

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникации

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФНиТ



С.Б. Макаров

«28» сентября 2018 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания для поступающих в магистратуру по
направлению подготовки/ образовательной программе:
16.04.01 Техническая физика/ 16.04.01_01 Физика и техника
полупроводников**

Код и наименование направления подготовки / образовательной программы

Санкт-Петербург

2018

Программа содержит перечень тем (вопросов) по дисциплинам учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки: «16.03.01 Техническая физика», вошедших в содержание билетов вступительных испытаний в магистратуру.

Составители:

заф. каф. ФПиНЭ



/Д.А. Фирсов/

руководитель ОП 16.04.01_01



/П.А. Карасёв/

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию методическим советом ИФНиТ (протокол № 2 от «25» сентября 2018 г.).

1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

1.1. Физика

1.2. Физика твердого тела и полупроводников

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1. «Физика»

Темы (вопросы)

1. Физические основы механики.

Скорость и ускорение материальной точки. Закон сохранения импульса для замкнутой системы. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Работа и кинетическая энергия. Работа и потенциальная энергия. Закон сохранения энергии. Закон сохранения момента импульса. Задача двух тел. Движение в центральном поле.

2. Молекулярная физика и термодинамика.

Основные понятия теории вероятностей. Закон возрастания энтропии. Внутренняя энергия макросистемы. Абсолютная температура. Первое начало термодинамики. Распределение Гиббса. Статистическая сумма. Распределение Максвелла. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Теплоемкость твердых тел. Уравнение состояния идеального газа. Фазовые превращения. Явления переноса. Соотношение Эйнштейна. Диффузия в твердых телах.

3. Электричество и магнетизм.

Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности. Связь между напряженностью и потенциалом. Электрическое поле системы зарядов. Дипольный момент системы зарядов. Проводники в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Граничные условия для векторов E и D . Электрическая емкость проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля. Пьезо- и сегнетоэлектрики. Стационарный электрический ток. Законы Ома и Джоуля - Ленца. Векторный потенциал магнитного поля. Магнитное поле системы токов. Магнитный момент системы движущихся зарядов. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Граничные

условия для векторов $\mathbf{B}$ и $\mathbf{H}$. Самоиндукция и взаимная индукция. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Сверхпроводящее состояние вещества.

3. Колебания и волны.

Гармонические колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Сложение колебаний. Упругие волны. Дисперсия. Групповая скорость. Вектор Пойнтинга.. Классическая теория дисперсии. Рассеяние света. Законы излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры. Нелинейные оптические явления.

4. Оптика.

Соотношение между волновой и геометрической оптикой. Интерференция световых волн. Дифракция света. Дифракционная решетка. Просветление оптики. Линейная и круговая поляризация. Поляризация при отражении и преломлении света. Формулы Френеля. Двойное лучепреломление. Пластина в четверть и половину волны. Призма Николя. Закон Кирхгоффа. Формула Планка. Кванты света.

5 Атомная и ядерная физика.

Волновые свойства микрочастиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Принцип суперпозиции состояний. Квантование энергии на примере прямоугольной одномерной ямы. Среднее значение измеряемой физической величины. Водородоподобный атом в стационарном состоянии. Спин. Принцип неразличимости одинаковых частиц. Фермионы и бозоны. Запрет Паули. Периодическая система элементов. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Общие понятия о ядерной и термоядерной реакциях.

Литература для подготовки:

1. Д.В. Сивухин. Курс общей физики (в пяти томах). М.: Физматлит, 2012.
2. А.А. Матышев Атомная физика. М: Юрайт, 2016.
3. Г.С. Ландсберг Оптика М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 848 с.

2.2. «Физика твердого тела и полупроводников»

Темы (вопросы):

1. Зонная теория твердых тел

Энергетический спектр, разрешенные и запрещенные зоны.

Диэлектрики, металлы, полупроводники и полуметаллы с точки зрения их энергетического строения. Закон дисперсии, эффективная масса электронов и плотность состояний вблизи минимума энергии и вдали от него.

2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Собственные и примесные полупроводники. Мелкие примесные центры водородоподобного типа. Донорные и акцепторные примеси. Функции распределения электронов и дырок в полупроводниках и их особенности. Случаи сильного и слабого вырождения. Концентрация электронов и дырок в полупроводнике. Эффективная плотность состояний валентной зоны и зоны проводимости.

3. Явления переноса.

Феноменологический подход к описанию кинетических явлений. Коэффициенты удельного сопротивления, изотермической диффузии, Пельтье, Зеебека и теплопроводности. Время свободного пробега электрона. Кинетическое уравнение Больцмана и его решение в приближении времени релаксации. Основные механизмы рассеяния носителей заряда. Удельная электропроводимость и подвижность, их температурная и концентрационная зависимость. Эффекты Пельтье, Зеебека и электронной теплопроводности.

4. Оптические свойства полупроводников.

Прямые и непрямые межзонные оптические переходы. Экситоны в полупроводниках. Экситонное поглощение света при прямых и непрямых переходах в связанные и несвязанные состояния экситона.

Поглощение излучения нейтральными мелкими водородоподобными донорами (акцепторами).

Поглощение света свободными электронами, классическая и квантовая теория.

Поглощение света колебаниями решетки. Длинноволновая ИК-дисперсия. Соотношение Лиддена-Сакса-Теллера. Отражение и поглощение света в полосе остаточных лучей.

Край фундаментального поглощения в сильном электрическом поле. Теория эффекта Франца-Келдыша для идеального края. Влияние экситонного эффекта на электропоглощение.

Энергетический спектр электрона и плотность состояний в однородном квантующем магнитном поле. Оптические переходы между подзонами Ландау. Циклотронный резонанс. Межзонные оптические переходы в магнитном поле: квантовая теория для простых параболических зон.

Влияние сильного легирования на поглощение света вблизи края

фундаментальной полосы. Эффект Бурштейна-Мосса.

Энергетический спектр электронов, плотность состояний и межзонное поглощение света в сильнолегированных полупроводниках.

5. Магнитоплазменные явления.

Феноменологическая теория распространения света в кристалле, помещенном в магнитное поле. Волновое уравнение и уравнение Френеля. Нормальные волны в конфигурации Фарадея и в конфигурации Фойгта.

Эффект Фарадея на свободных электронах.

Магнитоплазменное отражение в конфигурациях Фарадея и Фойгта.

6. Основы теории полупроводниковых приборов

Расчет потенциала в p-n гомо- и гетеропереходе. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник.

Слой Шотки, диффузионный потенциал. Время диэлектрической релаксации, радиус экранирования. Квазинейтральность и э.д.с. Дембера. Биполярная диффузия и дрейф. Встроенное поле неоднородного полупроводника. Термализация электронов, квазиуровни Ферми. Длина диффузионного смещения, инжекция и экстракция носителей.

Соотношение Эйнштейна, уравнение плотности тока. Статистическая оценка силы тока. Уравнение непрерывности для электронов и для дырок. Ток смещения, квазистационарный ток.

Вольтамперная характеристика идеального диода на p-n переходе. Квазиуровни Ферми в тонком переходе. Тонкий переход при высоком уровне инжекции. Пробой перехода. Емкость и переходная характеристика p-n перехода. Ток надбарьерной эмиссии и барьерная емкость идеального гетероперехода.

Распределение носителей заряда и токов в биполярном транзисторе. Параметры транзистора на низкой частоте. Схемы включения и максимальное усиление. Режимы работы транзистора. Тиристор.

Энергетические спектры электронов на поверхности. Потенциал и заряд поверхности. Проводимость приповерхностного слоя. Эффект поля. Вольт-фарадная характеристика структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Семейство характеристик МДП-транзисторов.

Туннельный диод. Длинный диод. Двухбазовый диод. Лавинно-пролетный диод. Варикап.

Основное уравнение фотодиода. Инерционность фотодиода. Фотоэлемент. Светодиод. Полупроводниковый лазерный инжекционный

диод.

Литература для подготовки:

1. Ю Питер, Кардона Мануэль. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 560 с.
2. К.Зеегер Физика полупроводников. М.: Мир, 1977. 615 с.
3. С. Зи Физика полупроводниковых приборов. - М.: Мир, 1984, кн.1 - 456 с., кн.2 - 456 с.

3. ПРИМЕРЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ**

по направлению подготовки/ образовательной программе:

**16.04.01 Техническая физика/16.04.01_01 Физика и техника
полупроводников**

Код и наименование направления подготовки / образовательной программы

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

_____ П.А. Карасёв

«20» июня 2019 г.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Работа и кинетическая энергия. Работа и потенциальная энергия. Закон сохранения энергии. (50 баллов)
2. Прямые и не прямые межзонные оптические переходы.
(50 баллов)