

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

3.1. Введение.

Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена. Закон сохранения электрического заряда.

3.2. Электростатика.

Закон Кулона. Его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса, ее представление в дифференциальной форме.

Работа сил электростатического поля. Потенциальность электростатического поля. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь потенциала с вектором напряженности электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Теорема о циркуляции и ее представление в дифференциальной форме. Уравнение Пуассона и математическая постановка задач электростатики. Роль граничных условий.

Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь в электрическом поле.

Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.

3.3. Проводники в электростатическом поле.

Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Эквипотенциальные поверхности. Метод зеркальных изображений.

Связь между зарядом и потенциалом проводника. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Силы, действующие на проводники в электрическом поле.

3.4. Диэлектрики в электростатическом поле.

Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Связь вектора поляризации со связанными зарядами. Вектор электрической индукции.

Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Понятие о тензоре диэлектрической проницаемости.

Теорема Остроградского-Гаусса в присутствии диэлектриков, ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов поляризации, напряженности и индукции электрического поля. Преломление линий поляризации, напряженности и индукции на границе двух диэлектриков.

Электрические свойства кристаллов. Пироэлектрики. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект и его применение. Сегнетоэлектрики. Доменная структура

сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектриков. Применение сегнетоэлектриков.

3.5. Постоянный электрический ток.

Сила и плотность тока. Линии тока. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока.

Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электрическое сопротивление. Удельная электропроводность вещества. Дифференциальная форма закона Ома.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма.

Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи. Разветвленные цепи.

Правила Кирхгофа. Токи в сплошных средах. Заземление.

Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

3.6. Постоянное магнитное поле.

Электромагнетизм. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Савара-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера.

Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал. Его связь с вектором индукции магнитного поля.

Элементарный ток и его магнитный момент. Поле элементарного тока.

Элементарный ток в магнитном поле. Понятие о магнитном диполь-дипольном взаимодействии. Сила Лоренца. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда.

Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Коэффициент взаимной индукции.

3.7. Магнетики.

Понятие о молекулярных токах. Вектор намагниченности и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. Понятие о тензоре магнитной проницаемости.

Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля.

Магнитное поле в полостях в однородном магнетике. Принципиальные методы измерения напряженности и индукции магнитного поля в магнетиках.

Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики.

Классическое описание диамагнетизма. Ларморова прецессия. Объяснение парамагнетизма по Ланжевону. Гиромагнитное отношение. опыты Эйнштейна-де-Гааза. Опыт Барнетта.

Ферромагнетики. Доменная структура. Гистерезис намагничивания. Остаточная индукция и коэрцитивная сила. Температурная зависимость намагниченности.

Точка Кюри. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле. Магнитные материалы и их применение.

3.8. Электромагнитная индукция.

Закон электромагнитной индукции Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме. Правило Ленца. Индукционные методы измерения магнитных полей. Токи Фуко.

Магнитная энергия контура с током. Магнитная энергия совокупности контуров с

током. Энергия магнитного поля. Ее объемная плотность. Энергия магнитного поля в веществе.

3.9. Электромагнитные колебания.

Квазистационарные поля. Критерии квазистационарности. Переходные процессы в RC и LC цепях.

Колебательный контур. Собственные колебания в контуре. Уравнение гармонических колебаний. Энергия, запасенная в контуре. Затухающие колебания в контуре и их уравнение. Показатель затухания. Время релаксации.

Логарифмический декремент затухания. Добротность контура.

Вынужденные колебания в контуре. Резонанс. Ширина резонансной кривой и ее связь с добротностью контура. Процесс установления вынужденных колебаний.

Колебания в связанных контурах. Парциальные колебания и их частоты.

Нормальные колебания (моды) и их частоты.

3.10. Переменный синусоидальный ток.

Квазистационарные токи. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Активное, емкостное и индуктивное сопротивление. Закон Ома для цепей переменного тока.

Резонанс напряжений. Резонанс токов. Правила Кирхгофа для цепей переменного тока.

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

Техническое использование переменных токов. Генераторы и электродвигатели.

Трехфазный ток. Получение вращающегося магнитного поля. Соединение

обмоток генератора "звездой" и "треугольником". Фазное и линейное

напряжение. Трансформатор. Принцип действия, применение. Коэффициент трансформации. Роль сердечника.

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

3.11. Механизмы электропроводности.

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

Понятие о зонной теории твердых тел. Энергетические уровни и формирование энергетических зон. Принцип Паули. Статистика Ферми-Дирака.

Полупроводники. Особенности зонной структуры диэлектриков, полупроводников и металлов.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники p и n типа. p-n переход. Применение полупроводников: полупроводниковые диоды, транзисторы, фотодиоды, фоторезисторы.

Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество.

Термоэлектродвижущая сила. Термопары. Эффект Пельтье. Явление Томсона.

Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера, критическое магнитное поле. Применение сверхпроводников.

Электролиты. Закон Фарадея.

Токи в газах. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества.

Электропроводность плазмы.

Электрический ток в вакууме. Электронная эмиссия.

3.12. Уравнения Максвелла.

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных данных. Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Скорость их распространения. Поперечность электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вибратор Герца. Излучение электромагнитных волн.

Учебно-методическое обеспечение раздела "Электричество и магнетизм"

1. Основная литература.

1. С.Г. Калашников. Электричество. М.: Наука, 1985.
2. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983.
3. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т. 3. Электричество. М.: Наука, 1983.
4. С.П. Стрелков, Д.В. Сивухин, С.Э. Хайкин, И.А. Эльцин, И.А. Яковлев. Сборник задач по общему курсу физики. Под ред. И.А. Яковлева. М.: Наука, 1977.

2. Дополнительная литература.

1. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989.
2. Э. Парселл. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975.
3. Р.В. Поль. Учение об электричестве. М.: Физматгиз, 1962.
4. Р. Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5–7. М.: Мир, 1977.
5. И.В. Савельев. Курс общей физики. Т. 2. М.: Наука, 1988.
6. И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1988.
7. Л.И. Антонов, Л.Г. Деденко, А.Н. Матвеев. Методика решения задач по электричеству. М.: Изд-во МГУ, 1982.