

# Электродинамика



**Лекторы:**  
Дмитрий Карловец

**Ассистент:**  
Виктор Иванов  
Георгий Сизых

**Язык:**  
Русский

**Трудоемкость:**  
3 з.е.

**Форма контроля:**  
Экзамен

**Образовательная программа:**

Теоретическая и экспериментальная физика

4 семестр

Беспроводные технологии

4, 6 семестры

**Пререквизиты:**

Методы математической физики

Общая физика: механика

Высшая математика

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
51	17	12
*1 академический час = 45 минутам		

Основы электродинамики были заложены в 19-м веке Фарадеем, Ампером и др. Решающее значение для дальнейшего развития науки об электромагнетизме оказала формулировка уравнений электромагнитного поля Максвеллом.

В начале 20-го века после разработки специальной теории относительности уравнениям Максвелла была дана релятивистски-инвариантная формулировка, позволяющая изучать электромагнитные явления в различных инерциальных системах отсчета. Большое значение на данном этапе оказали работы Эйнштейна, Лоренца, Минковского, Хэвисайда и др. Примерно в это же время Лиенаром и Вихертом были найдены решения уравнений Максвелла для потенциалов точечного заряда.

В дальнейшем электродинамика развивалась неразрывно с практическим применением следовавших из нее свойств электромагнитных полей. Во второй четверти 20-го века были разработаны классическая теория синхротронного излучения, были созданы первые ускорители заряженных частиц. В конце 40-х годов В.Л. Гинзбургом были сформулированы основные принципы работы ондулятора — устройства, нашедшего широкое применение в наше время.

Современная электродинамика представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся дисциплин. Это связано прежде всего с наличием огромного числа практических приложений в физике ускорителей, лазерной физике, физике плазмы, медицинской физике и др.

Цель дисциплины "Электродинамика" – изучить основы теории электромагнитных явлений в вакууме, овладеть навыками применения методов решения задач об электромагнитных полях, создаваемых сложными системами, в том числе с использованием ЭВМ.

# Содержание курса

## 4 семестр

### Электродинамика

#### Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
<b>Часть 1. Основы специальной теории относительности (СТО)</b>		3
1.1. Введение в электродинамику	1	
1.2. Введение в СТО	2	
1.3. Преобразования Лоренца в 4-мерной форме	2	
1.4. Тензоры в СТО	3	
<b>Часть 2. Релятивистская формулировка теории э.-м. поля</b>		4
2.1. Принцип наименьшего действия в СТО	3	
2.2. Заряд во внешнем электромагнитном поле	4	
2.3. Свойства электро-магнитного поля	3	
2.4. Уравнения Максвелла с токами и зарядами	2	
2.5. Законы сохранения в теории электро-магнитного поля и частиц	3	
<b>Часть 3. Решение уравнений Максвелла</b>		6
3.1. Плоские электромагнитные волны и их поляризация	4	
3.2. Решение уравнений Максвелла в фурье-представлении.	3	
3.3. Поля мультиполей.	3	
3.4. Запаздывающие потенциалы и потенциалы Лиенара-Вихерта	3	
3.5. Поля произвольно движущегося точечного заряда	4	
<b>Часть 4. Излучение точечной заряженной частицы</b>		4
4.1. Характеристики излучения частицы во внешнем электро-магнитном поле	4	
4.2. Спектральные характеристики синхротронного излучения	4	
4.3. Основные характеристики ондуляторного излучения	3	

#### Темы практических занятий:

1. Математический аппарат СТО
2. Релятивистская формулировка теории поля
3. Уравнения Максвелла и законы сохранения
4. Решение уравнений Максвелла в фурье-представлении
5. Поля произвольно движущегося заряда и поля излучения
6. Синхротронное и ондуляторное излучения

#### Перечень лабораторных работ:

Работы представляют собой компьютерное моделирование, выполняются в компьютерном классе кафедры ПФ

1. Операции с векторами и матрицами в пакете «Mathematica»
2. Операции с тензорами в пакете «Mathematica»
3. Решение уравнений движения заряда во внешних электромагнитных полях
4. Исследование частотных характеристик электромагнитных волн
5. Исследование характеристик синхротронного излучения
6. Исследование характеристик ондуляторного излучения

#### Рекомендуемые ресурсы

Основная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Теория поля, Москва, Физматлит, 2006.
2. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин, Современная электродинамика, том 1, Москва-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.
3. Дж. Джексон, Классическая электродинамика, Москва, Мир, 1965.
4. Ю.В. Новожилов, Ю.А. Яппа, Электродинамика, Москва, Наука, 1978.

Дополнительная литература:

1. В.Г. Багров, Г.С. Бисноватый-Коган, В.А. Бордовицын и др., Теория излучения релятивистских частиц, под ред. В.А. Бордовицына, Москва, Физматлит, 2002.
2. С.Р. де Гроот, Л.Г. Сатторп, Электродинамика, Москва, Наука, 1982.

## Тип самостоятельных заданий

**Пример вопросов к коллоквиуму:**

1. В чем состоял смысл опытов Майкельсона-Морли и Физо? В чем их основной результат?
2. Что такое преобразования Лоренца? Чем они отличаются от преобразований Галилея? Какие системы отсчета называются инерциальными?
3. Запишите преобразования Лоренца в матричной форме. Чем определяется вид матрицы Лоренца? Чем определяется значение ее определителя?

**Примеры вопросов к экзамену:**

1. Сформулируйте принцип относительности Эйнштейна. Что такое инерциальная система отсчета? Выведите преобразования Лоренца для буста вдоль оси X. В каком случае они переходят в преобразования Галилея? Запишите преобразования Лоренца в матричной форме и приведите явный вид матриц Лоренца для буста вдоль осей X, Y, Z. Какими свойствами обладает матрица Лоренца? Докажите их (например, для буста вдоль оси X).
2. Что такое 4-мерный радиус-вектор? Контравариантные и ковариантные компоненты? Что такое метрический тензор и в чем его смысл? Какие два вида метрических тензоров используются? Какая величина называется инвариантом? Что такое пространство Минковского? Световой конус? Интервал? Что такое правило суммирования по «немым» индексам?
3. Выведите преобразования Лоренца для координат и времени в трехмерной векторной форме для буста в произвольном направлении. Как записываются обратные преобразования? Пользуясь полученными выражениями, выпишите компоненты матрицы Лоренца для буста в произвольном направлении.