

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

Программа утверждена решением президиума
Ученого совета ННГУ
протокол от «14» декабря 2021г. № 4.

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

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.08.03 «Электричество и магнетизм» относится к обязательной части ООП 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	
<i>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</i>	<i>Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</i>	<i>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. Уметь пользоваться основными законами теории электромагнетизма для расчета электромагнитных полей и их источников, а также взаимодействия полей с зарядами и токами. Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.</i>	<i>Собеседование и задачи (практические задания)</i>

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				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		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 компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний	Уровень знаний	Минимально	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в

	теоретическ ого материала. Невозможн ость оценить полноту знаний вследствие отказа обучающег ося от ответа	ниже минималън ых требований. Имели место грубые ошибки.	допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	объеме, соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	объеме, соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько несущественн ых ошибок	объеме, соответству ющем программе подготовки, без ошибок.	объеме, превышаю щем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минималън ых умений . Невозможн ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонст рированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонст рированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несуществе нными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонст рированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минималън ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рирован творческий подход к решению нестандартн 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», 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)

5.2.1 Контрольные вопросы

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

8. Уравнения Лапласа и Пуассона в вакууме и в диэлектрике. Общая задача математической электростатики.	ОПК-1
9. Метод изображений. Точечный заряд над поверхностью диэлектрика и проводника.	ОПК-1
10. Проводники в электрическом поле. Граничное условие на поверхности раздела металл-диэлектрик.	ОПК-1
11. Электрический ток. Плотность тока, закон сохранения заряда, уравнение непрерывности. Проводимость Друде. Закон Видемана-Франца.	ОПК-1
12. Электрический ток. Сторонние силы, ЭДС. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной формах. Мощность, выделяемая в цепи.	ОПК-1
13. Магнитное поле. Сила Лоренца, закон Ампера. Сила и момент силы, действующие на проводник с произвольным распределением тока.	ОПК-1
14. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Закон Био-Савара. Поле прямого провода. Электродинамическая постоянная.	ОПК-1
15. Векторный потенциал. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции магнитного поля для магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах в вакууме.	ОПК-1
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.	ОПК-1
17. Магнитное поле в веществе. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.	ОПК-1
18. Уравнения Максвелла в веществе: электро- и магнито-статика. Граничные условия для электрического и магнитного полей на поверхности раздела двух сред.	ОПК-1
19. Электромагнитная индукция: закон Фарадея, правило Ленца, максвелловская трактовка явления индукции.	ОПК-1
20. Индуктивность проводников. Взаимная индукция и самоиндукция Магнитная энергия токов. Локализация магнитной энергии в пространстве.	ОПК-1
21. Ток смещения и система уравнений Максвелла. Представление э/м поля через скалярный и векторный потенциалы.	ОПК-1
22. Скорость распространения электромагнитных возмущений. Энергия, поток энергии. Закон изменения энергии электромагнитного поля.	ОПК-1
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.	ОПК-1
24. Колебательный контур – свободные и вынужденные	ОПК-1

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.	ОПК-1
26. Распространение волн вдоль линии передач. Волны в двухпроводной линии.	ОПК-1
27. Электромагнитные волны. Волновое уравнение в вакууме и в среде. Волновое уравнение для потенциалов.	ОПК-1
28. Плоская электромагнитная волна. Монохроматическая плоская волна. Стоячая волна. Поляризация. Отражение волны при нормальном падении на границу раздела двух сред. Отражение от металлического зеркала.	ОПК-1
29. Общее решение уравнения Максвелла в виде запаздывающих потенциалов. Дипольное излучение, диаграмма направленности. Излучение одиночного заряда. Вибратор Герца.	ОПК-1

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

Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

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 /ОС ННГУ 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.