

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Физический факультет**

---

Утверждено

решением Ученого совета ННГУ  
протокол от «31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

**Электричество и магнетизм**

---

Уровень высшего образования  
**бакалавриат**

---

Направление подготовки / специальность  
**09.03.02 Информационные системы и технологии**

---

Направленность образовательной программы  
**Информационные системы и технологии в физических  
исследованиях**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Год начала подготовки

2022 год

Нижний Новгород

2023 год

### 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Электричество и магнетизм» (Б1.О.07.03) относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП.

Дисциплина преподается в 3 семестре.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знать основы высшей математики, общей физики, теории вероятности и технологий программирования.	<i>Знать: основные понятия, факты, концепции, принципы теорий естественных наук, математики и информатики. Базовый математический аппарат содержание общей физики, связанные физикой и информатикой</i>	<i>Вопросы, тестовые задания</i>
	ОПК-1.2. Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования.	<i>Уметь выполнять стандартные действия, решать типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых дисциплин математики, информатики и физики; понимать и применять на практике компьютерные технологии для решения различных прикладных задач;</i>	<i>Задачи по курсу предмета</i>
	ОПК-1.3. Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	<i>Владеть навыками решения практических задач по физике, базовыми знаниями естественных наук, математики и информатики, связанными с физикой, прикладной математикой и информатикой</i>	<i>Задачи практической направленности</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения
----------------------

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	83
- занятия лекционного типа, ч	32
- практические занятия, ч	48
- лабораторных, ч	
самостоятельная работа, ч	25
Промежуточная аттестация	зачет и экзамен

### 3.2.Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение.	6	1	2		3	3
Электростатика.	12	3	4		7	5
Работа сил электростатического поля	8	1	3		4	4
Энергия электрического поля.	10	2	3		5	5
Электрическое поле в присутствии проводников.	12	3	4		7	5
Электрическое поле в присутствии диэлектриков	13	3	5		8	5
Постоянный электрический ток	11	2	4		6	5
Постоянное магнитное поле.	10	2	4		6	4
Магнитное поле в присутствии магнетиков	13	3	5		8	5
Природа диа- , ферро- и парамагнетизма	6	2			2	4
Электромагнитная индукция	13	3	5		8	5
Токи в средах	12	3	5		8	4

Уравнения Максвелла	9	2	4		6	3
<u>Итого</u>	Error! Re source not	Error! Re source not	Error! Re source not	Error! Re source found.	Error! Re source not f	Error! Re source found.

### Содержание модуля.

Электростатика. Закон Кулона и его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса, ее представление в дифференциальной форме. Теорема Ирншоу. Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь в электрическом поле.

Работа сил электростатического поля. Энергия электрического поля. Потенциальность электрического поля. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь потенциала с вектором напряженности электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Теорема о циркуляции и ее представление в дифференциальной форме. Уравнение Пуассона и математическая постановка задач электростатики. Роль граничных условий. Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.

Электрическое поле в присутствии проводников. Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Измерение потенциала проводника. Эквипотенциальные поверхности. Метод зеркальных изображений. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Силы, действующие на проводники в электрическом поле.

Электрическое поле в присутствии диэлектриков. Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Связь вектора поляризации со связанным зарядом. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля.. Теорема Остроградского-Гаусса в присутствии диэлектриков. Ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов поляризации напряженности и индукции электрического поля. Преломление линий поляризации, напряженности и индукции на границе двух диэлектриков..

Стационарный электрический ток. Сила и плотность тока. Линии тока. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Удельная электропроводность вещества. Дифференциальная форма закона Ома. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Токи в сплошных средах. Заземление. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

Постоянное магнитное поле. Электромагнетизм. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Саварра-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал. Его связь с вектором индукции магнитного поля. Отсутствие в природе магнитных зарядов. Элементарный ток и его магнитный момент. Поле элементарного тока. Элементарный ток в магнитном поле. Понятие о магнитном диполь-дипольном взаимодействии. Сила Лоренца. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда. Потенциальная функция тока. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Коэффициент взаимоиנדукции.

Магнитное поле в присутствии магнетиков. Понятие о молекулярных токах. Вектор намагниченности и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. понятие о тензоре магнитной проницаемости. Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля.

Природа диа-, ферро- и парамагнетизма. Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Классическое описание диамагнетизма. Ларморова прецессия. Объяснение парамагнетизма по Ланжевону. Гиромагнитное отношение. Опыты Эйнштейна-де-Гааза. Опыт Барнетта. Ферромагнетики. Доменная структура. Гистерезис намагничивания. Кривая Столетова. Остаточная и коэрцитивная индукция. Температурная зависимость намагниченности. Точка Кюри. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле. Магнитные материалы и их применение.

Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме. Правило Ленца. Индукционные методы измерения магнитных полей. Токи Фуко. Магнитная энергия контура с током. Магнитная энергия совокупности контуров с током. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия магнитного поля в веществе.

10. Токи в различных средах. Механизм электропроводности. Проводники. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Ленца. Опыты Толмена и Стьюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории..

11. Уравнения Максвелла. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных данных. Ток смещения. Вихревое электрическое поле.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме -зачет и экзамен.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачетам и экзаменам. Оценочные

средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на практических занятиях, в процессе лекций, активность в обсуждении качественных вопросов. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения модуля «Физика» используются вопросы задачи по нижеприведенным темам.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п.5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований.  Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний.  Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений.  Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения.  Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.  Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения.  Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.  Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения.  Решены все основные задачи.  Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения,  решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,  Решены все основные задачи.  Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом.  Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки.	задач с некоторыми недочетами	задач с некоторыми недочетами	задач без ошибок и недочетов.	ошибок и недочетов.	ых задач.
--	--	------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------	-----------

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
незачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1	Теорема Остроградского-Гаусса в интегральной и дифференциальной формах.	ОПК1.1

2	Нормировка потенциала электрического поля.	ОПК1.1
3	Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.	ОПК1.1
4	Связь между зарядом и потенциалом проводника. Энергия заряженного конденсатора.	ОПК1.1
5	Силы, действующие на проводник в электрическом поле	ОПК1.1
6	Свободные и связанные заряды. Связь вектора поляризации со связанными зарядами.	ОПК1.1
7	Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества	ОПК1.1
8	Закон Био-Савара-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля.	ОПК1.1
9	Действие магнитного поля на ток. Сила Ампера	ОПК1.1
10	Закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной и дифференциальной формах. Правило Ленца	ОПК1.1
11	Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля.	ОПК1.1
12	Вихревое электрическое поле. Взаимные превращения электрического и магнитного полей.	ОПК1.1
13	Ток смещения Уравнения Максвелла.	ОПК1.1
14	Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах	ОПК1.1

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК 1.2

1. Найдите напряженность и потенциал электростатического поля в центре равномерно заряженного диэлектрического шара радиуса  $R$ .
2. Найдите индукцию магнитного поля в центре полуокружности радиуса  $R$  с током  $I$ .
3. Выведите законы Ома и Джоуля-Ленца в теории Друде-Лоренца.
4. Вычислите индуктивность тороида.
5. Обоснуйте ведение понятия тока смещения и получите выражение для его величины.

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК 1.3

1. Рассчитайте емкость двухпроводной линии из проводов радиусом  $a$ , расстояние между которыми  $H$ .
2. Докажите справедливость закона Джоуля-Ленца, исходя из плотности потока энергии электромагнитного поля для замкнутой цепи постоянного тока.
3. Вычислите силу взаимодействия точечного заряда с бесконечной проводящей плоскостью.



## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука, 1985.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=78069&DB=1>
2. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=301122>
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. М.: Наука, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66964&DB=1>
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Книга III. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] / Стрелков С.П., Сивухин Д.В., Хайкин С.Э., Эльцин И.А., Яковлев И.А.; Под ред. И.А. Яковлева. - 5-е изд., с тер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - <http://www.studentlibrary.ru/book/5-9221-0604-X.html>
5. . Фаддеев М. А. - Элементарная обработка результатов эксперимента: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2004. - 120 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=467611&DB=1>

---

### б) дополнительная литература:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М. Наука, 1989.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85757>
2. Парселл Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley\\_t2\\_ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley_t2_ru.djvu)
3. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5. М.: Мир, 1977. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259679>  
Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38018>
4. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 7. М.: Мир, 1977. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38019>

---

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины) \_\_)  
<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

---

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Автор

д.п.н., проф. И.В. Гребенев

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.  
статистической радиофизики и  
мобильных систем связи РФФ

\_\_\_\_\_

Мальцев А.А.

Заведующий кафедрой ИТФИ  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

Фидельман В.Р.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета ННГУ.

Председатель УМК физ.ф-та \_\_\_\_\_ Перов А.А.