

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. М.В.Ломоносова  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

---

**ПЛАН  
ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА  
"ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ"  
КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

**Москва 2012**

## ПЛАН ЛЕКЦИЙ

Лектор: проф. В.С. Русаков

### Лекция 1.

Электромагнитное взаимодействие и его место среди других фундаментальных взаимодействий в природе. Электрический заряд и его материальные носители. Точечный и пробный заряды. Фундаментальные свойства заряда.

Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона и его полевая трактовка. Метод Кавендиша. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Дискретное и непрерывное распределения электрического заряда. Силовые линии и их свойства.

### Лекция 2.

Поток напряженности электрического поля. Электростатическая теорема Гаусса. Нормальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Дифференциальная форма теоремы Гаусса. Теорема Ирншоу.

Работа сил электростатического поля, его потенциальность. Потенциал электростатического поля и его нормировка. Потенциал поля дискретного и непрерывного распределений зарядов. Локальная связь между потенциалом и напряженностью электрического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.

Электрический диполь и его поле. Поля электрически нейтральной и нескомпенсированной систем зарядов.

### Лекция 3.

Теорема о циркуляции напряженности электрического поля. Тангенциальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

Задачи электростатики. Уравнения Пуассона и Лапласа.

### Лекция 4.

Электростатическое поле в веществе. Микро- и макроскопические поля. Явление электрической индукции.

Проводники в электростатическом поле. Поле у поверхности и внутри проводника. Механизм образования поля вблизи поверхности проводника. Влияние кривизны поверхности проводника. Распределение заряда по проводнику. Силы, действующие на заряд проводника.

Свойства замкнутой проводящей однородной оболочки. Электростатическая защита от внешнего поля. Электростатически независимые части пространства. Экранировка зарядов. Метод электрических изображений.

Связь между зарядами и потенциалами проводников. Электроемкость уединенного проводника. Простые конденсаторы и их электроемкость. Параллельное и последовательное соединение батареи конденсаторов. Система проводников. Емкостные коэффициенты.

### Лекция 5.

Диэлектрики в электростатическом поле. Механизмы электрической индукции в диэлектриках. Связанные заряды и вектор поляризации. Теорема Гаусса для вектора поляризации. Граничные условия для нормальной составляющей вектора поляризации. Вектор электрической индукции и теорема Гаусса. Граничные условия при наличии диэлектриков. Материальное уравнение для электрического поля. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества.

Граничные условия для изотропных диэлектриков. Поле в однородном изотропном диэлектрике. Взаимосвязь свободных и связанных зарядов. Электрическое поле в полостях диэлектрика. Измерение напряженности и индукции электрического поля.

Факторы формы диэлектрика.

### **Лекция 6.**

Энергия системы электрических зарядов. Взаимная энергия системы точечных зарядов. Взаимная и собственная энергии системы непрерывно распределенных зарядов. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия точечного заряда и электрического диполя во внешнем поле.

Пондеромоторные силы в электростатическом поле. Силы, действующие на точечный заряд, точечный электрический диполь и непрерывно распределенный заряд во внешнем поле.

Связь пондеромоторных сил с энергией системы зарядов. Объемные и поверхностные пондеромоторные силы в проводниках и диэлектриках.

### **Лекция 7.**

Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса-Моссоти.

Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Поляризация ионных кристаллов.

Электрические свойства кристаллических диэлектриков. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Пирозэлектрики.

Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков и гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектриков. Применение сегнетоэлектриков.

### **Лекция 8.**

Постоянный электрический ток. Действия электрического тока. Плотность и сила тока. Линии и трубки тока. Уравнение непрерывности и условие стационарности тока.

Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника. Удельные сопротивление и электропроводность вещества. Электрическое напряжение. Соединения проводников. Дифференциальная форма закона Ома.

Электрическое поле стационарных токов. Объемное распределение заряда в проводящих средах. Граничные условия и поверхностное распределение заряда для поверхностей раздела двух проводников и проводника с диэлектриком.

### **Лекция 9.**

Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Механизм поддержания постоянного тока. Сторонние силы и их электродвижущая сила. Обобщенный закон Ома и закон Ома для замкнутой цепи.

Разветвленные цепи. Узлы и простые контуры. Правила Кирхгофа. Метод контурных токов.

Токи в сплошных проводящих средах. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

### **Лекция 10.**

Магнитное поле токов в вакууме. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Ампера и его полевая трактовка. Закон Ампера и третий закон Ньютона.

Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савра-Лапласа. Действие магнитного поля на ток – сила Ампера. Принцип суперпозиции магнитных полей. Поле прямого тока. Силовые линии магнитного поля и их свойства.

Теорема о циркуляции магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля. Магнитное напряжение. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

Теорема Гаусса для магнитного поля. Дивергенция магнитной индукции. Поток магнитной индукции. Понятие о векторном потенциале.

#### **Лекция 11.**

Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Магнитное поле движущегося заряда. Опыты Роуланда и Эйхенвальда.

Движущиеся заряды в электромагнитном поле. Сила Лоренца. Движение заряда в электромагнитном поле. Электрический дрейф. Эффект Холла.

#### **Лекция 12.**

Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Механизмы электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Токи Фуко.

Дифференциальная форма закона Фарадея. Индукционные методы измерения магнитной индукции и магнитного напряжения поля.

Явление самоиндукции. Экстратоки самоиндукции. Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Батареи индуктивностей. Явление взаимной индукции. Коэффициенты взаимной индукции.

#### **Лекция 13.**

Энергия магнитного поля. Собственная энергия электрического тока. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия системы контуров с током. Методы расчета коэффициентов индукции.

Силы, действующие на токи в магнитном поле. Элементарный ток в однородном и неоднородном магнитных полях. Пробный виток с током.

Энергия поля и пондеромоторные силы. Взаимодействие контуров с током.

#### **Лекция 14.**

Магнитное поле в веществе. Магнетики и их классификация. Молекулярные токи и токи намагничивания. Вектор намагниченности вещества и его связь с токами намагничивания. Теорема о циркуляции для вектора намагниченности.

Напряженность магнитного поля. Материальное уравнение для магнитного поля. Магнитные восприимчивость и проницаемость вещества.

Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля. Преломление линий напряженности и индукции магнитного поля. Магнитная защита.

#### **Лекция 15.**

Поле в однородном изотропном магнетике. Неограниченный непроводящий магнетик. Магнитное поле в полостях магнетика. Измерение напряженности и индукции магнитного поля.

Факторы формы магнетика.

Энергия магнитного поля при наличии магнетиков. Объемные и поверхностные силы, действующие на магнетики в магнитном поле.

#### **Лекция 16.**

Классификация магнетиков. Диамагнетики. Механизм намагничивания. Гироманитное отношение. Ларморова прецессия. Классическое описание диамагнетизма.

Парамагнетики. Теория Ланжевена.

Ферромагнетики. Кривая Столетова. Магнитный гистерезис. Остаточная индукция и коэрцитивная сила. Температурная зависимость намагниченности, точка Кюри. Закон Кюри-Вейса. Природа ферромагнетизма. Спонтанная намагниченность и доменная магнитная структура.

### **Лекция 17.**

Гироманнитные эффекты. Механический и магнитный моменты атома. g-Фактор. Магнитомеханический эффект Эйнштейна-де Гааза. Механомагнитный эффект Барнетта.

Квазистационарные электромагнитные процессы. Условия квазистационарности. Переходные процессы в электрических цепях.

### **Лекция 18.**

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Собственные колебания в контуре. Уравнение гармонических колебаний. Коэффициент затухания. Частота собственных колебаний. Энергия, запасенная в контуре.

Затухающие колебания в контуре. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний.

Резонанс напряжений. Напряжения и токи при резонансе. Ширина резонансной кривой. Резонанс токов.

### **Лекция 19.**

Колебания в связанных контурах. Уравнения свободных колебаний. Парциальные и нормальные колебания и их частоты.

Переменный синусоидальный ток. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Импеданс. Метод комплексных амплитуд и метод векторных диаграмм. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Резонанс токов.

Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения силы тока и напряжения.

### **Лекция 20.**

Электрические контуры с взаимной индукцией.

Трансформатор – устройство и принцип действия. Коэффициент трансформации. Роль сердечника.

Высокочастотные токи. Скин-эффект. Толщина скин-слоя. Генератор Тесла.

### **Лекция 21.**

Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Лоренца. Опыт Рикке. Опыты Толмена и Стюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории. Закон Видемана-Франца. Трудности классической теории.

Понятие о зонной теории твердых тел. Принцип Паули. Статистика Ферми-Дирака. Особенности зонной структуры металлов, полупроводников и диэлектриков. Объяснение проводимости твердых тел с помощью зонной теории.

### **Лекция 22.**

Полупроводники. Зависимость электросопротивления полупроводника от температуры. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Доноры и акцепторы. Полупроводники p и n типа, p-n переход. Применение полупроводников: полупроводниковые диоды, транзисторы, фотодиоды и фоторезисторы.

Контактные явления в проводниках. Работа выхода и контактная разность потенциалов. Термоэлектричество (явление Зеебека). Термоэлектродвижущая сила. Термопара. Эффект Пельтье. Явление Томсона.

### **Лекция 23.**

Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Магнитная индукция внутри сверхпроводника. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость сверхпроводника. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле. Высокотемпературная

сверхпроводимость. Применение сверхпроводников. Эффект Джозефсона, сверхпроводящий квантовый интерференционный датчик (СКВИД).

#### **Лекция 24.**

Система уравнений Максвелла как обобщение опытных данных. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Ток проводимости и ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга. Закон изменения энергии электромагнитного поля.

## ПЛАН СЕМИНАРОВ

- Семинар 1.** Электростатическое поле в вакууме. Закон кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.
- Семинар 2.** Электростатическая теорема Гаусса.
- Семинар 3.** Работа сил и потенциал электростатического поля.
- Семинар 4.** Уравнения Пуассона и Лапласа. Электрический диполь и его поле.
- Семинар 5.** Проводники в электростатическом поле.
- Семинар 6.** Метод электростатических изображений.
- Семинар 7.** Емкость. Простые конденсаторы и их соединения.
- Семинар 8. Контрольная работа.**
- Семинар 9.** Однородный диэлектрик в электростатическом поле. Граничные условия.
- Семинар 10.** Неоднородный диэлектрик в электростатическом поле.
- Семинар 11.** Диэлектрики с заданным статическим состоянием поляризации.
- Семинар 12.** Энергия электрического поля.
- Семинар 13.** Пондеромоторные силы в электрическом поле.
- Семинар 14.** Токи в сплошных проводящих средах.
- Семинар 15.** Расчет цепей постоянного тока. Правила Кирхгофа, методы контурных токов и узловых потенциалов.
- Семинар 16. Контрольная работа.**
- Семинар 17.** Магнитные поля проводников с током. Закон Био-Савара-Лапласа.
- Семинар 18.** Магнитные поля проводников с током. Теорема о циркуляции. Векторный потенциал.
- Семинар 19.** Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.
- Семинар 20.** Закон электромагнитной индукции.
- Семинар 21.** Самоиндукция и взаимная индукция. Энергия магнитного поля.
- Семинар 22. Контрольная работа.**
- Семинар 23.** Пондеромоторные силы и работа в магнитном поле.
- Семинар 24.** Магнитное поле в магнетиках. Граничные условия. Метод молекулярных токов.
- Семинар 25.** Поле постоянных магнитов. Магнетики во внешнем магнитном поле. Факторы формы магнетика.
- Семинар 26.** Энергия магнитного поля и пондеромоторные силы в магнетиках.
- Семинар 27.** Переходные процессы в электрических цепях.
- Семинар 28.** Расчет цепей переменного тока. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Мощность в цепях переменного тока.
- Семинар 29.** Свободные и вынужденные электрические колебания в контурах. Резонанс напряжений и токов.
- Семинар 30. Контрольная работа.**

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная.

1. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. М., Высшая школа, 1983.
2. С.Г. Калашников. Электричество. М., Наука, 1985.
3. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.3. М., Наука, 1983.

### Дополнительная.

1. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. М., Наука, 1989.
2. Э. Парселл. Электричество и магнетизм. М., Наука, 1975.
3. Н.Н. Брандт, Г.А. Миронова, А.М. Салецкий. Электростатика в вопросах и задачах. Пособие по решению задач. М.: Физический факультет МГУ, 2007. 296 с.

### Сборники задач.

1. А.С. Жукарев., С.А. Иванов, С.А. Киров, Д.Ф.Киселев, Е.В.Лукашева. Электричество и магнетизм. Методика решения задач / Учебное пособие. М.: Физический факультет МГУ. 2010. 436 с.
2. Сборник задач по общему курсу физики. Электричество и магнетизм. Под ред. И.А. Яковлева. М., Наука, 1988.
3. И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. М., Наука, 1988.
4. Л.И. Антонов, Л.Г. Деденко, А.Н. Матвеев. Методика решения задач по электричеству. М., МГУ, 1982.