

№ 2760

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра физики

Физика

Оптика. Атомная и ядерная физика

Лабораторный практикум
Часть 2

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2016

УДК 535.1...5; 539.1
Ф50

Рецензент
д-р физ.-мат. наук, проф. *С.И. Мухин*

Авторы: С.И. Валянский, Е.В. Данилова, А.А. Докучаева, В.А. Докучаева,
Э.Н. Колесникова, С.М. Курашев, Е.К. Наими, И.Ф. Уварова

Физика: Оптика. Атомная и ядерная физика : лаб. практикум.
Ф50 Ч. 2 / С.И. Валянский [и др.]. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. –
131 с.

Лабораторный практикум по разделу «Оптика. Атомная и ядерная физика» состоит из двух частей. Во второй части приведены описания восьми лабораторных работ, поставленных на базе современного оборудования фирмы RHYWE.

Рассмотрены следующие темы: фотометрический закон обратных квадратов расстояний; закон Ламберта; кольца Ньютона; построение зон Френеля; дифракция света на нескольких щелях и дифракционных решетках; дисперсионная и разрешающая способность призмы и дифракционного спектроскопа; эффект Керра; закон Стефана – Больцмана. К каждой лабораторной работе дано теоретическое введение.

Содержание работ соответствует учебной программе по дисциплине «Физический лабораторный практикум».

Предназначено для студентов всех направлений обучения.

УДК 535.1...5; 539.1

СОДЕРЖАНИЕ

Общая характеристика дисциплины «Физический лабораторный практикум»	4
Физический лабораторный практикум «Оптика. Атомная и ядерная физика». Часть 2. Аннотации лабораторных работ (Е.К. Наими)	9
Лабораторная работа 3-10. Фотометрический закон обратных квадратов расстояний (А.А. Докучаева).....	10
Лабораторная работа 3-11. Закон Ламберта (С.И. Валянский).....	24
Лабораторная работа 3-12. Кольца Ньютона (Е.В. Данилова).....	35
Лабораторная работа 3-13. Построение зон Френеля (С.М. Курашев).....	46
Лабораторная работа 3-14. Дифракция света на нескольких щелях и дифракционных решетках (И.Ф. Уварова)	64
Лабораторная работа 3-15. Дисперсионная и разрешающая способность призмы и дифракционного спектрографа (Е.К. Наими)	83
Лабораторная работа 3-16. Эффект Керра (Э.Н. Колесникова).....	102
Лабораторная работа 3-17. Закон Стефана – Больцмана (А.А. Докучаева, В.А. Докучаева).....	123

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ»

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели:

1. Сформировать навыки проведения физического эксперимента с использованием современного физического оборудования и компьютерных методов обработки результатов измерений.

2. Научить применять полученные знания при изучении и усвоении других разделов физики и общепрофессиональных дисциплин, а также специальных дисциплин по направлениям обучения.

Задачи:

1. Научить методам постановки и проведения экспериментального исследования физических явлений и процессов на основе знаний универсальных законов физики.

2. Научить использовать современные вычислительные средства для компьютерного моделирования различных физических процессов и явлений.

3. Научить осуществлять обработку экспериментальных результатов с применением автоматизированных систем и компьютерной техники.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Физика – наука, изучающая наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы ее движения. Поэтому понятия физики и ее законы лежат в основе естествознания. Границы, отделяющие физику от других естественных наук, в значительной мере условны и меняются с течением времени.

В своей основе физика – экспериментальная наука: ее законы базируются на фактах, установленных опытным путем. Эти законы представляют собой количественные соотношения и формулируются на математическом языке. Различают *экспериментальную физику* – опыты, проводимые для обнаружения новых фактов и для проверки известных физических законов, и *теоретическую физику*, цель которой состоит в формулировании законов природы и объяснении конкретных явлений на основе этих законов, а также в предсказании новых явлений. При изучении любого явления опыт и теория в равной мере необходимы и взаимосвязаны.

Физика является базовой дисциплиной для естественнонаучного цикла дисциплин, предназначенных для подготовки бакалавров по всем направлениям обучения, связанным как с наукой о материалах, так и с техникой. Наряду с усвоением фундаментальных знаний и законов, подкрепленных натурным лабораторным практикумом, данный курс ставит также цель привить студентам навыки и умение моделировать различные физические процессы и явления. Применение компьютерных моделей в физическом практикуме, не заменяя традиционные формы обучения, предоставляет новые технологии для процесса обучения. Компьютерные модели являются наглядным представлением экспериментов, достоверно отражают физические законы, а диапазон регулируемых параметров позволяет получать достаточное количество исследуемых состояний. Поэтому комплексный подход к использованию натурального и виртуального лабораторных практикумов по физике является методически обоснованным.

Настоящий курс разделен на три семестровых модуля:

1. Физический лабораторный практикум 1 (Механика и молекулярная физика).
2. Физический лабораторный практикум 2 (Электричество и магнетизм).
3. Физический лабораторный практикум 3 (Оптика. Атомная и ядерная физика).

Каждый модуль имеет практико-ориентированную направленность.

3. Компетенции

Уметь использовать полученные знания универсальных законов физики для корректной постановки и решения экспериментальных задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности; решать экспериментальные задачи с применением современного оборудования и различных методик, в том числе с использованием вычислительных средств. Уметь выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических процессов и явлений; осуществлять обработку экспериментальных результатов с применением автоматизированных систем и пакетов специализированных прикладных программ.

4. Образовательные технологии и методические рекомендации по изучению дисциплины

При изучении вопросов, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Физический лабораторный практикум», преподаватель совместно с куратором лаборатории определяют порядок и степень детализации выполнения лабораторных работ с учетом целей и задач конкретного направления подготовки бакалавров. Студенты должны знать о роли и значении получаемых знаний, умений и опыта для успешной профессиональной работы в выбранном направлении.

Для изучения дисциплины в библиотеке МИСиС имеется обязательная и дополнительная учебная литература, указанная далее в п. 6. При реализации различных видов учебной работы необходимо использовать в требуемом объеме информационный ресурс электронного контента (п. 6), размещенного на сайте кафедры физики НИТУ «МИСиС» <http://www.misis.ru>, а также в информационной образовательной системе МИСиС-СИТИ <http://www.sp.misis.ru>

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях кафедры физики, оснащенных современным лабораторным оборудованием и имеющих сетевую версию виртуального практикума с рабочими местами на два человека, оснащенными персональными компьютерами. Каждая работа включает в себя следующие разделы: цель работы; теоретическое введение; описание экспериментальной установки; порядок выполнения работы; обработка результатов эксперимента; библиографический список; контрольные вопросы для самопроверки. Все перечисленные разделы должны быть обязательно освещены в лабораторном журнале (конспекте лабораторной работы) студента.

Выполнение каждой лабораторной работы рассчитано на два академических часа. Каждый студент выполняет только те лабораторные работы, которые предусмотрены его маршрутом. Компьютерные лабораторные работы выполняются в часы проведения лабораторных занятий.

При выполнении лабораторных работ необходимо строго следить за соблюдением студентами правил техники безопасности и охраны труда, установленных на рабочих местах в лаборатории. Каждому студенту в начале семестра должно быть выдано индивидуальное задание для выполнения лабораторных работ.

Проведение контроля подготовленности студентов к лабораторным занятиям, итогового и промежуточного контроля уровня освое-

ния знаний по разделам дисциплины, а также предварительного итогового контроля уровня освоения знаний за семестр рекомендуется проводить с использованием сертифицированных тестов и автоматизированной системы обработки результатов тестирования. Также рекомендуется использование единой системы обозначения физических величин (СИ).

5. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины

1. Специализированная учебная лаборатория «Механика. Молекулярная физика и термодинамика» (комн. Л-551, Л-553).
2. Специализированная учебная лаборатория «Электричество и магнетизм» (комн. Л-531, Л-533).
3. Специализированная учебная лаборатория «Оптика. Атомная и ядерная физика» (комн. Л-522, Л-524).

Все специализированные учебные лаборатории оснащены современными лабораторным оборудованием фирмы RHYWE (Германия) и имеют сетевую версию «Виртуального практикума по физике для вузов».

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

Физика. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: Лаб. практикум. Ч. 1. М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. 126 с.

Физика. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: Лаб. практикум. Ч. 2. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. 123 с.

Физика. Электричество и магнетизм: Лаб. практикум. Ч. 1. М.: Изд. Дом МИСиС, 2015. 140 с.

Физика. Электричество и магнетизм: Лаб. практикум. Ч. 2. М.: Изд. Дом МИСиС, 2015. 158 с.

Физика. Оптика. Атомная и ядерная физика: Лаб. практикум. Ч. 1. М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. 132 с.

Физика. Оптика. Атомная и ядерная физика: Лаб. практикум. Ч. 2. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. 148 с.

Степанова В.А. Физика. Лабораторный практикум с компьютерными моделями. М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. 128 с.

Капуткин Д.Е., Шустиков А.Г. Физика. Обработка результатов измерений при выполнении лабораторных работ: Учеб. пособие. М.: МИСиС, 2007. 108 с.

Дополнительная литература:

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: АСТ. Астрель, 2006. Кн. 1. 253 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: АСТ. Астрель, 2006. Кн. 2. 289 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: АСТ. Астрель, 2007. Кн. 3. 336 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: АСТ. Астрель, 2004. Кн. 4. 327 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: АСТ. Астрель, 2001. Кн. 5. 464 с.

Электронный контент:

Механика: Лаб. практикум / Е.К. Наими, М.И. Белов, В.А. Степанова и др. 2009. М.: Изд. Дом МИСиС. (<http://www.misis.ru/ru/1506>)

Молекулярная физика и термодинамика: Лаб. практикум / Е.К. Наими, Д.Е. Капуткин, И.Ф. Уварова и др. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. (<http://www.misis.ru/ru/1506>)

Электромагнетизм: Лаб. практикум / Е.К. Наими, Д.Е. Капуткин, Ю.А. Рахштадт и др. М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. (<http://www.misis.ru/ru/4528>)

Оптика: Лаб. практикум / Е.К. Наими, Д.Е. Капуткин, Ю.А. Рахштадт и др. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. (<http://www.misis.ru/ru/1510>)

Атомная и ядерная физика: Лаб. практикум / Е.К. Наими, Ю.А. Рахштадт, И.Ф. Уварова и др. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. (<http://www.misis.ru/ru/1510>)

Колебания и волны: Лаб. практикум / Е.К. Наими, С.М. Курашев, И.Ф. Уварова и др. М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. (<http://www.misis.ru/ru/4528>)

Рахштадт Ю.А. Справочные материалы к учебной общеуниверситетской дисциплине «Физика» (глоссарий). М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. (<http://www.misis.ru/ru/1311>)

*Руководитель учебной лаборатории физического практикума
профессор Е.К. Наими*

ФИЗИЧЕСКИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ОПТИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»

Часть 2

Аннотации лабораторных работ

Е.К. Наими

Физический лабораторный практикум «Оптика. Атомная и ядерная физика» состоит из двух частей и включает 16 лабораторных работ, выполняемых студентами 2-го курса всех направлений подготовки бакалавров и специалистов НИТУ «МИСиС» в соответствии с учебными планами по дисциплине «Физический лабораторный практикум», модуль 3: «Оптика. Атомная и ядерная физика».

Все лабораторные работы поставлены на базе современного оборудования фирмы RHYWE (Германия). Лабораторное оборудование, производимое фирмой RHYWE, отличается высокая надежность, наглядность изучаемого физического явления, хороший дизайн. Многие работы снабжены аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) **Cobra 3** и персональными компьютерами с установленной на них универсальной программой **Measure**, что позволяет в ходе выполнения лабораторной работы осуществлять управление физическим экспериментом, создавать базу данных, оперативно обрабатывать результаты измерений, представляя их в виде цифрового и/или графического материала.

Каждая работа включает следующие разделы: цель работы; теоретическое введение; описание экспериментальной установки; порядок выполнения работы; обработка результатов эксперимента; библиографический список; контрольные вопросы для самопроверки. Перечисленные разделы должны быть обязательно освещены в лабораторном журнале (конспекте лабораторной работы) студента.

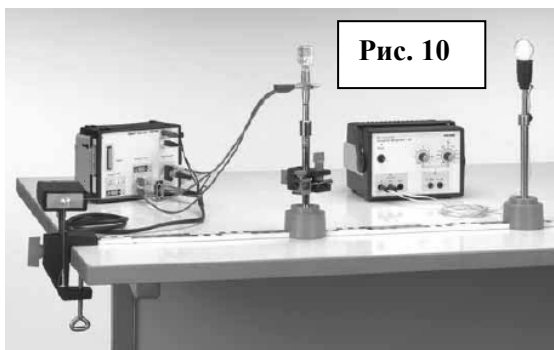
Выполнение каждой лабораторной работы рассчитано на два академических часа.

Лабораторные работы необходимо выполнять, строго соблюдая правила техники безопасности и охраны труда, установленные на рабочем месте студента в лаборатории.

Вторая часть лабораторного практикума включает в себя восемь лабораторных работ.

Лабораторная работа 3-10

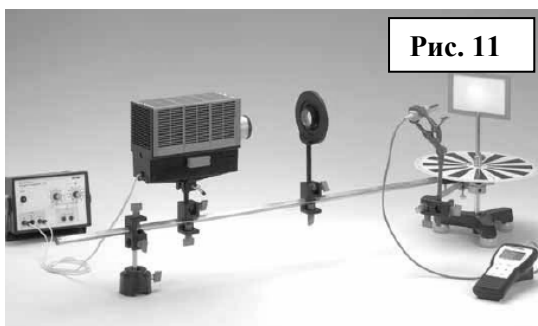
Фотометрический закон обратных квадратов расстояний



Цель работы – экспериментально проверить фотометрический закон зависимости освещенности от квадрата обратных расстояний. Даются определения основных фотометрических величин (силы света, светового потока, яркости, освещенности), а также единиц их измерения в СИ. Формулируется основной закон фотометрии, согласно которому освещенность E уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния r от источника света постоянной силы. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений с использованием цифрового измерительного модуля **Cobra 3**. Указываются расчетные формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей определения освещенности и расстояний.

Лабораторная работа 3-11

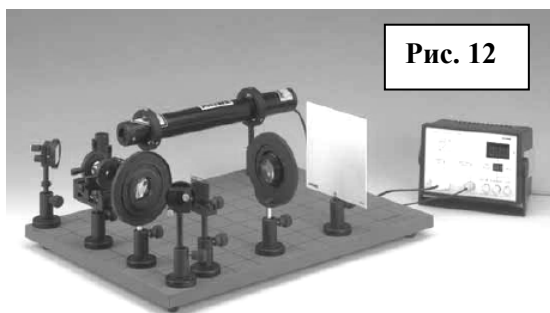
Закон Ламберта



Цель работы – экспериментально проверить закон Ламберта. Излагаются основы фотометрии – раздела физической оптики, в котором рассматриваются энергетические характеристики оптического излучения, распространяющегося в различных средах и взаимодействующего с веществом. Указываются области использования теоретических и экспериментальных методов фотометрии в светотехнике и технике сигнализации, в астрономии и астрофизике, при расчете переноса излучения в плазме газоразрядных ис-

точников света, при химическом анализе веществ, в пирометрии, при расчетах теплообмена излучением, в других областях науки и производства. Даются определения основных фотометрических величин (силы света, светового потока, яркости, светимости, освещенности), а также единиц их измерения в СИ. Формулируется закон Ламберта, согласно которому плоская поверхность, имеющая одинаковую яркость по всем направлениям, излучает свет, сила которого изменяется по закону косинуса. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Даются расчетные формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей определения светимости.

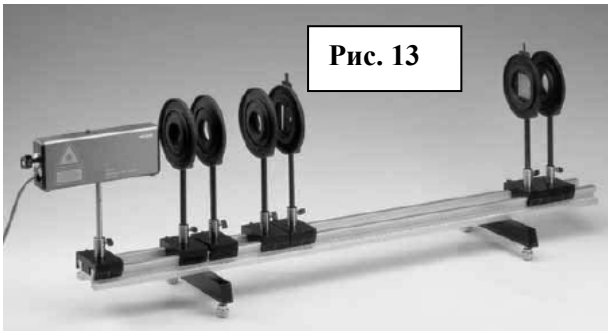
Лабораторная работа 3-12 Кольца Ньютона



Цель работы – изучить явление интерференции света; определить радиус кривизны плосковыпуклой линзы при наблюдении колец Ньютона в монохроматическом свете известной длины волны; определить неизвестную длину волны монохроматического света при заданном радиусе кривизны линзы.

На основе волновой теории рассматривается суперпозиция двух световых волн, при которой наблюдается явление интерференции света. Формулируются необходимые и достаточные условия получения интерференционной картины. Описаны различные способы получения интерференционной картины. Как частный случай рассмотрены интерференционные «полосы равной толщины» (кольца Ньютона), возникающие при отражении света от поверхностей тонкого воздушного клина, образованного плосковыпуклой линзой и стеклянной пластинкой. Дается вывод формул для определения радиуса кривизны линзы и длины световой волны. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Указываются расчетные формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей определения радиуса кривизны линзы и длины световой волны.

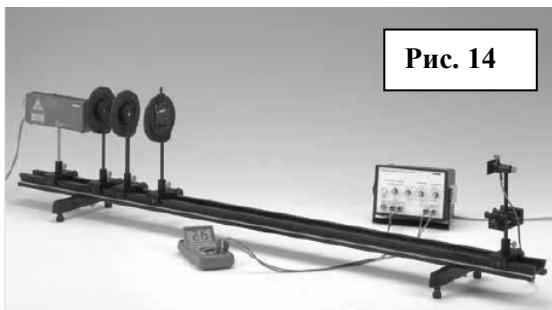
Лабораторная работа 3-13 Построение зон Френеля



Цель работы – изучить явление дифракции Френеля на круглом отверстии; научиться рассчитывать радиусы зон Френеля и определять результат дифракции в зависимости

от количества зон, помещающихся в плоскости отверстия. На основе волновой теории света описывается явление дифракции света на круглом отверстии. Формулируется принцип Френеля разбиения первичного волнового фронта на зоны. Дается вывод формул для определения радиусов зон Френеля и фокусных расстояний зональной пластинки. Устанавливается зависимость между радиусами колец, их порядковыми номерами и фокусными расстояниями зональной пластинки. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Даются расчетные формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей определения радиусов зон Френеля и фокусных расстояний зональной пластинки.

Лабораторная работа 3-14 Дифракция света на нескольких щелях и дифракционных решетках



Цель работы – экспериментально изучить дифракцию света в параллельных лучах (дифракцию Фраунгофера) на трех и четырех щелях и на дифракционных решетках; определить на основе полученных дифракцион-

ных картин длину световой волны лазерного излучения и ширину щелей. Дается определение дифракции световых волн как совокупности явлений, связанных с отклонениями от законов геометрической оптики при распространении света в среде с резкими неоднородностями. Формулируется основной принцип волновой теории света – принцип Гюйгенса – Френеля. Рассматривается дифракция сферических и плоских волн на конечном расстоянии от преграды (дифракция Френеля) и дифракция в параллельных пучках (дифракция Фраунгофера). Указывается количественный критерий, позволяющий определить, какой тип дифракции имеет место в том или ином случае. Подробно излагается теория дифракции Фраунгофера на одной и нескольких щелях, а также на дифракционной решетке. Дается вывод формул для расчета интенсивности света в зависимости от угла дифракции при дифракции Фраунгофера на одной щели, на нескольких щелях и на дифракционной решетке. Указываются условия для определения положения главных дифракционных максимумов, добавочных минимумов и вторичных максимумов в зависимости от ширины щели и длины световой волны. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Даются расчетные формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей определения длины волны используемого лазерного излучения и ширины щелей.

Лабораторная работа 3-15 **Дисперсионная и разрешающая способность призмы** **и дифракционного спектроскопа**

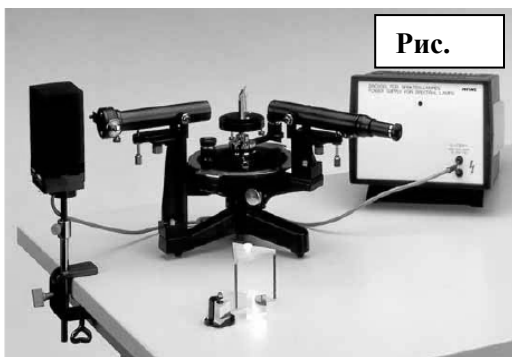


Рис.

Цель работы – изучить принцип действия и основные характеристики дифракционных и призматических спектральных приборов; измерить с помощью дифракционной решетки длину световых волн в спектре излучения ртутной лампы; определить дисперсию и разрешающую способность призматического и дифракционного спектрометров. Описываются два класса спектральных приборов, отличаю-