

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)**

Г.Ф. Карлова

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**Методические указания к практическим занятиям и
самостоятельной работе
для студентов всех форм обучения**

2012

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой РЭТЭМ
_____ В.И. Туев
«___» _____ 2012 г.

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Методические указания к практическим занятиям и
самостоятельной работе
для студентов всех форм обучения

Разработчики:
доцент, к.ф.-м.н. каф. РЭТЭМ
_____ Г.Ф. Карлова
«___» _____ 2012 г.

2012

Карлова Г.Ф.

Концепции современного естествознания: методические указания к лабораторному практикуму / Г.Ф. Карлова– Томск: ТУСУР, 2012. – 55 с.

Содержит описания пяти работ по основным разделам курса «Концепции современного естествознания», правила работы и требования по технике безопасности, требования к оформлению отчетов. В описании работ содержатся необходимые теоретические аспекты и методика выполнения, контрольные вопросы. Ко всему циклу работ прилагается общий список рекомендуемой литературы.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по всем специальностям и формам обучения ТУСУРа; а также преподавателям, студентам и аспирантам технических вузов.

© Карлова Г.Ф., 2012

© ТУСУР, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....	6
ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ.....	8
Лабораторная работа №1. ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА	10
1. Введение.....	10
2. Задание на лабораторную работу.....	10
3. Теоретические сведения.....	10
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	11
5. Порядок выполнения работы.....	11
6. Контрольные вопросы.....	12
Лабораторная работа №2. ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ.....	13
1. Введение.....	13
2. Задание на лабораторную работу	13
3. Теоретические сведения	14
3.1. Измерения массы, расстояния и размеров.....	14
3.2. Штангенциркуль.....	15
3.3. Микrometer.....	16
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	17
5. Порядок выполнения работы.....	17
6. Контрольные вопросы.....	18
Лабораторная работа №3. ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	18
1. Введение.....	18
2. Теоретическая часть.....	19
3. Принадлежности к лабораторной работе	24
4. Порядок выполнения работы	24
5. Контрольные вопросы.....	25
Лабораторная работа №4. ЗАКОНЫ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА...	26
1. Введение.....	26
2. Задание на лабораторную работу.....	26
3. Теоретическая часть.....	27
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	29
5. Порядок выполнения работы	29
6. Контрольные вопросы.....	29
Лабораторная работа №5. ПРОВЕРКА ЗАКОНА ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА.....	30
1. Введение.....	30
2. Задание на лабораторную работу.....	30
3. Теоретическая часть.....	31
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	32
5. Порядок выполнения работы.....	32
6. Контрольные вопросы.....	34

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	48
Приложение А. Пример оформления титульного листа.....	49
Приложение Б. Описание люксметра.....	50
Приложение В. Нормы освещенности.	53

ВВЕДЕНИЕ

«Концепции современного естествознания» – новый предмет в системе высшего образования. Основная задача курса – формирование у студентов целостного систематизированного представления о концепциях современного естествознания как одном из наиболее важных разделов науки.

Изучение данной дисциплины дает возможность понять, что такое современное естествознание; овладеть научным методом; стать всесторонне образованным, культурным человеком, разбирающимся в сущности глобальных, в том числе экологических, проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством.

Пособие ставит своей целью быть максимально полезным и доступным для студентов ТУСУРа. Оно содержит 6 лабораторных работ по дисциплине «Концепции современного естествознания». К каждой лабораторной работе дано теоретическое введение, в котором кратко обоснованы основные понятия и закономерности, связанные с работой.

При выполнении лабораторных работ студент должен продемонстрировать:

- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- знакомство с учебно-методической и дополнительной литературой по заданной теме;
- умение найти методы решения поставленной задачи из материала, представленного преподавателем или найденного самостоятельно.

Перед выполнением лабораторной работы студенты изучают принцип исследуемых и применяемых в работе устройств, их параметры и характеристики. Составляют методику исследования изучаемого устройства, которое им предлагает преподаватель, оформляют теоретическую часть отчета с необходимыми расчетами, а также методику измерений с выбранными

схемами измерений и таблицами для занесения измеряемых значений величин. Также прорабатывают требования по технике безопасности.

К лабораторной работе допускаются только те студенты, которые прошли индивидуальное собеседование с преподавателем и получившие допуск.

Выполнение лабораторных работ имеет большое значение для усвоения теоретического курса «Концепции современного естествознания» и получения необходимых практических навыков.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Перед началом лабораторных работ студенты должны получить инструктаж по технике безопасности в лаборатории и ознакомиться с правилами эксплуатации приборов и другого оборудования, используемого при выполнении работ. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия. После проведения инструктажа студент расписывается в регистрационном журнале о том, что он ознакомлен с правилами безопасной работы в лаборатории и обязуется их выполнять. Студенты, не прошедшие инструктаж, к работе не допускаются. Студенты, замеченные в нарушении настоящих правил, отстраняются от выполнения лабораторных работ.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ И ОКОНЧАНИЕМ РАБОТЫ

Каждый студент должен:

1. Знать расположение общих рубильников силовой сети напряжением 220 вольт и частотой 50 Гц для того, чтобы в случае необходимости быстро отключить питание от лабораторных установок.
2. Изучить описание лабораторной работы и инструкции к используемым приборам.
3. Ознакомиться с макетом установки.

4. Проверить наличие заземления на каждом приборе, подлежащем заземлению. В случае отсутствия заземления сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

Запрещается:

- Включать в сеть приборы, вращать ручки настройки без разрешения преподавателя.
- Переставлять приборы из установки.
- Разбирать схемы, вскрывать приборы и т.д.
- Начинать проведение эксперимента без разрешения преподавателя.
- Загромождать рабочее место и установку одеждой, сумками и др. посторонними предметами.

5. Перед началом эксперимента получить допуск у преподавателя.

6. В присутствии преподавателя включить приборы, входящие в установку, в соответствии с инструкциями к приборам и описанием лабораторной работы. Если приборы не работают, сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

7. При нарушении нормальной работы прибора (сильное зашкаливание, характерный запах горелого и т.п.) немедленно отключить прибор и сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

Запрещается:

- Работать с неисправными приборами.
- Самим проводить устранение неисправностей.
- Оставлять без наблюдения включенные приборы.

8. Если работа выполнена полностью и правильно, то по указанию преподавателя выключить приборы в соответствии с инструкцией и привести в порядок рабочее место.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

1. При появлении запаха гари, дыма или возгорания принять меры по обнаружению источника возгорания и его ликвидации.

2. В случае пожара обесточить помещение, вызвать по телефону 01 пожарную охрану, произвести эвакуацию людей, сообщить администрации о случившемся и приступить к тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения.

3. В случае поражения человека электрическим током, необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока и вызвать врача. Если пострадавший находится без сознания, то нужно привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт; если пострадавший плохо дышит, начать делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжать их делать до прибытия врача.

4. В случае затопления помещения водой необходимо обесточить помещение, вызвать сантехника, вынести ценное оборудование и при необходимости сообщить администрации о случившемся.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, изменение показаний приборов, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Записи в лабораторном журнале производят чернилами.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ ОС ТУСУР 6.1-97*. Пример оформления титульного листа приводится в приложении А.

Для оформления Отчета также необходимо ознакомиться со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93 ССИБИД. Сокращение русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати.

ГОСТ 7.32-91 ССИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Лабораторная работа № 1

ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА

Цель работы: изучение и экспериментальное исследование электрических величин; экспериментальная проверка закона Ома.

1. Введение

Ом, Георг Симон (1787–1854), немецкий физик в 1826–27 гг. установил количественную связь между силой тока, сопротивлением электрической цепи и напряжением, действующим в цепи (закон Ома).

Для участка электрической цепи закон Ома гласит: падение напряжения на данном участке цепи прямо пропорционально силе тока и электрическому сопротивлению участка. Закон Ома для замкнутой неразветвленной цепи: сила тока прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных законах и единицах измерения электрических величин в системе СИ.
2. Экспериментально проверить закон Ома.
3. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретические сведения

Для участка электрической цепи закон Ома гласит: падение напряжения на данном участке цепи прямо пропорционально силе тока и электрическому сопротивлению участка. Обозначая ток **I**, сопротивление участка **R** и напряжение **U**, имеем:

$$U = IR \quad (3.1)$$

или в другой форме

$$I = \frac{U}{R} \quad (3.2)$$

Этот вывод относится к участку цепи, не содержащему источников тока.

Можно доказать, что тот же закон имеет место и при наличии на участке источников тока. Действительно, при этом работа производится не только электрическими, но также и сторонними силами.

Например, при зарядке аккумулятора напряжение на нём положительное (т.е. знак напряжения совпадает со знаком тока), а ЭДС его отрицательна, так как аккумулятор включён встречно. Поэтому $U+E < U$, и работа по перемещению носителей заряда меньше полной работы электрических сил. По закону Ома для участка цепи, содержащего источник тока с ЭДС $=E$:

$$I = \frac{(U + E)}{R} \quad (3.3)$$

Закон Ома справедлив как для постоянного, так и для переменного тока. Зависимость тока от напряжения носит название вольт-амперной характеристики и в координатах ток – напряжение представляет собой прямую линию, наклон которой определяется сопротивлением резистора.

4. Принадлежности к лабораторной работе

1. Регулируемый источник питания.
2. Измерительные приборы – амперметр, вольтметр.
3. Набор резисторов.
4. Соединительные провода.

5. Порядок выполнения работы

1. При выполнении работы необходимо вести протокол измерений, в котором отражаются все условия проведения опытов и получения результатов, используемых в последующих расчётах и обработке результатов измерений.

2. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации измерительных приборов.

3. Собрать электрическую схему, приведённую на рисунке 5.1.

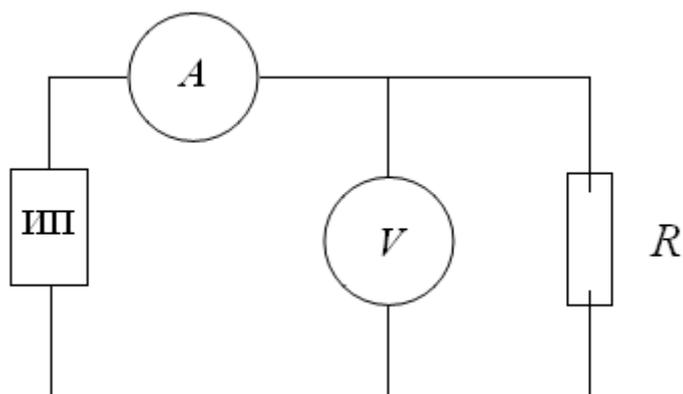


Рисунок 5.1 – Структурная схема лабораторной установки:

A – амперметр; V – вольтметр; R-резистор; ИП – источник питания

4. Включить источник питания, подать на резистор начальное напряжение по заданию преподавателя и измерить ток и напряжение. Данные записать в таблицу.

5. Увеличивая подаваемое напряжение, повторить п.4. Число снимаемых точек должно быть не менее 10.

6. Построить вольт-амперную характеристику резистора и по наклону характеристики определить величину резистора.

7. Провести проверку закона Ома для каждого из предложенных резисторов.

8. Определить погрешность вычисления величины R

9. Написать отчет, в котором отразить полученные результаты в виде таблиц и графиков. В заключении обязательно сделать выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. В чем состоит содержание лабораторной работы? Каковы ожидаемые результаты измерений и расчетов?

2. Сформулируйте закон Ома и напишите его математическую форму.

3. Сформулируйте закон Ома для полной цепи и напишите его математическую форму.

4. Укажите единицы измерения в системе СИ для силы тока I , сопротивления участка R и напряжения U .

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

Цель работы: экспериментальное изучение и освоение методов определения основных характеристик различных тел и веществ: массы, плотности, линейных размеров.

1. Введение

Пространство, масса, время – это фундаментальные понятия, характеризующие всеобщие и необходимые объективные формы бытия материи. В настоящей работе рассматриваются методы и приборы для измерения массы и линейных размеров тел, а также методы определения плотности веществ.

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных методах и единицах измерения основных характеристик веществ.
2. Научиться пользоваться весами, штангенциркулем и микрометром.
3. Экспериментально измерить массу и линейные размеры предложенных преподавателем объектов.
4. Вычислить плотность вещества по данным измерений и по таблице плотностей определить материал, из которого изготовлен объект.
5. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретические сведения

3.1. Измерения массы, расстояния и размеров

В системе СИ единицей измерения длины является 1 метр (м), а массы является 1 килограмм (кг). Производные величины соответственно:

$$1 \text{ километр (км)} = 10^3 \text{ м};$$

$$1 \text{ тонна (т)} = 10^3 \text{ кг};$$

$$1 \text{ сантиметр (см)} = 10^{-2} \text{ м};$$

$$1 \text{ грамм (г)} = 10^{-3} \text{ кг};$$

$$1 \text{ миллиметр (мм)} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$1 \text{ миллиграмм (мг)} = 10^{-6} \text{ кг};$$

$$1 \text{ микрометр (мкм)} = 10^{-6} \text{ м}.$$

Для измерения массы обычно широко используются различные типы весов. Так как ряд тел имеет очень большие размеры или очень большую массу, которую нельзя определить прямым взвешиванием, то измерение массы в этом случае проводится косвенным путём – по значению плотности тела ρ :

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где m – масса очень малого объёма V , выбранного для определения.

Для измерения больших расстояний раньше широко использовался метод триангуляции, основанный на геометрических свойствах треугольника.

В настоящее время для измерений больших расстояний широко используются различные лазерные и СВЧ дальномеры, принцип действия которых заключается в том, что до измеряемого объекта посылается соответствующий луч, регистрируется отражённый сигнал, измеряется время распространения волны до объекта и обратно и вычисляется расстояние до объекта.

Для измерения малых размеров с высокой точностью используются штангенциркули, микрометры, инструментальные микроскопы и т.д., которые позволяют измерить размеры с точностью до $\pm 0,5$ мкм.

Для калибровки и поверки устройств измерения линейных размеров служат образцовые меры длины, представляющие собой набор металлических пластин, имеющих калиброванные размеры между двумя гранями.

3.2. Штангенциркуль

Штангенциркуль (рис. 3.1) позволяет измерять линейные размеры с разной точностью. Обычно точность измерений штангенциркуля составляет 0,05 мм (иногда 0,1 мм). Он состоит из неподвижной линейки – штанги с нанесёнными на ней миллиметровыми делениями – и скользящего по ней движка. На движке имеется небольшая шкала – нониус – с 10 делениями. Каждое деление нониуса на 0,1 мм короче. Поэтому, если, ножки штангенциркуля сдвинуты, вплотную и между ними не зажато никакого предмета, то нулевое (начальное), деление нониуса совпадает с нулём подвижной линейки, первое деление нониуса не доходит на 0,1 мм до 1 мм, второе – на 0,2 мм до 2 мм и т.д. Если между ножками штангенциркуля зажаты пластинку толщиной 0,1 мм, то все деления нониуса сдвинется ещё на 0,1 мм и тогда с ближайшим делением линейки совпадёт второе деление нониуса.

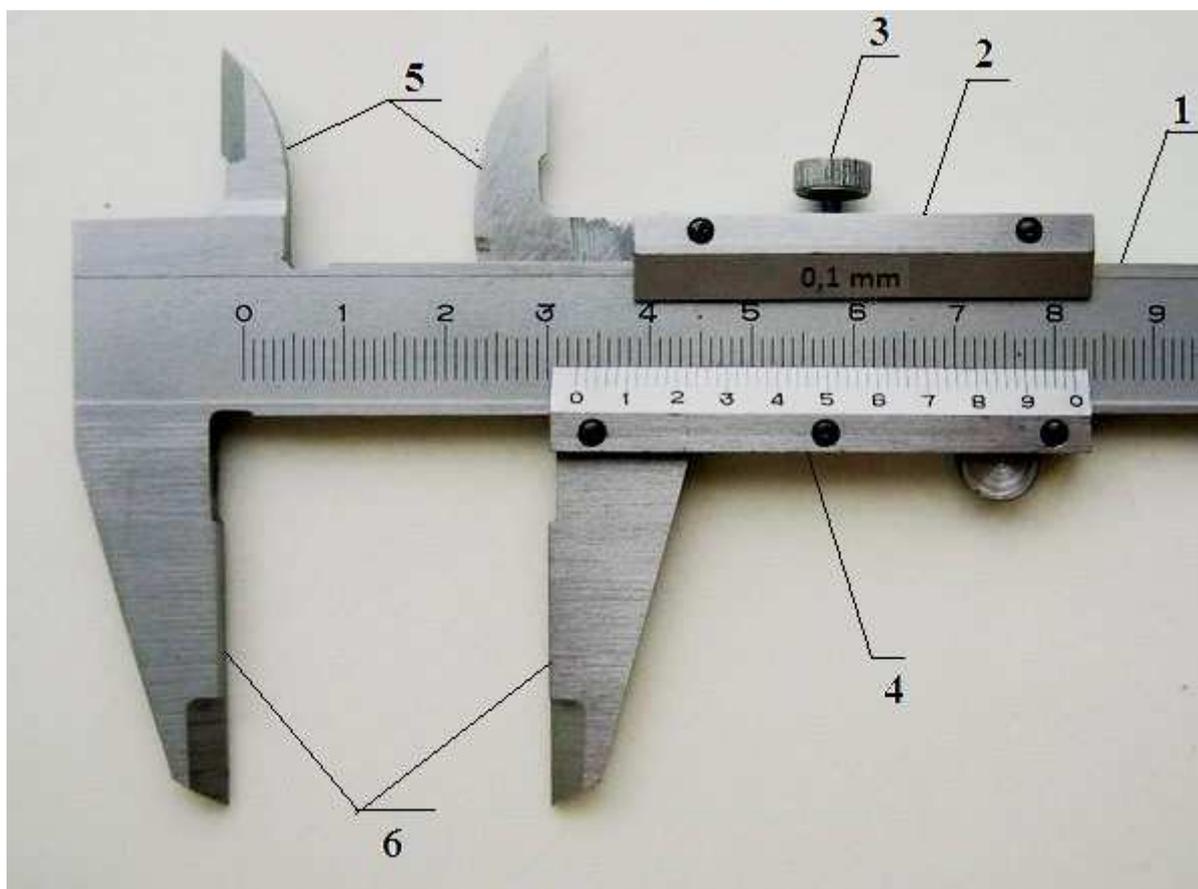


Рисунок 3.1 – Штангенциркуль

1 – штанга; 2 – рамка; 3 – зажимающий элемент; 4 – нониус; 5 - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних

размеров; б – губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров

Целые миллиметры отсчитываются по неподвижной линейке до нуля нониуса, а излишек десятых долей миллиметра определится по номеру того штриха нониуса, который совпадает с каким-нибудь делением линейки. В некоторых штангенциркулях шкала нониуса делается крупнее, занимая не 9, а 19 мм, но правило отсчёта остаётся тем же.

Нониус применяется не только в штангенциркулях; им снабжены ртутные барометры для точного отсчёта высоты ртутного столбика, угломерные геодезические инструменты, в которых нониус, называемый верньером, позволяет производить отсчёты углов с точностью до долей минуты, а также и другие точные приборы.

3.3. Микрометр

Микрометр (рис. 3.2) позволяет измерять длины с точностью до 0,01 мм. Он состоит из стальной скобы и шпинделя с винтовой нарезкой. Шаг резьбы обычно делается равным 0,5 мм. Это значит, что, повернув шпиндель на полный оборот, мы отведём его от скобы на 0,5 мм.

Шпиндель соединён с барабаном и вращается вместе с ним. По окружности барабана нанесено 50 делений. Следовательно, если повернуть барабан не на полный оборот, а лишь на одно деление, то шпиндель отойдёт от скобы на 0,01 мм. Внутри барабана имеется гильза, составляющая одно целое со скобой; на гильзе прорезана черта вдоль образующей с делениями по 0,5 мм, причём целые миллиметры расположены ниже черты, а нечётные половинки – выше неё. Чтобы не испортить измеряемый предмет и не нарушить установку инструмента, барабан надо вращать за крайнюю головку, называемую трещоткой. Как только послышится характерный звук, показывающий, что шпиндель дошёл до измеряемого предмета, следует прекратить вращение трещотки и произвести отсчёт. Целые миллиметры и половинки отсчитываются по шкале на гильзе, обнажающейся при отходе барабана, а число сотых долей

миллиметра сверх этого показания определяется по тому делению барабана, которое остановится против черты на гильзе.



Рисунок 3.2 – Микрометр

При помощи микрометра можно измерить даже такие малые величины, как толщину листа бумаги, составляющую 0,02–0,10 мм, толщину человеческого волоса 0,04–0,06 мм (или 40–60 микронов).

Отметим, что при измерении микрометром, равно как и всяким другим измерительным прибором, надо предварительно проверить нуль шкалы. При наличии расхождений в отсчёт следует вносить соответствующую поправку.

4. Принадлежности к лабораторной работе:

1. Аналитические весы.
2. Линейка, микрометр, измерительный микроскоп, образцовые меры длины.
3. Набор тел для измерений.

5. Порядок выполнения работы

1. При выполнении работы необходимо вести протокол измерений, в котором необходимо отражать все условия проведения опытов и полученные

результаты, которые будут использоваться в последующих расчётах и обработке результатов измерений.

2. Ознакомиться с приборами для измерения линейных размеров.
3. Провести измерения размеров различных объектов с помощью имеющихся приборов.
4. Провести измерения массы измерительных тел, определить плотность и по справочным данным сделать выводы о материале.
5. Написать отчёт, в котором отразить все полученные результаты и обязательно сделать выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. В чем состоит содержание лабораторной работы?
2. Расскажите про измерения массы, расстояния и размеров.
3. Какие в системе СИ используются единицы измерения длины и массы?
4. Поясните принцип работы штангенциркуля.
5. Как производится измерение диаметра провода микрометром?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель работы: изучение основных светотехнических характеристик и освоение методов измерения освещённости объектов и помещений.

1. Введение

Оптика – раздел физики, изучающий свойства света и его взаимодействия с веществом. Оптика исследует законы излучения, распространения и поглощения света, его химические, электрические и механические действия.

Оптика находит широкое применение в различных областях науки и техники. В данной работе рассматриваются вопросы, касающиеся основных законов геометрической оптики и фотометрии.

2. Теоретическая часть

Раздел оптики, в котором закон распространения света рассматривается на основе представления о световых лучах, называется геометрической оптикой. Световые лучи – нормальные к волновым поверхностям линии, вдоль которых распространяется поток световой энергии.

Еще до установления физической природы света были известны следующие основные законы оптики: закон прямолинейного распространения света в оптически однородной среде; закон независимости световых пучков (справедлив только в линейной оптике); закон отражения света; закон преломления света.

Закон прямолинейного распространения света гласит, что свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно. Доказательство этого закона – наличие тени с контрастными границами непрозрачных предметов при освещении их точечными источниками света (источниками, размеры которых значительно меньше освещаемого предмета и расстояния до него). Тщательные эксперименты показывают, что данный закон нарушается, если свет проходит через очень малые отверстия, причём отклонения от прямолинейности распространения тем больше, чем меньше отверстие. Аналогичные отклонения наблюдаются при падении света на непрозрачные предметы небольших размеров. Такие отклонения обуславливаются волновой природой света и составляют сущность явления дифракции.

Закон независимости световых пучков: эффект, производимый отдельным пучком света, не зависит от наличия других пучков. Разбивая световой пучок на отдельные световые пучки (например, с помощью диафрагм), можно показать, что действие отдельных световых пучков независимо. Если свет падает на границу раздела двух сред (двух прозрачных веществ), то падающий луч I (рис.

2.1) разделяется на два – отражённый II и преломлённый III, направления которых задаются законами отражения и преломления.

Закон отражения: отражённый луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, проведённым к границе раздела двух сред в точке падения; угол i_1^* отражения равен углу падения: $i_1^* = i_1$

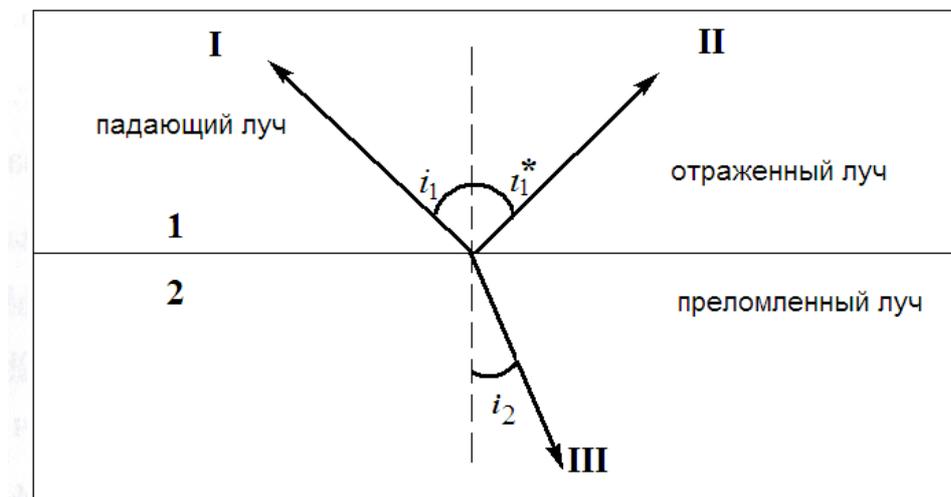


Рисунок 2.1

Закон преломления: луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела в точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}, \quad (2.1)$$

где n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой. Индексы в обозначении углов i_1, i_2, i_3 указывают в какой среде (первой или второй) проходит луч. Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$\frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (2.2)$$

Абсолютным показателем преломления среды называется величина n , равная отношению скорости c с электромагнитных волн к их фазовой скорости v в среде:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.3)$$

Из электромагнитной теории света следует: $n = \sqrt{\varepsilon \times \mu}$, где ε и μ – соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.

Учитывая (2.2), закон преломления (2.1) можно записать в виде

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (2.4)$$

Из симметрии выражения (2.4) вытекает обратимость световых лучей: если обратить луч III (рис. 2.1), заставив его падать на границу раздела под углом i_1 , то он пойдёт в обратном направлении вдоль луча I.

Если свет распространяется из среды с большим показателем преломления n_1 (оптически более плотной) в среду с меньшим показателем преломления n_2 (оптически менее плотную) ($n_1 > n_2$), например, из стекла в воду, то согласно (2.4) получим

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_1}{n_2} > 1 \quad (2.5)$$

и угол преломления i_2 , больше угла падения i_1 (рис. 2.2, а). С увеличением угла падения увеличивается угол преломления (рис. 2.2 б, в) до тех пор, пока при некотором угле падения ($i_1 = i_{\text{пр}}$) угол преломления не окажется равен $\pi/2$. Угол $i_{\text{пр}}$ называется предельным углом. При углах падения $i_1 > i_{\text{пр}}$ весь падающий свет полностью отражается (рис. 2.2, г), причём интенсивности отражённого и падающего лучей одинаковы. Такое явление называется полным отражением.

Полное отражение наблюдается при падении света из оптически более плотной среды в среду оптически менее плотную. На полном отражении основано изменение направления распространения луча в оптических призмах, применяемых в биноклях, перископах и других приборах. Явление полного отражения используется в световодах (светопроводах), представляющих собой тонкие нити (волокна) из оптически прозрачного материала. С помощью световодов можно как угодно искривить путь светового пучка. Диаметр световедущих жил составляет величину от нескольких микрометров до нескольких миллиметров.

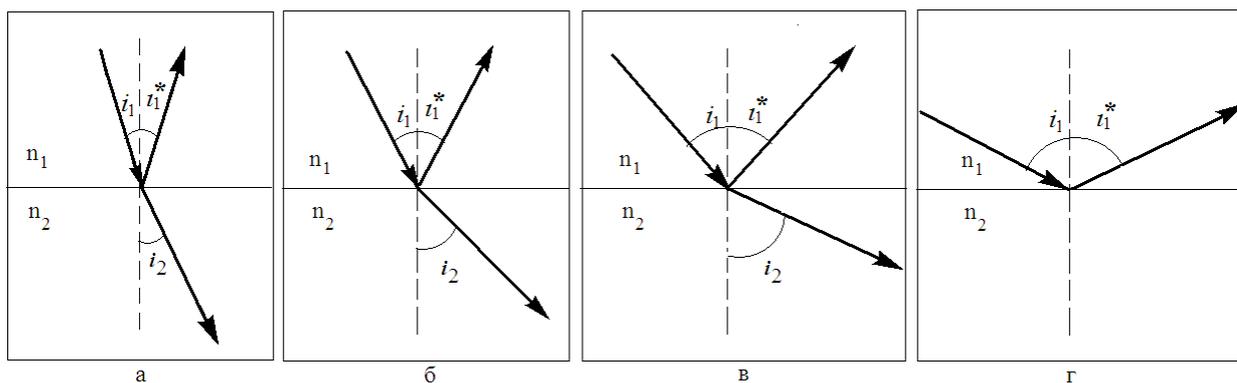


Рисунок 2.2

Для передачи изображений, как правило, применяются многоканальные световоды. Вопросы передачи световых волн и изображений изучаются в специальном разделе оптики – волоконной оптике, возникшей в 50-е годы прошлого столетия. Световоды используются в электроннолучевых устройствах, в медицинской аппаратуре и других устройствах волоконной оптики.

Фотометрия – раздел оптики, в котором изучают вопросы измерения интенсивности света. В фотометрии применяются энергетические и световые характеристики. Энергетическими характеристиками определяется энергия оптического излучения безотносительно к его действию на приёмники излучения. Световые характеристики – физиологическое действие света, оценивается по воздействию на глаз (при средней чувствительности глаза) или другие приёмники излучения.

Теперь рассмотрим *энергетические* характеристики.

Поток излучения Φ_e – величина, равная отношению энергии W излучения ко времени t :

$$\Phi_e = \frac{W}{t} \quad (2.6)$$

Единица измерения потока излучения – ватт (Вт).

Энергетическая светимость (излучаемость) R_e – величина, равная отношению Φ_e к площади S сечения, сквозь которое проходит поток:

$$R_e = \frac{\Phi_e}{S} \quad (2.7)$$

т.е. представляет собой поверхностную плотность потока излучения. Единица измерения энергетической светимости – ватт на метр в квадрате (Вт/м²).

Энергетическая сила света (сила излучения) I_e определяется с помощью понятия о точечном источнике света – источнике, размерами которого по сравнению с расстоянием до места наблюдения можно пренебречь. Энергетическая сила света I_e – величина, равная отношению потока излучения Φ_e источника к телесному углу ω , в пределах которого это излучение распространяется:

$$I = \frac{\Phi_e}{\omega} \quad (2.8)$$

Единица измерения энергетической силы света – ватт на стерадиан (Вт/ср).

Необходимо также рассмотреть *световые* характеристики. В оптических измерениях применяются различные приёмники излучения (например, фотоэлементы, фотоумножители), которые не обладают одинаковой чувствительностью к энергии излучения различных длин волн, являясь, таким образом, селективными (избирательными). Каждый приёмник излучения характеризуется своей кривой чувствительности к свету различных длин волн. Поэтому световые измерения, в отличие от энергетических, носят субъективный характер и для них вводятся световые единицы, применяемые только для видимого спектра излучения. Основная световая единица – единица силы света – кандела (кд). 1 кд – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср. Определение световых единиц аналогично определению энергетических.

Световой поток Φ определяется как мощность оптического излучения по вызываемому им световому ощущению (по действию на селективный приёмник с заданной спектральной чувствительностью). Единица светового потока – люмен (лм) – световой поток, испускаемый точечным источником силой света в

1 кд внутри телесного угла в 1 ср (при равномерности поля излучения внутри телесного угла) ($1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \times \text{ср}$).

Яркость B_φ светящейся поверхности в некотором направлении φ есть величина, равная отношению силы света в этом направлении к площади S проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению:

$$B_\varphi = \frac{I}{S \times \cos \varphi} \quad (2.9)$$

Единица измерения яркости – кандела на метр в квадрате ($\text{кд}/\text{м}^2$).

Освещенность E – величина, равная отношению светового потока Φ , падающего на поверхность к площади S этой поверхности:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (2.10)$$

Единица освещенности – люкс (лк): 1 лк – освещенность поверхности, на 1 м^2 которой падает световой поток в 1 лм ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$).

3. Принадлежности к лабораторной работе

1. Люксметр типа Ф 116.

4. Порядок выполнения работы

1. С помощью переносного фотоэлектрического люксметра (описание приведено в приложении Б) произвести измерение освещенности поверхности рабочего стола и указанных преподавателем объектов.

Измерения освещенности производят в 10 разных точках поверхности стола. Результаты измерений освещенности E , заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты эксперимента

Номер измерения							
E_i , лк							
ΔE_i , лк							

Среднее значение освещенности рассчитывают по формуле:

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{10} E_i}{10} \quad (4.1)$$

Необходимо также вычислить абсолютную и относительную ошибки. Окончательный результат следует представить в стандартной форме.

2. По таблице, приведённой в приложении В, сравнить полученные результаты и сделать выводы.

3. Написать отчет, в котором отразить полученные результаты в виде таблиц и графиков. В заключении обязательно сделать выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что изучает геометрическая оптика?
2. Назовите основные законы геометрической оптики.
3. В чём заключается закон прямолинейного распространения света?
4. Сформулируйте закон отражения света.
5. В каких случаях нарушается закон прямолинейного распространения света?
6. Что такое относительный показатель преломления?
7. Какова связь абсолютного показателя преломления с электрической и магнитной характеристиками среды?
8. Чему соответствует предельный угол?
9. При каком условии наблюдается полное отражение?
10. Можно ли наблюдать полное отражение при попадании света из оптически менее плотной среды в среду оптически более плотную?
11. Приведите примеры применения волоконной оптики?
12. Каков предмет изучения волоконной оптики?
13. Что изучает фотометрия?
14. Назовите энергетические характеристики оптического излучения.

15. Какие приёмники излучения применяются в оптических измерениях?
16. Дайте определение освещенности?
17. Каково устройство люксметра?
18. Каковы правила пользования люксметром?

Лабораторная работа № 4

ЗАКОНЫ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

Цель работы: определение величины ускорения силы тяжести на основе изучения колебаний математического маятника.

1. Введение

Математический маятник – материальная точка, совершающая под действием силы тяжести колебательное движение без трения по какой-либо линии или поверхности. Приближенно он может быть осуществлен в виде тяжелой массы достаточно малых размеров, прикрепленной к неподвижной точке на практически нерастяжимой нити.

В данной работе рассматриваются теория математического маятника, основная рабочая формула, методики измерения и расчета искомых величин.

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных законах колебаний математического маятника и единицах измерения в механике.
2. Экспериментально измерить период гармонических колебаний математического маятника.
3. Вычислить ускорение свободного падения по данным измерений и сравнить с константой по таблице фундаментальных постоянных.
4. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретическая часть

Математическим маятником называют материальную точку массой m_1 , подвешенную на тонкой невесомой и нерастяжимой нити длиной l . В положении равновесия на материальную точку массой m действует сила $P=mg$, направленная вниз (рис. 3.1). Эта сила комплектуется силой натяжения нити N , направленной вверх. Сумма сил

$$\vec{N} + \vec{P} = 0 \quad (3.1)$$

и материальная точка будет неподвижной. Это и есть условие равновесия.

Если отклонить материальную точку от положения равновесия в сторону, то сила тяжести будет направлена вниз, а сила натяжения нити действовать вдоль нити к точке А. Теперь векторная сумма этих не будет равной нулю, а будет равной некоторой силе \vec{F} , которая направлена в сторону равновесия. Она стремится вернуть материальную точку в положение равновесия. Под действием этой силы и будет происходить колебание математического маятника.

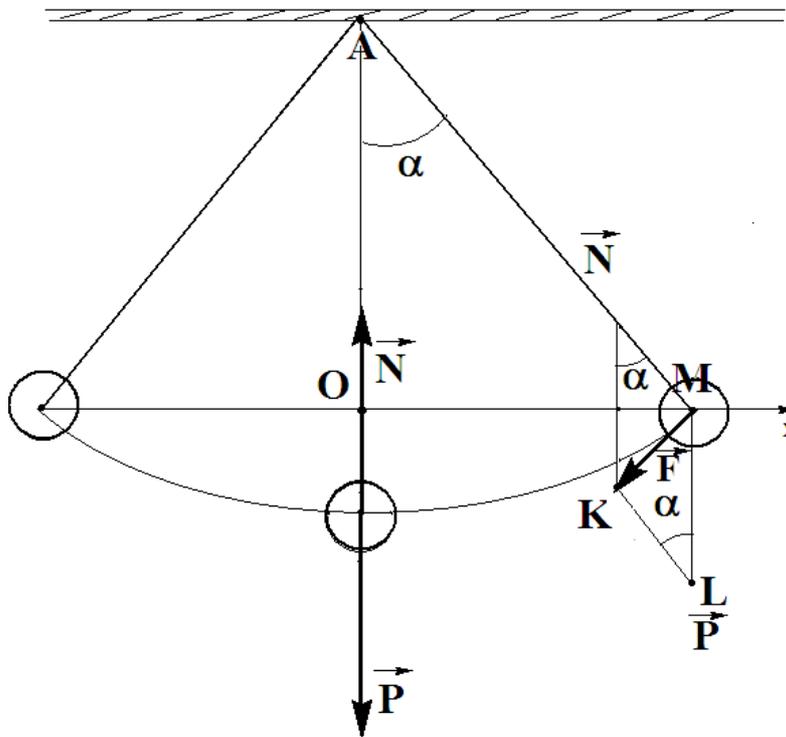


Рисунок 3.1

Введём обозначения, показанные на рисунке 3.1. Выберем начало оси X в точке O и направим её к точке M . Рассмотрим треугольники: $\Delta(AOM)$ и $\Delta(LKM)$. Они прямоугольные и соответствующие острые углы равны. Следовательно, они подобны. Поэтому

$$\frac{OM}{AM} = \frac{MK}{ML} \quad (3.2)$$

Отсюда следует, если заменить $MK=F$, $AM=l$, $ML=P$, а $OM=x$, то мы получим следующую формулу:

$$\frac{x}{l} = \frac{F}{P} \quad \text{или} \quad F = \frac{P}{l}x \quad (3.3)$$

Направление оси x составляет с направлением силы \vec{F} тупой угол. При малых колебаниях, когда происходят малые отклонения материальной точки от положения равновесия, угол между \vec{F} и \vec{x} будет близок к π .

Ограничимся рассмотрением именно таких малых колебаний маятника. Тогда:

$$F_x = -\frac{P}{l}x \quad (3.4)$$

Знак минус означает, что составляющая силы направлена против направления оси x . Заменяв в этой формуле силу и вес через массу и ускорение материальной точки, получаем:

$$ma_x = -\frac{g}{l}x \quad (3.5)$$

или

$$a_x = -\frac{g}{l}x \quad (3.6)$$

В формуле (3.6) g и l постоянные, положительные величины, поэтому можно обозначить

$$\frac{g}{l} = \omega^2 \quad (3.7)$$

Из теории колебаний следует, что ω является угловой частотой колебаний математического маятника: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где T – период колебания маятника. Тогда, выражая ω через T и подставляя в (3.7), получаем:

$$g = 1 \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (3.8)$$

Формула (3.8) и является рабочей для данной лабораторной работы.

4. Принадлежности к лабораторной работе

1. Математический маятник.
2. Секундомер.
3. Линейка.

5. Порядок выполнения работы

1. При выполнении работы необходимо вести протокол измерений, в котором отражаются все условия проведения опытов и получения результатов, используемых в последующих расчётах и обработке результатов измерений.
2. Измерить длину нити маятника.
3. Вычислить период колебаний математического маятника, измеряя 30-50 колебаний маятника по секундомеру. Провести 3 серии таких колебаний, выполняя условие малых колебаний.
4. Вычислить ускорение свободного падения.
5. Определить погрешность вычисления величины g .
6. Написать отчет, в котором отразить полученные результаты. В заключении обязательно сделать выводы по работе. Правильно ли выбраны погрешности измеряемых величин?

6. Контрольные вопросы

1. Какова модель математического маятника?
2. Что такое абсолютная и относительная погрешности?

3. Как находятся погрешности прямых и косвенных измерений?
4. Что такое малые колебания?

Лабораторная работа № 5

ПРОВЕРКА ЗАКОНА ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА

Цель работы: изучение и экспериментальная проверка закона Джоуля - Ленца.

1. Введение

Джоуль, Джеймс Прескотт (1818–1889), английский физик, экспериментально обосновал закон сохранения энергии, независимо от Ю. Майера и Г. Гельмгольца; разрабатывал кинетическую теорию газов. Ленц, Эмилий Христианович (1804–65), - русский физик, академик. Э. Ленцом дана формулировка одного из важнейших положений теории электромагнитной индукции – правило Ленца. Занимался также физико-географическими исследованиями, участвовал в кругосветном плавании, в экспедициях на Кавказ и др.

Д. Джоуль и Э.Х. Ленц, независимо друг от друга, установили закон выделения теплоты в проводнике при прохождении электрического тока, который и называется законом Джоуля–Ленца. Закон выделения тепла электрическим током в проводниках сыграл большую роль в исторической подготовке открытия закона сохранения и превращения энергии

Закон Джоуля–Ленца устанавливает, что количество тепла, выделяемого электрическим током в проводнике, прямо пропорционально сопротивлению проводника R , квадрату силы тока (I) и времени его прохождения (t):

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных законах и единицах измерения электрических величин в системе СИ.
2. Экспериментально проверить закон Джоуля – Ленца.
3. По электрическим и температурным измерениям определить изменение количества теплоты, выделяющейся в цепи, при изменении времени прохождения тока в цепи.
4. Рассчитать количество теплоты, полученное водой при прохождении тока через резистор.
5. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретические сведения

Русский физик Ленц и английский физик Джоуль, измеряя количество теплоты, выделяемой током в различных случаях, установили следующий закон (закон Джоуля–Ленца): количество теплоты, выделяемой током на участке цепи, пропорционально квадрату тока, времени его прохождения и сопротивлению участка.

Обозначая ток I , сопротивление участка R , время t и количество теплоты Q , имеем:

$$Q = I^2 R t \quad (3.1)$$

В этой формуле, если I выражен в А, t – в сек, R – в Ом, то количество теплоты Q выразится в Дж (напомним, что 1 Дж равен 0,24 кал).

По закону Ома напряжение $U=IR$. Подставляя вместо U произведение IR , получаем закон Джоуля–Ленца в виде

$$Q = I U t \quad (3.2)$$

Этот вывод относится к участку цепи, не содержащему источников тока.

Можно доказать, что тот же закон имеет место и при наличии на участке источников тока. Действительно, при этом работа производится не только электрическими, но также и сторонними силами. Поэтому формула (3.2) должна быть заменена следующей формулой

$$Q = I(U + E)t \quad (3.3)$$

Например, при зарядке аккумулятора напряжение на нём положительное (т.е. знак напряжения совпадает со знаком тока), а ЭДС его отрицательна, так как аккумулятор включён встречно. Поэтому $U+E < U$, и работа по перемещению носителей заряда меньше полной работы электрических сил. По закону Ома для участка цепи, содержащего источник тока:

$$I = (U + E)/R \quad (3.4)$$

откуда

$$IR = U + E \quad (3.5)$$

Подставляя (3.5) в формулу (3.3), имеем:

$$Q = I^2 R t \quad (3.6)$$

Итак, закон Джоуля–Ленца имеет место всегда, независимо от того, включает участок цепи источник тока или нет.

4. Принадлежности к лабораторной работе

1. Регулируемый источник питания.
2. Измерительные приборы – амперметр, вольтметр.
3. Резистор.
4. Колба с водой, термометр, секундомер.
5. Соединительные провода.

5. Порядок выполнения работы

1. При выполнении работы необходимо вести протокол измерений, в котором отражаются все условия проведения опытов и получения результатов, используемых в последующих расчётах и обработке результатов измерений.

2. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации измерительных приборов.

3. Отмерить мерным цилиндром объём $V=(100\div 300)$ миллилитров воды и залить её в колбу.

4. Градусником измерить температуру воды в колбе T_1 .
5. Собрать электрическую схему, приведённую на рисунке 5.1.

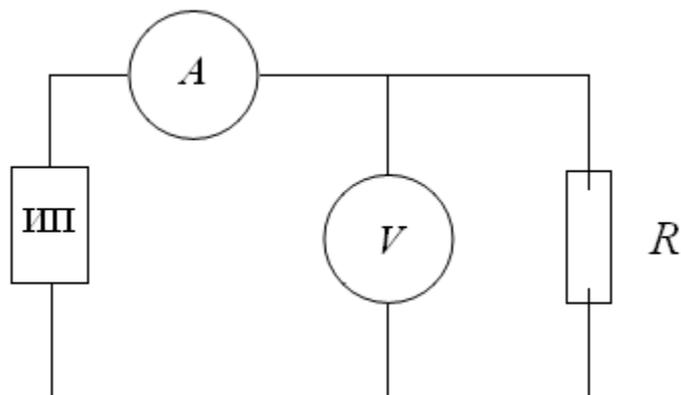


Рисунок 5.1 – Структурная схема лабораторной установки:

A – амперметр ; V – вольтметр ; R – резистор; ИП – источник питания

6. Погрузить резистор в колбу с водой.
7. Включить секундомер при включении источника питания.
8. Включить источник питания и измерить ток в цепи и напряжение на резисторе
9. Пропускать ток через резистор в течение 50–60 минут, измеряя через каждые 10 мин температуру воды, напряжение и ток. Записать конечную температуру воды T_k .
11. Провести проверку закона Джоуля–Ленца для каждого из интервалов времени.

12. Количество теплоты, необходимое для того чтобы нагреть тело, равно

$$Q_1 = cm(T_k - T_1), \text{ кал} \quad (5.1)$$

где c – удельная теплоёмкость (для воды $c = 4,18 \times 10^3$ Дж/(кг* К); m – масса тела ($m = \rho \times V$); ρ – плотность тела (ρ воды = 10^3 кг/м³). Вычислить количество теплоты Q_1 , полученное водой при протекании тока через резистор, по формуле (5.1) и сравнить его с Q по формуле (3.2).

13. Написать отчет, в котором отразить полученные результаты в виде таблиц и графиков. В заключении обязательно сделать выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. В чем состоит содержание лабораторной работы? Каковы ожидаемые результаты измерений и расчетов?
2. Сформулируйте закон Ома и напишите его математическую форму.
3. Сформулируйте закон Джоуля–Ленца и напишите его математическую форму.
4. Укажите единицы измерения в системе СИ для силы тока I , сопротивления участка R , времени t и количества теплоты Q .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев И.В. Курс общей физики.–М.: Наука, 1990. - Т.1, 2.
2. Карпенко С.Х. Концепции современного естествознания. – М. ЮНИТИ, 1997.
3. Мухачёв В.А. Оценка погрешностей измерений. Томск: ТУСУР 2003. – 20 с.
4. Учебное методическое пособие / Г. В. Смирнов, Г. М. Якунина ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра технологии радиоэлектронной аппаратуры. - Томск : ТМЦДО, 2000. - 149 с.
5. Общая химия : Учебное пособие для вузов / Н. Л. Глинка ; ред. А. И. Ермаков. - 30-е изд., испр. - М. : Интеграл-Пресс, 2005. - 727[1] с.

Приложение А

Пример оформления титульного листа

Федеральное агентство по образованию

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Наименование темы работы (прописными буквами)

Лабораторная работа по дисциплине
«Концепции современного естествознания»

Студенты гр.

_____ Ф.И.О.

_____ /Подпись/

Руководитель работы

_____ /Должность/

_____ Ф.И.О.

_____ /Подпись/

_____ /Дата/

Приложение Б

Описание люксметра

Люксметр Ф 116 состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента с насадками. Измеритель имеет две шкалы: 0–100 и 0–30. Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром с розеткой. Светочувствительная поверхность фотоэлемента составляет около 30 см².

Для уменьшения ошибки измерений насадка на фотоэлемент выполнена в виде сферы из обычной светорассеивающей пластмассы. Насадка обозначена буквой К, нанесённой на её внутреннюю сторону. Данная насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трёх других насадок, имеющих значение М, Р, Т.

Каждая из трёх насадок (М, Р, Т) вместе с насадкой К образуют три поглотителя с коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяются для расширения диапазонов измерений. Диапазоны измерений и коэффициент пересчёта шкалы (коэффициент ослабления применяемых двух насадок) приведены в таблице.

Таблица – Диапазоны измерений и коэффициент перерасчета шкалы

Диапазон измерений, лк	Условные обозначения применяемых двух насадок	Коэффициент пересчёта шкалы
5 – 30 17 – 100	без насадок с открытым фотоэлементом	1
50 – 300 170 – 1 000	К, М	10
500 – 3 000 1 700 – 10 000	К, Р	100
5 000 – 30 000 17 000 – 100 000	К, Т	1000

Шкалы прибора не равномерны, градуированы в люксах; одна шкала имеет 100 делений, другая – 30 делений. Начальные значения диапазонов измерений на каждой шкале отмечены точкой.

Относительная ошибка люксметра в диапазонах измерений 5–30 и 17–100 лк (без насадок) составляет около 10%. При переходе на диапазоны измерений с насадками относительная ошибка измерений не превышает 15%.

При подготовке к измерениям измеритель люксметра устанавливается в горизонтальное положение. Принцип отсчёта значений измеряемой освещённости состоит в следующем. При нажатой правой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов, кратные 10, следует пользоваться для отсчёта показаний шкалой 0–100, а при нажатии левой кнопки – 0–30. Показания прибора в делениях умножают на коэффициент пересчёта шкалы, указанный в таблице выше.

Например, на фотоэлементе установлены насадки К, Р, нажата левая кнопка, стрелка показывает 10 делений по шкале 0–30. Измеряемая освещённость равна $10 \cdot 100 = 1000$ лк.

Для получения правильных показаний люксметра следует оберегать селеновый фотоэлемент от изменений освещённости, не соответствующей выбранным насадкам. Поэтому если величина измеряемой освещённости неизвестна, лучше начинать измерения с установки на фотоэлемент насадок К, Т.

Для ускорения поиска диапазона измерений целесообразно вначале последовательно установить насадки: К, Т; К, Р; К, М, и при каждой насадке сначала нажать правую кнопку, а затем левую. Если при насадках К, М и нажатой левой кнопке стрелка не доходит до 5 делений по шкале 0–30, измерения производят без насадок, т.е. открытым фотоэлементом.

При измерении освещённости поверхности стола фотоэлемент устанавливают параллельно плоскости стола на таком расстоянии, чтобы тень от фотоэлемента или других предметов не попадала на освещаемую поверхность и на фотоэлемент.

После окончания измерений следует отсоединить фотоэлемент от измерителя люксметра, надеть на фотоэлемент насадку Т и уложить в крышку футляра.

Приложение В

Нормы освещенности.

Таблица – Допустимая наименьшая освещенность поверхностей в производственных помещениях (по СНиП 23-05-95 с учетом изменений)

Характеристика зрительной работы	Наимен. размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Освещенность		
					Характеристика фона	Комбинированное освещение	Общее освещение
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	A	Малый	Темный	5000	-
			B	Малый Средний	Средний Темный	4000	1250
			B	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500	750
			Г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500	400
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	A	Малый	Темный	4000	-
			B	Малый Средний	Средний Темный	3000	750
			B	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	500
			Г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000	300
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	III	A	Малый	Темный	2000	500
			B	Малый Средний	Средний Темный	1000	300
			B	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	300
			Г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200
Средней точности	Свыше 0,5 до 1	IV	A	Малый	Темный	750	300
			B	Малый Средний	Средний Темный	500	200
			B	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200
			Г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	300	150
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	A	Малый	Темный	300	200
			B	Малый Средний	Средний Темный	200	150
			B	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	150
			Г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	100
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	-	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном		-	150
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	-	То же	-	200	
Общее наблюдение за ходом производствен. процесса (постоян.)		VII	A	То же	-	75	

Заказ _____. Тираж 200.

Усл. печ. л. 3,72. Формат 60x84/16.

Отпечатано в Томском государственном университете
систем управления и радиоэлектроники.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.