

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
 (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет  
 Кафедра общей физики



Рабочая программа дисциплины  
**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРАКТИКУМ**

направление подготовки: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)			
		Контактная работа обучающихся с преподавателем		Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	72	64		6				2	

Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, из них:  
 - контактная работа 66 часов  
 Компетенции: ОПК-5

Ответственный за образовательную программу  
 д.ф.-м.н., проф.

  
 С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу .....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы. ....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления .....	9
образовательного процесса по дисциплине. ....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Целью дисциплины «Электромагнитный практикум» является экспериментальное подкрепление курса «Электромагнетизм и оптика 1», читаемого параллельно студентам второго курса физического факультета НГУ. Студенты на практических занятиях познакомятся с электрическими и магнитными свойствами веществ и эффектами, проявляющимися при взаимодействии электрических и магнитных полей с веществом, а также осваивают приборы и экспериментальные методы, использующиеся в областях электростатики, магнитостатики и электродинамики; научиться собирать и тестировать экспериментальные установки; выполнять, обрабатывать и описывать эксперименты. В рамках практикума выполняется курсовая работа.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-5.</b> Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	<b>ОПК – 5.2.</b> Применяет основные приемы, возможности и правила работы со стандартным и специализированным оборудованием при решении профессиональных задач, в том числе измерительно-аналитической и технологической аппаратурой.  <b>ОПК-5.3.</b> Самостоятельно осваивает новые теоретические, в том числе математические, методы исследований	<b>Знать</b> базовые разделы в области электричества и магнетизма: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы электричества и магнетизма и способы их использования при решении конкретных физических задач.  <b>Уметь</b> - проводить исследования в области электричества и магнетизма с помощью современной приборной базы, и информационных технологий, оценивать и анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; устанавливать границы применимости классических теорий для описания процессов преобразования электромагнитных полей в изучаемых устройствах; демонстрирует проведение научных (лабораторных) экспериментов, связанных с изучением электромагнитных свойств вещества области, основными принципами и методами обработки результатов измерений

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электромагнитный практикум» является обязательной дисциплиной программы бакалавриата по направлению подготовки **03.03.01 Прикладные математика и физика** и реализуется в третьем семестре кафедрой общей физики. При прохождении курса «Электромагнитный практикум» студенты имеют возможность на практике одновременно с теоретическим курсом «Электромагнетизм и оптика 1» изучить основные физические явления в области электричества и магнетизма с помощью современной приборной базы, и информационных технологий.

Практические навыки у обучающихся предварительно формируются при выполнении лабораторных работ в «Измерительном практикуме» и «Молекулярном практикуме» на первом курсе. Данный практикум дает возможность познакомиться с современными приборами и экспериментальные методы, использующиеся в областях электростатики, магнитостатики, электродинамики, а также научиться использовать оборудование экспериментальных установок для выполнения поставленных задач, измерять и рассчитывать искомые величины, анализировать результаты, оформлять отчеты о проделанном исследовании, делать устные сообщения.

Дисциплина является базовой дисциплиной для дальнейшего освоения других, следующих за ним курсов «Электромагнетизм и оптика 2», «Практикум по физической оптике».

## 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)			
		Контактная работа обучающихся с преподавателем		Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	72	64	6				2	

Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, из них:  
- контактная работа 66 часов

Компетенции: ОПК-5

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: выполнение и сдача лабораторных работ, выполнение и сдача курсовой работы.

Промежуточная аттестация: – дифференцированный зачет

Общая трудоемкость программы составляет 2 зачетные единицы, 72 часа:

- лабораторные занятия - 64 часа
- самостоятельная работа обучающегося составляет 6 часов,
- промежуточная аттестация дифференцированный зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы составляет 66 часов.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Дисциплина «Электромагнитный практикум» представляет собой семестровый курс, читаемый на 2-м курсе физического факультета НГУ в 3 семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Лекции	Аудиторные часы	Лабораторные занятия	Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Техника безопасности, вводный инструктаж	1	1		1				
2	<b>Электростатика и магнитостатика</b>	1-3	10		9	1			
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	1-3	2		2				
3	<b>Физические явления в вакуумном диоде</b>	3-5	9		8	1			
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	3-5	2		2				
4	<b>Электрический ток в газах</b>	6-8	9		8	1			
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ. Зачет с оценкой.	6-8	2		2				
5	<b>Электрические и магнитные свойства твердых тел</b>	9-11	9		8	1			
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ. Зачет с оценкой.	9-11	2		2				
6	<b>Электрические цепи</b>	12-14	9		8	1			
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ	12-14	2		2				
7	<b>Проникновение электромагнитного поля в вещество</b>	15-16	11		10	1			

	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	15-16	2		2				
8	Курсовая работа	14-16	18						
9	Дифференцированный зачет	17	2						2
	<b>Итого</b>		<b>72</b>		<b>64</b>	<b>6</b>			<b>2</b>

### **Программа лабораторных занятий**

В рамках практикума выполняются лабораторные работы и курсовая работа. Ниже приведен перечень лабораторных работ по разделам:

#### **1. Электростатика и магнитостатика.**

##### **Лабораторная работа 1.1. Электростатическая индукция**

Цель работы – экспериментальная проверка основных законов электростатики. Обучение работе с малыми зарядами.

##### **Лабораторная работа 1.2. Электростатический генератор**

Цель работы – изучение свойств электрических емкостей. Измерение паразитных емкостей в реальных электрических цепях.

##### **Лабораторная работа 1.3. Измерение поля магнитного диполя**

Цель работы – экспериментальное изучение зависимости магнитного поля постоянного магнита от расстояния, измерение величины магнитного момента, исследование поля магнита, вращающегося с постоянной скоростью.

#### **2. Физические явления в вакуумном диоде.**

##### **Лабораторная работа 2.1. Законы термоэмиссии**

Цель работы – определение работы выхода по прямым Ричардсона и определение заряда электрона по эффекту Шоттки.

##### **Лабораторная работа 2.2. Закон трех вторых**

Цель работы – проверка выполнения закона трех вторых. Измерение отношения  $e / m$  для электрона.

##### **Лабораторная работа 2.3. Определение температуры электронного газа и контактной разности потенциалов в вакуумном диоде**

Цель работы – Исследование температуры электронов методом задерживающего потенциала, измерение контактной разности потенциалов и распределения объемного заряда в вакуумном промежутке.

##### **Лабораторная работа 2.4. Определение заряда электрона по дробовому шуму**

Цель работы – наблюдение дробового шума в вакуумном диоде и определение по его величине заряда электрона.

#### **3. Электрический ток в газах.**

##### **Лабораторная работа 3.1. Несамостоятельный разряд в газах**

Цель работы – Исследовать законы несамостоятельного разряда в газе, измерить подвижности положительных и отрицательных ионов в атмосферном воздухе.

##### **Лабораторная работа 3.2. Самостоятельный разряд в газах**

Цель работы – экспериментальное изучение явления самостоятельного разряда в газах,

измерить пороги зажигания и тушения тлеющего разряда, собрать и исследовать релаксационный генератор на неоновой лампе.

**Лабораторная работа 3.3. Влияние неупругих столкновений электронов на вольтамперную характеристику**

Цель работы – экспериментальное изучение явления взаимодействия электронов малой энергии с атомами газа и измерение потенциалов возбуждения и ионизации.

**4. Электрические и магнитные свойства твердых тел.**

**Лабораторная работа 4.1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника**

Цель работы – Исследование вольтамперной характеристики и определение проводимости исследуемого полупроводника при комнатной температуре. Изучение температурной зависимости проводимости, вычисление ширины запрещенной зоны, концентрации носителей и их подвижностей.

**Лабораторная работа 4.2. Движение носителей заряда в полупроводниках, помещенных в магнитное поле. Эффект Холла**

Цель работы – изучить движение носителей заряда в полупроводнике, помещенном в магнитное поле. Определить тип проводимости, концентрацию и подвижность носителей заряда.

**Лабораторная работа 4.3. Изучение свойств сегнетоэлектрика**

Цель работы – изучение зависимости спонтанной поляризации и диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика от температуры и измерение характеристических параметров образца из сегнетоэлектрической керамики.

**Лабораторная работа 4.4. Изучение свойств магнитоупорядоченных веществ**

Цель работы – изучение процессов намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков и ферритов, определение основных характеристик этих материалов (коэрцитивного поля, остаточной намагченности, магнитной проницаемости, потери на перемагничивание) и их сравнение.

**Лабораторная работа 4.5. Изучение магнитной восприимчивости гадолиния вблизи точки Кюри**

Цель работы – изучить принцип работы дифференциального трансформатора, измерить температурную зависимость магнитной восприимчивости, определить температуру Кюри и критический индекс магнитной восприимчивости.

**5. Электрические цепи**

**Лабораторная работа 5.1. Переходные процессы в цепях с сосредоточенными параметрами**

Цель работы – изучение процессов, возникающих в электрических цепях, составленных из сопротивлений, индуктивностей и емкостей (или в  $RLC$ -цепях); изучение характеристик  $RLC$ -фильтров.

**Лабораторная работа 5.2. Резонанс в колебательном контуре**

Цель работы – изучение вынужденных колебаний в последовательном и параллельном колебательных контурах.

**Лабораторная работа 5.3. Пояс Роговского**

Цель работы – экспериментальное исследование характеристик импульсного тока с помощью пояса Роговского. Определение и расчет параметров поясов Роговского; нахождение условий восстановления формы импульсного тока.

**Лабораторная работа 5.4. Методы цифрового спектрального анализа**

Цель работы – экспериментальное исследование особенностей регистрации данных с помощью цифровых устройств.

**6. Проникновение электромагнитного поля в вещество.**

**Лабораторная работа 6.1. Исследование скин-эффекта**

Цель работы – исследование проникновения переменного магнитного поля внутрь цилиндрических проводящих экранов из материалов с разной проводимостью; измерение амплитуды и фазы магнитного поля внутри экрана как функции частоты. Проверка теории скин-эффекта. Освоение метода калибровки индукционного датчика.

**Лабораторная работа 6.2. Проводник в переменном магнитном поле. Бесконтактное измерение электропроводности**

Цель работы – изучение явлений в проводнике, находящемся в переменном магнитном поле и ознакомление с методом бесконтактного измерения электропроводности с помощью дифференциального трансформатора.

**Лабораторная работа 6.3. Токи Фуко и магнитное трение**

Цель работы – исследование токов Фуко и явления магнитного трения на примере торможения постоянного магнита, падающего в поле тяжести в проводящих и непроводящих трубках. Экспериментальное определение магнитного момента постоянного магнита и проводимости материала стенок трубы.

**Самостоятельная работа студентов (6 часов)**

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лабораторным занятиям.	3
Выполнение курсовой работы	3

**5. Перечень учебной литературы.**

1. Методы физических измерений / Под ред. Р.И.Солоухина. Новосибирск, 1975. (134 экз.)
2. Яковлев В. И. Классическая электродинамика. Часть 1. Новосибирск: НГУ, 2003. (87 экз.)
3. Описание лабораторных работ / Ю. А. Брагин, А. Г. Костюрина, Я. А. Крафтмахер, Е. А. Кушниренко, Л. Н. Смирных; Ред. Е. А. Кушниренко, И. Н. Мешков. Новосибирск: НГУ, 1988. Ч. 3: Электричество и магнетизм.
4. Гинзбург И. Ф., Погосов А. Г. Электродинамика. Релятивистское описание. Волновые явления. Новосибирск: НГУ, 2010. (87 экз.)
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. М.: Физматлит, 2001. Т. 8: Электродинамика сплошных сред. (69 экз.)
6. Тамм Е. И. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989. (57 экз.)

**6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 1. Электростатика и магнитостатика. (1.05 mb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 86 с.

1. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 2. Физические явления в вакуумном диоде. (517 kb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 49 с.

2. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 3. Электрический ток в газах и жидкостях. (407 kb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 38 с.

3. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 4. Электрические и магнитные свойства твердых тел. (1.18 mb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 129 с. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 5. Электрические цепи. (1.04 mb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 127 с.

4. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм ". Выпуск 6. Проникновение электромагнитного поля в вещество. (1.37 mb, pdf) ред. Князев Б.А. Новосибирск: КОФ НГУ, 2008. - 63 с.

5. Князев Б. А., Черкасский В. С. Начала обработки экспериментальных данных. Новосибирск: НГУ, 2004.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

### **7.1 Ресурсы сети Интернет**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.2 Современные профессиональные базы данных**

<https://www.nist.gov/pml>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления**

### **образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины «Электромагнитного практикума» используются специальные помещения:

1. Лаборатории для проведения практических занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.

2. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные лаборатории укомплектованы специализированной мебелью и лабораторным оборудованием для обеспечения преподавания дисциплины, а также техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации по дисциплине.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль успеваемости***

Текущий контроль успеваемости осуществляется контролем посещения занятий обучающимся, выполнения лабораторных работ и курсовой работы. В процессе выполнения лабораторных работ осуществляется постоянный контроль по их выполнению. Под наблюдением преподавателя обучающийся осуществляет пошаговое самостоятельное выполнение последовательности четко сформулированных заданий, представленных в описании лабораторной работы. После выполнения стандартных заданий студенту преподавателем предлагается изменить ход измерений с целью получения навыков использования альтернативных подходов и дополнительной информации о физических явлениях, а также ответить на контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы. Лабораторные работы сдаются по мере их выполнения, в учебной программе дисциплины предусмотрено время для самостоятельной работы обучающегося: на подготовку к сдаче и оформлению экспериментальных результатов по выполненной работе в виде отчета. При выполнении курсовой и лабораторных работ обучающийся, при необходимости, получает консультацию у преподавателя. Выполнение лабораторной работы оценивается преподавателем по пятибалльной шкале.

#### ***Промежуточная аттестация***

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электромагнитный практикум» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде дифференцированного зачета. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-5 сформирована не ниже порогового уровня.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное

прохождение промежуточной аттестации. Выполненные работы должны охватывать все разделы дисциплины, из которых обучающийся должен выполнить до 8 работ по назначению преподавателя.

Для оценивания выполнения обучающимся лабораторных работ используется "пятибалльная" шкала:

- оценка "отлично" выставляется в случае, если выполнено не менее 8 лабораторных, из них не менее половины на оценку "отлично" (продвинутый уровень освоения компетенций);
- оценка "хорошо" выставляется в случае, если выполнено не менее 7 лабораторных, из них не менее половины на оценку "хорошо" (базовый уровень освоения компетенций);
- оценка "удовлетворительно" выставляется в случае, если выполнено не менее 6 лабораторных работ (пороговый уровень освоения компетенций);
- оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если выполнено менее 6 лабораторных работ (уровень усвоения компетенций не сформирован);

Курсовая работа должна быть выполнена в сроки, установленные планом работы кафедры. Оформление курсовой работы должно соответствовать Положению о порядке выполнения курсовых работ, принятом на заседании учёного совета физического факультета 19.11.2015 г. Соблюдение этих правил является обязательным, и влияет на итоговую оценку.

Защита и оценивание курсовой работы проводится согласно п.п. 7-8 Положения о порядке выполнения курсовых работ. Для оценивания выполнения обучающимся курсовой работы используется "пятибалльная" шкала.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<b>ОПК-5.3.</b> Самостоятельно осваивает новые теоретические, в том числе математические, методы исследований	Знать базовые разделы в области электричества и магнетизма: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы электричества и магнетизма и способы их использования при решении конкретных физических задач.	Лабораторные работы, курсовая работа, дифференцированный зачет.
<b>ОПК – 5.2.</b> Применяет основные приемы, возможности и правила работы со стандартным и специализированным оборудованием при решении профессиональных задач, в том числе измерительно-аналитической и	Уметь - проводить исследования в области электричества и магнетизма с помощью современной приборной базы, и информационных технологий, оценивать и анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; устанавливать границы применимости классических теорий для описания процессов преобразования электромагнитных	Лабораторные работы, курсовая работа, дифференцированный зачет.

технологической аппаратурой.	полей в изучаемых устройствах; демонстрирует проведение научных (лабораторных) экспериментов, связанных с изучением электромагнитных свойств вещества области, основными принципами и методами обработки результатов измерений.	
------------------------------	---	--

**10.2. Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Электромагнитный практикум».**

Таблица 10.2

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
ОПК-5.3	Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументировано отвечает на дополнительные вопросы.
ОПК-5.2	Наличие умений	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

**10.3 Контрольные вопросы к лабораторным работам практикума, необходимые для оценки результатов обучения**

**Лабораторные работы**

**1. Электростатика и магнитостатика.**

### **Лабораторная работа 1.1. Электростатическая индукция**

1. Предложите схему эксперимента для измерения  $\epsilon$  диэлектрика с помощью использованной в данной работе методики.
2. Если внести в поле конденсатора диэлектрический шар, поле перестанет быть однородным. Оцените возможность измерения индуцированного дипольного момента шара с помощью использованной в работе методики. Как следовало бы изменить площадь и форму пластин, вносимых в поле для измерения дипольного момента шара?
3. Перечислите известные Вам методы измерения напряженности электростатического поля.

### **Лабораторная работа 1.2. Электростатический генератор**

1. Какого максимального напряжения можно достичь при разнесении друг от друга двух заряженных проводников?
2. Чему равна емкость проводника с характерным размером  $L$  см?
3. Дан конденсатор, обкладки которого заряжены до потенциалов  $\pm U$ . Изменится ли напряжение на второй обкладке, если первую заземлить? Обоснуйте ответ.

### **Лабораторная работа 1.3. Измерение поля магнитного диполя**

1. Как выглядит силовая линия магнитного поля диполя? Зарисуйте её.
2. Запишите формулу, описывающую поле магнитного диполя. В каких единицах измеряется поле?
3. Какие методы измерения магнитного поля можно применить для измерения частоты вращения двигателя автомобиля? Для измерения колебаний магнитного поля Земли? Для измерения магнитных полей, создаваемых телом человека?

## **2. Физические явления в вакуумном диоде.**

### **Лабораторная работа 2.1. Законы термоэмиссии**

1. Из каких соображений следует выбирать значение величины напряжения на диоде для построения прямой Ричардсона?
2. Объясните действие "искусственной средней точки" подключения напряжения диода к катоду. Для исследования какого участка ВАХ (I, II или III) это наиболее важно?
3. Оцените ошибку в определении величины работы выхода  $\phi$  в формуле Ричардсона-Дешмана, обусловленную эффектом Шоттки.
4. Из каких соображений следует выбирать пары точек  $U_1, U_2$  на ВАХ при измерении заряда электрона по эффекту Шоттки?
5. Зависит ли точность определения  $e$  по эффекту Шоттки от того, при каком токе накала снят участок насыщения (какая кривая из семейства ВАХ выбрана)?  
Покажите, что температура катода определяется отношением  $(I_h/d^{3/2})$  (пропорциональна отношению тока накала к диаметру катода в степени 3/2).

### **Лабораторная работа 2.2. Закон трех вторых**

1. Чему равна напряженность электрического поля на катоде в режиме выполнения закона 3/2?
2. Чем определяется величина потенциального барьера в этом режиме?
3. Выведите закон 3/2 для случая плоского диода.

### **Лабораторная работа 2.3. Определение температуры электронного газа и контактной разности потенциалов в вакуумном диоде**

1. Оцените изменение температуры нити катода за счет излучения за время, когда ток накала заперт диодом.
2. Как при  $U > \phi^*$  из экспериментального графика (в координатах  $\{\ln[I_a/(-U_a)^{1/2}]\}(U_{изм})$

найти максимум потенциальной энергии барьера  $\phi_m$  для каждого потенциала анода?

**Лабораторная работа 2.4. Определение заряда электрона по дробовому шуму**

1. Зависит ли спектральная плотность дробового шума от частоты?
2. Влияет ли пространственный заряд на величину дробового шума?
3. Зачем в схеме эксперимента используется параллельный резонансный контур?

**3. Электрический ток в газах и жидкостях.**

**Лабораторная работа 3.1. Несамостоятельный разряд в газах**

1. Напишите формулу емкости цилиндрического конденсатора.
2. Оцените ток смещения через цилиндрический конденсатор, используемый в работе, для пилообразного источника напряжения амплитудой 50 В с периодом 200 сек.
3. Оцените количество ионов, образуемых  $\alpha$ -частицами источника за 1 сек.

**Лабораторная работа 3.2. Самостоятельный разряд в газах**

1. Что такое ток гашения неоновой лампы, как его измерить?
2. Какие физические процессы обуславливают наличие участка с отрицательным динамическим сопротивлением ( $Rd=dU/dI$ ) на ВАХ газоразрядной лампы?
3. Приведите оценку времени гашения тлеющего разряда.
4. Почему напряжение гашения меньше напряжения зажигания, а не равно ему?

**Лабораторная работа 3.3. Влияние неупругих столкновений электронов на вольтамперную характеристику**

1. Какие типы взаимодействия электронов с атомами вы знаете?
2. Как выглядит вольтамперная характеристика при неупругих столкновениях электронов с атомами?
3. Как измерить в эксперименте потенциал ионизации атомов?
4. Как определить тип атомов, заполняющих тиаратрон?

**4. Электрические и магнитные свойства твердых тел.**

**Лабораторная работа 4.1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника**

1. Нарисуйте ожидаемый вид зависимости  $\sigma(T)$ .
2. По каким характерным признакам твердые тела делятся на металлы, полупроводники и диэлектрики?
3. Выведите формулу, связывающую электропроводность с подвижностью.
4. Используя табличные данные электропроводности полупроводниковых материалов, вычислите и постройте график зависимости электропроводности от температуры.
5. Что называется зоной проводимости, запрещенной зоной, валентной зоной?
6. Что такое “дырки”?
7. Что понимается под собственной и примесной электропроводностью?
8. Может ли температурная зависимость электропроводности быть представленной графически в виде прямой линии? Если да, то в каких координатах?

**Лабораторная работа 4.2. Движение носителей заряда в полупроводниках, помещенных в магнитное поле. Эффект Холла**

1. В чём заключается эффект Холла?
2. Какова природа носителей тока в полупроводниках?
3. Как создаются полупроводники  $p$ -типа и  $n$ -типа?
4. Что такое дрейфовая скорость носителей тока?
5. Как определяется физическая величина, называемая «подвижность носителей тока»?

6. Что такое собственная проводимость и примесная проводимость полупроводников?
7. Коэффициент Холла у полупроводников на несколько порядков больше, чем у металлов. Чем это объясняется?
8. Можно ли по измеренной постоянной Холла, не имея другой информации о данном образце, определить концентрацию носителей тока в примесном полупроводнике?
9. Наблюдается ли эффект Холла в собственных полупроводниках?
10. Зависит ли эффект Холла от температуры?
11. Можно ли с помощью датчика Холла измерить магнитное поле Земли? Чувствительность датчиков Холла  $\sim 0,1$  В/Тл.
12. Почему для измерения эффекта Холла используется измерение ЭДС Холла, а не тока?

#### ***Лабораторная работа 4.3. Изучение свойств сегнетоэлектрика***

1. Опишите основные механизмы поляризации атомов и ионов в диэлектрике.
2. Какова роль локального поля в механизме возникновения спонтанной поляризации в диэлектрике.
3. Каковы основные характеристики диэлектрика, которые позволяют отнести его к классу сегнетоэлектриков.
4. Какие изменения в доменной структуре ответственны за различные участки основной кривой поляризации.

#### ***Лабораторная работа 4.4. Изучение свойств магнитоупорядоченных веществ***

1. Назовите основные свойства магнитоупорядоченных веществ и методы их определения.
2. Чем определяется форма петли гистерезиса и потери на перемагничивание?
3. Какова роль трансформатора в измерительной схеме?
4. Почему вторичная катушка имеет малую длину и как оценить влияние взаимной индуктивности катушек  $1 L$  и  $2 L$  на результаты эксперимента?

#### ***Лабораторная работа 4.5. Изучение магнитной восприимчивости гадолиния вблизи точки Кюри***

1. Объясните необходимость использования метода дифференциального трансформатора.
2. Поясните суть встречного включения катушек.
3. Что такое селективный усилитель?
4. Докажите, что напряжение, поступающее на вход усилителя, пропорционально магнитной восприимчивости.
5. Нарисуйте ожидаемый вид зависимости.
6. Почему скорость нагрева образца должна быть малой?

### ***5. Электрические цепи***

#### ***Лабораторная работа 5.1. Переходные процессы в цепях с сосредоточенными параметрами***

1. Нарисуйте осциллограмму сигнала, снимаемого с сопротивления и емкости в RC-цепочке при подаче на вход короткого или длинного прямоугольного импульсов.
2. Нарисуйте осциллограмму сигнала, снимаемого с сопротивления и индуктивности в RL-цепочке при подаче на вход короткого или длинного прямоугольного импульсов.

#### ***Лабораторная работа 5.2. Резонанс в колебательном контуре***

1. Что такое колебательный контур и в чем отличие подключения к генератору параллельного и последовательного КК?

2. Напишите формулы для теоретического расчета основных параметров контура  $\omega_0$ ,  $Q$ ,  $R_s$ . Нарисуйте резонансную характеристику контура и объясните, как по ней определить добротность КК. Как ещё можно определить добротность (4-5 способов)?

#### **Лабораторная работа 5.3. Пояс Роговского**

1. Зачем в пояссе Роговского используется «обратный виток»?
2. Как изменится сигнал в пояссе без обратного витка, если пояс наклонить или сместить по отношению к оси текущего через сечение пояса тока?
3. Для чего пояс часто помещают в тороидальный металлический экран с продольным разрезом вдоль всей окружности?

#### **Лабораторная работа 5.4. Методы цифрового спектрального анализа**

1. Запишите выражения для прямого и обратного преобразования Фурье.
2. Что такое дискретное преобразование Фурье?
3. Что такое быстрое преобразование Фурье?
4. Зачем экспериментальные данные перед преобразованием Фурье дополняют нулями?
5. Что такое частота Найквиста?
6. Как при преобразовании Фурье отфильтровать низкие частоты?

#### **6. Проникновение электромагнитного поля в вещество.**

#### **Лабораторная работа 6.1. Исследование скин-эффекта**

1. Проанализируйте свойства выражения для затухания магнитного поля внутри цилиндра. Объясните на этом примере, что такое параметр подобия, и какое значение он имеет для обобщения результатов экспериментов.
2. Как, согласно теории, должна зависеть амплитуда сигнала с индуктивного датчика (см. схему экспериментальной установки) от частоты внешнего поля в отсутствие экранов?
3. Объясните, что такое импеданс нагрузки и как он влияет на величину магнитного поля в соленоиде (воспользуйтесь знаниями, полученными в курсе радиоэлектроники).

#### **Лабораторная работа 6.2. Проводник в переменном магнитном поле. Бесконтактное измерение электропроводности**

1. Объясните суть метода дифференциального трансформатора.
2. Докажите, что напряжение, поступающее на вход усилителя, пропорционально магнитной восприимчивости.
3. Как определяют фазовый сдвиг с помощью фигур Лиссажу? Каковы достоинства и недостатки этого метода?
4. Нарисуйте ожидаемый вид зависимостей  $\text{tg}\phi$  от частоты  $f$  для рассмотренных в работе случаев.

#### **Лабораторная работа 6.3. Токи Фуко и магнитное трение**

1. Используя табличные значения проводимости материалов, вычислите толщину скин-слоя  $\delta$  для меди, алюминия и латуни. Проверьте справедливость приближения слабого скин-эффекта.
2. Какой эффект обеспечивает замыкание токов в трубе с продольным разрезом.
3. Как направлен вектор силы, действующей на магнит в трубах с разрезом и без него

#### **Примерные темы курсовых работ**

1. Измерение мощности ионного пучка калориметрическим методом
2. Измерение диэлектрической проницаемости титана

3. Ошибки измерения токов ионов из-за нагрева датчика с подавлением вторичной эмиссии.
4. Изучение продуктов горения метана на квадрупольном масс-спектрометре
5. Измерение диэлектрической проницаемости диэлектриков на примере двуокиси кремния на кремнии
6. Измерение распределения индукции магнитного поля вблизи канала пушки Маршалла магнитными зондами
7. Измерение удельного сопротивления индия и галлия при различных температурах и изменение проводимости образца галлия при прохождении ударной волны
8. Магнитные свойства ферромагнитных частиц, синтезированных пламенно-дуговым методом
9. Определение  $\epsilon$ ,  $\delta$  диэлектриков
10. Измерение характеристик вакуумного фототриода
11. Анализ магнитной фокусирующей системы для ионного пучка
12. Измерение мощности СВЧ-нагрева металлической поверхности
13. Измерение электрофизических свойств нанопорошковых и компактированных сред
14. Измерение профиля давления детонационной волны
15. Сравнение распределения индукции магнитного поля вблизи канала при ускорении водородной и аргоновой плазмы пушкой Маршалла
16. Измерение вольтамперных характеристик графена
17. Измерение характеристик датчика для ГДЛ
18. Синхронное детектирование терагерцового излучения
19. Компенсация температурного уменьшения чувствительности фотоприёмника с лавинным усилением
20. Измерение разрядного тока и напряжения на электродах пушки Маршалла с помощью поясов Роговского.
21. Исследование знака носителей заряда в тонких пленках оксидов металлов
22. Изучение статистических характеристик шумов и определение частотного диапазона портативного термоанемометра постоянного сопротивления цифровым методом. Анализ гармонического сигнала.
23. Влияние подаваемого напряжения и концентрации ионов на параметры эквивалентной электрической схемы электрохимического биосенсора на основе молекулярно-импринтированного полимера
24. Спектры АМ и ЧМ модуляции
25. Измерение температурной зависимости коэффициента Холла и проводимости пленок  $Hg_{1-x}Cd_xTe$
26. Измерение частотной зависимости потерь, вызванных индукционными токами в обмотке соленоида
27. Компенсация лабораторного магнитного поля катушками Гельмгольца для экспериментов по атомной спектроскопии
28. Исследование структуры электромагнитного поля в ускорителе
29. Токи Фуко и магнитное трение
30. Измерение характеристик двойного электрического слоя в растворах разной ионной силы, содержащих полистироловые частицы, с помощью цитометра и фотометра.
31. Измерение характеристик сцинтилляционного детектора
32. Измерение характеристик транспорта зарядов в полупроводнике
33. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости в СВЧ диапазоне для стеклотекстолита и ФЛАН.
34. Измерение времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводнике
35. Измерение электрофизических параметров полевого транзистора с индуцированным каналом на основе кремния
36. Влияние магнитного поля на пространственное разрешение изображения КРТ-

фотоприёмника

37. Измерение статистических и спектральных характеристик шумов стационарного термоанемометра постоянного сопротивления цифровым методом. Анализ искажений гармонического сигнала.
38. Исследование вольтамперных характеристик индукционного лазерного излучателя с внесением возмущающего элемента в активный объём
39. Исследование левитации валика в магнитном поле постоянных магнитов
40. Изучение влияния ускоряющих и замедляющих потенциалов на разрешение и точность масс-спектрометрического анализа MALDI-TOF
41. Исследование характеристик п/п диода при температуре кипения жидкого азота
42. Исследование работы светодиода в режиме перегрузки
43. Модификация в/в вакуумного диода как источника  $\gamma$ -излучения
44. Изучение характеристик узкополосных фильтров
45. Разработка методики измерения коэрцитивной силы в электротехнической стали
46. Измерение подвижности аэрозолей в электрическом поле
47. Исследование задержки импульсных магнитных полей квадрупольной линзы в металлической трубе
48. Компенсация реактивного сопротивления. Измерение индуктивности и ёмкости мостовым методом
49. Определение статистических и спектральных характеристик шумов селективного усилителя У2-8 в режиме фильтрацией сигнала цифровым методом.
50. Изучение зависимости тока разряда в воздухе от индуктивности катушек
51. Исследование зависимости характеристик ионного потока от параметров ионного источника
52. Исследование перехода пленок графена и мультиграфена из проводящего в изолирующее состояние
53. Измерение распределения ионов по энергиям в ионном пучке с помощью метода задерживающих потенциалов
54. Определение эмиссионной характеристики полого катода
55. Создание оптической развязки для измерения плавающего напряжения и тока насыщения тройного зонда Ленгмюра с временным разрешением до 1 мкс.
56. Изучение работы калориметрического дозиметра посредством его облучения электронно-лучевым ускорителем.
57. Исследование движения ионов в секторном магните
58. Измерение характеристик вакуумного фотоэлектронного умножителя
59. Измерение и оптимизация магнитного поля ионного источника
60. Измерение карты поля дипольных магнитов датчиками Холла
61. Исследование зависимости дифференциального сопротивления от величины постоянного тока в полупроводниковых пленках
62. Измерение температурной зависимости термоэлектриков
63. Ускорение ионов плазмы в СВЧ полях.
64. Исследование характеристик ГИН индукционного лазерного излучателя
65. Изучение зависимости электропроводности полупроводников с разной шириной запретной зоны от температуры
66. Получение и измерение ЭДС при движении электролита во внешнем магнитном поле
67. Изучение поведения ферромагнетиков в высоковольтных линиях магнитного сжатия, расчет и изготовление "магнитного ключа" для источника питания мощного лазера
68. Измерение характеристик лавинных фотодиодов
69. Исследование гетероструктур графенов
70. Измерение магнитного поля в индукционном лазере
71. Распределение электронов по продольной компоненте энергии в GaAs
72. Измерение асимметрии магнитного поля магнитного диполя

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС ВО, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы по дисциплине  
«Электромагнитный практикум»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного