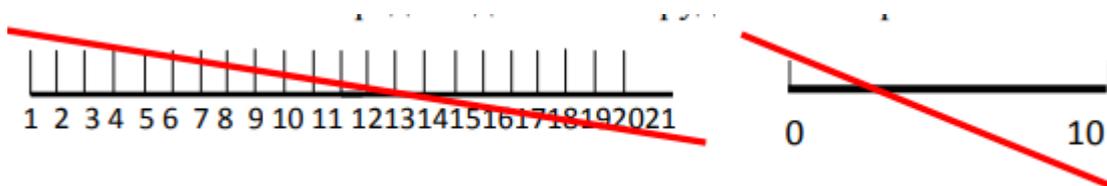


Рис. 1.1. Слишком часто (или наоборот – слишком редко) нанесённые деления затрудняют восприятие информации.

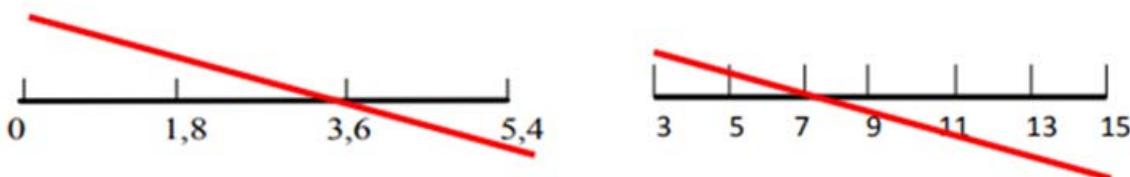


Рис. 1.2. Выбранный масштаб неудобен для считывания информации.

4. На осях координат наносят метки (в виде чёрточек) через равные промежутки (как правило, через один сантиметр). Внизу под каждой меткой в соответствии с выбранным масштабом пишут соответствующее ей числовое значение. Подписывать числовые значения шкалы по оси можно рядом с осью по левой границе, а для шкалы оси x – по нижней границе сетки.

Полученные в эксперименте числовые значения величин на осях координат откладывать нельзя!

На осях должны быть обозначены изображаемые переменные величины в виде символов, через запятую – их единицы измерения. Для оси y – вверху слева, для оси x – внизу справа. Все надписи должны быть достаточно крупными – 4-5 мм, легко читаемыми, поэтому их выполняют чертежным шрифтом. Стрелки на осях ставить не надо.

5. Наносим на чертеж экспериментальные точки в виде условных знаков. Они должны быть показаны максимально четко и крупно. Если на одной плоскости строится несколько кривых, то для каждой кривой используем разные символы (точки, кружочки, квадратики, крестики и т.д.).

Экспериментальные точки вследствие погрешностей измерений не ложатся на гладкие кривые или прямые линии зависимостей одних физических величин от других, а группируются вокруг них случайным образом. Поэтому ***не следует соединять соседние экспериментальные точки на графике отрезками прямой и получать, таким образом, некоторую ломаную линию***. Надо провести плавную кривую (наиболее простой формы) в пределах ошибок измерений. При этом придерживаются следующих правил:

- Если известна теоретическая зависимость – построить её на графике (провести аналогичную прямую или кривую через экспериментальные точки).

- Если теоретическая зависимость не известна, кривая должна быть как можно более простой (как можно меньше минимумов и максимумов, перегибов). Каждый максимум и минимум на кривой, и даже каждый её перегиб – это целое физическое явление, которое нужно объяснить. Гладкие кривые или прямые линии через соответствующие экспериментальные точки проводят с помощью прозрачной линейки или лекала. Линию на графике проводят так, чтобы она лежала как можно ближе к экспериментальным точкам, и чтобы по обе её стороны оказывалось приблизительно одинаковое количество точек.

6. Если строится несколько графиков, то каждому присваивается номер, а на свободном поле чертежа указывают название, обозначение, соответствующее этому номеру. Наименование должно отражать основное содержание графика. Например: Зависимость сопротивления металлического проводника от температуры.

1.2 Наиболее типичные ошибки, допускаемые при построении графиков

Рассмотрим наиболее типичные ошибки, допускаемые при построении графиков, на следующем примере.

Студент исследовал зависимость пути от времени для равномерного движения. Результаты измерений он занёс в таблицу. По полученным данным нужно было построить график зависимости $S = f(t)$.

Таблица 2.1

t, c	10	12	14	15	16	18	19	22
S, cm	20	23	30	31	34	34	38	43

График, построенный студентом, представлен на рис. 2.1.

Проведём анализ ошибок.

1. Координатные оси перепутаны местами. Время – это аргумент, т. е. независимый параметр, его нужно отложить по оси абсцисс (оси x). Путь – это функция. Функцию откладывают по оси ординат (оси y).
2. На оси ординат (оси y) нет символического обозначения величины и её единицы измерения. На оси абсцисс отсутствует единица измерения.
3. На оси абсцисс (оси x) отсутствуют масштабные деления – вместо них нанесены экспериментальные значения пути.
4. На оси y масштабные деления нанесены неравномерно: есть деления 5, 15, 20, но нет 10. Масштаб выбран неверно: риски наносят через 1 см, а на графике значению 5 с соответствует 1,5 см.
5. Начало осей координат не нужно было совмещать с нулём. В результате график занимает не всю предоставленную ему площадь.
6. График сжат вдоль оси x за счёт неудачного масштаба.
7. При нанесении экспериментальных точек не рисуют вспомогательные пунктирные линии, так как они затрудняют чтение графика.
8. Экспериментальные точки соединены ломаной линией. Теоретическая зависимость пути от времени для равномерного движения известна: путь, пройденный телом при равномерном движении, зависит от времени линейно: $S = vt$. График должен представлять собой прямую линию.

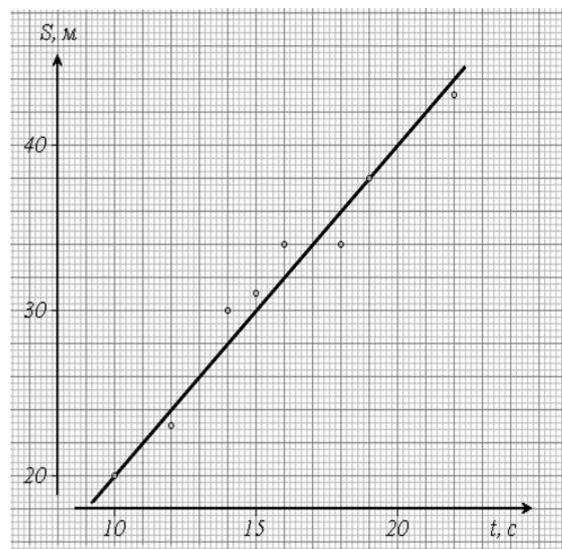
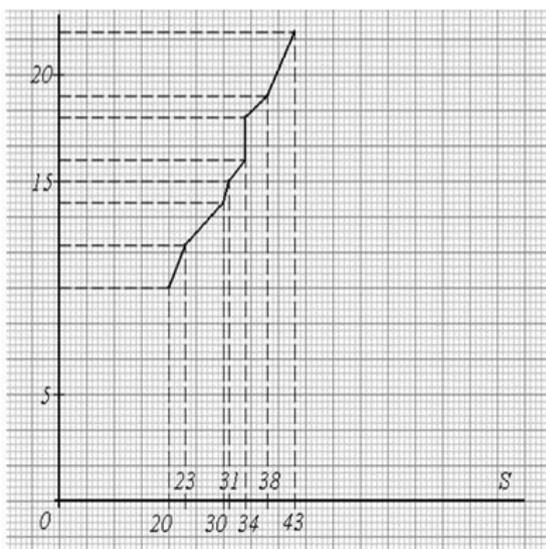


Рис. 2.1. Неправильно построенный график Рис. 2.2. Правильно построенный график

ЧАСТЬ 2. ИНСТРУКЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – научиться пользоваться измерительными инструментами, определить плотность твёрдого тела.

Приборы и принадлежности: штангенциркуль, микрометр, технические весы, набор разновесов, измеряемый цилиндр.

Общие положения

Плотность однородного тела – скалярная физическая величина, характеристика вещества, численно равная массе единицы объёма:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Единица измерения плотности в СИ – $\text{кг}/\text{м}^3$. На практике часто используют единицу плотности – $\text{г}/\text{см}^3$. Соотношение между единицами: $1 \text{ г}/\text{см}^3 = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Методика эксперимента и обработка результатов измерений

Объём и плотность тела получают в результате косвенных измерений, используя прямые измерения геометрических размеров и массы тела. Масса тела определяется путём взвешивания на технических весах.

Если тело имеет правильную геометрическую форму, то измеряют его линейные размеры и по соответствующей формуле рассчитывают объём. Объём цилиндра равен:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим формулу для расчёта плотности:

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}, \quad (3)$$

где h – высота цилиндра, d – его диаметр.

Высоту цилиндра измеряют штангенциркулем, а диаметр – микрометром. Для учёта не вполне правильной формы тела повторные измерения линейных размеров необходимо произвести в разных местах тела. Значения плотности находят по формуле (3), подставляя средние значения диаметра и высоты:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}; \quad (4)$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}. \quad (5)$$

Подготовка к работе*(ответы представить в письменном виде)*

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие измерительные приборы используются при выполнении данной работы?
3. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
4. По какой формуле Вы будете рассчитывать плотность тела?

Выполнение работы

1. Определить массу тела, взвесив его на весах один раз. Результат занести в таблицу.
2. Измерить штангенциркулем высоту цилиндра 5 раз в разных местах. Результаты занести в таблицу. Записать цену деления штангенциркуля.
3. Измерить микрометром диаметр цилиндра 5 раз в разных местах. Результаты занести в таблицу. Записать цену деления микрометра.

Оформление отчёта**1. Расчёты**

1. Найти средние значения диаметра \bar{d} и высоты \bar{h} по формулам (4) и (5).
2. Вычислить среднее значение плотности $\bar{\rho}$ тела по формуле (3) по средним значениям массы, высоты, диаметра.

2. Защита работы*(ответы представить в письменном виде)*

1. Дайте определение плотности.
2. От чего зависит плотность тела?
3. По справочным таблицам определите возможный материал образца.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №3

Выполнил(а) _____

Группа _____

Цена деления приборов:

штангенциркуля $C_{шт} =$ _____ микрометра $C_m =$ _____

№ п/п	m , г	h , мм	d , мм	ρ , кг/м ³
1				
2				
3				
4				
5				
	среднее			

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА

Выполнил студент _____ Группа _____
Отметка о защите _____

Цель работы – определить коэффициент вязкости жидкости.

Приборы и принадлежности: цилиндр с исследуемой жидкостью, секундомер, микрометр, свинцовые шарики.

Описание экспериментальной установки

Прибор для определения коэффициента вязкости представляет собой стеклянный цилиндр, заполненный исследуемой жидкостью. На поверхности цилиндра имеются две метки, расположенные на расстоянии S друг от друга (см. рис. 1).

Общие положения

Внутреннее трение (вязкость) – взаимодействие между слоями жидкости, движущимися с различными скоростями. Явление сопровождается переносом импульса направленного движения из более быстрых слоёв в более медленные.

Рассмотрим падение тела (шарика) внутри покоящейся жидкости. При соприкосновении тела с жидкостью к его поверхности прилипают молекулы жидкости, образуя мономолекулярный слой. Этот слой жидкости движется вместе с телом со скоростью движения тела и увлекает соседние частицы, которые в свою очередь увлекают более удалённые частицы.

Частицы жидкости более удалённые от тела, движутся медленнее, чем более близкие к нему. При этом между частицами, движущимися с различными скоростями, возникают силы трения. Они тормозят движение тела, являясь силами сопротивления, и направлены в сторону, противоположную перемещению тела.

Сила сопротивления среды, действующая на шарик, падающий в покоящейся жидкости, рассчитывается по формуле Стокса:

$$F = 3\pi\eta vd \quad (1)$$

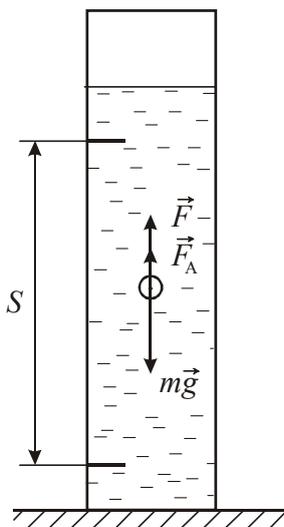


Рисунок 1

где d – диаметр шарика;

v – скорость шарика;

η – коэффициент внутреннего трения (коэффициент вязкости жидкости или просто вязкость). В СИ коэффициент вязкости измеряется в Па·с (читается: паскаль-секунда). Коэффициент вязкости жидкостей зависит от природы жидкости и температуры: с повышением температуры он сильно уменьшается.

Кроме силы сопротивления, на шарик, находящийся в жидкости, действуют сила тяжести mg и выталкивающая сила (сила Архимеда) F_A (рис. 1).

Сила сопротивления возрастает по мере увеличения скорости шарика. Когда сумма сил станет равной нулю, шарик будет дальше двигаться равномерно. Обозначим скорость равномерного движения через v_0 . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на направление движения:

$$mg - F_A - F = 0. \quad (2)$$

Выразим массу шарика через плотность ρ и объём V :

$$m = \rho V \quad (3)$$

Выталкивающая сила определяется законом Архимеда:

$$F_A = \rho_1 g V, \quad (4)$$

где ρ_1 – плотность жидкости,

g – ускорение свободного падения.

Подставим соотношения (1), (3) и (4) в уравнение (2) и, заменив скорость на v_0 , получим:

$$\rho V g - \rho_1 g V - 3\pi\eta v_0 d = 0, \quad (5)$$

где $V = \frac{\pi d^3}{6}$ – объём шарика.

Подставим выражение для объёма шарика в уравнение (5) и найдём коэффициент вязкости η :

$$\eta = \frac{1}{18} g d^2 \frac{\rho - \rho_1}{v_0}. \quad (6)$$

Скорость v_0 выразим через время t , за которое шарик проходит путь S . Тогда:

$$\eta = \frac{1}{18} g d^2 t \frac{\rho - \rho_1}{S}. \quad (7)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
3. По какой формуле Вы будете рассчитывать коэффициент вязкости жидкости? Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.

Выполнение работы

1. Измерить расстояние S между метками.
2. Измерить диаметр первого шарика 3 раза по различным направлениям.
3. Измерить время падения этого шарика между метками. Для этого, фиксируя глазом верхнюю метку, бросить шарик в цилиндр (ближе к центру) и включить секундомер в момент прохождения шарика через метку. Затем, фиксируя глаз на нижней метке, в момент прохождения шарика через неё выключить секундомер.
4. Прodelать аналогичные измерения для остальных шариков.
5. Записать значение плотности ρ_1 жидкости, указанное на установке.
6. Измерить температуру воздуха в лаборатории.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. По справочным материалам определить плотность шариков.
2. Вычислить среднее значение диаметра \bar{d} каждого шарика.

3. Рассчитать коэффициент вязкости по формуле (7) по результатам каждого опыта.
4. Найти среднее значение коэффициента вязкости.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит явление вязкости?
2. От чего зависит коэффициент вязкости жидкости?
3. Сравните полученное значение коэффициента вязкости с табличным значением для исследуемой жидкости при данной температуре. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №17

Выполнил(а) _____

Группа _____

Плотность шарика $\rho =$ _____

Плотность жидкости $\rho_1 =$ _____

Расстояние между метками $S =$ _____

Температура воздуха в лаборатории _____ °С

№ п/п	$d_1,$ мм	$d_2,$ мм	$d_3,$ мм	$\bar{d},$ мм	$t,$ с	$\eta,$ Па·с
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее						

Табличное значение коэффициента вязкости для исследуемой жидкости:

$\eta =$ _____

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 43

**ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ
МЕТОДОМ ВОЛЬТМЕТРА И АМПЕРМЕТРА**

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – определить удельное электрическое сопротивление металлов методом вольтметра и амперметра.

Приборы и принадлежности: подставка с натянутыми проводниками из различных металлов, амперметр, вольтметр, выключатель, источник тока.

Общие положения

Электрическое сопротивление (R) – скалярная физическая величина, характеризующая свойство проводника противодействовать пропусканию электрического тока и равная отношению напряжения U на концах проводника к силе тока I , протекающего по нему:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Величина сопротивления зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан. Для однородного цилиндрического проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

где l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения, ρ – удельное электрическое сопротивление материала проводника.

Отсюда

$$\rho = R \frac{S}{l}. \quad (3)$$

Удельное сопротивление численно равно сопротивлению цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади поперечного сечения. Удельное сопротивление зависит от природы вещества.

Методика эксперимента и описание экспериментальной установки

Чтобы определить ρ , необходимо измерить электрическое сопротивление R проводника, его длину l и диаметр d проводника. Площадь сечения

$$S = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (4)$$

В данной лабораторной работе для измерения сопротивления используется метод амперметра и вольтметра, который также называется техническим методом. В основе этого метода лежит закон Ома. По закону Ома сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна напряжению на этом проводнике

$$I = \frac{1}{R} \cdot U \quad (5)$$

Сделав замены в формуле (3) в соответствии с выражениями (1) и (4), получим:

$$\rho = \frac{U \pi d^2}{I 4l}. \quad (6)$$

Для измерения сопротивления собирают электрическую цепь, схема которой представлена на рис.1.

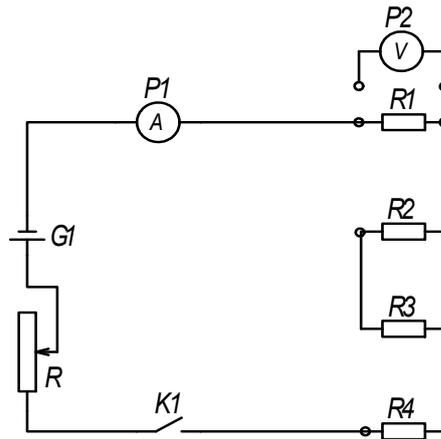


Рисунок 1

$G1$ – источник тока, $K1$ – ключ, R_1, R_2, R_3, R_4 – исследуемые проводники, натянутые на специальной подставке. Длина каждого проводника $l = 1$ м. Диаметр проводников d указан на подставке. A – амперметр для измерения тока в цепи, V – вольтметр для измерения напряжения на отдельных участках проводников R_1, R_2, R_3 и R_4 . Реостат R служит для регулировки тока в цепи.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие величины в работе измеряются непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать удельное сопротивление проводника. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис. 1).
2. Определить цену деления амперметра и вольтметра.
3. Подключить установку к источнику тока.
4. Замкнуть ключ $K1$ и установить определённый ток I в цепи с помощью реостата R .
5. Измерить напряжение U на участках: а) длиной $l_1=0,5$ м; б) длиной $l_2=1$ м; для указанного преподавателем проводника.
6. Изменить силу тока и измерить напряжение U на участке длиной $l_3=1$ м для указанного проводника.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать удельное сопротивление для каждого опыта по формуле (6).
2. Определить среднее значение удельного сопротивления $\rho_{\text{ср}}$.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. От каких величин зависит сопротивление проводника? Запишите формулу. Поясните смысл обозначений. Укажите единицы измерения.

2. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи. Запишите формулу.
3. Каков физический смысл удельного сопротивления? От чего оно зависит?
4. Сравните полученный результат с табличными значениями удельных сопротивлений и определите возможный материал проводника.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №43

Выполнил(а) _____

Группа _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			
2	Амперметр			

Диаметр проводника $d =$ _____

№ п/п	l , м	I , А	U , В	ρ , мкОм·м
1	0,5			
2	1,0			
3	1,0			
Среднее				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №46

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – исследовать зависимость электрического сопротивления металлов от температуры, определить температурный коэффициент сопротивления исследуемого материала.

Приборы и принадлежности: исследуемый проводник, нагреватель, термометр, вольтметр универсальный В7-21А.

Общие положения

Электрическое сопротивление R – скалярная физическая величина, характеризующая свойство проводника противодействовать пропусканию электрического тока и равная отношению напряжения U на концах проводника к силе тока I , протекающего по нему:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Электрическое сопротивление измеряют омметрами и измерительными мостами. Единица электрического сопротивления в СИ – Ом.

Электрическое сопротивление металлов обусловлено соударениями свободных электронов с ионами, образующими кристаллическую решётку. Ионы совершают колебания, амплитуда которых зависит от температуры, поэтому сопротивление металлов также зависит от температуры. С большой степенью точности можно считать, что зависимость сопротивления металлов от температуры является линейной:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \quad (2)$$

где R – сопротивление при температуре $t^\circ\text{C}$,

R_0 – сопротивление при 0°C ,

α – температурный коэффициент сопротивления.

Температурный коэффициент сопротивления – это величина, численно равная отношению изменению сопротивления проводника при изменении его температуры на 1°C :

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{1}{\Delta t}.$$

Для чистых металлов температурный коэффициент представляет величину порядка $\alpha \approx 0,004 \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

Для определения α необходимо знать сопротивление при 0°C , которое, как правило, неизвестно. Поэтому для определения α можно воспользоваться различными методами.

Первый метод состоит в том, чтобы использовать два значения сопротивления, измеренного при двух различных температурах. В соответствии с формулой (1), можно записать:

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1), \quad (3)$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2). \quad (4)$$

где R_1 – сопротивление проводника при температуре $t_1^\circ\text{C}$, R_2 – сопротивление этого же проводника при температуре $t_2^\circ\text{C}$.

Решая систему (3) – (4), получим:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}. \quad (5)$$

Несмотря на кажущуюся простоту, этот метод не очень хорош, т.к. возможные случайные ошибки при измерениях сопротивления и температуры могут дать значительную ошибку в определении α .

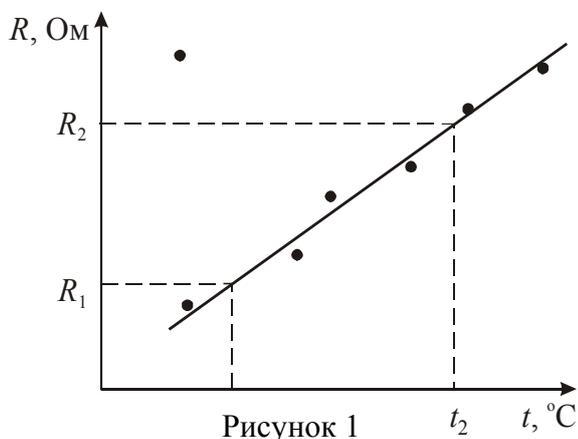


Рисунок 1

Второй метод заключается в нахождении температурного коэффициента сопротивления с помощью графика зависимости сопротивления проводника от температуры. **Теоретическая зависимость должна иметь вид прямой линии.**

Температурный коэффициент сопротивления α также рассчитывается по формуле (5), но сопротивления R_1 и R_2 и соответствующие им температуры t_1 и t_2 определяются из графика $R = f(t)$ (см. рис. 1).

Этот метод имеет существенные преимущества перед расчётным. При построении графика можно легко обнаружить грубые ошибки и исключить их влияние на результат.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из нагревателя, внутрь которого помещены исследуемые проводники; термометра для измерения температуры и прибора для измерения сопротивления.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается температурный коэффициент сопротивления. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Измерить сопротивление исследуемого проводника при комнатной температуре (проводник указывает преподаватель).
2. Включить нагреватель и в процессе повышения температуры измерять сопротивление проводника с выбранным шагом (через каждые 5°C – 10°C) до 60°C – 70°C .

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Построить график зависимости $R = f(t)$ для исследуемого проводника.
2. Рассчитать температурный коэффициент сопротивления α по формуле (5). Значения сопротивлений R_1 и R_2 и соответствующие им температуры t_1 и t_2 определить из графика $R = f(t)$. Образец см. на рис. 1.

2. Защита работы*(ответы представить в письменном виде)*

1. Что называется электрическим сопротивлением?
2. Как зависит электрическое сопротивление металлов от температуры? Запишите формулу.
3. Дайте определение температурного коэффициента сопротивления.
4. Сравните полученный экспериментально график с теоретической зависимостью. Сделайте вывод.
5. Сравните найденное значение температурного коэффициента сопротивления α с табличным и определите возможный материал проводника.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №46

Выполнил(а) _____

Группа _____

$t,$ $^{\circ}\text{C}$										
$R,$ Ом										

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 49

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ЭДС ОТ СИЛЫ ТОКА

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – исследовать зависимость полезной мощности P , выделяющейся во внешней электрической цепи, от силы тока I ; исследовать зависимость коэффициента полезного действия источника эдс от силы тока I .

Приборы и принадлежности: источник эдс, амперметр, вольтметр, реостат, выключатели.

Описание экспериментальной установки

Установка (рис. 1) состоит из источника эдс $G1$, вольтметра V , амперметра A , реостата R ; ключей $K1$ и $K2$.

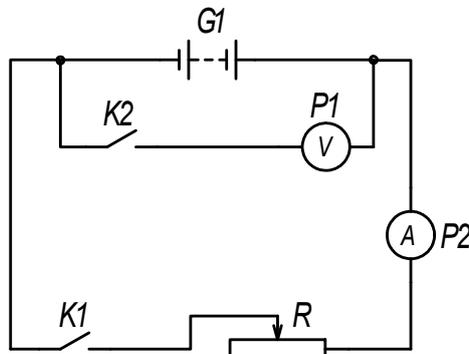


Рис.1

Общие положения

Полная мощность P_0 , развиваемая источником электрической энергии, определяется формулой:

$$P_0 = I\varepsilon, \quad (1)$$

где I – сила тока; ε – электродвижущая сила (эдс) источника электрической энергии.

Полезная мощность P , выделяющаяся во внешней части электрической цепи, определяется формулой:

$$P = IU, \quad (2)$$

где U – напряжение на внешней части электрической цепи.

Коэффициент полезного действия η (кпд) источника эдс определяется отношением полезной мощности P к полной мощности P_0 :

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{U}{\varepsilon}. \quad (3)$$

Если потребителем электрической энергии служит однородный проводник, то по закону Ома $U = IR$. Для замкнутой цепи, содержащей источник тока

$$\varepsilon = I(R + r), \quad (4)$$

где R – электрическое сопротивление внешнего участка электрической цепи;
 r – внутреннее сопротивление источника эдс.

Подставив записанные соотношения в формулу (3) и проведя преобразования, получим:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}. \quad (5)$$

Мощность, выделяемая на внешнем участке однородной электрической цепи, определяется законом Джоуля – Ленца:

$$P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}. \quad (6)$$

Силу тока выразили из (4) и сделали замену.

Полезная мощность достигает максимального значения, если сопротивление внешней электрической цепи равно внутреннему сопротивлению источника электрической энергии эдс которого ε , т.е. если $R = r$. Заменяем в формуле (6) R на r и получим выражение для расчёта максимальной мощности:

$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}.$$

Зная максимальную полезную мощность P_{\max} и эдс ε , можно определить внутреннее сопротивление источника:

$$r = \frac{\varepsilon^2}{4P_{\max}}. \quad (7)$$

Заменяв R на r в формуле (5) получим, что кпд в этом случае равен 0,5.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулы для расчёта полезной мощности, кпд источника эдс, внутреннего сопротивления.

Выполнение работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис.1). Определить цену деления вольтметра и амперметра.
2. Оставляя ключ $K1$ разомкнутым, замкнуть ключ $K2$ и записать показание вольтметра. Показание вольтметра при разомкнутом выключателе $K1$ с достаточной степенью точности можно считать равным значению эдс источника электрической энергии.
3. Введя полностью сопротивление R реостата, замкнуть ключ $K1$, записать значения напряжения и силы тока.
4. Постепенно увеличивая ток в электрической цепи от минимального до максимально допустимого значения, выполнить 9–11 измерений силы тока и напряжения.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать полезную мощность P по формуле (2).

2. Рассчитать коэффициент полезного действия η по формуле (3).
3. Построить графики зависимости полезной мощности P и КПД источника от силы тока I (в одной системе координат).
4. Используя график зависимости полезной мощности от силы тока $P = f(I)$, найти максимальное значение мощности.
5. Вычислить внутреннее сопротивление r источника по формуле (7).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Сформулируйте закон Ома для замкнутой цепи. Запишите формулу.
2. При каком условии полезная мощность достигает максимального значения?
3. Используя полученные графики, определите коэффициент полезного действия в тот момент, когда мощность достигает максимального значения. Совпадает ли полученное значение КПД с рассчитанным теоретически?

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №49

Выполнил(а) _____

Группа _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			
2	Амперметр			

ЭДС источника $\varepsilon =$ _____

№ п/п	I, А	U, В	P, Вт	η
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 55

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – определить горизонтальную составляющую магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

Приборы и принадлежности: тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, источник постоянного тока, выключатель.

Общие положения

Вокруг Земного шара существует магнитное поле, линии индукции которого изображены на рис. 1. Вектор индукции (а также и вектор напряжённости) магнитного поля Земли в средних широтах направлен под некоторым углом к поверхности Земли и может быть разложен на две составляющие: горизонтальную \vec{B}_0 и вертикальную \vec{B}_\perp .

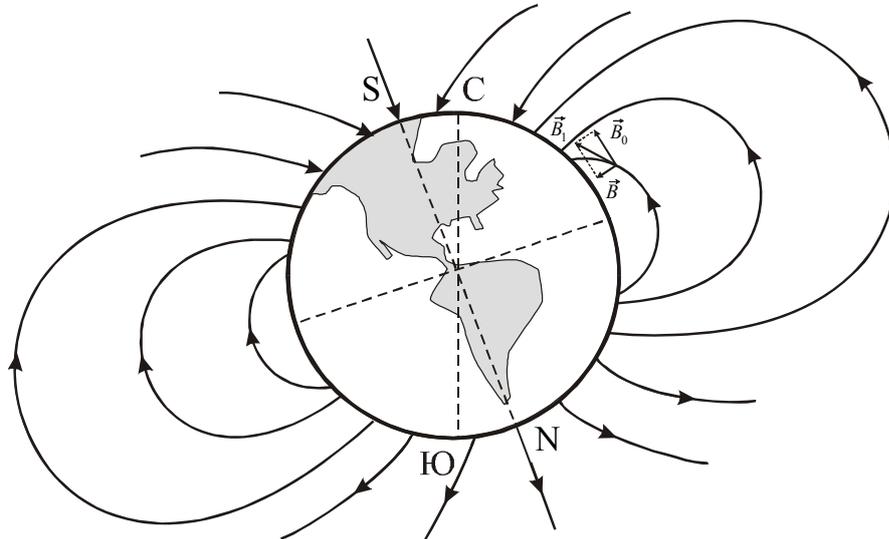


Рисунок 1

В данной работе горизонтальная составляющая индукции магнитного поля Земли определяется с помощью тангенс-гальванометра. Он представляет собой плоскую вертикальную катушку, у которой радиус витков R больше длины этой катушки. Число витков, намотанное на катушке, N . В центре катушки в горизонтальной плоскости располагается короткая магнитная стрелка, которая вращается вокруг вертикальной оси.

Тангенс-гальванометр расположим так, чтобы магнитная стрелка была направлена с севера на юг, т.е. установлена в плоскости магнитного меридиана. \vec{B}_0 – горизонтальная составляющая магнитного поля Земли (рис.2). При пропускании тока по виткам катушки тангенс-гальванометра возникает магнитное поле индукцией \vec{B} . Вектор \vec{B} лежит в горизонтальной плоскости перпендикулярно \vec{B}_0 .

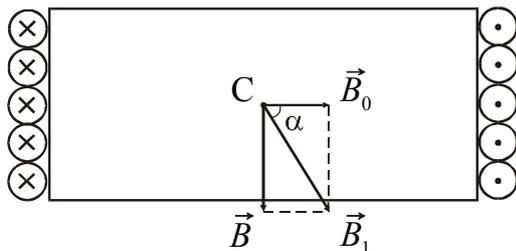


Рисунок 2

Стрелка компаса установится по на-

правлению вектора индукции \vec{B}_1 результирующего поля, т.е. по диагонали параллелограмма, сторонами которого будут вектор магнитной индукции магнитного поля кругового тока \vec{B} и горизонтальная составляющая вектора магнитного поля Земли – \vec{B}_0 .

На рис. 2 изображено сечение катушки прибора горизонтальной плоскостью и указано направление векторов индукции \vec{B} , \vec{B}_0 и \vec{B}_1 . Из рисунка видно, что

$$B = B_0 \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где α – угол между векторами \vec{B}_0 и \vec{B}_1 .

Индукция магнитного поля, создаваемая в точке Свитками катушки:

$$B = \mu_0 \mu \frac{IN}{2R}, \quad (2)$$

где μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

μ – относительная магнитная проницаемость, для воздуха $\mu \approx 1$;

N – число витков катушки; I – сила тока; R – радиус витков.

Приравняем выражения (1) и (2) и получим формулу для расчёта горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли:

$$B_0 = \frac{\mu_0 IN}{2R \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли. Поясните смысл обозначений.

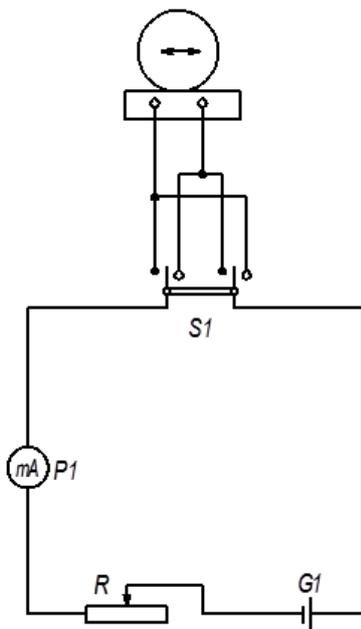


Рисунок 3

Выполнение работы

1. Измерить радиус R витков и сосчитать их количество N .
2. Собрать электрическую цепь по схеме, указанной на рис. 3.
3. Определить цену деления амперметра.
4. Установить плоскость катушки так, чтобы магнитная стрелка была направлена с севера на юг, т.е. установлена в плоскости магнитного меридиана.
5. Замкнуть цепь переключателем. С помощью реостата установить в цепи такой ток, чтобы магнитная стрелка отклонилась на угол не более 30° . Измерить угол α_1 отклонения стрелки.
6. Изменить переключателем направление тока. Измерить угол α_2 отклонения магнитной стрелки при той же силе тока.
7. Повторить измерения согласно п.п. 5 и 6 еще два раза, изменяя значение силы тока.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Найти среднее значение угла отклонения стрелки для каждого значения силы тока.
2. Рассчитать значение B_0 по результатам каждого опыта по формуле (3).
3. Рассчитать среднее значение $\langle B_0 \rangle$.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Схематично нарисуйте, какое положение в пространстве примет магнитная стрелка тангенс-гальванометра при наличии: а) только магнитного поля Земли; б) только магнитного поля кругового тока; в) магнитных полей Земли и кругового тока (виток находится в плоскости магнитного меридиана)?
2. Где горизонтальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли
 - а) равна нулю?
 - б) максимальна?

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №55

Выполнил(а) _____

Группа _____

Радиус витков $R =$ _____Число витков $N =$ _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Амперметр			

№ п/п	I, A	$\alpha_1, ^\circ$	$\alpha_2, ^\circ$	$\alpha_{ср}, ^\circ$	$B_0, Tл$
1					
2					
3					
	среднее				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №66

**ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ
С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА**

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы: Измерить ускорение свободного падения с помощью физического маятника.

Приборы и принадлежности: маятник, секундомер, приспособление для определения центра масс маятника.

Общие положения

Физическим маятником называется твёрдое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания относительно неподвижной горизонтальной оси, не проходящей через центр масс.

Используемый в работе физический маятник состоит из металлического стержня с опорными призмами R_1 и R_2 и чечевицами D_1 и D_2 , которые можно закреплять в любом месте стержня (рис.1).

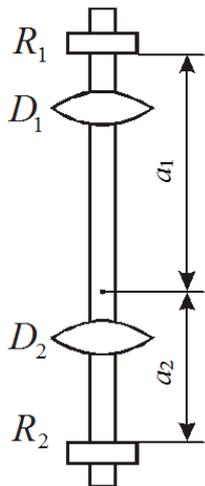


Рисунок 1

Период колебаний физического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}}, \quad (1)$$

где J – момент инерции маятника относительно оси колебаний;
 m – масса маятника;
 a – расстояние от точки подвеса до центра масс.

Момент инерции маятника относительно оси колебаний рассчитывается по теореме Штейнера:

$$J = J_c + ma^2, \quad (2)$$

где J_c – момент инерции маятника относительно оси, проходящей через центр масс параллельно оси колебаний. Тогда

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_c + ma^2}{mga}}. \quad (3)$$

Если маятник подвесить на опорную призму R_1 , то его период колебаний

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_c + ma_1^2}{mga_1}}. \quad (4)$$

Если перевернуть маятник и подвесить его на опорную призму R_2 , то период колебаний станет равным

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_c + ma_2^2}{mga_2}}. \quad (5)$$

Проведя математические преобразования, найдем ускорение свободного падения:

$$g = \frac{4\pi^2(a_1^2 - a_2^2)}{a_1T_1^2 - a_2T_2^2}. \quad (6)$$

Период колебаний T определяют экспериментально, измеряя время t , за которое совершается N колебаний:

$$T = \frac{t}{N}. \quad (7)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины в работе измеряются непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой в этой работе рассчитывается ускорение свободного падения. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Установить чечевицы D_1 и D_2 на разных расстояниях от середины маятника.
2. Определить центр масс системы, пользуясь специальным приспособлением, имеющимся на рабочем месте. Измерить a_1 и a_2 .
3. Подвесить маятник на призму R_1 и измерить при помощи секундомера время N полных колебаний ($N \cong 10 \div 15$). При этом отклонение нижнего конца маятника от положения равновесия не должно превышать 2–3 см.
4. Снять маятник, подвесить его на призму R_2 и измерить время N полных колебаний.
5. Сместить одну из чечевиц маятника на 2–3 см (расстояние от середины маятника до чечевиц должно быть разным). Повторить измерения согласно пп. 2, 3, 4 при новом расположении чечевиц.
6. Сместить другую чечевицу маятника на 2–3 см (расстояние от середины маятника до чечевиц должно быть разным). Повторить измерения согласно пп. 2, 3, 4 при новом расположении чечевиц.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать периоды колебаний T_1 и T_2 маятника для каждого опыта по формуле (7).
2. Рассчитать ускорение свободного падения g для каждого опыта по формуле (6). Найти среднее значение $g_{\text{ср}}$.

3. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какой маятник называется физическим? Запишите формулу периода колебаний физического маятника. Поясните смысл обозначений.
2. Сравните полученное значение ускорения свободного падения с табличным значением. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 66

Выполнил(а) _____

Группа _____

№ п/п	a_1 , см	a_2 , см	N	t_1 , с	t_2 , с	T_1 , с	T_2 , с	g , м/с ²
1								
2								
3								
	среднее							

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 69

ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Выполнил студент _____ Группа _____
 Отметка о защите _____

Цель работы – определить момент инерции кольца относительно оси, проходящей через центр масс.

Приборы и принадлежности: физический маятник, имеющий форму кольца; штангенциркуль; секундомер.

Общие положения

Физическим маятником называется твёрдое тело, совершающее колебания под действием силы тяжести относительно неподвижной горизонтальной оси, не проходящей через центр масс.

Отклоним маятник от положения равновесия на угол α . При этом возникает момент силы тяжести M , возвращающий маятник в положение равновесия (рис.1):

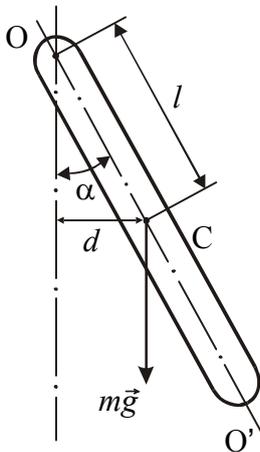


Рисунок 1

$$M = -mgd = -mgl \sin \alpha, \quad (1)$$

где m – масса маятника,

l – расстояние между точкой подвеса O и центром масс C .

$d = l \sin \alpha$, где d – плечо силы тяжести mg .

Знак « $-$ » поставили потому, что момент силы тяжести стремится уменьшить угол отклонения маятника.

Если угол отклонения мал (не превышает $3 \div 5^\circ$), то $\sin \alpha \approx \alpha$ (α должен быть выражен в радианах). Колебания при этом становятся гармоническими.

Гармонические колебания – процессы, при которых изменение физических величин с течением времени происходит по закону косинуса или синуса. Угол отклонения маятника будет изменяться по закону:

$$\alpha = \alpha_{\max} \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (2)$$

где α_{\max} – амплитуда колебаний, т.е. максимальный угол отклонения маятника;

φ_0 – начальная фаза,

ω_0 – циклическая частота собственных колебаний физического маятника.

Период гармонических колебаний физического маятника:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}, \quad (3)$$

Описание экспериментальной установки и методики эксперимента

Физический маятник 1 представляет собой однородное кольцо массой m (рис. 2). Значение массы указано на кольце. Кольцо устанавливается на стержне с опорной призмой 2. Из формулы (3) можно определить момент инерции маятника относительно оси колебаний:

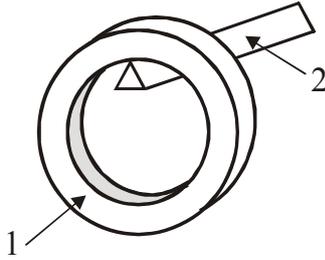


Рисунок 2

$$J = \frac{T^2 mgl}{4\pi^2}. \quad (4)$$

Период колебаний рассчитывается по формуле

$$T = \frac{t}{N}, \quad (5)$$

где t – время, в течение которого маятник совершает N полных колебаний.

Расстояние l от точки подвеса маятника до его центра масс

$$l = \frac{d}{2}, \quad (6)$$

где d – внутренний диаметр кольца.

Момент инерции J_c маятника относительно оси, проходящей через центр масс, определим, используя теорему Штейнера:

$$J = J_c + ml^2. \quad (7)$$

Отсюда

$$J_c = J - ml^2. \quad (8)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины в работе измеряются непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой в этой работе рассчитывается момент инерции маятника относительно оси колебаний. Поясните смысл обозначений.
4. Запишите формулу, по которой в этой работе рассчитывается момент инерции маятника относительно оси, проходящей через центр масс. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Записать значение массы m , указанное на кольце.
2. Измерить штангенциркулем внутренний диаметр d кольца пять раз в разных местах. Найти среднее значение диаметра.
3. Поместить кольцо на опорную призму 2.
4. Отклонить кольцо на угол $3 \div 5^\circ$ от положения равновесия в плоскости параллельной стене.
5. Отпустить кольцо, одновременно включив секундомер. Измерить время t , за которое маятник совершит N полных колебаний ($N \cong 20$).
6. Повторить измерения времени и числа колебаний еще четыре раза, согласно п. 4 и 5.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать период колебаний маятника по формуле (5) для каждого опыта. Найти среднее значение периода.
2. Рассчитать значение l по формуле (6), подставив среднее значение диаметра.
3. Рассчитать момент инерции маятника относительно оси колебаний по формуле (4) по средним значениям l и T . Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.
4. Рассчитать момент инерции маятника относительно оси, проходящей через центр масс, по формуле (8).

5. Найти относительную погрешность измерений. Записать окончательный результат в стандартном виде.

$$J_c = \langle J_c \rangle \pm \Delta J_c$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какие колебания называются гармоническими? Запишите уравнение гармонических колебаний. Поясните смысл обозначений.
2. Какой маятник называется физическим? Запишите формулу периода колебаний физического маятника. Поясните смысл обозначений.
3. Запишите теорему Штейнера. Поясните смысл обозначений.
4. При каких условиях колебания физического маятника можно считать гармоническими?

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе № 69

Выполнил(а) _____

Группа _____

Масса кольца $m =$ _____

Приборная погрешность секундомера $\Delta t =$ _____

Приборная погрешность штангенциркуля $\Delta l =$ _____

Приборная погрешность весов $\Delta m =$ _____

№ п/п	$d,$ мм	N	$t,$ с	$T,$ с
1				
2				
3				
4				
5				
среднее				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 72

**ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.
РЕЗОНАНС В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ**

Цель работы – построить резонансные кривые, изучить условия, при которых наблюдается резонанс напряжений, определить резонансную частоту и индуктивность колебательного контура.

Приборы и принадлежности: генератор звуковой частоты, микроамперметр, колебательный контур.

Общие положения

Чтобы вызвать вынужденные колебания в колебательном контуре, нужно включить последовательно с его элементами переменную эдс

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \Omega t, \quad (1)$$

где ε_0 – амплитудное значение эдс,

Ω – частота вынуждающей эдс.

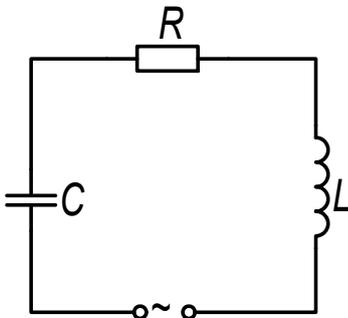


Рисунок 1

Для замкнутого контура (рис. 1) сумма падений напряжений на ёмкости и активном сопротивлении равна сумме эдс самоиндукции, возникающей в катушке, и приложенной эдс:

$$\frac{q}{C} + iR = L \frac{di}{dt} + \varepsilon_0 \cos \Omega t \quad (2)$$

Проведя математические преобразования, это уравнение можно привести к следующему виду:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{\varepsilon_0}{L} \cos \Omega t \quad (3)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\frac{R}{L} = 2\beta, \quad (4)$$

где β – коэффициент затухания;

$$\frac{1}{LC} = \omega_0^2, \quad (5)$$

где ω_0 – собственная частота колебаний колебательного контура.

Уравнение (3) является дифференциальным уравнением вынужденных электромагнитных колебаний. При установившихся вынужденных колебаниях решение уравнения (3) имеет вид:

$$q(t) = q_0 \cos(\Omega t - \varphi) \quad (6)$$

Сила тока в колебательном контуре при установившихся колебаниях

$$i = \frac{dq}{dt} = -q_0 \Omega \sin(\Omega t - \varphi) = i_0 \cos(\Omega t - \psi), \quad (7)$$

где $i_0 = q_0 \Omega$ – амплитуда силы тока,

$\psi = \varphi - \pi/2$ – сдвиг фаз между током и приложенной эдс.

Можно показать, что амплитудное значение силы тока равно

$$i_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}}. \quad (8)$$

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынуждающей эдс собственной частотой ω_0 колебательного контура. Из формулы (9) следует, что амплитуда силы тока в колебательном контуре достигает максимального значения, если

$$\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0. \quad (9)$$

Циклическая частота $\Omega_{\text{рез}}$, соответствующая максимальному значению силы тока в колебательном контуре, называется резонансной. Из формулы (10):

$$\Omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (10)$$

Сравнение формул (10) и (5) позволяет сделать вывод, что резонанс в колебательном контуре наступает при совпадении частоты вынуждающей эдс с собственной частотой колебательного контура.

Рассмотренный в работе случай резонанса называют резонансом напряжений, т. к. при этом падения напряжений U_C на ёмкости и U_L на катушке равны по величине и противоположны по знаку.

Экспериментально в работе измеряют не циклическую частоту Ω , а линейную ν . Учитывая, что $\Omega = 2\pi\nu$, из формулы (11) можно получить выражение для расчёта общей индуктивности контура :

$$L = \frac{1}{4\pi^2\nu_{\text{рез}}^2 C} \quad (11)$$

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (рис. 2) состоит из колебательного контура, набора резисторов, микроамперметра, которые размещены на монтажной панели. Колебательный контур подключается к генератору звуковых колебаний. Он служит источником переменной эдс. Активное сопротивление контура можно менять с помощью переключателя.

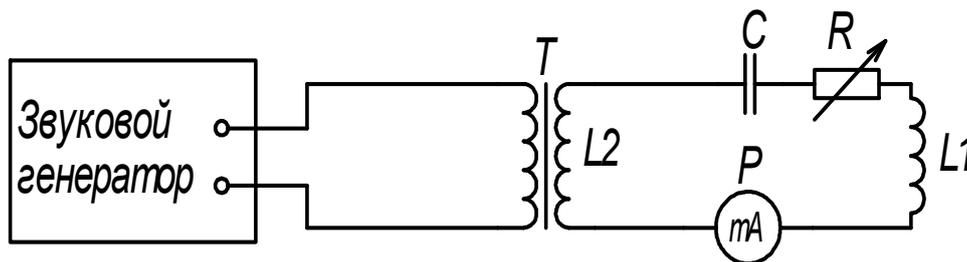


Рисунок 2

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

5. Какова цель работы?
6. Какие величины измеряются в работе непосредственно?
7. Какой график надо построить по результатам эксперимента?
8. Запишите формулу, по которой в этой работе рассчитывается общая индуктивность контура. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Записать значения ёмкости C конденсатора и сопротивлений резисторов R_1, R_2, R_3 .
2. Подключить колебательный контур к звуковому генератору.
3. Включить звуковой генератор в сеть и дать ему прогреться 2-3 минуты.
4. Переключателем сопротивлений установить наименьшее значение сопротивления R_1 .
5. Ручку «усиление» генератора установить в среднее положение.
6. Множитель частоты генератора установить на «x1».
7. Вращая ручку лимба генератора найти приблизительный интервал частот, на котором ток возрастает, достигает максимального значения с последующим спадом. Если стрелка микроамперметра зашкаливает, то уменьшить усиление. Если на данном множителе максимальное значение силы тока не достигается, то перейти на множитель «x10».
8. Установить на лимбе генератора начальное значение частоты найденного интервала. Записать в таблицу значение частоты ν и соответствующее ему значение силы тока i .
9. Изменяя частоту генератора в выбранном пределе, записывать соответствующие ей показания микроамперметра, сняв 12-15 точек.
10. Произвести измерения согласно п.п. 8, 9 при других активных сопротивлениях (R_2 и R_3).
Ручку «усиление» не трогать!

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Построить графики зависимости $i = f(\nu)$ для каждого сопротивления на одних координатных осях.
2. Определить из графиков частоту $\nu_{рез}$, при которой ток достигает максимального значения (резонансную частоту).
3. Рассчитать общую индуктивность контура по формуле (12).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит явление резонанса в колебательном контуре?
2. Запишите формулу, по которой рассчитывается резонансная частота колебаний в контуре.
3. Проанализируйте графики и сделайте вывод о том, как зависит максимальное значение силы тока от величины активного сопротивления контура.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 72

Выполнил(а) _____

Группа _____

Ёмкость конденсатора $C =$ _____

№ п/п	ν , Гц	$R_1=$	$R_2=$	$R_3=$
		i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_3 , мкА
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ НА ГОНИОМЕТРЕ

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – ознакомиться с явлением дифракции на дифракционной решётке, определить длину волны светофильтра.

Приборы и принадлежности: гониометр, дифракционная решётка, светофильтр, источник света.

Общие положения

Дифракция – это огибание светом препятствий, размеры которых соизмеримы с длиной волны. Явление дифракции можно наблюдать с помощью дифракционной решётки.

Дифракционная решётка – спектральный прибор, предназначенный для разложения света в спектр. Она представляет собой плоскую стеклянную пластинку, на которую с помощью делительной машины через строго одинаковые интервалы наносят параллельные штрихи. Промежутки между штрихами прозрачны для световых лучей и играют роль щелей. Штрихи рассеивают лучи и, поэтому, являются непрозрачными. В учебных лабораториях применяют отпечатки таких решёток, изготовленные из специальной пластмассы. Их называют репликами. Основным параметром решётки является расстояние между соседними штрихами, называемое периодом решётки d (постоянной решётки) (рис. 1):

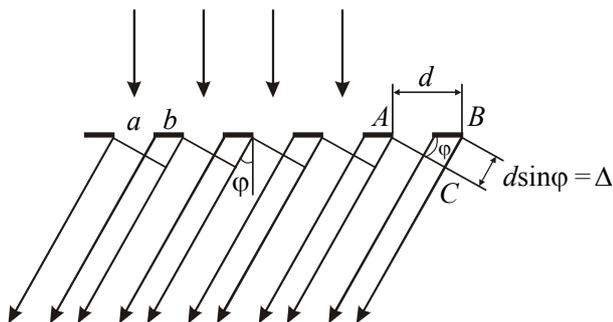


Рисунок 1

$$d = a + b, \quad (1)$$

где a – ширина щели,

b – размер препятствия.

Пусть световая волна падает на решётку нормально (т.е. перпендикулярно её поверхности). Из каждой щели выходят лучи по всем направлениям. Для наглядности на рисунке из множества лучей указаны те, которые отклонились на некоторый угол φ от первоначального направления. Угол φ

называется углом дифракции.

Дифракционная картина будет иметь вид узких светлых полос, разделённых тёмными промежутками. Центральный максимум ($m=0$) имеет наибольшую интенсивность. Все другие располагаются симметрично относительно центрального максимума справа и слева. По мере удаления от центра их интенсивность уменьшается.

Условие главных максимумов для дифракционной решётки имеет вид:

$$d \sin \varphi = m\lambda. \quad (2)$$

где λ – длина волны, $m=1, 2, 3 \dots$ – порядок максимума, d – период решётки, φ – угол дифракции.

Из уравнения (2) можно найти длину волны:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{m}. \quad (3)$$

Описание экспериментальной установки

Для измерения углов, под которыми наблюдаются дифракционные максимумы, в данной работе используется гониометр. Гониометр состоит из зрительной трубы, коллиматора и угломерной отсчётной системы. Схема установки представлена на рис. 2.

Перед щелью S коллиматора C помещается источник света L . Щель коллиматора находится в главном фокусе линзы Z . Вышедшие из линзы лучи идут параллельным пучком и попадают на дифракционную решётку D .

Вначале зрительную трубу поворачивают так, чтобы освещенное изображение щели совпало с визирной нитью зрительной трубы. Снимают отсчёт по гониометру. Затем вращают трубу, например, вправо до тех пор, пока с визирной нитью не

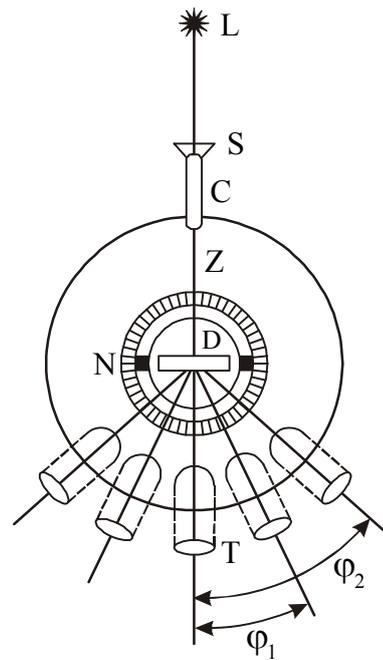


Рисунок 2

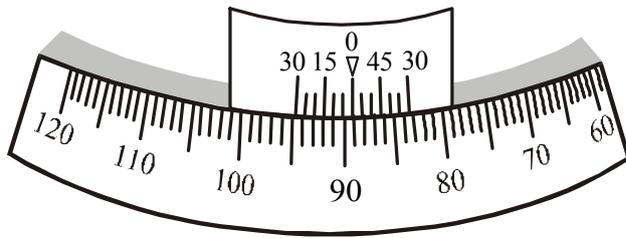


Рисунок 3

совместится линия спектра первого, второго и т.д. порядков. Отсчёт углов производится по нониусу N . В данной модели гониометра имеется два нониуса. Отсчёты можно производить по любому нониусу, но всегда по одному и тому же. Цена деления основной шкалы 1° , цена деления нониуса $5'$.

Отсчёт показаний при помощи нониуса поясняется рис. 3. На рисунке показано положение шкалы и нониуса, соответствующее отсчёту $89^\circ 10'$ (нуль нониуса расположен левее нуля шкалы на 89 полных делений, и в левой части нониуса с одним из делений шкалы совмещается его второе деление).

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать длину волны. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Включить установку в сеть.
2. Установить зрительную трубу так, чтобы видеть изображение щели коллиматора и визирной нити. Для этого путём вращения окуляра добиваются резкого изображения визирной нити, а перемещением окулярной части – чёткого изображения щели.
3. Установить светофильтр перед щелью. Светофильтр из широкого диапазона длин волн, образующих белый свет, выделяет узкий интервал длин волн, поэтому выделенный свет можно считать монохроматическим.
4. Записать значение постоянной решётки, указанное на решётке. Значение дано в мм.

5. Установить решётку на столике гониометра перпендикулярно оси коллиматора, штрихи решётки должны быть параллельны щели.
6. Навести визирную нить на середину нулевого максимума для данного светофильтра. Отсчитать по нониусу угловое положение трубы φ_0 .
7. Повернуть зрительную трубу вправо так, чтобы с визирной нитью совместились линия спектра первого порядка. Снять отсчёт по гониометру $\varphi_{1\text{пр}}$.
8. Повернуть зрительную трубу вправо дальше так, чтобы с визирной нитью совместились линия спектра второго порядка. Снять отсчёт по гониометру $\varphi_{2\text{пр}}$. Аналогично снять отсчёты для максимумов третьего и т.д. порядков, если они наблюдаются.
9. Повернуть зрительную трубу влево от нулевого максимума так, чтобы с визирной нитью совместились линия спектра первого порядка. Снять отсчёт по гониометру $\varphi_{1\text{лев}}$. Аналогично снять отсчёты для максимумов второго, третьего и т.д. порядков, если они наблюдаются.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать левые и правые углы дифракции $\varphi = |\varphi_0 - \varphi_i|$ для каждого порядка дифракции (φ_i – отсчёты по гониометру).
2. По формуле (3) вычислить длины волн. Синусы углов можно определить с помощью таблиц Брадиса.
3. Найти среднее значение длины волны.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Какой прибор Вы использовали для наблюдения этого явления?
3. Запишите условие, при выполнении которого будут наблюдаться главные дифракционные максимумы. Поясните смысл обозначений.
4. Сравните полученное экспериментально значение длины волны с табличными значениями и сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе № 83

Выполнил(а) _____

Группа _____

Постоянная дифракционной решётки $d =$ _____

Цвет светофильтра _____

№ п/п	Номер m максимума	φ_0	$\varphi_{\text{лев}}$	$\varphi_{\text{пр}}$	φ	λ , нм
1						
2						
3						
4						
		Среднее				

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №84

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЁТКИ НА ОПТИЧЕСКОЙ СКАМЬЕ

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – ознакомиться с явлением дифракции на дифракционной решётке, определить длину световой волны светофильтра.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, осветитель со щелью и шкалой, дифракционная решётка, светофильтр.

Общие положения

Дифракция – это огибание светом препятствий, размеры которых соизмеримы с длиной волны. Явление дифракции можно наблюдать с помощью дифракционной решётки.

Дифракционная решётка – спектральный прибор, предназначенный для разложения света в спектр. Она представляет собой плоскую стеклянную пластинку, на которую с помощью делительной машины через строго одинаковые интервалы наносят параллельные штрихи. Промежутки между штрихами прозрачны для световых лучей и играют роль щелей. Штрихи рассеивают лучи и, поэтому, являются непрозрачными. В учебных лабораториях применяют отпечатки таких решёток, изготовленные из специальной пластмассы. Их называют репликами. Основным параметром решётки является расстояние между соседними штрихами, называемое периодом решётки d (постоянной решётки) (рис. 1):

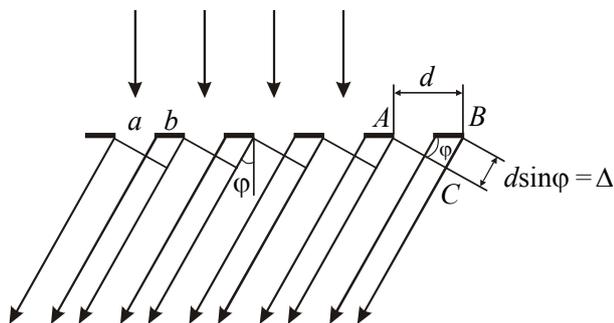


Рисунок 1

$$d = a + b, \quad (1)$$

где a – ширина щели,

b – размер препятствия.

Пусть световая волна падает на решётку нормально (т.е. перпендикулярно её поверхности). Из каждой щели выходят лучи по всем направлениям. Для наглядности на рисунке из множества лучей указаны те, которые отклонились на некоторый угол φ от первоначального направления. Угол φ

называется углом дифракции.

Дифракционная картина будет иметь вид узких светлых полос, разделённых тёмными промежутками. Центральный максимум ($m = 0$) имеет наибольшую интенсивность. Все другие располагаются симметрично относительно центрального максимума справа и слева. По мере удаления от центра их интенсивность уменьшается.

Условие главных максимумов для дифракционной решётки имеет вид:

$$d \sin \varphi = m\lambda. \quad (2)$$

где λ – длина волны, $m = 1, 2, 3 \dots$ – порядок максимума, d – период решётки, φ – угол дифракции.

Из уравнения (2) можно найти длину волны:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{m}. \quad (3)$$

Описание установки и методики эксперимента

Оптическая скамья представляет собой линейку с делениями. На этой линейке помещается осветитель со шкалой. В корпусе осветителя прорезана щель, перед которой крепится светофильтр. Светофильтр из широкого диапазона длин волн, образующих белый свет, выделяет узкий интервал длин волн, поэтому выделенный свет можно считать монохроматическим. Дифракционная решётка устанавливается на переднем торце линейки.

Если смотреть на освещённую монохроматическим светом щель через дифракционную решётку, то кроме изображения щели на шкале можно увидеть симметрично расположенные максимумы (рис. 2). Каждый максимум находится на определённом расстоянии l от центрального максимума. Это расстояние измеряется по шкале AB . Расстояние OK от решётки до шкалы обозначим через L : $L=OK$.

Угол дифракции можно определить, измерив расстояния L и l . Так как угол φ мал, то:

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{L}. \quad (4)$$

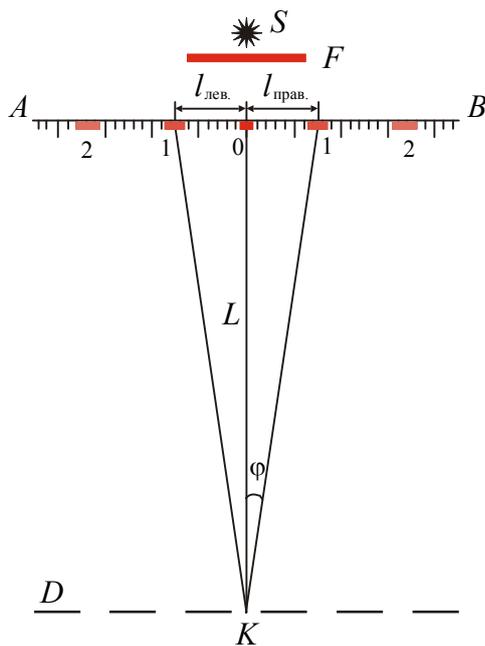


Рисунок 2

Сделав замену в (3), получим формулу для расчёта длины волны:

$$\lambda = \frac{ld}{mL}. \quad (5)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать длину волны, Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Подключить осветитель к источнику питания. Установить светофильтр перед осветителем.
2. Записать значение постоянной решётки, указанное на решётке. Значение дано в мм. Закрепить дифракционную решётку в держателе на переднем торце линейки.
3. Перемещая осветитель с экраном вдоль линейки, получить чёткое изображение дифракционной картины. Измерить расстояние от решётки до экрана L .
4. Измерить расстояние от центрального максимума до первого левого l' и первого правого l'' дифракционных максимумов (см. рис. 2).
5. Выполнить измерения для 2-го и 3-го максимумов.
6. Изменить расстояние между решёткой и экраном. Повторить измерения согласно п. 3, 4, 5.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать среднее значение $l = \frac{l' + l''}{2}$ для каждого максимума.
2. Рассчитать длину волны по формуле (5) для каждого максимума.
3. Найти среднее значение длины волны для каждого светофильтра.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Какой прибор Вы использовали для наблюдения этого явления? Что он собой представляет?
3. Запишите условие, при выполнении которого будут наблюдаться главные максимумы. Поясните смысл обозначений.
4. Сравните полученное экспериментально значение длины волны с табличными значениями и сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе № 84

Выполнил(а) _____

Группа _____

Постоянная дифракционной решётки $d =$ _____

Цвет светофильтра _____

№ п/п	Номер m максимума	L , см	l' , мм	l'' , мм	l , мм	λ , нм
1						
2						
3						
4						
5						
6						
					Среднее	

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №85

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ САХАРИМЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРНЫХ РАСТВОРОВ

Выполнил студент _____ Группа _____
Отметка о защите _____

Цель работы – ознакомиться с работой сахариметра, определить концентрацию растворов сахара.

Приборы и принадлежности: сахариметр, трубки с раствором сахара.

Общие положения

Электромагнитные волны являются поперечными. Это означает, что вектор напряжённости электрического поля \vec{E} и вектор напряжённости магнитного поля \vec{H} располагаются в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. Физиологическое, фотохимическое, фотоэлектрическое и другие действия света вызываются колебаниями вектора напряжённости электрического поля \vec{E} . Поэтому его называют световым вектором. Направление колебаний светового вектора с течением времени может меняться. Если все направления колебаний светового вектора в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны, равновероятны, то свет называют *естественным*.

Свет, в котором направления колебаний светового вектора упорядочены каким-либо образом, называется *поляризованным*. Явлением поляризации называется выделение поляризованного света из естественного.

При прохождении поляризованного света через некоторые вещества происходит поворот плоскости поляризации световой волны. Это явление называется *вращением плоскости поляризации*. Вещества, которые способны поворачивать плоскость поляризации падающих на них волн, называются *оптически активными*. Оптически активными могут быть как кристаллы, так и жидкости. Например, кварц, раствор сахара, глюкозы.

Для оптически активных жидкостей угол поворота плоскости поляризации определяется соотношением:

$$\varphi = [a]lc, \quad (1)$$

где l – толщина слоя;

c – концентрация раствора;

$[a]$ – удельная постоянная вращения, зависящая от природы вещества.

Измерение угла поворота плоскости поляризации производят с помощью прибора, который называется поляриметром. Если его шкала проградуирована в соответствии с концентрацией раствора сахара, то такой поляриметр называется сахариметром. Зная угол поворота плоскости поляризации, можно рассчитать концентрацию раствора:

$$c = \frac{\varphi}{[a]l}. \quad (2)$$

Описание установки

В данной работе используется универсальный сахариметр СУ-4. Принцип работы сахариметра состоит в следующем. Свет от источника проходит сначала через поляризатор и поляризуется. Затем его пропускают через полутеневую пластину, которая разделяет свет на две половинки. При этом в окуляре видны два поля сравнения одинаковой яркости, разделенные тонкой линией (рис. 1а).

Если в кюветное отделение между поляризатором и анализатором поместить трубку с раствором сахара, то раствор повернёт плоскость поляризации. Равенство полей сравнения на-

рушится (рис. 1б, в). Уравнивая яркость полей сравнения, производят отсчёт по нониусу шкалы, которую наблюдают через верхний окуляр. Поля сравнения наблюдают через нижний окуляр.



Рисунок 1

В сахариметре применена международная сахарная шкала. 100°S соответствуют $34,62^{\circ}$ угловым. Цена деления основной шкалы 1°S , цена деления нониуса $0,05^{\circ}\text{S}$. Установка нуля нониуса показана на рис. 2.

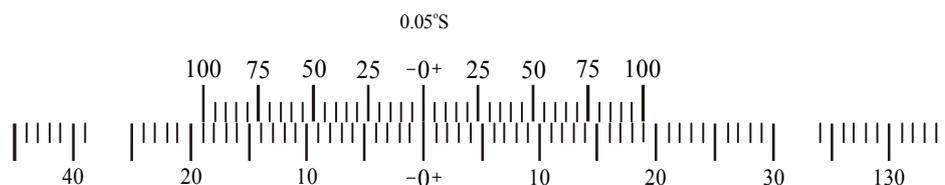


Рисунок 2

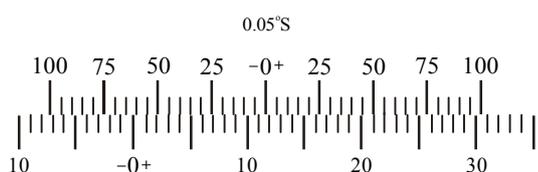


Рисунок 3

На рис. 3 показано положение нониуса и шкалы, соответствующее отсчёту « $+11,55^{\circ}\text{S}$ » (нуль нониуса расположен правее нуля шкалы на 11 полных делений и в правой части нониуса с одним из делений шкалы совмещается его одиннадцатое деление).

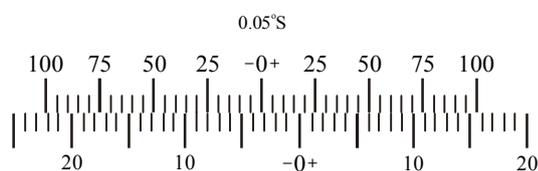


Рисунок 4

На рис. 4 показано положение нониуса и шкалы, соответствующее отсчёту « $-3,25^{\circ}\text{S}$ » (нуль нониуса расположен левее нуля шкалы на три полных деления и в левой части нониуса с одним из делений шкалы совмещается его пятое деление).

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать концентрацию раствора. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Включить шнур электропитания в сеть.
2. Включить кнопкой осветитель и установить ручкой резистора такую яркость полей, при которой наиболее чётко воспринимается зрением разница яркости полей сравнения.
3. Проверить установку нуля. Для этого надо закрыть крышку кюветного отделения без установки в нём трубки с раствором. Уравнять яркость полей сравнения вращением ручки компенсатора, который находится под нижним окуляром. Нулевое деление нониуса должно совместиться с нулевым делением шкалы (см. рис. 2). Если нулевой отсчёт отличается от нуля не более чем на одно деление нониуса, нуль считается установленным правильно.

4. Поместить в кюветное отделение в трубку с раствором известной концентрации ($c_0 = 26\%$). Длина трубки $l_0 = 10$ см. Вращая её вокруг своей оси или перемещая по кюветному отделению, найти такое положение, при котором линия раздела полей сравнения делит поле зрения на две равные части. Поля сравнения при этом имеют разную яркость (см. рис. 1б, в).
5. Вращая ручку компенсатора, уравнивать поля сравнения (см. рис 1а) и снять отсчёт по шкале.
6. Повторить опыт с раствором известной концентрации еще два раза согласно пункту 5. Перед началом каждого опыта нуль шкалы совмещать с нулём нониуса.
7. Аналогичные измерения провести для трубки с раствором неизвестной концентрации. Длина трубки $l = 20$ см.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Найти среднее значение угла поворота плоскости поляризации раствором известной концентрации.
2. По найденному среднему значению угла поворота, известной длине трубки l_0 и известной концентрации c_0 , рассчитать постоянную вращения $[a]$:

$$[a] = \frac{\varphi_{\text{ср}}}{c_0 l_0}. \quad (3)$$

3. Рассчитать по формуле (2) концентрацию в трубке с раствором неизвестной концентрации по результатам каждого опыта.
4. Найти среднее значение концентрации.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. С каким свойством электромагнитных волн связано явление поляризации?
3. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации?
4. Каково назначение сахариметра?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 85

Выполнил(а) _____

Группа _____

Таблица 1

№ п/п	l_0 , см	c_0 , %	φ , °S
1			
2			
3			
	Среднее		

Таблица 2

№ п/п	l , см	φ , °S	c , %
1			
2			
3			
	Среднее		

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа №88

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА –БОЛЬЦМАНА

Выполнил студент _____ Группа _____
Отметка о защите _____

Цель работы – ознакомиться с принципом действия оптического пирометра, определить постоянную Стефана – Больцмана.

Приборы и принадлежности: оптический пирометр, лампа накаливания, автотрансформатор, ваттметр.

Общие положения

Электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счёт его внутренней энергии, называется тепловым. Оно зависит от температуры и оптических свойств вещества.

Энергия, излучаемая телом во всем диапазоне длин волн в единицу времени, называется энергетическим потоком:

$$\Phi_{\text{э}} = \frac{W}{t}. \quad (1)$$

Энергия, излучаемая телом с единицы поверхности за единицу времени во всём диапазоне длин волн, называется энергетической светимостью:

$$R_{\text{э}} = \frac{W}{St} = \frac{\Phi_{\text{э}}}{S} \quad (2)$$

Тела частично поглощают падающую на них лучистую энергию. Отношение потока излучения $d\Phi_{\text{э}}$ в интервале длин волн от λ до $\lambda+d\lambda$, поглощаемого поверхностью тела, к потоку излучения $d\Phi_0$, падающего на эту поверхность в том же спектральном интервале, называется коэффициентом монохроматического поглощения или поглощательной способностью тела:

$$\alpha_{\lambda,T} = \frac{d\Phi_{\text{э}}}{d\Phi_0} \quad (3)$$

Коэффициент монохроматического поглощения $\alpha_{\lambda,T}$ зависит от температуры и длины волны, а также от природы тела. Тело, для которого коэффициент монохроматического поглощения равен единице $\alpha_{\lambda,T} = 1$, называется *абсолютно чёрным телом*. Абсолютно чёрное тело полностью поглощает все падающее на его поверхность излучение независимо от направления и спектрального состава, ничего не отражая и ничего не пропуская.

Реальные тела не являются абсолютно чёрными телами. Тело, коэффициент монохроматического поглощения которого при данной температуре меньше единицы и не зависит от длины волны и направления его распространения, называется серым телом.

Энергетическая светимость $R_{\text{э}}$ абсолютно чёрного тела по закону Стефана – Больцмана пропорциональна четвертой степени термодинамической температуры тела:

$$R_{\text{э}} = \sigma T^4, \quad (4)$$

где σ – постоянная Стефана – Больцмана. Для серого тела

$$R_{\text{э}} = \alpha \sigma T^4 \quad (5)$$

где α – средний коэффициент поглощения в измеряемом интервале температур.

Будем считать, что мощность, потребляемая лампой накаливания, полностью идёт на излучение. Заменяв в соотношении (5) энергетическую светимость по формуле (2) и учтя, что мощность равна энергетическому потоку ($\Phi_0 = P$), получим:

$$\frac{P}{S} = \alpha \sigma T^4, \quad (6)$$

где S – площадь излучающей поверхности.

Следовательно,

$$\sigma = \frac{P}{\alpha T^4 S}. \quad (7)$$

На основе законов теплового излучения созданы приборы для измерения высоких температур, работающие без контакта с раскаленными телами. Совокупность методов измерения температур, основанных на законах теплового излучения, называется оптической пирометрией.

Описание экспериментальной установки

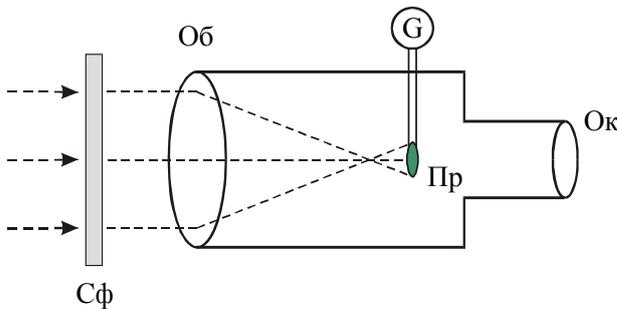


Рисунок 1

Температура накала нити электрической лампочки определяется с помощью яркостного пирометра, схема которого дана на рис. 1. Действие яркостных пирометров основано на сравнении яркости свечения тела, температура которого измеряется, и нити Пр эталонной лампы, помещённой в зрительной трубе оптического пирометра. Нить пирометра имеет форму дуги. Наблюдение ведется в красном свете через светофильтр Сф

($\lambda=660$ нм). Регулируя ток, текущий через эталонную лампу, добиваются уравнивания яркостей нитей. При этом нить эталонной лампы становится невидимой на фоне изображения нити лампы, температура которой измеряется (рис.2), поэтому такой пирометр называется пирометром с «исчезающей нитью».

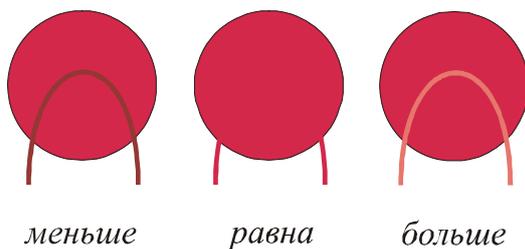


Рисунок 2

Пирометр градуируется по абсолютно чёрному телу – при изменении тока накала по шкале считывается температура чёрного тела, при которой нить «исчезает».

Температуру нити эталонной лампы показывает гальванометр Г, отградуированный по температурной шкале в

градусах Цельсия (рис. 3). Предел измерения вводится поворотом головки ослабляющего светофильтра. При измерении температуры до 1400°C ослабляющий светофильтр не вводится – показания снимаются по верхней шкале. Положение стрелки на рис. 3 соответствует отсчёту 1250°C . При измерении температур от 1400°C до 2000°C вводится ослабляющий светофильтр – показания снимаются по нижней шкале. Ослабляющий светофильтр введён, если белая указательная точка (индекс) на головке светофильтра совпадает с индексом 20 на корпусе прибора. В этом случае положение стрелки соответствует отсчёту 1740°C . Мощность лампы измеряется ваттметром.

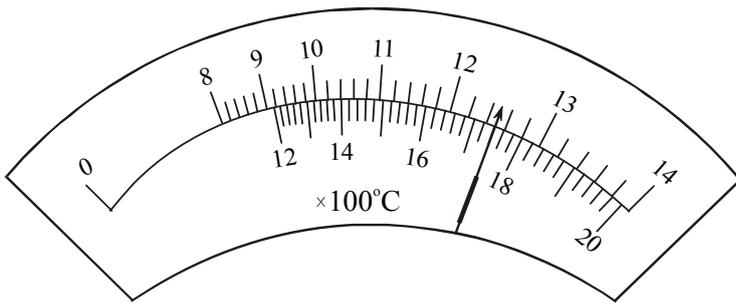


Рисунок 3

Подготовка к работе

(ответы представить

в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Каким прибором измеряется температура накала нити? Как температуру, выраженную в градусах Цельсия, перевести в кельвины?

4. Запишите формулу, по которой рассчитывается постоянная Стефана – Больцмана. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Записать значения коэффициента поглощения α и площади поверхности S , указанные на установке.
2. Включить лампу накаливания. Поворотом рукоятки автотрансформатора установить указанную преподавателем мощность накала лампы. Записать значение мощности.
3. Поставить нулевую отметку на подвижном кольце реостата пирометра против такой же отметки на крышке корпуса.

Примечание: Кольцо необходимо поворачивать без усилия, так как можно вывести пирометр из строя.

4. Включить пирометр. Поворотом обоймы (в накатанном конце тубуса окуляра) ввести в поле зрения красный светофильтр.
5. В зависимости от предполагаемого значения измеряемой температуры, выбрать предел измерения поворотом головки ослабляющего светофильтра.
6. Направить трубу пирометра на тело накаливания. Взявшись рукой за накатанный конец тубуса объектива, медленно перемещать его до тех пор, пока не будет видно изображение свяжающегося тела. Совместить изображение нити пирометра и тела накаливания. Вращая тубус окуляра, добиться желаемой резкости.
7. Поворотом кольца реостата изменить яркость нити пирометра так, чтобы средний участок (вершина дуги) нити исчез на фоне изображения тела, температура которого измеряется. Отсчитать температуру по положению стрелки на шкале пирометра.
8. Повторить измерение температуры нити лампы накаливания при данном значении мощности ещё раз (изменением накала нити пирометра и возвращением к исчезновению нити) и найти среднее значение температуры.
9. Повторить измерения температуры нити при трех различных значениях мощности по ваттметру согласно п. 6, 7. При необходимости изменить предел измерения температуры.
10. Выключить ток накала нити пирометра поворотом кольца реостата по стрелке на кольце до упора.

Оформление отчёта**1. Расчёты**

1. Рассчитать постоянную Стефана – Больцмана по формуле (7) для каждого значения мощности по среднему значению температуры.
2. Рассчитать среднее значение постоянной Стефана – Больцмана.

2.Защита работы*(ответы представить в письменном виде)*

1. Какое излучение называется тепловым?
2. Какое тело называется абсолютно чёрным?
3. Сформулируйте закон Стефана – Больцмана. Запишите формулу.
4. Каково назначение оптического пирометра?
5. Полученное значение постоянной Стефана – Больцмана сравните с табличным. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе № 88

Выполнил(а) _____

Группа _____

Коэффициент поглощения $\alpha =$ _____Площадь излучающей поверхности нити $S =$ _____

№ п/п	P , Вт	t_1 , °С	t_2 , °С	t_{cp} , °С	T_{cp} , К	σ , Вт/(м ² К ⁴)
1						
2						
3						
среднее						

Дата _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа № 92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА И РАБОТЫ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА

Выполнил студент _____ Группа _____

Отметка о защите _____

Цель работы – проверить уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, определить постоянную Планка и работу выхода электрона из металла.

Приборы и принадлежности: фотоэлемент вакуумный, источник света, два светофильтра, зеркальный гальванометр, вольтметр, потенциометр.

Общие положения

Внешним фотоэлектрическим эффектом (фотоэффектом) называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения (света). Электроны, вылетающие из вещества, называются фотоэлектронами, а электрический ток, образуемый ими при движении во внешнем электрическом поле, называется фототоком.

Явление фотоэффекта можно объяснить, если предположить, что свет испускается и поглощается веществом порциями (квантами).

Энергия кванта $\varepsilon = h\nu$ поглощается электроном полностью. Часть этой энергии, равная работе выхода $A_{\text{вых}}$, затрачивается на то, чтобы электрон мог покинуть вещество. Остаток энергии образует кинетическую энергию вылетевшего электрона. В этом случае должно выполняться соотношение

$$h\nu = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} + A_{\text{вых}}, \quad (1)$$

Соотношение (1) называется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта.

Чтобы фототок прекратился, нужно приложить задерживающее напряжение. Работа электрического поля по задержанию электронов будет равна кинетической энергии вылетевших электронов:

$$eU = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}, \quad (2)$$

где $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – модуль заряда электрона. Сделав замену в (1) и (2), получим:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU. \quad (3)$$

Если освещать катод поочередно светом с частотами ν_1 и ν_2 , и измерять значения задерживающих напряжений U_1 и U_2 , то согласно уравнению (3) можно записать:

$$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + eU_1;$$

$$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + eU_2.$$

Решая систему уравнений, получим:

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}. \quad (4)$$

Работу выхода электрона принято измерять не в джоулях, а в электрон-вольтах. ($1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Выразив из записанной системы уравнений работу выхода и разделив её на заряд электрона, получим формулу для расчёта работы выхода в электрон-вольтах:

$$A_{\text{ВЫХ}} = \frac{(v_2 U_1 - v_1 U_2)}{v_1 - v_2}. \quad [A_{\text{ВЫХ}}] = \text{эВ} \quad (5)$$

где частота света

$$v = \frac{c}{\lambda}. \quad (6)$$

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме, λ – длина волны соответствующего светофильтра.

Описание экспериментальной установки

Схема установки приведена на рисунке 1. Источником света является лампочка Н. Свет, проходя через светофильтр S, освещает катод К фотоэлемента ФЭ. В работе используется вакуумный сурьмяно-цезиевый фотоэлемент СЦВ-3. Он выполнен в виде стеклянного баллона, воздух из которого откачан до давления $10^{-6} \div 10^{-7}$ мм рт. ст. (рис. 1). На одну половину внутренней поверхности баллона на подкладочный слой магния или серебра нанесен тонкий слой сурьмы, а затем слой цезия. Образующееся при этом соединение Cs_3Sb служит катодом. Красная граница фотоэффекта для данного материала, в силу малости работы выхода, находится в видимой части спектра. В центральной части баллона расположен металлический анод А.

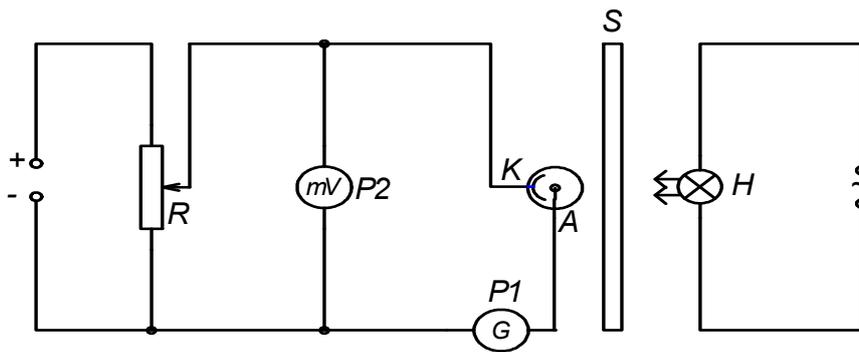


Рисунок 1

Под действием постоянного напряжения, приложенного к фотоэлементу, электроны, вылетевшие из катода, достигают анода и создают в замкнутой цепи ток, величину которого измеряют гальванометром G . Движением электронов можно управлять с помощью внешнего электрического поля, которое можно подобрать таким, чтобы ток через гальванометр был равен нулю.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается частота света. Поясните смысл обозначений.
4. Запишите формулы, по которым Вы будете рассчитывать постоянную Планка и работу выхода электрона. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Включить микроамперметр и подготовить его к работе.
2. Определить цену деления вольтметра.

3. Вставить в держатель один из светофильтров и записать указанную для него длину волны.
4. Подключить к электросети схему.
5. Убедиться в наличии фототока (измеряемого микроамперметром). Затем с помощью потенциометра R добиться того, чтобы фототок (ток микроамперметра) стал равен нулю. Величину задерживающего напряжения определить по показанию вольтметра. Измерения повторить не менее трех раз.
6. Заменить светофильтр и провести измерения с ним согласно п. 3, 5.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. По формуле (6) рассчитать частоты ν_1 и ν_2 .
2. Найти средние значения задерживающего напряжения для каждой длины волны.
3. По формуле (4) рассчитать постоянную Планка h , подставляя средние значения задерживающего напряжения.
4. По формуле (5) рассчитать работу выхода $A_{\text{вых}}$, подставляя средние значения задерживающего напряжения.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Запишите уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и поясните смысл входящих в него величин.
3. Полученные значения постоянной Планка и работы выхода сравните с табличными значениями. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе № 92

Выполнил(а) _____

Группа _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			

№ п/п	Цвет светофильтра	λ , нм	ν , Гц	U , мВ	h , Дж·с	$A_{\text{вых}}$, эВ
1						
2						
3						
				среднее		
1						
2						
3						
				среднее		

Дата _____

Подпись преподавателя _____

3. ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Основные физические постоянные

Величина	Обозначение	Значения
Гравитационная постоянная	G, γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Ускорение свободного падения	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Молярная газовая постоянная	R	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Число Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная масса воздуха	M	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Элементарный заряд	e, q_e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Удельный заряд электрона	e/m_e	$1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Электрон-вольт	1 эВ	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

2. Плотности твёрдых тел

Вещество	Плотность ρ , кг/м ³	Вещество	Плотность ρ , кг/м ³
Алюминий	2700	Свинец	11400
Медь	8960	Латунь	8400 - 8700
Железо	7860	Сталь	7800 - 8000

3. Свойства некоторых жидкостей при 20°C

Вещество	Плотность ρ , кг/м ³	Вязкость η , мПа·с	Поверхностное натяжение α , мН/м	Температура кипения t , °C
Вода	1000	1,00	72,8	100
Глицерин	1260	1480	59,4	290
Масло касторовое	955	986	32,8	

4. Удельное сопротивление ρ и температурный коэффициент α сопротивления некоторых проводников

Вещество	ρ , мкОм·м	α , 10^{-3} K^{-1}	Вещество	ρ , мкОм·м	α , 10^{-3} K^{-1}
Алюминий	0,025	4,60	Константан	0,50	0,05
Железо	0,086	6,15	Манганин	0,43	0,01
Медь	0,015	4,33	Нихром	1,10	0,12
Сталь	0,12	0,10	Фехраль	1,30	0,15

5. Интервалы длин волн и частот и соответствующие им цвета видимой части спектра*

Цвет спектра	Длина волны λ , нм	Частота ν , 10^{14} Гц
Красный	760 – 620	3,95 – 4,83
Оранжевый	620 – 590	4,83 – 5,08
Жёлтый	590 – 560	5,08 – 5,36
Зелёный	560 – 500	5,36 – 6,00
Голубой	500 – 480	6,00 – 6,25
Синий	480 – 450	6,25 – 6,66
Фиолетовый	450 – 380	6,66 – 7,89

*Область видимой части спектра заключена в границах волн приблизительно от 380 до 760 нм. Границы цветов спектра также определяются лишь условно.

Список использованной литературы

1. Волков, А. Ф. Лабораторный практикум по физике : учеб. пособие для студентов инж.-техн. специальностей высш. учеб. заведений / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева. – Донецк : ДОННТУ, 2011. – 389 с.
2. Волков, А. Ф. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования. В 2 т. Т. 1 : Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика. Электростатика. Постоянный электрический ток. Электромагнетизм / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Изд. 2-е, испр. и доп. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2019. – Систем. требования: Acrobat Reader.
3. Волков, А. Ф. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования. В 2 т. Т. 2 : Колебания и волны. Волновая и квантовая оптика. Элементы квантовой механики. Основы физики твердого тела. Элементы физики атомного ядра / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Изд. 2-е, испр. и доп. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2019. – Систем. требования: Acrobat Reader.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ по физике
для студентов ИИТЗО

Составители:

Лумпиева Таисия Петровна – доцент кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Волков Александр Фёдорович – кандидат технических наук, профессор кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»,

Ответственный за выпуск:

Волков Александр Фёдорович, заведующий кафедрой физики ГОУВПО «ДОННТУ», кандидат технических наук, доцент.