

ПРОГРАММА
«Электроника, радиотехника и системы связи»
вступительного испытания для поступления в магистратуру
на укрупненную группу специальностей и направлений 11.04.00

I. Блок общих вопросов для
всех специальностей и направлений 11.04.00

1. Работа и мощность силы. Потенциальная и кинетическая энергия материальной точки, системы материальных точек.
2. Законы изменения и сохранения импульса, момента импульса и энергии материальной точки, системы материальных точек.
3. Абсолютно твёрдое тело. Плоское движение, момент инерции, уравнение движения. Теорема Штейнера-Гюйгенса. Кинетическая энергия твёрдого тела.
4. Уравнение свободных гармонических колебаний. Затухающие колебания, декремент затухания. Вынужденные колебания, резонанс, добротность колебательной системы.
5. Модель идеального газа. Основное уравнение кинетической теории. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
6. Распределение молекул по скоростям. Распределение частиц по значениям потенциальной энергии. Распределение Максвелла-Больцмана.
7. Броуновское движение. Формула Эйнштейна.
8. Термодинамическое равновесие и макропараметры. Первое начало термодинамики. Уравнение состояния. Теплоёмкость.
9. Второе начало термодинамики. Внутренняя энергия, энтропия. Термодинамические потенциалы. Обратимые и необратимые процессы. Теоремы Карно.
10. Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Теорема Остроградского-Гаусса. Энергия взаимодействия зарядов.
11. Магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара. Теорема о циркуляции. Закон Ампера. Сила Лоренца.
12. Магнитное поле в веществе. Пара- и диамагнетизм. Ферромагнетики. Точка Кюри.
13. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Взаимная индукция.
14. Электромагнитная теория света, волновое уравнение, плотность потока энергии. Волновой пакет, групповая скорость, формула Релея.
15. Интерференция света. Когерентность.
16. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на прямолинейной границе полубесконечного экрана.
17. Тепловое излучение абсолютно чёрного тела. Фотоны. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана.
18. Спонтанное и вынужденное излучение. Усиление света. Лазеры.
19. Орбитальный угловой момент и спин электронов в атоме. Опыты Штерна-Герлаха. Полный угловой момент атома. Вырождение энергетических уровней. Тонкое и сверхтонкое расщепление уровней.
20. Основные свойства атомных ядер. Изотопы. Энергия связи ядра. Модели строения ядра.

II-A. Блок дополнительных вопросов для направлений
11.04.01 «Радиотехника» и
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

1. Сигналы. Классификация сигналов. Гармонический анализ периодических и непериодических сигналов.
2. Случайные величины и процессы. Плотность распределения вероятности. Моментные функции. Функция корреляции. Характеристическая функция. Нормальное распределение. Многомерные процессы.
3. Спектральный и корреляционный анализ случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Свойства энергетического спектра. Связь интервала корреляции и ширины энергетического спектра.
4. Статистическое описание сигналов, сообщений и помех. Шумовая широкополосная помеха. Узкополосная помеха. Импульсная помеха.
5. Радиосигналы. Спектр радиосигналов с амплитудной и угловой модуляцией. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитический сигнал. Спектр аналитического сигнала.
6. Линейные цепи с постоянными параметрами. Частотные и временные характеристики. Связь характеристик. Одноконтурный резонансный усилитель.
7. Передача случайных сигналов через линейные цепи. Методы анализа. Корреляция сигналов на входе и выходе линейного фильтра. Спектральная плотность мощности выходного сигнала.
8. Линейные цепи с обратной связью. Частотные и временные характеристики. Критерии устойчивости Рауса-Гурвица и Найквиста, запас устойчивости по усилению и фазе.
9. Генерирование колебаний. Автоколебательная система. Примеры схем автогенераторов. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждения. Стационарный режим автогенератора. Методика расчета амплитуды и частоты колебаний.
10. Модуляция и детектирование колебаний. Общие замечания. Угловая модуляция в автогенераторе. Частотное и фазовое детектирование. Преобразование частоты.
11. Обнаружение сигналов. Постановка задачи. Обнаружение детерминированного сигнала. Байесовское решение. Критерий Неймана-Пирсона. Отношение правдоподобия. Структура оптимального обнаружителя.
12. Различение сигналов. Постановка задачи. Различение двух детерминированных сигналов.
13. Оценка параметров сигнала. Оценка максимального правдоподобия. Свойства оценок максимального правдоподобия. Максимально правдоподобная оценка амплитуды и фазы радиоимпульсного сигнала.
14. Согласованная фильтрация сигналов. Общие положения. Примеры согласованных фильтров.
15. Переход от аналогового сигнала к цифровому. Выбор частоты дискретизации. Комплексные спектры цифрового действительного сигнала и цифрового комплексного сигнала.
16. Эффекты квантования в цифровых цепях. Модель квантования. Характеристики шумов квантования. Энергетический спектр шумов квантования.
17. Рекурсивные цепи 1-го и 2-го порядков. Математическое описание. Устойчивость. Частотные и временные характеристики. Связь характеристик.
18. Прием сигналов с различными видами модуляции. Примеры построения приемников сигналов с одной боковой полосой, фазоманипулированных, с минимальным частотным сдвигом, с перестройкой рабочей частоты.
19. Цифровые радиоприемные устройства. Основные элементы. Оптимальный прием на основе мягкого и жесткого решений с использованием корреляторов и

согласованных фильтров.

20. Количество информации, передаваемой по каналу. Энтропия источника. Пропускная способность канала. Основная теорема Шеннона для частотно-ограниченного гауссовского канала (для скорости передачи, для отношения сигнал/шум). Предел Шеннона.

Рекомендуемая литература

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. 510 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. "Радиотехника". 3-е изд. - М.: Высш. шк., 2000. 462 с.
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь. 1982. 624 с.
4. Шахтарин Б.И. Случайные процессы в радиотехнике: Учеб. пособие. - М.: Радио и связь. 2000. 584 с.
5. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. - М.: Сов. радио, 1977. 488 с.
6. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. - М.:Связь. 2004. 608 с.
7. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. - М.: Советское радио, 1973. 232 с.
8. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы: Примеры и задачи. Т 1: Случайные величины и процессы: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 2003. 399 с.
9. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. - М.: Наука, 1981. 561 с.
10. Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. - М.: Наука, 1984. 320 с.
11. Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2001. 395 с.
12. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е. Регулярные и хаотические автоколебания. Синхронизация и влияние флуктуаций. - М.: ИД «Интеллект», 2009. 312 с.
13. Мигулин В.В. и др. Основы теории колебаний. - М.: Наука, 1988. 392 с.
14. Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны. - М.: Наука. Физматлит, 1997. 496 с.
15. Теория электрической связи: учебник для вузов / под ред. Д. Д. Кловского. - М. : Радио и связь, 1999. - 432 с.
16. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы: А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева / Изд. 2-е исправ. и перераб. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 768 с.

II-V. Блок дополнительных вопросов для направления 11.04.04 «Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Раздел 1. Физика полупроводников и низкоразмерных систем.

1. Типы химической связи. Силы Ван-дер-Ваальса, ионная, ковалентная, металлическая и водородная связи. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Заполнение энергетических зон. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Проводимость различных типов твердых тел.
2. Энергия и движение электрона в твердом теле. Энергетический спектр электронов в кристалле. Уравнение Шредингера для кристалла. Общая постановка задачи. Зонная структура твердого тела в модели Кронига - Пенни. Закон дисперсии Закон дисперсии. Основные типы зонной структуры полупроводников. Зонная структура Si, Ge, GaAs. Изоэнергетические поверхности.
3. Легирование полупроводников. Донорная и акцепторная проводимости. Компенсированные и сильно легированные полупроводники. Элементарная теория электропроводности (электронной и дырочной) полупроводников. Подвижность, длина свободного пробега, время релаксации.
4. Квазиимпульс. Движение носителей в электрическом поле. Связь между силой и ускорением. Тензор обратной эффективной массы. Дырка. Эллипсоид эффективной массы. Продольная и поперечная эффективные массы. Изоэнергетические поверхности: радиус-вектор (ρ) и нормаль (ν) к поверхности. Электроны в тепловом равновесии. Вырождение. Механизмы рассеяния носителей заряда. Зависимость подвижности и длины свободного пробега электрона от температуры для собственных и примесных полупроводников.
5. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Функция распределения Ферми. Уровень химического потенциала. Концентрация носителей в энергетической зоне. Плотность состояний. Заселенность уровней. Собственные полупроводники. Положение уровня Ферми. Собственные полупроводники. Эффективная масса плотности состояний. Примесные полупроводники. Уравнение электронейтральности. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в полупроводниках.
6. Гальваномагнитные и термомагнитные явления. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Оптические свойства полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей. Фотопроводимость. Спектр поглощения и фоточувствительность. Механизмы поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное, экситонное, на свободных носителях). Оптические свойства низкоразмерных структур. Межзонное и внутризонное поглощение света квантовой ямой.

Раздел 2. Твердотельная электроника. Контактные явления в полупроводниках.

7. Работа выхода. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте двух металлов, металла и полупроводника. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Выпрямление на p-n переходе. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные и импульсные диоды. Туннельные диоды, диоды Шоттки, Ганна.
8. Биполярные транзисторы. Структура и принцип действия. Основные параметры и характеристики транзисторов, их зависимость от температуры и режима.
9. Эффект поля. Поверхностные состояния. Гетеропереходы. Униполярные транзисторы с МДП-структурой, ср-n переходом, с барьером Шоттки. Принцип действия. Основные параметры и характеристики униполярных транзисторов. Эффекты короткого канала.
10. Оптоэлектронные приборы. Назначение и области применения. Фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Полупроводниковые излучатели:

светодиоды, лазеры. Оптроны. Полупроводниковые резисторы и преобразователи.

Раздел 3. Микроэлектроника.

11. Интегральные схемы (ИС). Классификация ИС по конструктивно - технологическому и функциональному признакам. Основные направления создания ИМС. Полупроводниковые ИМС. Физические и технологические основы формирования локальных областей с заданными свойствами в объеме и на поверхности полупроводника. Планарная и объемная технологии производства ИС. Пределы микроэлектроники. Закон Мура. Факторы ограничивающие предельные размеры микроэлектронных приборов. Фундаментальные физические, технологические и функциональные ограничения. Понятие о масштабировании и закономерностях скейлинга.
12. Базовые технологические процессы производства ИС. Эпитаксия: жидкостная, газофазная, молекулярно - пучковая. Легирование полупроводников: диффузия и имплантация. Термическое окисление. Травление. Нанесение тонких пленок. Методы получения структур на основе полупроводников, металлов и диэлектриков.
13. Микролитография. Технология и материалы литографии. Оптическая литография: современное состояние, основные компоненты и понятия (фотошаблон, фоторезист, разрешающая способность и ее пределы и ограничения, модуляционная передаточная функция, степперы и сканеры). Контактная печать и печать с зазором. Проекционная печать. Взрывная литография.
14. Биполярный транзистор в интегральном исполнении. Симметричные и асимметричные конфигурации транзисторов. Основные параметры слоев интегральных n-p-n транзисторов и их электрофизические параметры. Интегральные микросхемы на биполярных транзисторах. Эпитаксиально - планарные транзисторы с изоляцией p-n переходами. Распределение примесей в биполярном транзисторе ИС. Разновидности транзисторов в интегральном исполнении (транзисторы со сверхтонкой базой, изопланарные транзисторы, многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы, с барьером Шоттки, с поликремниевыми шинами, горизонтальные p-n-p транзисторы).
15. Интегральные микросхемы на МДП-транзисторах. Преимущества и недостатки МДП ИС перед биполярной технологией. Основные направления применения МДП в ИС. Разновидности униполярных транзисторов. Структура и принцип действия униполярного (МДП) транзистора. Параметры и характеристики МДП транзисторов. МДП транзистор как элемент ИС. Инвертор. конструктивно технологические разновидности МДП транзисторов.
16. Методы контроля качества, и испытаний ИМС. Тестовый контроль и контроль функционирования. Оптические, электронно-микроскопические и масс-спектрометрические методы контроля.
17. Функциональная микроэлектроника. Общая характеристика основных физических явлений и материалов используемых в функциональной микроэлектронике.

Раздел 4. Нанозлектроника.

18. Повышение степени интеграции - общая тенденция современной микро- и нанозлектроники. Использование квантовых эффектов и явлений (туннелирование, размерное квантование, волновые свойства частиц) в современной нанозлектронике.
19. Литографические методы нового поколения (NGL). Классификация методов по источникам излучения и их краткие характеристики. Электронно-лучевая литография. Методы прямого рисования. Ионная литография. Рентгеновская литография. Литография предельного ультрафиолета. Иммерсионная литография.
20. Нелитографические методы формирования наномасок и наноструктур: анизотропное травление, «теневого» метод, нанопечать, процессы самоорганизации.
21. Примеры конкретной реализации наноструктур и систем пониженной размерности. Квантовые точки в диэлектрике, самоорганизация при эпитаксии, пористый

- кремний, текстурирование поверхности при облучении ионами низких энергий.
22. Общие представления о современных приборах нанoeлектроники. MEMS и NEMS Нанотранзисторы и транзисторы на основе квазиодномерных структур. Резонансные туннельные приборы и структуры. Баллистический перенос. Интерференционные приборы (волновые свойства носителей заряда). Оптоэлектронные приборы на основе наноструктур. Одноэлектроника. Кулоновская блокада.

Рекомендуемая литература

Раздел № 1:

1. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. М.: Наука. 1990.
2. Шалимова, В.В. Физика полупроводников / В.В. Шалимова. М.: Энергия. 1983
3. Киреев, П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев. М.: Высшая школа. 1989.
4. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников / А.И. Ансельм. М., 1978.

Раздел № 2

6. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи. - М., Мир, 1984
7. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. - СПб.: Лань, 2006.

Раздел № 3

8. Степаненко, И.П. Основы микроэлектроники / И.П. Степаненко. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004.
9. . Аваев, Н. А. Основы микроэлектроники / Аваев Н. А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т.: 10. Учебник для вузов. М.: 1991
11. Ефимов, И. Е. Микроэлектроника: Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника/ Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. Учебное пособие для приборостроительных спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1987.
12. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок/ Коледов Л. А. Учеб. для вузов. - М.: Радио и связь, 1989.
13. Сугано, Т. Введение в микроэлектронику / Сугано Т., Икома Т., Такэиси Э.. М.: Мир., 1988

Раздел № 4

14. Щука, А. А. Нанoeлектроника / А. А. Щука. - СПб.: М.: Физматкнига, 2007.
15. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. - Новосибирск, 2000, 332 С.
16. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Нанoeлектроника. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009 - 223 С.
17. Демиховский В. Я., Вугальтер Г. А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М.: Логос, 2000, 248 С.