

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

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ

протокол от
« » 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Электричество и магнетизм

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная физика

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08.03, Электричество и магнетизм относится к обязательной части ОПОП направления подготовки 03.03.02 Физика.

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 базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Знания: ОПК-1.2: Умения: ОПК-1.3: Навыки:	ОПК-1.1: Знать основы классической теории электромагнетизма; описание электродинамических систем на основе дифференциальных и интегральных систем уравнений Максвелла; основные законы описания электромагнитного поля в веществе; основные законы движения заряженных и содержащих электрические токи тел в электромагнитных полях; основные законы токовых цепей и систем; основы теории электромагнитных колебаний, а также теории излучения и распространения электромагнитных волн. ОПК-1.2: Уметь пользоваться основными законами теории электромагнетизма для расчета электромагнитных полей и их источников, а также взаимодействия полей с зарядами и токами. ОПК-1.3: Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Собеседование и задачи (практические задания)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	6
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
самостоятельная работа	66
Промежуточная аттестация	36 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
	очная	очная	очная	очная	очная	очная	
Тема 1. Электростатика	22	8	6	0	14	8	
Тема 2. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле	26	10	6	0	16	10	
Тема 3. Магнитостатика	22	8	6	0	14	8	
Тема 4. Уравнения Максвелла	24	8	6	0	14	10	
Тема 5. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях	28	10	8	0	18	10	
Тема 6. Электромагнитные колебания	28	10	8	0	18	10	
Тема 7. Электромагнитные волны	28	10	8	0	18	10	
Аттестация	36						

КСР	2				2	
Итого	216	64	48	0	114	66

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 6 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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 компетенции)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

й)							
<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 ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных 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 несущественными 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 навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных 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», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	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»
не зачтено	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

(согласно оценочным средствам табл.2)

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Электрический заряд. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Напряженность электрического поля.
2. Диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь. Потенциал диполя. Дипольный момент нейтральной системы зарядов и ее поле на больших расстояниях.
3. Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах в вакууме. Формула Гаусса-Остроградского.
4. Потенциал, разность потенциалов. Связь между напряженностью и потенциалом. Теорема о циркуляции электрического поля в интегральной и дифференциальной формах. Формула Стокса.
5. Потенциальная энергия взаимодействия зарядов. Плотность энергии электрического поля. Локализация электрической энергии в пространстве.
6. Поляризация диэлектриков. Теорема Гаусса в диэлектрике. Электрическая индукция. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость.
7. Поле равномерно поляризованного шара. Диэлектрический шар в однородном поле.
8. Уравнения Лапласа и Пуассона в вакууме и в диэлектрике. Общая задача математической электростатики.

9. Метод изображений. Точечный заряд над поверхностью диэлектрика и проводника.
10. Проводники в электрическом поле. Граничное условие на поверхности раздела металл-диэлектрик.
11. Электрический ток. Плотность тока, закон сохранения заряда, уравнение непрерывности. Проводимость Друде. Закон Видемана-Франца.
12. Электрический ток. Сторонние силы, ЭДС. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной формах. Мощность, выделяемая в цепи.
13. Магнитное поле. Сила Лоренца, закон Ампера. Сила и момент силы, действующие на проводник с произвольным распределением тока.
14. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Закон Био-Савара. Поле прямого провода. Электродинамическая постоянная.
15. Векторный потенциал. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции магнитного поля для магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах в вакууме.
16. Виток с током в магнитном поле. Магнитный момент. Эквивалентность поля витка и поля магнитного диполя. Скалярный магнитный потенциал. Поле малого витка, обобщение на случаи произвольного контура и объемного распределения токов.
17. Магнитное поле в веществе. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
18. Уравнения Максвелла в веществе: электро- и магнито- статика. Граничные условия для электрического и магнитного полей на поверхности раздела двух сред.
19. Электромагнитная индукция: закон Фарадея, правило Ленца, максвелловская трактовка явления индукции.
20. Индуктивность проводников. Взаимная индукция и самоиндукция Магнитная энергия токов. Локализация магнитной энергии в пространстве.
21. Ток смещения и система уравнений Максвелла. Представление э/м поля через скалярный и векторный потенциалы.
22. Скорость распространения электромагнитных возмущений. Энергия, поток энергии. Закон изменения энергии электромагнитного поля.
23. Движение заряженной частицы в постоянных и однородных электрическом и магнитном полях. Дрейф в скрещенных полях. Движение в слабонеоднородном или медленно меняющемся магнитном поле - адиабатический инвариант.
24. Колебательный контур – свободные и вынужденные колебания. Затухающие колебания. Резонансные кривые, добротность.
25. Законы переменного тока. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Импеданс. Правила Кирхгофа. Резонанс напряжений в последовательном контуре, резонанс токов в параллельных контурах. Работа и мощность в цепи переменного тока.
26. Распространение волн вдоль линии передач. Волны в двухпроводной линии.
27. Электромагнитные волны. Волновое уравнение в вакууме и в среде. Волновое уравнение для потенциалов.
28. Плоская электромагнитная волна. Монохроматическая плоская волна. Стоячая волна. Поляризация. Отражение волны при нормальном падении на границу раздела двух сред. Отражение от металлического зеркала.
29. Общее решение уравнения Максвелла в виде запаздывающих потенциалов. Дипольное излучение, диаграмма направленности. Излучение одиночного заряда. Вибратор Герца.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Задача 1.1 Вычислить напряженность электрического поля равномерно заряженного тонкого диска на его оси.

Задача 1.2 Проводящая сфера радиуса R составлена из двух полусфер. Определить силу, с которой отталкиваются эти полусферы, если полный заряд сферы равен Q .

Задача 1.3 Найти силу, действующую на помещенные в неоднородное электрическое поле маленькие диэлектрический и металлический шарики радиуса R .

Задача 1.4 Доказать формулу:

$$\operatorname{div}(\varphi \mathbf{A}) = (\mathbf{A} \operatorname{grad} \varphi) + \varphi \operatorname{div} \mathbf{A}.$$

Задача 1.5 Найти силу притяжения между точечным зарядом и металлическим шаром радиуса R .

Задача 1.6 Непроводящий шар радиуса R равномерно заряжен по поверхности с поверхностной плотностью заряда σ . Шар равномерно вращается вокруг оси, проходящей через центр шара, с угловой скоростью ω . Найти магнитный момент шара

Задача 2.1

Найти вероятность того, что за время dt свободный электрон в металле не претерпевает столкновения с ионами решетки.

Задача 2.2

Поток электронов, движущихся со скоростью V , имеет форму цилиндра, однороден по поперечному сечению радиуса R и бесконечен по продольной координате. Концентрация частиц в потоке равна n . Найти силу, действующую на частицу, расположенную на боковой границе потока.

Задача 2.3

Незаряженный металлический шар радиусом 10 см окружают концентрической сферической проводящей оболочкой радиусом 15 см с потенциалом 300 В. Чему будет равен потенциал оболочки, если незаряженный шар заземлить?

Задача 2.4

2. Заряженная космическая частица (например, протон) захвачена земным магнитным полем и вращается вокруг Земли в плоскости экватора по окружности радиуса $R = 6700$ км. Напряженность земного магнитного поля на траектории частицы $B = 0,4$ Гс. Найти энергию такой частицы.

Задача 2.5

1. Сверхсильные магнитные поля можно получать взрывным сжатием отрезка проводящей цилиндрической трубы, внутри которой создано начальное магнитное поле B_0 . Определить магнитное поле B в трубе в момент максимального сжатия, если $B_0 = 5 \cdot 10^4$ Гс, начальный внутренний радиус трубы $R = 5$ см, радиус в момент максимального сжатия $r = 0,5$ см. Оболочку, окружающую магнитное поле, считать идеально проводящей. Определить также давление \mathcal{P} , необходимое для получения такого сжатия.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

- 1) Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 3. Электричество. М.: Наука, 1983. -687 с. -251 экз.
- 2) Берклеевский курс физики. Том 2. Парселл Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975. – 337 с. -104 экз.
- 3) Матвеев А.Н. Курс общей физики. Т. 3 Электричество и магнетизм. М.: Высш. школа, 1983. -463 с. -264 экз.
- 4) Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высш. школа, 1991. -287 с. -70 экз.
- 5) Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Том 2. Электрические и электромагнитные явления. 1951-1961 -18 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Мин Чен. Задачи по физике с решениями. М.: Мир, 1978. -276 с. -10 экз.
- 2) И.Е. Иродов и др. Сборник задач по общему курсу физики, М.: Наука 1975 г. – 319с. -60 экз.
- 3) Сивухин Д.В. и др. Сборник задач по общему курсу физики. Т. III. Электричество и магнетизм. 5-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. -232 с.
— Режим доступа: ЭБС «Консультант Студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/5-9221-0604-X.html>
- 4) Жукарев А.С., Матвеев А.Н., Петерсон В.К. Задачи повышенной сложности в курсе общей физики. М.: Изд-во МГУ, 1985. - 200 с. -36 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld)
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/electric.htm>
- 2) Видеолекции Физтеха: Лекторий МФТИ. Демонстрации по электричеству и магнетизму
<http://lectoriy.mipt.ru/collection/Physics-Coursera-Electricity-Demos>
- 3) ВИДЕОДЕМОНСТРАЦИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ И МАГНЕТИЗМУ
<http://учебныефильмы.рф/VideoEl.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

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 ФГОС ВО по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): А.В. Савилов, А.В. Сидоров

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии
ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.