

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»**

«Утверждаю»

**Проректор по учебной и
методической деятельности**



Н.В. Кармазина

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
для поступления на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре**

**Группа научных специальностей
1.3 ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Научная специальность
1.3.4 Радиофизика**

Разработчики программы

1. Старостенко В.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».
2. Зуев С.А., кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».
3. Мазинов А.С., доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиофизики и электроники Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

1. Пояснительная записка

Программа вступительных испытаний для поступления на обучение по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, составлена на основании Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26.03.2014 № 233, Правил приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» на 2017-2018 учебный год, утвержденных приказом ректора университета от 30.09.2016 № 914 федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации); утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 867 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Форма проведения вступительного испытания – устная форма.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале.

Вступительное испытание ориентировано на оценку уровня знаний, соответствующих результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры (специалитета) согласно требованиям ФГОС ВО.

Содержание программы

Тема 1. Электродинамика и приборы СВЧ

Основные уравнения электродинамики. Интегральная формулировка уравнений Максвелла. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности. Физическое содержание уравнений Максвелла. Материальные уравнения.

Граничные условия для переменных электромагнитных полей.

Энергия электромагнитного поля. Удельная мощность сторонних источников в электромагнитном поле. Мощность сторонних источников. Баланс энергии в электромагнитном поле. Вектор Умова–Пойнтинга. Теорема Умова–Пойнтинга. Теорема Котельникова.

Комплексные амплитуды и теорема о комплексной мощности.

Волновые уравнения и электродинамические потенциалы. Электрический вектор Герца или поляризационный потенциал. Фиктивные магнитные точки и заряды. Перестановочная двойственность уравнений Максвелла. Магнитный вектор Герца. Граничные условия для \vec{E} , \vec{H} на идеально проводящих продольных и поперечных поверхностях.

Направляющие системы. Общая теория регулярных волноводов. Типы направляющих систем. Постановка и схема решения волноводных задач. Общие свойства электрических (E) волн в регулярных волноводах. Общие свойства магнитных (H) волн в регулярных волноводах. T-волны в направляющих системах. Дисперсия собственных волн в регулярных волноводах. Докритический и закритический диапазоны волновода. Электрические (E) типы волн в прямоугольном волноводе. Магнитные волны в прямоугольном волноводе. Вырождение волн в прямоугольном волноводе. Доминантная волна и рабочий диапазон прямоугольного волновода. Доминантная волна и рабочий диапазон прямоугольного волновода. Волны в круглом волноводе. Потери и затухание волн в волноводах.

Возбуждение регулярных волноводов сторонними источниками. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Ортогональность собственных волн в регулярных волноводах. Уравнения возбуждения регулярных волноводов сторонними токами.

Поперечные волны в линиях передачи. Телеграфные уравнения. Коаксиальная, двухпроводная и полосковая линии. Режимы работы длинных линий и волноводов.

Объемные резонаторы. Типы объемных резонаторов. Поля в резонаторах как в отрезках регулярных волноводов с короткозамыкающими крышками. Прямоугольный резонатор. Цилиндрический резонатор. Коаксиальный резонатор, запердельные резонаторы. Открытые резонаторы. Добротность собственных колебаний в резонаторах. Внешняя и нагруженная добротности. Возбуждение резонаторов. Источники питания, их схемы и принцип работы. Фильтры на ПАВ.

Электромагнитные поля в свободном пространстве. Запаздывающие потенциалы. Векторный и скалярный потенциалы. Электрический и магнитный диполи Герца. Дальняя, ближняя и промежуточная зоны излучения. Диаграмма направленности излучателей. Плоские волны. Плоские волны в проводящей среде. Скин-эффект. Классификация волн по длине и характеру распространения. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса. Формула Кирхгофа. Зоны Френеля. Область, существенная для

распространения радиоволн. Отражение и преломление волн на границе раздела двух сред. Поверхностные, тропосферные и ионосферные волны.

Влияние электромагнитного поля на биообъекты. СВЧ-нагрев диэлектриков. Нелинейные и параметрические явления при взаимодействии электромагнитного излучения с материальными средами.

Эквивалентная схема генератора СВЧ с резонансной колебательной системой. Требования к усилителям и генераторам СВЧ диапазона. Применение триодов и тетродов СВЧ. Туннельные диоды. Приборы СВЧ О- и М-типов.

Основные положения радиоспектроскопии. Распространение электромагнитных волн в многослойных и неоднородных структурах и сверхрешетках.

Тема 2. Квантовая радиофизика

Взаимодействие электромагнитного поля и вещества в дипольном приближении. Линейные и нелинейные тензоры диэлектрической восприимчивости. Флуктуационно-диссипационная теорема.

Полуклассическая теория излучения. Вероятность однофотонных и многофотонных процессов. Спонтанные и индуцированные переходы. Когерентное взаимодействие двухуровневой системы с излучением, фотонная ЭДС, самоиндуцированная прозрачность.

Генерация радиоволн в космических условиях. Тепловое радиоизлучение. Излучение электронов в магнитном поле. Комptonовское рассеянное излучение на электронах.

Форма и интенсивность спектральных линий. Форма спектральных линий в атомных и молекулярных газах, электронные, колебательные, вращательные переходы. Правило отбора. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Естественная ширина, столкновение и доплеровское уширение. Поперечные и продольные времена релаксации. Уширение спектральных линий активных центров в кристаллах, контакт в зонной структуре энергетических уровней твердых тел, оптические переходы в полупроводниках. Принцип работы приборов квантовой электроники. Методы создания инверсии населенности и отрицательного поглощения.

Молекулярный генератор. Уравнения для поля в квантовом генераторе. СВЧ резонатор. Одномодовый режим. Квантовые стандарты частоты.

Применение лазеров при радиофизических исследованиях космических объектов. Лазерные источники космического радиоизлучения. Мазеры.

Парамагнитные усилители СВЧ диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса прозрачности усилителя бегущей волны.

Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный концентрический резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний, спектр частот и расходимость, направленность излучения. Добротность. Антенны и приемники для измерения космического радиоизлучения.

Устройство и параметры лазеров: трехуровневая система на рубине, четырехуровневая система на неодимовом стекле, лазеры на растворах красителей, лазеры на атомных и молекулярных газах, лазеры на полупроводниковых материалах.

Тема 3. Физика полупроводников

Структура кристаллов. Кристаллическая решетка. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Индексы Миллера. Методы определения структуры кристаллов. Классификация кристаллов по типам связи.

Дефекты в кристаллах. Точечные, линейные и поверхностные дефекты. Роль полупроводников в современной физике и технике. Вещества, относящиеся к полупроводникам. Особенности кристаллической структуры и характер химической связи в полупроводниках. Основные особенности электрических свойств полупроводников. Влияние примесей.

Основы зонной теории твердых тел. Энергетические уровни электрона в изолированном атоме. Обобществление электронов в кристалле. Зоны Бриллюэна. Деление веществ на металлы, диэлектрики, полупроводники. Зонная теория полупроводников. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Эффективные массы электронов и дырок. Локальные уровни в запрещенной зоне.

Оптические и плазменные явления в полупроводниках. Подвижность носителей заряда в полупроводниках. Поглощение и излучение света. Фотопроводимость. Акустоэлектронные явления. Эффект Ганна. Эффект Холла.

Контакт металл-полупроводник. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Токи, ограниченные пространственным зарядом. Термо-ЭДС. Эффект Пельтье.

Полупроводниковые диоды. Равновесное состояние p-n-перехода. Барьерная емкость. Прямой и обратный токи p-n-перехода. Импульсные и высокочастотные свойства p-n-перехода. Пробой p-n-перехода. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды. Фотоэлектрические явления в p-n-переходе. Гетеропереходы. Светодиоды. Полупроводниковые лазеры.

Физические принципы работы транзисторов. Биполярный транзистор, его характеристики. Переходные процессы в транзисторах. Дрейфовые транзисторы. Полевые транзисторы. Приборы с вольт-амперной характеристикой S-типа.

Микросхемы. Классификация микросхем. Технологии изготовления микросхем.

Тема 4. Теория колебаний

Линейные и нелинейные системы с одной степенью свободы.

Автоколебательная система с одной степенью свободы. Отрицательное сопротивление.

Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем.

Неавтономные режимы автоколебательных систем. Асинхронное воздействие.

Методы теории нелинейных колебаний. Анализ движения на фазовой плоскости.

Автоколебательная система с двумя степенями свободы. Явления затягивания и гашения колебаний.

Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты. Энергетические соотношения Менли-Роу.

Собственные и вынужденные колебания линейных и распределенных систем конечной длины. Роль граничных условий.

Представление вынужденных колебаний в форме ряда по собственным колебаниям в форме волн, бегущих и отраженных от концов системы.

Колебания периодически неоднородных распределенных систем. Полосы пропускания и прозрачности.

2. Критерии оценивания

Оценка «отлично -90-100 баллов» выставляется, когда абитуриент демонстрирует глубокие знания общих законов физики, предметов по специальности, правильно применяет законы физики для решения конкретных задач, дает исчерпывающие объяснения, свободно владеет необходимым математическим аппаратом, грамотно и подробно проводит выкладки и вычисления.

Оценка «хорошо 70-89 баллов» выставляется, когда абитуриент демонстрирует глубокие знания общих законов физики, специальных предметов, правильно применяет законы физики для решения конкретных задач, дает исчерпывающие объяснения, владеет необходимым математическим аппаратом, грамотно и подробно проводит выкладки и вычисления, но при этом допускает неточности в определениях, объяснениях и вычислениях.

Оценка «удовлетворительно 50-70 балла» выставляется, когда абитуриент демонстрирует достаточные знания общих законов физики и предметов по специальности, правильно применяет законы физики для решения конкретных задач, дает исчерпывающие объяснения, владеет необходимым математическим аппаратом, но при этом допускает ошибки в определениях, объяснениях и вычислениях.

Оценка «неудовлетворительно – 0- 49 балла» выставляется, когда абитуриент не может решить предложенную задачу или разъяснить теоретический вопрос, а также, если допускает грубые ошибки теоретического и практического характера.

Примечание. Задача считается решенной правильно, если выполняются следующие условия: верен общий ход решения, получен правильный числовой ответ, дано исчерпывающее объяснение. При невыполнении хотя бы одного из этих условий задача считается нерешенной.

3. Литература, рекомендованная для подготовки к вступительному испытанию

Основная:

1. Жуков, В.М. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем радиосвязи : учебное пособие / В.М. Жуков, А.Н. Сысоев . - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. - 81 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн.
2. Иванов, И.М. Основы радиотехники : учебное пособие / И.М. Иванов . - М. : Альтаир : МГАВТ, 2014. - 146 с. : ил.,табл., схем.
3. Боков, Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель . - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 410 с. : ил.,табл., схем. - ISBN 978-5-86889-578-4
4. Першин, В.Т. Основы радиоэлектроники : учебное пособие / В.Т. Першин. - Минск : Высшая школа, 2006. - 436 с. - ISBN 985-06-1054-9
5. Ахманов, С.А. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах / С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. - М. : Физматлит, 2010. - 424 с. - ISBN 978-5-9221-1204-8
6. Чечёта, С.И. Введение в дискретную теорию информации и кодирования : учебное пособие / С.И. Чечёта. - М. : МЦНМО, 2011. - 224 с. : табл., схем. - ISBN 978-5-94057-701-0
7. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. - М.: Физматлит, 2008. - 497 с.
8. Владимиров, Георгий Георгиевич. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Текст] : учеб. пособие / Г. Г. Владимиров: - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 367 с. : ил., табл. - (Учебники для вузов: Специальная литература). - Библиогр.: с. 358-364 (193 назв.).
9. Стадник, Иван Петрович. Электродинамика [Текст] : лекции с вопросами и задачами / И. П. Стадник. - К. : Техника, 2012. - 334, 1 с. : схем. - Библиогр.: с. 330 (15 назв.). - ISBN 978-966-575-204-2

Дополнительная:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982. – 124 с.
2. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1994. – 434 с.
3. Кураев А. А., Попкова Т. Л., Сеницын А. К. Электродинамика и распространение радиоволн. – Мн.: Бестпринт, 2004. – 358 с.
4. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
5. Левин Л. Теория волноводов. Методы решения волноводных задач. – М.: Радио и связь, 1981. – 322 с.
6. Макаров Г. И., Новиков В. В., Рыбачек С. Т. Распространение электромагнитных волн над земной поверхностью. – М.: Наука, 1991. – 278 с.
7. Сигмен А. Мазеры. – М.: Мир, 1966. – 544 с.
8. Страховский Г. М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники. – М.: Высш. школа, 1979. – 344 с.

9. Ковалев И. С. Прикладная электродинамика. – Минск: Наука и техника, 1978. – 343 с.
10. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. – М.: Высш. школа, 1970. – 440 с.
11. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. - М.: Наука, 1988, -391с.
12. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний: Учебник, 3 – е изд., испр.-СПб: Издательство «Лань», 2005.-440с.
13. Рабинович М.И. Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн.- М.:Наука, 1984 -430с.
14. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. - М.: Физматиз, 1952-912с
15. Пиппард А. Физика колебаний - М. Высшая школа, 1985. 453с.
16. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. - М., 1990.
17. Мандельштам Л.И. Полное собрание трудов. М. Изд-во АН СССР, 1955, т4, Лекции по теории колебаний. - М.: Наука, 1972 - 512с.
18. Вайнштейн Электромагнитные волны. - М. 1988.- 580 с.
19. Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1963. – 403 с.