

Р 24

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
по учебной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

В. В. Журавков

2024

Регистрационный № УД- 1546-24 /уч.



## Электричество и магнетизм

Учебная программа учреждения образования  
по учебной дисциплине для специальности:

7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-07-0533-03-2023 от 10.08.2023 и учебного плана учреждения высшего образования для специальности 7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность №161-23/уч. от 07.04.2023

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.Ф. Малишевский, доцент кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент;

Е. П. Борботко, старший преподаватель кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра физико-математических дисциплин Института информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

В. А. Иванюкович, доцент кафедры информационных технологий в экологии и медицине учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9.1 от 24.04. 2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 21 мая 2024)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Электричество и магнетизм» для специальности 7-07-0533-03 «Ядерная и радиационная безопасность» обеспечивает базовую подготовку по физике будущих инженеров, необходимую им для решения теоретических и практических задач в области ядерной и радиационной безопасности.

**Цель учебной дисциплины:** овладение студентами системой теоретических знаний о важнейших физических фактах, понятиях, законах, принципах электромагнетизма и умения применять эти знания на практике.

**Задачи учебной дисциплины:**

- сформировать основные понятия и общие принципы, управляющие электрическими и магнитными явлениями;
- изучить электрические и магнитные свойства веществ;
- ознакомить с методами наблюдения физических явлений и экспериментального их исследования;
- изучить основы технического и практического применения электромагнетизма;
- сформировать умения и навыки устанавливать математическую взаимосвязь между различными электромагнитными явлениями и эффектами;
- сформировать установки на творческую профессиональную деятельность;
- развить познавательную активность и потребность будущего специалиста в самостоятельном обновлении собственного профессионального уровня.

Обучающийся должен владеть следующими компетенциями: БПК-6. Применять базовые законы электромагнетизма для расчета электрических цепей, анализа электрофизических свойств вещества и практической работы с электрическими приборами и устройствами.

В результате усвоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- понятия заряда, электрического и магнитного дипольных моментов;
- основные электромагнитные физические величины;
- основные законы электромагнитных взаимодействий;
- законы постоянного и переменного тока;
- основные модели, применяемые в электромагнетизме;
- формулировку основных законов электромагнетизма;
- уравнения Максвелла;
- свойства диэлектриков и магнетиков.

**уметь:**

- применять теорему Гаусса для расчета электростатических полей, теорему о циркуляции напряженности магнитного поля и закон Био – Савара – Лапласа для расчета магнитных полей;

- рассчитывать простейшие электрические цепи постоянного и переменного тока;
- рассчитывать электрические и магнитные поля в вакууме и веществе;
- выполнять расчет цепей квазистационарных переменных токов;
- использовать законы электромагнетизма при решении задач;
- использовать фундаментальные законы физики и их проявления в различных процессах и явлениях для решения конкретных задач в практической деятельности.

***владеть:***

- методами экспериментальных исследований электрических и магнитных свойств вещества;
- методами экспериментального исследования электрических цепей;
- методами обработки результатов экспериментальных исследований;
- математическими методами решения задач по электричеству и магнетизму;

Учебная программа по учебной дисциплине «Электричество и магнетизм» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени и учебными планами для указанной специальности.

В соответствии с типовым учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов – 216. Аудиторное количество часов 110, из них: лекции – 38 ч, практические занятия – 46 ч; лабораторные занятия – 26ч.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Форма промежуточной аттестации – зачет и экзамен в III семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **1. Введение. Структура и содержание курса электромагнетизма**

Роль электромагнитных взаимодействий в природе. Общая характеристика электромагнитного поля. Электрический заряд. Опыт Милликаена. Микроскопические носители зарядов. Элементарный заряд и его инвариантность. Плотность заряда. Закон сохранения заряда.

### **2. Постоянное электрическое поле**

Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Силовые линии электрического поля. Однородное электрическое поле. Пробный электрический заряд. Принцип суперпозиции электрических полей. Поле электрического диполя. Электрический диполь во внешнем электрическом поле. Силы, действующие на точечный заряд, диполь и непрерывно распределенный заряд. Понятие об электрическом квадруполе.

### **3. Потенциал электрического поля. Теорема Гаусса**

Потенциальность электростатического поля. Связь между напряженностью и потенциалом. Потенциал точечного заряда, системы точечных зарядов и непрерывного распределения зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Поток вектора и электростатическая теорема Гаусса. Нахождение напряженности электрического поля с использованием потенциала, прямым применением закона Кулона и с использованием теоремы Гаусса. Электрическое поле Земли. Решение задач электростатики методом электрических изображений.

### **4. Проводники в электрическом поле**

Электрическое поле в веществе. Электростатическое поле при наличии проводников. Распределение зарядов на поверхности проводника. Поле вблизи поверхности проводника. Электростатическая защита. Потенциал проводника. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы и их емкость. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов. Плотность энергии электрического поля. Энергия заряженных проводников. Коэффициенты емкости и электростатической индукции.

### **5. Диэлектрики в электрическом поле**

Поляризация диэлектриков. Теорема Гаусса для диэлектриков. Роль диэлектрика в конденсаторе. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Поляризуемость. Связанные заряды. Диэлектрическая проницаемость. Индукция электрического поля. Формулировка теоремы Гаусса для электрического поля в диэлектриках, граничные условия. Пьезоэлектричество. Пироэлектричество. Сегнетоэлектричество.

## **6. Энергия электростатического поля**

Силы, действующие на точечный заряд, диполь и непрерывно распределенный заряд. Энергия взаимодействия дискретных зарядов. Энергия взаимодействия при непрерывном распределении зарядов. Собственная энергия системы зарядов. Объемная плотность энергии электрического поля. Энергия поля поверхностных зарядов. Силы, действующие на диэлектрик и проводник в электрическом поле.

## **7. Постоянный электрический ток**

Определение постоянного электрического тока. Сила тока. Плотность силы тока. Сторонние электродвижущие силы. Напряжение на участке цепи. Электродвижущая сила источника тока. Сила и плотность тока. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи. Элементарная классическая теория движения зарядов в проводниках. Дифференциальная форма закона Ома. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля - Ленца. Работа и мощность тока. Линейные цепи. Правила Кирхгофа. Конденсаторы в цепях постоянного тока и переходные процессы.

Зависимость электрического сопротивления проводников от температуры. Сверхпроводимость. Критические параметры сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников.

## **8. Электрический ток в газах и жидкостях**

Газовый разряд. Ионизация и рекомбинация. Несамостоятельный и самостоятельный разряды. Тлеющий разряд. Искровой разряд. Коронный разряд. Дуговой разряд. Применение газового разряда. Электрический ток в жидкостях. Электролиз и электролитическая диссоциация. Законы Фарадея для электролиза и элементарный заряд. Гальванические элементы и аккумуляторы.

## **9. Стационарное магнитное поле**

Вектор индукции магнитного поля. Линии индукции магнитного поля. Закон Био – Савара - Лапласа и ее применение для расчета магнитных полей. Теорема Гаусса для магнитных полей. Теорема о циркуляции магнитного поля в вакууме. Закон Ампера. Магнитное поле элементарного тока. Магнитный момент элементарного тока. Правило буравчика. Напряженность магнитного поля. Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля. Теорема о циркуляции напряженности магнитного поля. Вычисление индукции и напряженности магнитного поля в простейших случаях. Магнитное поле системы токов на далеких расстояниях. Мультипольное разложение.

Получение мощных магнитных полей с помощью сверхпроводящих систем. МГД-генераторы. Сверхпроводящие магнитные системы и термоядерный синтез.

## **10. Проводники с током в магнитном поле**

Проводник с током в магнитном поле. Сила Ампера. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Рамка с током в магнитном поле. Потенциальная энергия контура с током в магнитном поле. Силы и момент сил, действующие на магнитный момент.

## **11. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях**

Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Движение заряженной частицы в скрещенных электрическом и магнитном полях. Фокусировка пучков заряженных частиц. Основы масс-спектрометрии. Ускорители заряженных частиц.

Магнитное поле Земли и его защитные функции для всего живого на планете.

## **12. Магнитные свойства вещества**

Магнитное поле в веществе. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Диамагнетизм, парамагнетизм и ферромагнетизм. Доменная структура. Ферромагнетизм как частный случай ферромагнетизма. Точка Кюри - Нееля. Сверхпроводники и их магнитные свойства.

## **13. Электромагнитная индукция**

Электродвижущая сила индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции. Дифференциальная формулировка закона электромагнитной индукции Фарадея. Вращающийся виток с током в магнитном поле. Взаимная индукция. Индуктивность. Соленоид. Самоиндукция. Скин-эффект. Токи Фуко. Переходные процессы в цепях постоянного тока с индуктивностью.

## **14. Переменное стационарное электромагнитное поле**

Ток смещения. Колебательный контур. Собственные электрические и магнитные колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный электрический ток. Емкость и индуктивность в цепях переменного тока. Закон Ома для переменных токов. Резонанс токов и напряжений. Понятие об импедансе. Трансформатор. Особенности протекания переменного электрического тока в газах и жидкостях.

## **15. Уравнения Максвелла**

Система уравнений Максвелла и физический смысл отдельных уравнений системы. Лоренц-ковариантность уравнений Максвелла. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Плотность потока электромагнитной энергии. Вектор Умова - Пойнтинга.

## **16. Электромагнитные волны**

Основные сведения об излучении электромагнитных волн. Описание электромагнитного поля излучения линейного осциллятора. Опыты Герца. Шкала электромагнитных волн. Бегущие электромагнитные волны. Плоские электромагнитные волны. Стоячие волны. Поле излучения диполя Герца. Фазовая скорость. Вектор Умова- Пойнтинга плоской волны. Интенсивность монохроматической волны. Интенсивность произвольной электромагнитной волны. Диаграмма направленности. Распространение электромагнитных волн в различных средах. Принципы радиосвязи.

Волны вдоль проводов. Распространение электромагнитных волн в волноводах. Волны Шумана.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(очная (дневная) форма получения высшего образования)

| Номер раздела, темы, занятия | Название раздела, темы                                      | Количество аудиторных часов |                                    |                      |                | Формы контроля знаний |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|
|                              |                                                             | Лекции                      | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные занятия | Иное           |                       |
| 1                            | 2                                                           | 3                           | 4                                  | 5                    | 6              | 7                     |
| 1                            | Введение. Структура и содержание курса электромагнетизма    | 1                           |                                    |                      | Метод. Пособ.  | Опрос                 |
| 2                            | Постоянное электрическое поле                               | 2                           | 2                                  | 4                    | Метод. Пособ   | Сам.раб., опрос       |
| 3                            | Потенциал электрического поля. Теорема Гаусса               | 4                           | 2                                  |                      | Метод. Пособ   | тест                  |
| 4                            | Проводники в электрическом поле                             | 2                           | 2                                  |                      | Метод. Пособ   | Сам. раб., Контр. раб |
| 5                            | Диэлектрики в электрическом поле                            | 2                           | 2                                  |                      | Метод. Пособ   | Тест                  |
| 6                            | Энергия электростатического поля                            | 1                           | 2                                  |                      | Метод. Пособ   | Тест, контр. раб      |
| 7                            | Постоянный электрический ток                                | 4                           | 6                                  | 6                    | Метод. пособие | Тест, контр. раб      |
| 8                            | Электрический ток в газах и жидкостях                       | 2                           | 2                                  |                      | Метод. пособие | Сам.раб.              |
|                              | Контрольная работа № 1                                      |                             | 2                                  |                      |                |                       |
| 9                            | Стационарное магнитное поле                                 | 4                           | 4                                  | 4                    | Метод. пособие | Сам.раб., опрос       |
| 10                           | Проводники с током в магнитном поле                         | 2                           | 4                                  |                      | Метод. пособие | Контр. раб, опрос     |
| 11                           | Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном поле | 2                           | 4                                  | 4                    | Метод. пособие | Тест                  |
| 12                           | Магнитные свойства вещества                                 | 2                           | 2                                  |                      | Метод. Пособие | Тест                  |

|              |                                                  |           |           |           |                   |                      |
|--------------|--------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------------------|
| 13           | Электромагнитная индукция                        | 4         | 4         | 4         |                   | Контр. раб,<br>опрос |
| 14           | Переменное стационарное<br>электромагнитное поле | 2         | 4         | 4         | Метод.<br>пособие | Тест,<br>контр. раб. |
| 15           | Уравнения Максвелла                              | 2         |           |           | Метод.<br>пособие | Тест                 |
| 16           | Электромагнитные волны                           | 2         | 2         |           | Метод.<br>пособие | Тест                 |
|              | Контрольная работа № 2                           |           | 2         |           |                   |                      |
| <b>ВСЕГО</b> |                                                  | <b>38</b> | <b>46</b> | <b>26</b> |                   |                      |

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### *Основная*

1. Бондарев, Б. В. Курс общей физики : учеб. пособие : в 3 кн. Кн. 1. Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. – Изд. 2-е, стер. – Минск : Выш. шк., 2005. – 438 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для вузов : в 5 кн. Кн. 2 : Электричество и магнетизм / И. В. Савельев. – М. : Астрель : АСТ, 2008. – 336 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 656 с.
4. Ташлыкова–Бушкевич, И. И. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 1 : Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм / И. И. Ташлыкова–Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2014. – 303 с.

#### *Дополнительная*

5. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – 8-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. – Том 2 : Электричество и магнетизм – 2019. – 360 с.
6. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – 18-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 420 с.
7. Малишевский, В. Ф. Основы электродинамики / В. Ф. Малишевский, А. А. Луцевич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 140 с.
8. Малишевский, В. Ф. Электричество и магнетизм : лабораторный практикум / В. Ф. Малишевский, А. А. Луцевич, Е. Ю. Соменова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 131 с.
9. Наркевич, И. И. Физика / И. И. Наркевич, Э. И. Волмянский, С. И. Лобко. – Минск : Новое знание, 2004. – 679 с.
10. Савельев, И. В. Курс физики. В 3 т. Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 468 с.
11. Трофимова, Т. И. Физика: учебник для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова. – М.: Академия, 2017. – 557 с.
12. Физика. Электричество и магнетизм. Курс лекций с примерами решения задач : учебное пособие / Д. Ч. Ким, Н. П. Коновалов, Д. И. Левит, П. Н. Коновалов. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 408 с.

## **Инновационные подходы и методы преподавания учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики**

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

1. контрольные работы;
2. самостоятельные работы;
3. коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
4. устный опрос в ходе практических занятий;
5. проверку конспектов лекций студентов;
6. тестирование, включая компьютерное.

### **Темы самостоятельных работ**

1. Источники тока.
2. Проявление электростатических полей в повседневной жизни.
3. Сверхпроводники, их свойства и применение в технике.
4. Рентгеновские лучи и медицина.
5. Электромагнитное излучение и человек.
6. Защитная роль магнитного поля Земли для всего живого на планете.

### **Рекомендуемые темы лабораторных работ**

1. Методы измерения сопротивления.
2. Температурная зависимость металлов и проводников.
3. Методы измерения емкости.
4. Изучение вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов.

5. Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.
6. Исследование энергетических соотношений в цепи постоянного тока.
7. Компенсационный метод определения ЭДС.
8. Исследование электростатического поля.
9. Изучение явлений электромагнитной индукции и взаимной индукции.
10. Градуировка термопары.
11. Изучение свойства электромагнитных волн.
12. Изучение цепей переменного тока.

#### **Перечень тем практических занятий**

1. Постоянное электрическое поле.
2. Потенциал электрического поля. Теорема Гаусса.
3. Проводники в электрическом поле.
4. Диэлектрики в электрическом поле.
5. Энергия электростатического поля.
6. Постоянный электрический ток.
7. Электрический ток в газах и жидкостях.
8. Стационарное магнитное поле.
9. Проводники с током в магнитном поле.
10. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном поле.
11. Магнитные свойства вещества.
12. Электромагнитная индукция.
13. Переменное стационарное электромагнитное поле.
14. Электромагнитные волны.

### Протокол согласования учебной программы

| <b>Название дисциплины, с которой требуется согласование</b> | <b>Название кафедры</b> | <b>Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине</b> | <b>Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)</b> |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Согласования с другими дисциплина не требуется               |                         |                                                                                                                      |                                                                                                          |
|                                                              |                         |                                                                                                                      |                                                                                                          |
|                                                              |                         |                                                                                                                      |                                                                                                          |