

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

С. В. Кузьмин

« 15 » декабря 2024 г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по группе научных специальностей
1.3. Физические науки

Волгоград 2024

1 Уравнение колебаний. Фазовая плоскость. Представление решения уравнения колебаний на фазовой плоскости. Разбиение фазовой плоскости на элементарные ячейки. Понятие бифуркации. Бифуркация стационарных решений одномерных уравнений. Классификация точек кривых, изображающих решение.

2 Свободные и вынужденные колебания в системах с диссипативной силой. Связанные колебательные системы, теорема Виета.

3 Нелинейные колебания, уравнение Ван-дер-Поля. Анализ процессов в нелинейных колебательных системах со слабой нелинейностью. Метод усреднения. Метод малых амплитуд (метод Боголюбова — Митропольского).

4 Уравнения Максвелла в свободном пространстве. Уравнение непрерывности. Уравнения Пуассона и Лапласа. Уравнения Максвелла в среде.

5 Модель диэлектрической среды. Диэлектрическая проницаемость, дисперсия. Частотная и пространственная дисперсии.

6 Квазистатическое приближение решения уравнений Максвелла. Телеграфные уравнения (уравнения длинной линии).

7 Волны в неоднородных средах. Приближение геометрической оптики. Уравнение эйконала для электромагнитных волн. Лучевые траектории. Рефракция волн в ионосфере.

8 Нелинейные волны. Волны конечной амплитуды в сплошных средах без дисперсии. Волны Римана. Формирование разрывов, опрокидывание. Уравнение Кортевега — де Фриза, синус-Гордона, нелинейное уравнение Шредингера. Уединенные волны (солитоны). Трехволновое взаимодействие. Генерация гармоник.

9 Элементы теории излучений волн. Виды антенн, применяющихся в радиодиапазоне. Короткая антенна в вакууме и плазме. Полуволновой диполь. Приближенные граничные условия. Структура поля радиоволны у поверхности Земли. Функция ослабления Зоммерфельда для вертикального диполя.

10 Случайные величины и процессы, способы их описания. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера—Хинчина. Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля.

11 Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера—Планка. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности.

12 Принцип работы, устройство и параметры лазеров (гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер). Оптические резонаторы. Резонатор Фабри—Перо. Продольные и поперечные типы колебаний. Добротность. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты.

13 Волноводы, длинные линии и резонаторы. ТЕ-, ТН- и ТЕМ-волны. Периодические структуры и замедляющие системы. Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Генерация волн в СВЧ-диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах.

Рекомендуемая литература

1. Карлов Н.В. Основы радиофизики. Под ред. А.С.Логгинова. м.. УРСС, 1996.-256 с.
2. Карлов Н.В., Кириченко Н.А.. Колебания, волны, структуры. — м.. Физматлит, 2003. — 496 с.
3. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. Теория волн. — М.: Наука, 1990. - 432 с.
4. М.И. Рабинович, ДИ. Трубецков. Основы теории колебаний и волн. - М.: Наука. 1987. - 560 с.

5. Н.Н. Моисеев. Асимптотические методы нелинейной механики. — М.: Наука, 1981. - 380 с.
6. В.В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн. — М.: Наука, 1989. — 544 с.
7. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков: в 2 т. Т. 1 - М.: Физматлит, 2003. - 496 с.
8. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков: в 2 т. Т.2 - М.: Физматлит, 2004. - 648 с.
9. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Статистическая радиофизика и оптика, [Электронный ресурс] Физматлит, 2010. - 423 с. - ISBN: 978-5-9221-1204-8 Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/48263/>

1 Уравнение колебаний. Фазовая плоскость. Представление решения уравнения колебаний на фазовой плоскости. Разбиение фазовой плоскости на элементарные ячейки. Понятие бифуркации. Бифуркация стационарных решений одномерных уравнений. Классификация точек кривых, изображающих решение.

2 Свободные и вынужденные колебания в системах с диссипативной силой. Связанные колебательные системы, теорема Виета.

3 Нелинейные колебания, уравнение Ван-дер-Поля. Анализ процессов в нелинейных колебательных системах со слабой нелинейностью. Метод усреднения. Метод малых амплитуд (метод Боголюбова — Митропольского).

4 Уравнения Максвелла в свободном пространстве. Уравнение непрерывности. Уравнения Пуассона и Лапласа. Уравнения Максвелла в среде.

5 Модель диэлектрической среды. Диэлектрическая проницаемость, дисперсия. Частотная и пространственная дисперсии.

6 Квазистатическое приближение решения уравнений Максвелла. Телеграфные уравнения (уравнения длинной линии).

7 Движение частицы в однородном и в неоднородном осесимметричном электрическом поле (параксиальное приближение). Электростатическая фокусировка электронных потоков

8 Фокусировка слаботочных электронных потоков. Электронные линзы. Аберрации. Диодные системы. Уравнение Ленгмюра. Триод. Электростатика плоского триода.

9 Движение частицы в однородном и в неоднородном аксиальносимметричном магнитном поле (параксиальное приближение). Магнитная фокусировка.

10 Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировка электронов. Группировка электронов в поле бегущей волны постоянной амплитуды.

11 Состояние электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Энергетический спектр электрона в ограниченном кристалле. Поверхностные состояния Шокли.

12 Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

13 Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

14 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники.

15 Явления переноса заряда в твердом теле. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.

16 Контактные явления. Контакт твердых тел — вакуум. Контакт металл — полупроводник. Диоды Шоттки.

17 Электронно-дырочный переход. Выпрямление и усиление с помощью р-п перехода. Статическая вольт — амперная характеристика р-п перехода. Туннельный эффект в р-п переходах.

18 Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

19 Низкотемпературная плазма. Дебаевский радиус. Явление переноса в плазме. Излучение плазмы

Рекомендуемая литература

1. Карлов Н.В. Основы радиофизики. Под ред. А.С.Логгинова. м.. УРСС, 1996.-256 с.
2. Карлов Н.В., Кириченко Н.А.. Колебания, волны, структуры. — м.. Физматлит, 2003. — 496 с.
3. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. Теория волн. — М.: Наука, 1990. - 432 с.
4. М.И. Рабинович, ДИ. Трубецков. Основы теории колебаний и волн. - М.: Наука. 1987. - 560 с.
5. Н.Н. Моисеев. Асимптотические методы нелинейной механики. — М.: Наука, 1981. - 380 с.
6. С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, АС. Чиркин. Введение в статистическую радиофизику и оптику, — М.: Наука, 1981. — 640 с.
7. В.В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн. — М.: Наука, 1989. — 544 с.
8. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков: в 2 т. Т. 1 - М.: Физматлит, 2003. - 496 с.
9. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков: в 2 т. Т.2 - М: Физматлит, 2004. - 648 с.
10. Гусева М.Б., Дубинина ЕМ. Физические основы твердотельной электроники.- М: Изд-во УПУ, 1986. - 311 с.
11. Кинель Ч. Введение в физику твердого тела.: пер. с англ. - м., Наука. 1976.-791 с.
12. Епифанов Е.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника.- М.; Высшая школа, 1986.
13. Шимони К. Физическая электроника. -М.: Энергия. 1977.

Вопросы к вступительному экзамену в аспирантуру

1. Электронная структура атомов. Химические связи и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии.
2. Кристаллические и аморфные тела. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Узлы, направления и плоскости в кристалле. Зона Бриллюэна.
3. Группы симметрии кристаллов. Пространственные и точечные группы. Классификация решеток Бравэ.
4. Точечные дефекты в кристаллах. Вакансии и межузельные атомы. Линейные дефекты. Роль дислокаций в пластической деформации.
5. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, электронов и нейтронов в кристалле.
6. Колебания кристаллической решетки. Акустические и оптические колебания. Фононы.
7. Теплоемкость твердых тел. Решеточная и электронная теплоемкость.
8. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Границы применимости классической теории, температура Дебая.
9. Тепловое расширение твердых тел. Ангстремовские колебания.
10. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца.
11. Классическая теория электропроводности Друде. Проводимость, термоЭДС.
12. Зонная теория твердых тел. Энергетические зоны. Эффект Холла, фотопроводимость, оптическое поглощение.
13. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории. Энергия Ферми.
14. Магнитные свойства твердых тел. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики.
15. Природа ферромагнетизма. Домены.
16. Оптические свойства твердых тел. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.

Литература, рекомендуемая для подготовки к вступительному экзамену

1. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
2. М.П. Шаскольская. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1984.
3. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
4. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.