

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИСЭ СО РАН
академик РАН



Н. А. Ратахин Н. А. Ратахин

« 24 » августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
вступительного экзамена
по специальности

01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки

основной профессиональной образовательной программы высшего образования
— программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по
направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)
1	03.06.01 Физика и астрономия	Электрофизика, электрофизические установки

1. Общие положения

1.1. Программа кандидатского экзамена разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспорта специальностей научных работников 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки;

- программы-минимум по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

1.2. Вступительный экзамен проводится в устной форме.

2. Содержание программы

2.1. Основы электродинамики

Электростатика. Закон Кулона. Потенциал электрического поля. Теорема Остроградского—Гаусса. Уравнение Пуассона и Лапласа. Проводник в электрическом поле. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия электрического поля. Пондермоторные силы.

Диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Свободные и связанные заряды. Энергия электрического поля в диэлектриках.

Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики.

Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов. Сила Лоренца. Уравнения магнитного поля. Граничные условия в магнитном поле токов. Пондермоторные силы в магнитном поле. Взаимная индукция и самоиндукция линейных проводников.

Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Механизмы намагничивания. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла. Уравнение для потенциалов электромагнитного поля. Решение волнового уравнения. Скорость распространения электромагнитных возмущений.

Квазистационарное электромагнитное поле. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Скин-эффект.

Распространение электромагнитного поля в волноводах. Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия.

Электромагнитные колебания в полых резонаторах.

Излучение заряженных частиц. Условия излучения в неограниченном пространстве. Волновая зона. Излучение релятивистской частицы. Магнитотормозное излучение. Переходное излучение. Черенковское излучение электромагнитных волн в среде. Спонтанное и индуцированное излучение. Вынужденное рассеяние.

Численные методы решения краевых задач электродинамики.

2.2. Основы теории электрических цепей

Методы расчета линейных электрических цепей в стационарном режиме. Уравнения Кирхгофа. Метод комплексных амплитуд.

Методы расчета линейных цепей в нестационарных режимах. Операторный метод (преобразование Лапласа). Спектральный метод (преобразование Фурье). Интеграл Дюамеля.

Цепи с распределенными параметрами. Длинные линии. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в стационарном режиме. Падающие и отраженные волны. Согласование длинных линий.

Решение телеграфных уравнений в нестационарном режиме. Переходные процессы при коммутации предварительно заряженных линий.

2.3. Основные понятия физики плазмы

Кинетическая теория плазмы, распределение частиц по скоростям, эффективные сечения и частоты столкновений. Механизмы ионизации и рекомбинации в плазме. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Испускание и поглощение фотонов. Диффузия и дрейф частиц. Амбиполярная диффузия.

Проводимость низкотемпературной плазмы. Проводимость полностью ионизированного газа (формула Спитцера).

2.4. Вещество в сильном электромагнитном поле

Эмиссия заряженных частиц с поверхности вещества. Эмиссия электронов из твердого тела твердого тела. Термоэмиссия, автоэлектронная эмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия, взрывная эмиссия, ионная эмиссия.

Газовый разряд. Формы разряда в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Лавинный разряд. Закон Пашена. Стримерная форма разряда, переход от стримера к канальной форме разряда. Коронный и тлеющий разряды. Дуговой разряд. Изоляционные свойства газовых диэлектриков. Сильноточный газовый разряд в плотных средах.

Прохождение тока через жидкость. Проводимость электролитов. Проводимость жидких изоляторов. Диэлектрические потери. Электрическая прочность и пробой жидких диэлектриков.

Проводники, твердые диэлектрики, полупроводники в сильных полях. Эффект Холла. Термоэлектричество.

Электрический взрыв проводников.

Сверхпроводимость.

2.5. Накопление и коммутация энергии больших мощностей

Способы накопления энергии и типы накопителей. Характеристики накопителей энергии, сравнительные характеристики различных типов накопителей. Максимальная плотность энергии у различных типов накопителей, физические ограничения на плотность энергии в накопителях. Способы передачи энергии от накопителей к нагрузке, оптимизация процесса передачи энергии. Согласование энергии различных видов.

Емкостные накопители энергии. Принципы построения генераторов импульсных напряжений и генераторов импульсных токов. Классификация емкостных накопителей энергии. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на основе конденсаторов (вакуумные, газовые, жидкостные разрядники).

Методы формирования импульсов с помощью емкостных накопителей энергии. Емкостные накопители на линиях с распределенными параметрами. Первичные и промежуточные емкостные накопители энергии.

2.6. Сильноточные пучки заряженных частиц

Распространение сильноточных пучков в вакууме. Предельный ток, ограниченный пространственным зарядом. Предельный ток Альфвена. Зарядовая и токовая нейтрализация пучков. Формирование виртуального катода. Магнитная изоляция в диодах и линиях передач.

Взрывная электронная эмиссия. Плоский диод в режиме Чайлда—Ленгмюра. Коаксиальный диод с магнитной изоляцией.

Волны пространственного заряда в замагниченном пучке.

3. Литература

1. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.. Физика плазмы для физиков. – М.: Атомиздат, 1979.
2. Беломытцев С. Я., Пегель И. В. Физика сильноточных пучков заряженных частиц. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2008. – 115 с.
3. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

4. Добрецов Л. Н., Гомоюнова М. В. Эмиссионная электроника. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1966. – 564 с.
5. Зельдович И.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Наука, 1966.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. II. Теория поля. М.: Наука, 1988. – 509 с.; Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. - М.: Наука., 1982. – 621 с.
7. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. М.: Наука, 2004. – 704 с.
8. Месяц Г. А., Пегель И. В. Введение в наносекундную импульсную энергетiku и электронику (курс лекций для физиков и инженеров). – М.: ФИАН, 2009. – 192 с.
9. Попов В.И. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 1995.
10. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987.
11. Рухадзе А.А., Богданкевич Л.С., Росинский С.Е., Рухлин В.Г. Физика сильноточных релятивистских электронных пучков. М.: Атомиздат, 1981. – 164 с.
12. Трубецков Д. И., Храмов А. Е. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 1. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 496 с. Том 2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 648 с.
13. Франк-Каменецкий А. Д. Лекции по физике плазмы. – М.: Атомиздат, 1964.
14. Шнеерсон Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. Издание 2-е. –М.: Энергоатомиздат, 1992.

Составитель программы
доцент ООД, к.т.н.

А. А. Жерлицын