

№ 2540

Физика

Электричество и магнетизм

Лабораторный практикум

Часть 1

№ 2540

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

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

Кафедра физики

Физика

Электричество и магнетизм

Лабораторный практикум
Часть 1

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2015

УДК 537.6
Ф50

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

Авторы: Т.М. Ахметчина, С.А. Бондарева, Т.И. Иогансен,
Е.В. Каевичер, Д.Е. Капуткин, Э.Н. Колесникова, С.М. Курашев,
Т.В. Морозова, Е.К. Наими, В.А. Степанова

Физика: электричество и магнетизм : лаб. практикум. Ч. 1 /
Ф50 Т.М. Ахметчина [и др.]. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2015. – 141 с.

Лабораторный практикум по разделу «Электричество и магнетизм» состоит из двух частей. В первой части приведены описания восьми лабораторных работ, поставленных на базе современного оборудования фирмы RHYWE.

Рассмотрены следующие темы: электрическое поле в диэлектриках; законы постоянного тока; закон Био – Савара – Лапласа; действие магнитного поля на проводники с током; магнитное поле Земли; сила Лоренца; свойства ферромагнетиков; нестационарные явления в электрических цепях. К каждой работе дано теоретическое введение.

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

Предназначено для студентов всех направлений обучения.

УДК 537.6

СОДЕРЖАНИЕ

Общая характеристика дисциплины	
«Физический лабораторный практикум»	4
Физический лабораторный практикум.	
«Электричество и магнетизм». Часть 1.	
Аннотации лабораторных работ (<i>Е.К. Науми</i>)	9
Лабораторная работа 2-01.	
Диэлектрические свойства материалов (<i>С.А. Бондарева</i>).....	17
Лабораторная работа 2-02.	
Мост сопротивлений (<i>Т.М. Ахметчина</i>).....	30
Лабораторная работа 2-03.	
Магнитное поле прямого проводника с током (<i>В.А. Степанова</i>).....	48
Лабораторная работа 2-04.	
Магнитное поле Земли (<i>С.М. Курашев</i>)	64
Лабораторная работа 2-05.	
Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях (<i>Э.Н. Колесникова</i>).....	85
Лабораторная работа 2-06.	
Контур с током в магнитном поле (<i>Т.И. Иогансен</i>).....	97
Лабораторная работа 2-07.	
Ферромагнитный гистерезис (<i>Д.Е. Капуткин, Т.В. Морозова</i>)	113
Лабораторная работа 2-08.	
Переходные процессы в цепи, содержащей емкость и индуктивность (<i>Е.В. Каевциер</i>)	125

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 в 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 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 четыре 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).
4. Физический лабораторный практикум 4 (Физика волновых процессов).

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; обработку 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 осуществлять 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. Б-709, Б-711).
2. Специализированная учебная лаборатория «Электричество и магнетизм» (комн. Б-718, Б-720).
3. Специализированная учебная лаборатория «Оптика. Атомная и ядерная физика» (комн. Б-713, Б-715).
4. Специализированная учебная лаборатория «Колебания и волны» (комн. Б-722).
5. Специализированный кабинет самостоятельной подготовки студентов (комн. Б-708).

Все специализированные учебные лаборатории оснащены современным лабораторным оборудованием фирмы «РНУВЕ» (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. Электромагнетизм: Лаб. практикум: Ч. 1. М.: Изд. Дом МИСиС. 2009. 140 с.

Физика. Электромагнетизм: Лаб. практикум: Ч. 2. М.: Изд. Дом МИСиС. 2010. 140 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. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. (<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» (гlossарий). М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. (<http://www.misis.ru/ru/1311>)

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

ФИЗИЧЕСКИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Часть 1

Аннотации лабораторных работ

Е.К. Науми

Физический лабораторный практикум «Электричество и магнетизм» состоит из двух частей и включает 17 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 2: «Электричество и магнетизм».

Все лабораторные работы поставлены на базе современного оборудования фирмы RHYWE (Германия). Лабораторное оборудование, производимое фирмой RHYWE, отличается высокой надежностью, наглядностью 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.

Первая часть лабораторного практикума включает в себя восемь лабораторных работ.

Лабораторная работа 2-01. Диэлектрические свойства материалов

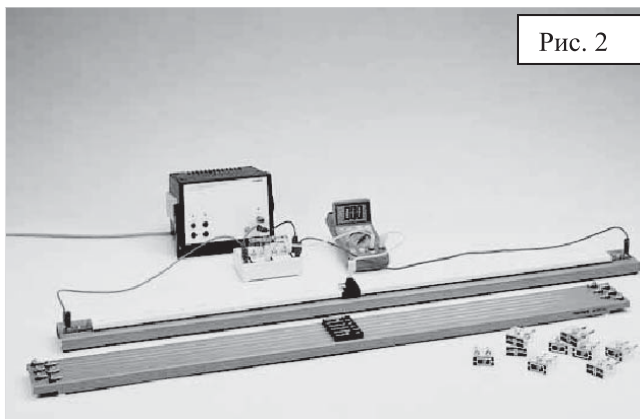
Цель работы (рис. 1) – определить электрическую постоянную и измерить диэлектрическую проницаемость различных диэлектриков. Излагаются основы электростатики полярных и неполярных диэлектриков. Описываются различные механизмы поляризации диэлектриков во внешнем электрическом поле. Приводится описание метода определения диэлектрической проницаемости, основанного на изменении заряда на обкладках плоского конденсатора, заполненного исследуемым диэлектриком. Дается описание экспериментальной установки для определения диэлектрической проницаемости данным методом. Приводятся расчетные формулы для определения электрической постоянной и диэлектрической проницаемости, а также формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей их измерения.



Лабораторная работа 2-02. Мост сопротивлений

Цель работы (рис. 2) – опытным путем проверить выполнимость законов Ома и правил Кирхгофа; измерить сопротивление проводников, а также сопротивление резисторов при их последовательном и параллельном соединении; исследовать зависимость сопротивления однородного цилиндрического проводника от его поперечного сечения. Рассматриваются условия возникновения и поддержания постоянного тока в металлических проводниках. Отмечается зависимость сопротивления металлического проводника как от свойств металла, так и от его геометрических размеров. Вводится понятие ЭДС источ-

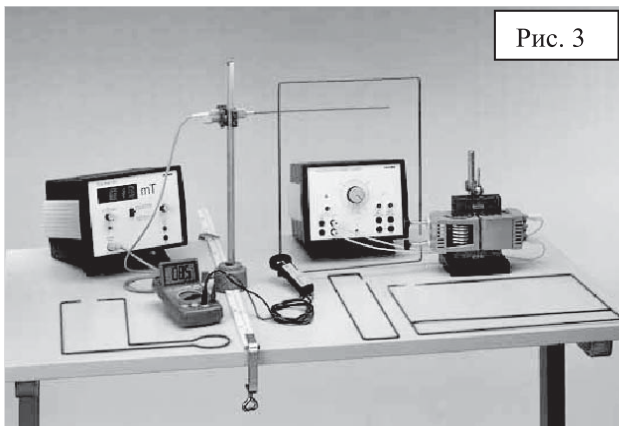
ника тока. Формулируются законы Ома для однородного и неоднородного участков цепи и для полной цепи. Дается вывод правил Кирхгофа. Рассматриваются последовательное и параллельное соединение резисторов. Описывается метод одинарного моста Уитстона, используемый в данной лабораторной работе для определения сопротивлений. Приводится описание экспериментальной установки и порядка обработки результатов измерений. Даются расчетные формулы для определения сопротивлений, а также формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей их измерения.



Лабораторная работа 2-03.

Магнитное поле прямого проводника с током

Цель работы (рис. 3) – исследовать зависимость индукции магнитного поля прямого проводника с током от расстояния до проводника, а также магнитной индукции поля от тока в проводнике. Дается определение индукции магнитного поля. Формулируется теорема о циркуляции магнитного поля, на основании которой выводится формула для индукции магнитного поля бесконечно длинного прямого проводника с током. Формулируются закон Био – Савара – Лапласа и принцип суперпозиции магнитных полей, с помощью которых выводятся формулы для индукции магнитного поля прямого проводника с током конечной длины и прямоугольной рамки с током. Приводится описание экспериментальной установки, порядка проведения и обработки результатов измерений. Даются формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей измерения.



Лабораторная работа 2-04. Магнитное поле Земли

Цель работы (рис. 4) – экспериментально определить горизонтальную и вертикальную составляющие, а также магнитное наклонение геомагнитного поля. Подробно описывается история открытия и изучения магнитного поля Земли. Подчеркивается практическая важность этих исследований для понимания строения и свойств глубоких слоев Земли, а также физических процессов в ее недрах. Дается определение элементов земного магнетизма – склонения и наклонения. Описываются модели земного магнетизма (магнитно-дипольная модель Гаусса, модель земного магнетизма Эльзессера), хорошо укладывающиеся количественно и качественно в наблюдаемую картину геомагнитного поля. Приводится уравнение магнитной линии, даются формулы для определения проекций B_v и B_h индукции дипольного магнитного поля на поверхности Земли, а также зависимость наклонения J магнитного поля от геомагнитной широты места. Описывается методика измерения величины геомагнитного поля с помощью катушек Гельмгольца и цифрового тесламетра на основе датчика Холла. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Даются формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей измерения величин B_v и B_h и J .

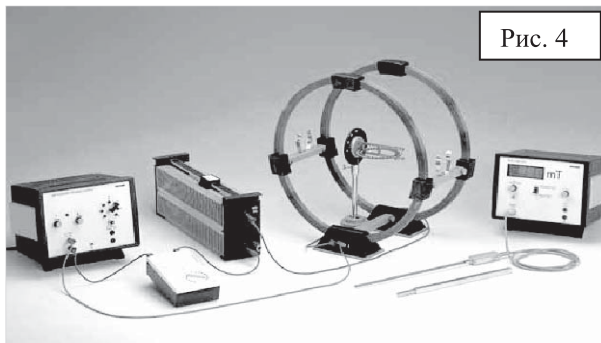


Рис. 4

Лабораторная работа 2-05. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях (сила Лоренца)

Цель работы (рис. 5) – изучить движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях; определить удельный заряд электрона e/m с помощью катушек Гельмгольца. Излагается классическая теория движения заряженных частиц в однородных электрическом и магнитном полях. Приводится общее выражение для электромагнитной силы Лоренца. Вычисляется период вращения и шаг винтовой траектории частицы в однородном магнитном поле. Дается формула для определения удельного заряда частицы. Описывается методика измерения удельного заряда e/m электрона, движущегося в электронно-лучевой трубке, помещенной внутри катушек Гельмгольца. Приводится описание экспериментальной установки, порядка выполнения и обработки результатов измерений. Даются формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей измерения удельного заряда электрона.

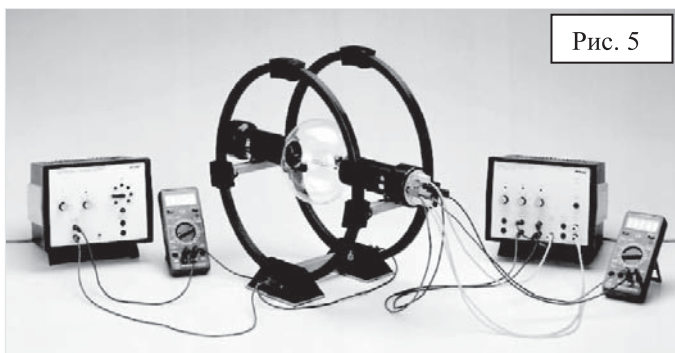


Рис. 5