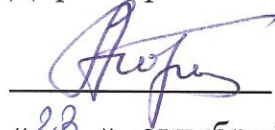


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Институт электроники и телекоммуникаций

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭиТ



А.С. Коротков

«23» октября 2024 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

Санкт-Петербург

2024

АННОТАЦИЯ

Программа содержит перечень тем (вопросов) по дисциплинам базовой части профессионального цикла учебного плана подготовки бакалавров по направлению **16.03.01 «Техническая физика»**, вошедших в содержание билетов (тестовых заданий) вступительного испытания в магистратуру.

Вступительное испытание оценивается по стобалльной шкале и проводится в форме междисциплинарного экзамена в объеме требований, предъявляемых государственными образовательными стандартами высшего образования к уровню подготовки бакалавра по направлению, соответствующему направлению магистратуры, проводимого очно в письменной или устной форме и дистанционно (**максимальный балл – 100**);

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение междисциплинарного экзамена – **50 баллов (50%)**.

Составители:

Профессор ВИФШ

 /Д.А. Фирсов/

Руководитель ОП, доцент ВИФШ

 /М.Я. Винниченко/

Программа рассмотрена и рекомендована учебно-методическим советом ИЭиТ (протокол № 2 от «22» октября 2024 г.).

1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА

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.

4. 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.

5. 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.

6. 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 не прямые межзонные оптические переходы. Экситоны в полупроводниках. Экситонное поглощение света при прямых и не прямых 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 р-п гомо- и гетеропереходе. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник.

Слой Шоттки, 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 р-п переходе. Квазиуровни Ферми в тонком переходе. Тонкий переход при высоком уровне инжекции. Пробой перехода. Емкость и переходная характеристика р-п 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. Фотозаэлемент. 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. ПРИМЕР ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт Электроники и Телекоммуникаций

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

_____М.Я. Винниченко

«20» июня 2025 г.

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

Примеры тестовых заданий (20 вопросов по 3 балла)

1. Третий закон Ньютона выполняется в системах отсчета:

- Движущихся с ускорением
- Вращающихся
- Движущихся прямолинейно и равномерно
- Нет верного ответа

2. Возникновение поляризации диэлектрика под действием механических напряжений называется...

- Сегнетоэлектричеством
- Пьезоэлектричеством
- Парамагнетизмом
- Ферромагнетизмом

3. Какая из перечисленных химических связей является наиболее слабой?

- Ван-дер-Ваальсово притяжение
- Металлическая связь
- Ионная связь

4. Волновая функция частицы позволяет найти:

- траекторию движения
- импульс частицы в различных точках пространства
- вероятность обнаружения частицы в различных точках пространства
- энергию частицы в различных точках пространства

5. Какое свойство кремния делает его основным материалом электроники и микроэлектроники

- ширина запрещенной зоны
- наличие сплошной и прочной пленки окисла
- значения подвижности носителей тока
- нет правильного ответа

Примеры открытого вопроса (2 вопроса по 20 баллов)

1. Эффект Холла в полупроводниках
2. Эффект Бурштейна-Мосса в полупроводниках

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание состоит из тестовых заданий, отражающих вопросы по основным разделам, указанным в пункте 1.

Тестовые задания выполняются без использования вспомогательных учебных материалов.

Типы тестовых заданий.

По способу ответа тестовые задания могут быть следующих основных типов:

- закрытые тестовые вопросы, в которых абитуриент должен выбрать из предложенных вариантов один или несколько правильных ответов;
- открытые тестовые вопросы, в которых отсутствуют варианты правильных ответов, и абитуриент должен дать единственно правильный ответ самостоятельно.

Тестовые вопросы подразделяются на два блока:

Блок 1: закрытые тестовые задания — 20;

Блок 2: открытые тестовые задания — 2.

Общая сумма баллов — 100.

Критерии оценивания.

За каждое правильно решенное закрытое тестовое задание присваивается 3 балла. За каждое правильно решенное открытое задание присваивается 20 баллов.

В ответе на открытый вопрос допускается загрузка рукописных и поясняющих материалов. Перед загрузкой все материалы следует объединить в один файл. Неразборчивые, неполные, неудобочитаемые или поврежденные файлы экзаменационной комиссией не рассматриваются.

Один из открытых вопросов может потребовать написания мотивационного письма. Его стоит подготовить заранее. Мотивационное письмо должно содержать следующую информацию: почему вы хотите обучаться на данной магистерской программе; краткое описание актуальности вашей выпускной работы, выполненной в рамках предыдущего образования, и полученные результаты; оценку соответствия ваших навыков требованиям образовательной программы; информацию о ваших достижениях в профессиональной области и ссылки на ваши публикации.