

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова  
Физико-технический институт  
Кафедра радиофизики и электроники

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ 03.06.01 «Физика и астрономия»  
направленность «Радиофизика»**

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Утверждено на заседании УС  
ФТИ Протокол № 140  
«24» октября 2016 г.

Председатель УС ФТИ  
 Н.А. Саввинова



Якутск-2016

## I. Теория электромагнитного поля. Электродинамика

1. *Электростатическое поле. Уравнение электростатического поля.* Скалярный потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа.
2. *Электростатическое поле в диэлектриках и проводниках.* Диполь. Потенциальная энергия диполя. Поляризация диэлектриков. Связанные заряды. Сторонние заряды. Проводники в электрическом поле. Индуцированные заряды. Распределение зарядов по поверхностям проводника. Потенциал и емкость проводников.
3. *Поток и дивергенция напряженности электрического поля.* Теорема Гаусса. Уравнения Пуассона. Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля. Примеры применения теоремы Гаусса.
4. *Энергия электростатического поля.* Энергия дискретных зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия конденсатора. Объемная плотность энергии электрического поля. Вектор электрического смещения. Энергия электрического поля в диэлектрике.
5. *Циркуляция и ротор электростатического поля. Теорема Гаусса для вектора электрической индукции. Условия на границе раздела диэлектриков.* Циркуляция и ротор в консервативных полях. Теорема Гаусса для вектора  $D$ . Граничные условия для векторов  $E$  и  $D$  на границе раздела диэлектриков.
6. *Движущиеся заряды. Магнитное поле.* Взаимодействие движущихся зарядов. Закон взаимодействия токов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля. Принцип суперпозиции для магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого тока. Сила Лоренца.
7. *Магнитное поле в среде.* Магнитное поле в среде. Дипольный магнитный момент. Намагничивание. Теорема о циркуляции. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм.
8. *Постоянный электрический ток.* Стационарные токи. Условия существования стационарных токов. Сила и плотность тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Напряжение. Закон Ома в дифференциальной форме. Правила Кирхгофа. Превращение энергии в электрических цепях. Закон Джоуля-Ленца.
9. *Электропроводность.* Классическая теория электропроводности и ее затруднения. Зависимость электропроводности от температуры. Сверхпроводимость. Эффект Холла.
10. *Электромагнитная индукция. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.* Явление электромагнитной индукции. ЭДС электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Явление самоиндукции. Энергия магнитного поля.
11. *Переменное электрическое поле.* Вихревое электрическое поле. Принципиальные различия вихревого электрического поля от электростатического поля. Ток смещения. Плотность тока смещения. Полный ток.

12. *Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.* Фундаментальные законы электродинамики. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Физический смысл уравнений Максвелла. Опыт Герца. Плоские электромагнитные волны в вакууме. Вектор Умова-Пойнтинга. Энергия электромагнитного поля.
13. *Переменный электрический ток. Свободные колебания в электрических цепях.* Квазистационарные токи. Дифференциальные уравнения для электрических цепей. Колебательный контур. Свободные колебания в электрических цепях. Собственная частота контура. Формула Томпсона. Активное и реактивное сопротивления.
14. *Колебания в цепях с активным сопротивлением.* Затухающие колебания в электрических цепях. Вынужденные колебания в электрических цепях. Установившиеся колебания.
15. *Мощность переменного тока. Методы описания переменного тока.* Мощность переменного тока. Действующие значения силы тока и напряжения. Метод векторных диаграмм. Метод комплексных амплитуд.
16. *Термоэлектричество.* Контактная разность потенциалов. Закон Вольта. ТермоЭДС. Эффект Пельтье.
17. *Электропроводность газов. Ионизация и рекомбинация ионов. Ионная лавина.* Основные типы газового заряда.

## II. Теория колебаний и волновая физика

1. Однородные и неоднородные плоские волны в непоглощающей изотропной среде. Ориентация векторов электрического и магнитного полей. Дисперсионное соотношение. Поляризация волны, фазовая скорость, характеристический импеданс, плотность потока энергии.
2. Неоднородная волна как суперпозиция однородных волн. Поляризация волны, фазовая скорость, поперечный волновой импеданс, плотность потока энергии.
3. Волны в неоднородных изотропных средах. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела сред (Формулы Френеля). Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Отражение от хорошо проводящей поверхности и условие Леонтовича. Волны в среде с непрерывно изменяющимися параметрами. Волновое уравнение.
4. Излучение заданных источников в безграничной однородной изотропной среде. Функция Грина и общее решение неоднородного волнового уравнения. Простейшая излучательная система – диполь Герца. Общее выражение для поля излучения, структура поля, диаграмма направленности, сопротивление излучения.
5. Линейные и нелинейные колебательные системы
6. Статистические методы в радиофизике. Формула Лапласа. Методика оценки шумов. Распределения случайных величин. Корреляционные и спектральные характеристики.

7. Тепловые шумы. Формула Найквиста. Дробовые шумы. Формула Шоттки. Внутренние и внешние шумы.

### III. Основы радиоэлектроники

1. Методы анализа линейных цепей. Последовательный и параллельный резонансный контуры. Связанные контуры. Нелинейные радиотехнические элементы: режимы работы, преобразование спектра сигнала.
2. Усилители. Резисторный усилитель. УНЧ. Резонансные усилители. Операционные усилители.
3. Самовозбуждение усилителей. Генераторы. LC- и RC-генераторы.
4. Умножение и преобразование частот.
5. Методы получения АМ колебаний и методы их детектирования.

### IV. Полупроводниковая электроника

1. Кристаллическая структура полупроводников и типы химических связей. Индексы Миллера. Зонная теория идеального кристалла: Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближения.
2. Обратная решетка кристалла. Зоны Бриллюэна. Число электронных состояний в зоне Бриллюэна. Эффективная масса носителей заряда в кристалле. Уравнение движения электрона в идеальном кристалле.
3. Статистика электронов и дырок в полупроводниках: Функция распределения носителей Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Концентрация равновесных электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне при произвольной степени вырождения полупроводника.
4. Собственные и примесные полупроводники. Концентрация носителей в собственном полупроводнике, носителей в примесном полупроводнике. Закон действующих масс.
5. Подвижность носителей заряда. Удельное сопротивление. Эффект Холла. Дрейф и диффузия носителей заряда. Соотношение Эйнштейна.
6. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Процессы генерации и рекомбинации. Инжекция носителей. Межзонные процессы. Процессы в объеме полупроводника. Поверхностные процессы.
7. Биполярные транзисторы: Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Статистические вольтамперные характеристики в схемах с ОЭ и ОБ. Системы  $h$ ,  $y$ ,  $z$ -параметров транзистора. Эквивалентные схемы транзисторов через  $h$ - и физические параметры. Частотные свойства транзисторов.
8. Полевые транзисторы. Разновидности полевых транзисторов, их конструктивные особенности, обозначения. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом, принцип действия, статистические характеристики. Полевые транзисторы со встроенным и индуцированным

каналом. Устройство, принцип действия, статистические характеристики, основные параметры. МДП транзисторы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ландау Л.Д, Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Физматлит, 2006, 503 с.
2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники. М.: Высшая школа, 2005.
3. Кычкин И. С., Сивцев В. И.. Колебания и волны: курс лекций. Якутск: Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. М.:Горячая линия-Телеком, 2004.Изд-во ЯГУ, 2010 г.
4. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Механика и электродинамика. т.1. СПб.: Лань, 2005 г.
5. Фальковский О.И. Техническая электродинамика: учебник. СПб: Лань, 2009. – 429.
6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб.для студ.вузов. М. : Вышш.шк., 2005. - 462 с.
7. Баскаков С.И. Основы электродинамики. М.: Советское радио, 1973, 248 с.
8. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. СПб: Лань, 2010.
9. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах. 2010 г.
10. Нефедов В.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. М.: Академия, 2010.
11. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – СПб.: Лань, 2010.
12. Пасынков Б.В., Л.К. Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы.- СПб.: Лань, 2009 - 459 с.
13. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела. М.: Техносфера, 2009.