

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА)

программа курса

1. Введение. Плотность заряда, плотность тока, *уравнение непрерывности*. Силы взаимодействия зарядов и токов, *законы Кулона и Ампера*. Системы единиц (СИ, CGSE).

2. Понятие поля, напряженность электрического поля. Поле точечного заряда, *принцип суперпозиции*, силовые линии. *Закон Гаусса*. Работа в электростатическом поле, независимость работы от пути, теорема Стокса. Поле и потенциал произвольной системы зарядов, *уравнение Пуассона*.

Магнитостатика. Магнитная индукция, магнитные силовые линии, циркуляция магнитного поля, непотенциальность, *отсутствие магнитных зарядов*. *Принцип суперпозиции*, магнитная индукция для произвольного распределения постоянных токов. Закон Био-Савара. *Векторный потенциал, уравнение Пуассона*.

Переменное магнитное поле и *закон Фарадея электромагнитной индукции*, вихревое электрическое поле. Ток смещения. *Полная система уравнений Максвелла (дифференциальная и интегральная форма)*.

Скалярный и векторный потенциалы, их связь с полями. Градиентная (калибровочная) инвариантность, *условие Лоренца*, уравнение Даламбера. Другие калибровки (кулоновская, гамильтонова).

3. Специальная теория относительности. *Принцип относительности*, скорость света, парадокс близнецов, *собственное время, преобразование длины*. Псевдоэвклидова геометрия, пространство-время Минковского, времениподобный и пространственноподобный интервал, собственное время. Повороты в плоскостях xu , xt . Преобразования Лоренца. Четырех-векторы, *4-вектор координаты, 4-скорость*. Преобразование Лоренца 4-векторов, *контравариантные и ковариантные вектора, метрический тензор*. Примеры 4-векторов, 4-градиент, 4-вектор энергии-импульса.

4. Релятивистская ковариантность уравнений Максвелла. *4-векторы тока, потенциала*. Ковариантная запись уравнения непрерывности и уравнения Даламбера, условия Лоренца и калибровочной свободы. Тензор электромагнитного поля, ковариантная запись уравнений Максвелла. Преобразования Лоренца для потенциалов и полей, инварианты поля.

5. Релятивистская частица в электромагнитном поле. Действие и функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа частицы в электромагнитном поле, канонический импульс, гамильтониан. Уравнение движения, *сила Лоренца*.

6. Статические системы зарядов и токов, мультипольное разложение потенциалов и полей на больших расстояниях. Статическая система зарядов. Полный заряд, *дипольный момент*, квадрупольный момент. Поле диполя.

Поле системы токов. *Магнитный диполь*, вектор-потенциал и поле.

7. Энергия поля. *Плотность энергии, вектор Пойтинга*. Электромагнитная энергия системы зарядов и токов.

Электростатическая энергия системы зарядов, энергия взаимодействия двух подсистем. Классический радиус электрона, границы применимости классической электродинамики. Комптоновский радиус электрона. Пространственный масштаб сильных, слабых и гравитационных взаимодействий.

Энергия статической системы токов, взаимодействие подсистем. Энергия системы во внешнем поле. Энергия диполя, сила на диполь.

Тензор энергии-импульса поля. Плотность импульса поля.

7. Электромагнитные волны. *Волновое уравнение*, волновые решения, избыточность решений. *Плоские волны. Сферические волны*. Плотность энергии и потока энергии в волне.

Монохроматическая плоская волна, поляризация - линейная и эллиптическая. Волновые пакеты. Одномерный волновой пакет. *Фазовая и групповая скорость*. Ширина пакета, соотношение неопределенности.

8. Эффект Доплера. Продольный и поперечный эффект Доплера, изменение направления распространения волны.

9. Излучение электромагнитных волн. Решение неоднородного волнового уравнения для потенциалов. Запаздывающие потенциалы, потенциалы Лиенара-Вихерта. Поля в квазистационарной зоне, связь с полем равномерно движущегося заряда. Поля в волновой зоне, интенсивность излучения в малый телесный угол. Нерелятивистский предел, излучение диполя, угловое распределение излучения. Ультрарелятивистский предел, угловое распределение, γ -конус.

10. Излучение при движении во внешних полях. Излучение при ускорении продольным электрическим полем, излучение в поперечном магнитном поле. Оценки интенсивности для реальных ускорителей, характерный спектр излучения. Радиационное затухание - польза и вред.

12. Сила радиационного трения, пределы применимости. Излучение гармонического осциллятора, спектр излучения.

14. Рассеяние электромагнитных волн. Дифференциальное сечение рассеяния, геометрическая картина. Томсоновское рассеяние. Рассеяние на осцилляторе.

15. Электромагнитное поле в веществе. Усреднение уравнений Максвелла для микроскопических полей. Поляризация диэлектриков, дипольный момент единицы объема и электрическая индукция. Намагниченность, напряженность магнитного поля. *Тензор диэлектрической и магнитной восприимчивости. Условия на границе раздела двух сред. Потенциалы в среде*. Плотность энергии и импульса поля в среде.

Литература.

1. Ландау и Лифшиц. Теория поля.
2. Левич. Курс теоретической физики, т.1.
3. Панофский и Филлипс. Классическая электродинамика.
4. Фейнман. Фейнмановские лекции по физике, т.5,6.
5. 5. Тамм. Основы теории электричества.
6. 6. Бредов, Румянцев, Топтыгин. Классическая электродинамика.
7. 7. Мешков, Чириков. Электромагнитное поле.
8. 8. Ландау и Лифшиц. Электродинамика сплошных сред.