

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

(экзаменационная программа 2006 г.)

I. Введение

Основы векторного анализа. Дифференциальные операции первого и второго порядков. Оператор “набла”. Основные тождества. Интегральные теоремы. Криволинейные координаты.

II. Основные уравнения макроскопической электродинамики и общие свойства электромагнитных полей.

1. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Постулаты, связывающие электромагнитные явления с механическими (плотность энергии или сила Лоренца).
2. Материальные уравнения для различных сред. Ток и поляризация как результат воздействия поля на среду и как источник этих полей. Сторонние источники.
3. Граничные условия для полей. Понятие поверхностных токов и зарядов.
4. Простейшие общие свойства уравнений Максвелла и их решений. Скаляры, векторы и псевдовекторы в уравнениях Максвелла. Обратимость уравнений во времени. Принцип перестановочной двойственности и магнитные источники. Принцип суперпозиции решений.
5. Законы сохранения, следующие из уравнений Максвелла. Закон сохранения заряда (уравнение непрерывности). Закон сохранения энергии (теорема Пойнтинга). Плотность электромагнитной энергии в среде без дисперсии. Джоулевы потери. Вектор Пойнтинга и понятие потока электромагнитной энергии.
6. Общая теорема единственности решений уравнений Максвелла.

III — V. Статика (программа коллоквиума).

VI. Переменные электромагнитные поля.

1. Постановка задачи и различные приближения. Описание переменного электромагнитного поля в общем случае. Дифференциальные уравнения второго порядка для электромагнитных полей. Описание с помощью потенциалов. Градиентная инвариантность. Условие калибровки Лоренца. Волновые уравнения для потенциалов. Вектор Герца. Магнитные потенциалы.
2. Гармонические процессы. Комплексная запись уравнений Максвелла. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Связь комплексных полей с потенциалами. Возможность оперирования с произведением комплексных векторов. Комплексная теорема Пойнтинга. Теорема единственности решения уравнений Максвелла для гармонических полей.

VII. Электродинамика квазистатических (квазистационарных) процессов.

1. Квазистационарные процессы в проводящих средах. Распределение переменных полей и токов в проводящем полупространстве. Скин-эффект. Энергетические соотношения при скин-эффекте.
2. Квазистационарные процессы в квазилинейных цепях с сосредоточенными параметрами. Возможность пренебрежения запаздыванием передачи взаимодействия и выделение зоны квазистатики.

УШ. Волны в однородных средах.

1. Однородные и неоднородные плоские волны в непоглощающей среде. Ориентация векторов электрического и магнитного поля. Дисперсионное соотношение. Поляризация волны, длина волны, фазовая скорость. Плотность потока энергии, переносимая плоской волной. Плоские волны в поглощающей среде.
2. Неоднородная плоская волна как суперпозиция двух однородных плоских волн. Поляризация поля в такой волне, длина волны, фазовая скорость, поток энергии. Конструирование поля в волноводе из однородных плоских волн. Пример: волны типа TE в прямоугольном волноводе.
3. Двухмерный электромагнитный волновой пучок. Представление в виде суперпозиции однородных плоских волн. Малоугловое (параксиальное) приближение (квазиоптический пучок). Зона геометрической оптики (прожекторная зона). Зона Френеля и диффузионная зона. Уравнение поперечной диффузии и его решение. Пример: пучок с гауссовым распределением. Зона Фраунгофера.
4. Среда с временной дисперсией. Связь между индукцией и напряженностью поля. Квазимонохроматические процессы. Распространение импульсного сигнала в среде с временной дисперсией. Групповая скорость. Диффузионное уравнение для огибающей импульса. Расплывание импульса. Пример: колоколообразный импульс, описываемый функцией Гаусса. Энергия монохроматического поля в среде с временной дисперсией.

IX. Волны в неоднородных средах.

1. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред (формулы Френеля). Нормальное падение. Выражение коэффициента отражения через волновые импедансы. Формула пересчета импеданса. Использование ее для отыскания коэффициента отражения от плоскопараллельной пластинки. Наклонное падение. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Возникновение неоднородных волн при полном отражении. Отражение от хорошо проводящей поверхности и условие Леонтовича.

X. Излучение заданных источников в безграничной однородной изотропной среде.

1. Функция Грина и общее решение неоднородного волнового уравнения. Представление потенциалов в виде интегралов по области источников.
2. Простейшая излучающая система - элементарный электрический вибратор (диполь Герца). Общее выражение для поля излучения; структура поля в квазистатической и волновой зонах. Диаграмма направленности; сопротивление излучения. Поле магнитного диполя (с использованием принципа двойственности).
3. Общее представление поля излучения произвольной системы заданных гармонических токов в зоне Фраунгофера. Основные характеристики направленности излучающей системы.