

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кубанский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и инновациям, профессор
М.Г. Барышев

2015



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

для подготовки аспирантов

Специальность

01.04.10 Физика полупроводников

Форма обучения

Очная, заочная

Краснодар 2015

1. Механика

Движение материальной точки и системы материальных частиц в механике Ньютона. Интегралы движения и законы сохранения. Движение в центральном поле. Общее решение задачи 3-х тел в квадратурах. Упругое рассеяние частиц. Формула Резерфорда.

Движение при наличии связей. Уравнения Лагранжа 1-го и 2-го рода. Интегралы движения и законы сохранения. Принцип наименьшего действия. Теорема Нетер. Собственные (линейные) колебания механических систем. Нормальные координаты. Нелинейные колебания. Функция Лагранжа твердого тела. Тензор инерции.

Канонические уравнения (Гамильтона). Скобки Пуассона. Канонические преобразования. Метод Гамильтона-Якоби. Адиабатические инварианты.

Замкнутая система уравнений гидродинамики. Тензоры деформаций и напряжений. Интегралы Бернулли и Коши. Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Ударные волны.

Литература.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 1. Механика. М.: Физматлит, 2007. 224 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2006. 736 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 7. Теория упругости. М.: Физматлит, 2007. 264 с.
4. Веретенников В.Г., Сеницын В.А. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам). М.: Физматлит, 2006. 416 с.
5. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. М.: Физматлит, 2008. 304 с.
6. Димитриенко Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды. М.: Физматлит, 2009. 624 с.
7. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс

лекций. М.: Физматлит, 2006. 272 с.

8. Черняк В.Г., Суетин П.Е. Механика сплошных сред. М.: Физматлит, 2006. 352 с.

2. Молекулярная физика, статистическая физика и термодинамика

Термодинамические (ТД) потенциалы и их свойства. Условия ТД-равновесия и устойчивости. Фазовые переходы.

Смешанное состояние. Матрица плотности. Канонические распределения Гиббса. Переход к статистической механике классических систем. Идеальный и неидеальный газ. Вириальное разложение. Системы с кулоновским взаимодействием. Дебаевское экранирование. Идеальные газы Ферми и Бозе и их ТД-свойства. Теплоемкость двухатомного газа. Равновесное излучение. Формула Планка. Теплоемкость твердых тел по Дебаю.

Квази-ТД теория флуктуаций. Случайный стационарный марковский гауссовский процесс и его временная корреляционная функция. Уравнение Смолуховского и уравнение Фоккера-Планка.

Кинетические уравнения Больцмана. H-теорема. Уравнение Власова. Плазменные волны. Затухание Ландау.

Литература.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 5, Ч.1 Статистическая физика. М.: Физматлит, 2010. 616 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 9, Ч.2 Стат. физика. Теория конденсир. состояния. М.: Физматлит, 2004. 496 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 10. Физическая кинетика. М.: Физматлит, 2007. 536 с.
4. Щеголев И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. Долгопрудный: ИД "Интеллект", 2008. 208 с.
5. Орлов В.В. Равновесная и неравновесная термодинамика. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 120 с.

3. Электродинамика

Уравнения Максвелла в вакууме. Уравнения для потенциалов при калибровке Лоренца. Разложение потенциалов электромагнитного поля для стационарных систем по мультиполям. Решение уравнений для потенциалов в виде запаздывающих потенциалов.

Излучение электромагнитных волн в электрическом дипольном приближении, интенсивность и угловое распределение, поляризация. Радиационное трение. Рассеяние электромагнитных волн на зарядах.

Законы преобразования плотностей заряда и тока, потенциалов и полей при преобразованиях Лоренца. Преобразования частоты и волнового вектора электромагнитной волны, эффект Доплера. Законы преобразования энергии и импульса, связь энергии, импульса, массы и скорости релятивистской частицы. Функции Лагранжа для электромагнитного поля при заданных зарядах и токах. Уравнение движения релятивистской заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле.

Уравнения Максвелла в среде, материальные уравнения и граничные условия. Пространственная и временная дисперсии. Закон сохранения энергии в электродинамике покоящихся тел.

Квазистационарное приближение в макроскопической электродинамике, основные уравнения и границы применимости. Скин-эффект.

Дисперсия диэлектрической проницаемости, физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости. Формула Крамерса-Кронига. Излучение Вавилова-Черенкова.

Литература.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. М.: Физматлит, 2006. 536 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 8. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2005. 656 с.
3. Филиппов В.С. Введение в классическую электродинамику. М.: Физматлит, 2002. 64 с.
4. Самсонов А.В. Макроскопическая электродинамика. Вопросы теории про-

странственно-временных преобразований. М: Радиотехника, 2006. 80 с.

4. Оптика

Основы электромагнитной теории света. Волновое уравнение. Энергия и импульс оптических волн, световое давление. Поляризация света.

Интерференция света. Временная и пространственная когерентность. Интерферометры.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля, интеграл Кирхгофа. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Спектральные приборы. Дифракционная теория формирования изображений.

Дисперсия света. Рассеяние света. Распространение оптических волн в анизотропных средах.

Основы теории излучения. Законы теплового излучения конденсированных сред, формула Планка. Излучение света атомами и молекулами. Двухуровневая система, спонтанные и вынужденные переходы. Усиление света, лазеры.

Нелинейно-волновые явления: генерация гармоник и комбинационных частот, самовоздействие.

Литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Физматлит, 2010. 848 с.
2. Ищенко Е.Ф., Соколов А.Л. Поляризационная оптика. М.: Физматлит, 2012. 456 с.
3. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит, 2004. 512 с.
4. Скалли М.О, Зубайри М.С. Квантовая оптика. М.: Физматлит, 2003. 512 с.
5. Шляйх В.П. Квантовая оптика в фазовом пространстве. М.: Физматлит, 2005. 760 с.

5. Квантовая физика

Постоянная Планка и ее экспериментальное определение. Опыт Штерна и Герлаха. Уравнение Шредингера и его свойства. Законы изменения и со-

хранения физических величин. Принцип неопределенности Гейзенберга. Чистые и смешанные состояния, матрица плотности, определение физических величин в чистом и смешанном состояниях. Энергетические спектры гармонического осциллятора и атома водорода в нерелятивистском приближении; спектр углового момента. Туннельный эффект.

Первый порядок теории возмущений в отсутствии и при наличии вырождения. Эффект Штарка. Сечение упругого рассеяния частиц в борновском приближении. Роль обменных эффектов при рассеянии тождественных частиц.

Гамильтонова и ковариантная форма уравнения Дирака, его свойства. Тонкая структура атома, лэмбовский сдвиг уровней, эффект Зеемана.

Система тождественных частиц, симметричные и антисимметричные состояния. Молекула водорода, силы Ван-дер-Ваальса.

Вторичное квантование в случае Бозе- и Ферми-частиц; оператор Гамильтона в представлении вторичного квантования. Вторичное квантование свободного электромагнитного поля; интенсивности излучения и поглощения фотонов в дипольном приближении. Простейшие диаграммы Фейнмана и сопоставление им матричных элементов. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул.

Литература.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 3. Квантовая механика.(нерелятивистская теория). М.: Физматлит, 2008. 808 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 4. Квантовая электродинамика. М.: Физматлит, 2006. 720 с.
3. Ципенюк Ю.М. Квантовая микро- и макрофизика. М.: Физматлит, 2006. 640 с.
4. Андреев А.В. Релятивистская квантовая механика: частицы и зеркальные частицы. М.: Физматлит, 2009. 628 с.
5. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2010. 136 с.

6. Ядерная физика

Опыт Резерфорда. Состав, размер и форма ядра. Энергия связи ядра. Энергия отделения нуклонов. Альфа-, бета- и гамма-радиоактивность. Синтез и деление ядер. Ядерная энергия. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия. Изоспин. Модель ядерных оболочек. Одночастичные и коллективные возбуждения ядра.

Ядерные реакции. Прямые реакции и составное ядро. Ускорители и детекторы частиц.

Элементарные частицы. Классификация и систематика частиц. Фундаментальные взаимодействия. Их константы, радиусы и переносчики.

Сильные взаимодействия. Адроны. Кварки. Кварковая структура адронов. Глюоны. Слабые взаимодействия и нейтрино.

Дискретные симметрии. Зарядовое сопряжение, пространственная инверсия, обращение времени (С. Р. и Т).

Объединение взаимодействий. Эволюция и состав Вселенной. Космические лучи.

Литература.

1. Хангулян В.А., Шапиро И.С. Избранные вопросы теории ядра. Часть 1 Проблема двух тел в ядерной физике. М.: МИФИ, 2009. - 156 с.
2. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика :: учебник : [в 3 т.] / Т. 1. Физика атомного ядра./К. Н. Мухин. Изд. 6-е, испр. и доп. -СПб. [и др.]: Лань, 2008
3. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика :: учебник : [в 3 т.] / Т. 2. Физика ядерных реакций./К. Н. Мухин. Изд. 6-е, испр. и доп. -СПб. [и др.]: Лань, 2008.
4. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика :: учебник : [в 3 т.] / Т. 3. Физика элементарных частиц./К. Н. Мухин. Изд. 6-е, испр. и доп. -СПб. [и др.]: Лань, 2008.

7. Физика полупроводников

Удельное сопротивление металлов, полупроводников и диэлектриков. Ковалентные связи в полупроводниках. Гетеровалентные связи в полупроводниках. Зона проводимости, зона запрещенных энергий, валентная зона. Электроны и дырки в полупроводниках.

Донорные примеси в полупроводниках. Акцепторные примеси в полупроводниках.

Мелкие и глубокие примесные уровни.

Средняя длина и среднее время свободного пробега. Гидродинамическая модель транспорта носителей заряда. Подвижность электронов и дырок в полупроводниках. Уравнения переноса электронов и дырок в полупроводниках.

Уравнение Шредингера для кристалла в общем виде. Уравнение Шредингера для кристалла в адиабатическом приближении. Уравнение Шредингера для кристалла в валентном приближении. Уравнение Шредингера для кристалла в одноэлектронном приближении. Периодичность потенциала самосогласованного поля в кристалле. Функция Блоха. Приближение слабо связанных электронов. Приближение сильно связанных электронов. Обменный интеграл и интеграл перекрытия. Образование энергетической зоны из энергетического уровня изолированного атома. Энергия электрона в поле простой кубической решетки в приближении сильно связанных электронов.

Граничные условия Борна-Кармана. Значения компонент волнового вектора электрона в кристалле. Число различных энергетических состояний в разрешенной зоне кристалла. Связь между импульсом и длиной волны свободного электрона, волновое число. Квазиимпульс электрона в периодическом поле кристалла. Четность энергетического спектра электрона в кристалле. Обоснование существования зоны запрещенных энергий на основе приближения сильно связанных электронов.

Эффективная масса электронов. Эффективная масса дырок. Циклотронный резонанс. Экспериментальное определение эффективной массы электрона (дырки) методом циклотронного резонанса.

Зонная структура кремния. Зонная структура германия. Зонная структура прямозонных полупроводников (GaAs).

Водородоподобная модель примесных состояний. Расчет энергии и радиуса орбиты электрона «мелкого» донорного уровня в германии.

Плотность квантовых состояний при параболической зависимости энергии электронов. Плотность квантовых состояний в окрестности дна зоны проводимости кремния. Плотность квантовых состояний в окрестности дна зоны проводимости германия. Плотность квантовых состояний в окрестности вершины валентной зоны кремния. Плотность квантовых состояний в окрестности вершины валентной зоны германия. Концентрация электронов в окрестности дна зоны проводимости. Концентрация дырок в окрестности вершины валентной зоны.

Излучательная рекомбинация неравновесных носителей заряда. Рекомбинация неравновесных носителей заряда через примесные центры. Оже рекомбинация неравновесных носителей заряда. Рекомбинация в случае низкой концентрации неравновесных носителей заряда.

Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках (разрешенные оптические переходы). Собственное поглощение в прямозонных полупроводниках (запрещенные оптические переходы). Собственное поглощение в непрямоzonных полупроводниках.

N-P переходы в полупроводниках. Гетеропереходы в полупроводниках. Энергетическая диаграмма структуры с n-p переходом. Уравнения, описывающие транспорт носителей заряда в полупроводниковой структуре с n-p переходом в случае слабой инжекции. Эквивалентная схема полупроводниковой структуры с n-p переходом, 4-х параметрическая модель ВАХ. Физические явления, влияющие на перенос носителей заряда в полупроводниковой структуре с n-p переходом, 5-ти параметрическая модель ВАХ. Механизмы пробоя n-p перехода. Вольтамперная характеристика освещенного n-p перехода.

Литература.

Шалимова КВ. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010. 400 с.

Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009. 336 с.

Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008. 488 с.

Рекомендуемая дополнительная литература

И.И.Ольховский. Курс теоретической механики для физиков. М., Изд-во МГУ, 1978.

В.Р.Халилов, Г.А.Чижов. Динамика классических систем. М., Изд-во МГУ, 1993.

Б.В.Петкевич. Теоретическая механика. М., Наука, 1989.

И.А.Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. М., Изд-во МГУ, 1991

И. А. Квасников. Теория неравновесных систем. М., Из-во МГУ, 1987

А. А.Власов. Макроскопическая электродинамика. М., Гостехиздат, 1955.

В.И.Денисов. Введение в электродинамику сплошных сред. М, Изд-во МГУ, 1989.

Дж.Джексон. Классическая электродинамика. М., Мир, 1965.

Н.И.Калитеевский. Волновая оптика., М., Высшая школа. 1978.

Б.И.Бутиков. Оптика. М., Высшая школа, 1986.

А.С.Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.

Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М., Наука, 1983.