

Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь по  
естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

  
\_\_\_\_\_ А.И.Жук

Регистрационный № ГД- В. 181 /тип.

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Типовая учебная программа  
для высших учебных заведений по специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям)

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического  
объединения вузов Республики  
Беларусь по естественнонаучному  
образованию

  
\_\_\_\_\_ В.В.Самохвал

24.12.2008

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

  
\_\_\_\_\_ Ю.И.Миксюк

14.04.2009

Первый проректор Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

  
\_\_\_\_\_ И.В.Казакова

02.04.2009

Эксперт-нормоконтролер

  
\_\_\_\_\_ С.М.Артемьева

02.04.2009

  
\_\_\_\_\_ А.П.Терашук

МИНСК 2008

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**Л.И. Буров**- доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

**И.Н. Медведь** - доцент кафедры общей физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра** общей физики Учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины»;

**К.А.Саечников** - доцент кафедры общей физики Учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка», кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой общей физики Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 7 февраля 2008 г.)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 27 марта 2008 г.);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию (протокол № 3 от 28 марта 2008 г.).

Ответственный за выпуск: И.Н.Медведь

## Пояснительная записка

Дисциплина «Электричество и магнетизм» представляет собой органичную часть классического курса физики и посвящена изучению электромагнитных взаимодействий и их доминирующего влияния на основные физические (и химические) свойства микро- и макросистем.

Изложение дисциплины строится по индуктивному принципу на основе экспериментальных данных с учетом исторической последовательности развития представлений о взаимодействии заряженных тел и создаваемых ими полей.

Настоящая дисциплина позволяет сформировать основные представления об электромагнитных свойствах микро- и макроскопических систем и заложить необходимый фундамент для усвоения последующих разделов общей (оптики, атомной и ядерной физики) и теоретической (электродинамики, квантовой механики) физики. Студент должен знать:

- основные законы электромагнитных взаимодействий;
- законы постоянного и переменного тока;
- уравнения Максвелла;
- свойства диэлектриков и магнетиков,

и уметь:

- рассчитывать электрические и магнитные поля в вакууме и веществе;
- выполнять расчет цепей квазистационарных переменных токов;
- применять законы электромагнетизма к решению задач.

**Общее количество часов 310.** Аудиторное количество часов 180, из них: лекции — 62 часа, практические (семинарские) занятия — 58 часа; лабораторные занятия — 60 часов,

**Рекомендуемая форма отчетности:** 1 экзамен, 2 зачета.

## Примерный тематический план

№ п/п	Название темы	Лекции	Практ. (семинар.) занятия	Лаб. занятия	Всего
1	Введение	1			1
2	Электростатическое поле в вакууме	6	10		16
3	Электростатическое поле при наличии проводников	3	4		7
4	Электростатическое поле при наличии диэлектриков	5	4	4	13
5	Энергия электростатического поля	4	6		10
6	Электрический ток	4	6	16	26
7	Стационарное магнитное поле в вакууме	4	4		12
8	Магнитное поле в веществе	4	2	4	10
9	Электромагнитная индукция	6	6	4	18

10	Электромагнитные колебания	8	6	16	30
11	Магнетики.	4	2		6
12	Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн.	4	2		6
13	Электрический ток в реальных средах	9	4	16	29
	Итого	62	58	60	180

### Содержание учебного материала

**1. Введение.** Электромагнитные взаимодействия в природе. Электрический заряд, дискретность и инвариантность заряда.

**2. Электростатическое поле в вакууме.** Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность. Полевая трактовка закона Кулона. Принцип суперпозиции.

Линии вектора напряженности, поток вектора напряженности.

Теорема Гаусса. Дифференциальная формулировка теоремы Гаусса.

Работа сил электростатического поля. Потенциальный характер электростатического поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности электростатического поля. Разность потенциалов, потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы точечных зарядов и непрерывного распределения зарядов. Принцип суперпозиции для потенциала.

Эквипотенциальные поверхности. Связь напряженности и потенциала.

Основная задача электростатики. Поле электрического диполя.

**3. Электростатическое поле при наличии проводников.** Поле заряженного проводника произвольной формы. Распределение зарядов по поверхности проводника. «Стекание» заряда с проводника. Проводники в электростатическом поле. Электростатическая защита. Заземление. Генератор Ван-де-Граафа.

Понятие о методе изображений.

Емкость уединенного проводника и системы проводников. Конденсаторы и их емкость. Соединение конденсаторов.

**4. Электростатическое поле при наличии диэлектриков.** Классификация диэлектриков, диполь как модель при описании диэлектриков. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Количественная характеристика поляризации - поляризованность (вектор поляризации). Вектор поляризации и связанные заряды. Описание электростатического поля в диэлектриках, вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость.

Граничные условия, преломление линий векторов напряженности и смещения на границе раздела диэлектриков. Основные сведения о сегнетоэлектриках. Пьезоэлектрики и их практическое использование. Пироэлектрики.

**5. Энергия электростатического поля.** Энергия взаимодействия дискретных зарядов. Энергия взаимодействия при непрерывном распределении зарядов. Собственная энергия.

Энергия заряженного проводника, конденсатора.

Объемная плотность энергии электрического поля. Энергия взаимодействия заряженных тел.

Энергия диполя в электрическом поле.

Силы, действующие в электрическом поле на: дискретно и непрерывно распределенные заряды, диполи, проводники, диэлектрики. Вычисление сил из выражения для энергии.

**6. Электрический ток.** Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца. Условия существования электрического тока. Электродвижущая сила (ЭДС). Падение напряжения. Электрическое поле внутри проводника с током и вблизи его поверхности.

Линейные цепи. Правила Кирхгофа.

Квазистационарные токи. Условия квазистационарности.

**7. Стационарное магнитное поле в вакууме.** Закон взаимодействия элементов тока (закон Лапласа - Био - Савара - Ампера). Полевая трактовка закона взаимодействия элементов тока, вектор магнитной индукции. Закон Ампера. Сила Лоренца.

Теорема Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля.

Магнитный поток. Теорема о полном потоке. Контур с током в магнитном поле. Магнитный момент.

**8. Магнитное поле в веществе.** Классическая теория намагничивания, вектор намагничивания. Объемные и поверхностные токи намагничивания, связь с вектором намагничивания. Описание магнитного поля в магнетиках, напряженность магнитного поля.

Классификация магнетиков, магнитная восприимчивость и проницаемость. Источники линий напряженности. Граничные условия для векторов индукции и напряженности, преломление линий.

Измерение магнитной проницаемости, индукции, напряженности. Магнитная экранировка.

**9. Электромагнитная индукция.** Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Природа сторонних сил при явлении электромагнитной индукции, дифференциальная формулировка закона электромагнитной индукции. Вывод закона электромагнитной индукции из закона сохранения энергии.

Явление самоиндукции, индуктивность. Понятие о скин-эффекте. Взаимная индукция контуров с током, взаимная индуктивность. Принцип действия трансформатора.

Энергия магнитного поля контуров с током. Энергия магнитного поля соленоида с током. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия магнитного поля.

**10. Электромагнитные колебания.** Колебательный контур, собственные незатухающие электромагнитные колебания. Период собственных колебаний. Превращение энергии в колебательном контуре.

Свободные электромагнитные колебания в контуре с активным сопротивлением.

Вынужденные электромагнитные колебания. Активное, емкостное и индуктивное сопротивление в цепи переменного тока. Последовательная цепь переменного тока с различной нагрузкой, импеданс. Энергия и мощность в цепи переменного тока.

Разветвленная цепь переменного тока, метод проводимостей. Резонанс напряжений. Резонанс токов.

Трехфазный ток и его применение в технике и передаче электроэнергии на расстояние.

**11. Магнетики.** Магнитомеханические явления. Экспериментальное подтверждение существования магнитных моментов атомов (опыт Штерна и Герлаха). Диамагнетизм, ларморова прецессия.

Парамагнетики, закон Кюри.

Особенности намагничивания ферромагнетиков. Гистерезис. Домены. Механизмы перемагничивания. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры.

Понятие о антиферромагнетизме, ферримагнетизме.

**12. Уравнения Максвелла и основные свойства электромагнитных волн.** Обобщения Максвелла: вихревое электрическое поле и токи смещения. Полная система уравнений Максвелла. Теория Максвелла и границы ее применимости.

Электромагнитные волны и их свойства. Закон сохранения энергии электромагнитного поля, поток энергии. Излучение электромагнитных волн.

Экспериментальное подтверждение теории Максвелла: опыты Герца и Лебедева.

**13. Электрический ток в реальных средах.** Природа носителей заряда в металлах. Эффект Холла. Температурная зависимость электропроводности металлов. Сверхпроводимость. Классическая теория проводимости (Друде-Лоренца) и ее затруднения.

Понятие о зонной теории проводимости. Энергетические зоны металлов, полупроводников, изоляторов. Собственная проводимость полупроводн. Примесная (электронная и дырочная) проводимость.

Работа выхода электрона с поверхности металла. Контактные явления в металлах. Контактная разность потенциалов.

Контакт полупроводников с различным типом проводимости. P-n переход и его свойства. Полупроводниковые диод и транзистор. Понятие о микроэлектронике.

Термоэлектродвижущая сила, эффект Пельтье и эффект Томсона.

Механизм электропроводности электролитов. Зависимость электропроводности электролитов от температуры.

Электрический ток в вакууме. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона. Закон трех вторых. Электровакуумные приборы.

Электрический ток в газах. Несамостоятельный и самостоятельный разряды. Основные типы газового разряда.

Плазменное состояние вещества. Виды плазмы. Условия получения и существования плазмы.

## **Информационно-методическая часть**

### **Рекомендуемые темы практических занятий**

1. Закон Кулона, метод суперпозиции при расчете напряженности электрического поля
2. Теорема Остроградского-Гаусса
3. Теорема о циркуляции, потенциал, разность потенциалов
4. Основная задача электростатики, поле диполя, поле произвольной системы зарядов.
5. Проводники в электрическом поле.
6. Электростатическое поле в диэлектриках.
7. Емкость. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электрического поля
8. Законы постоянного тока, расчет сопротивления среды
9. Э.Д.С. Электрическое поле постоянного тока. Правила Кирхгофа. Квазистационарные токи.
10. Теорема Био-Савара-Лапласа.
11. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции
12. Сила Ампера. Контур с током в магнитном поле.
13. Магнитное поле в веществе.
14. Электромагнитная индукция, сила Лоренца.
15. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля
16. Цепи переменного тока
17. Уравнения Максвелла
18. Движение частиц в электрическом и магнитном полях
19. Электрический ток в различных средах.

### **Рекомендуемые темы лабораторных занятий**

1. Измерение сопротивлений в цепи постоянного тока.
2. Компенсационный метод измерения ЭДС
3. Исследование гистерезиса ферромагнетиков с помощью осциллографа
4. Изучение резонансов напряжений и токов
5. Измерение мощности и сдвига фаз в цепях переменного тока
6. Проверка закона Ома для цепи переменного тока

7. Измерение сопротивления с помощью электростатического вольтметра
8. Измерение сопротивлений методом прямого отклонения
9. Изучение счетчика электрической энергии
10. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона
11. Изучение гальванометра магнитоэлектрической системы
12. Изучение полупроводниковых выпрямителей
13. Изучение зависимости электрического сопротивления металлов и полупроводников от температуры
14. Явление Холла

### **Рекомендуемые формы контроля знаний**

#### Контрольные работы:

1. Электростатическое поле в вакууме и веществе, взаимная емкость, энергия электростатического поля
2. Стационарный ток, стационарное магнитное поле. Электромагнитная индукция, индуктивность. Энергия магнитного поля.

#### Коллоквиумы:

1. Электрическое поле в вакууме и веществе
2. Стационарное магнитное поле, электромагнитные колебания

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. *Калашников, С.Г.* Курс общей физики (в 3-х томах) Электричество / С.Г.Калашников. М.: Физматлит, 2003. 624 стр.
2. *Сивухин, Д.В.* Общий курс физики. Электричество / Д.В.Сивухин. М.: Наука, 1983. 320 стр.
3. *Иродов, И.Е.* Законы электромагнетизма / И.Е.Иродов. М.: Высшая школа 2000. 287 стр.
4. *Иродов, И.Е.* Задачи по общей физике / И.Е.Иродов. Санкт-Петербург: Лань, 2004. 416 стр.
5. *Кемеровский, Г.С.* Физический практикум / Г.С.Кембровский. Мн.: Университет, 1986. 352 стр.

#### **Дополнительная**

1. *Савельев, ИВ.* Курс общей физики, т.2 / И.В.Савельев. М.: Астрель, 2003. 352 стр.
2. *Матвеев, А.Н.* Электричество и магнетизм / А.Н.Матвеев. М.: Высшая школа, 1983. 462 стр.