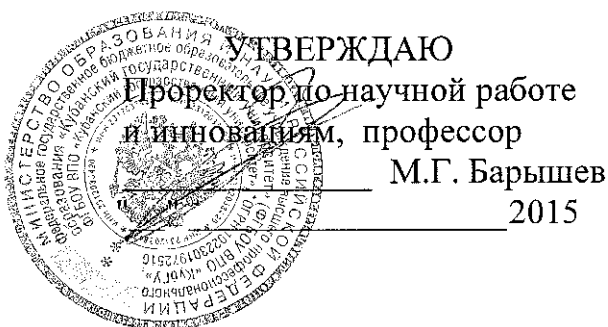




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кубанский государственный университет»



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

для подготовки аспирантов

Специальность

**01.04.07 Физика конденсированного состояния**

Форма обучения

**Очная**

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., Синицын 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 Статистическая физика. Теория конденсированного 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, 2012.

2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 8. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2005. 656 с.
3. Пименов Ю. В. Линейная макроскопическая электродинамика : вводный курс [учебное пособие] Долгопрудный, изд-во "Интеллект", 2008с.
4. Самсонов А.В. Макроскопическая электродинамика. Вопросы теории пространственно-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 сохранения 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. Корнюшкин Ю.Д. Основы современной физики (Квантовая механика, физика атомов и молекул, физика твердого тела, ядерная физика). Учебное пособие. Изд-во СПбГУ ИТМО, 2005 г., 339 с.

3. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. М.: Изд-во Editorial URSS, 2013., 216 с.

## **7. Физика конденсированного состояния**

Решетка, кристаллическая структура. Решетки Бравэ. Элементы симметрии кристаллической решетки. Точечные группы. Сингонии. Типы элементарных ячеек. Индексы Миллера. Обратная решетка.

Типы сил связи в кристаллах, жидких и аморфных системах. Энергия связи. Связь структуры вещества с характером химических связей. Координационное число. Принципы плотной и валентной упаковок. Дефекты структуры, примеси в кристаллах.

Основные положения зонной теории твердых тел. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна. Волновая функция электрона в периодическом поле. Энергетические зоны. Изоэнергетические поверхности, поверхность Ферми. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Зонная структура полупроводников. Электроны и дырки. Методы расчета зонной структуры.

Распределение Ферми-Дирака. Термодинамические свойства газа свободных электронов в приближении сферы Ферми. Волновое число Ферми, энергия Ферми.

Спектр собственных частот колебаний решетки. Акустические и оптические ветви. Нормальные колебания. Фононы. Рассеяние фононов. Ангармонизм. Теплоемкость кристаллов. Теории Эйнштейна, Дебая, Борна. Теплопроводность изоляторов. Тепловое расширение. Дислокации.

Электроны и дырки как элементарные возбуждения многоэлектронной системы. Кулоновское и обменное взаимодействие электронов и дырок. Экситоны Френкеля и Ванье-Мотта.

Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Плазма носителей заряда в твердом теле. Электрон-фононные взаимодействия. Поляроны.

Сверхпроводимость. Свойства сверхпроводников первого и второго



рода. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Теория БКШ.

Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в твердом теле. Приближение Лоренца и анализ интеграла столкновений. Линеаризация уравнения Больцмана, приближение времени релаксации. Механизмы релаксации. Рассеяние электронов на колебаниях решетки, атомах примеси и точечных дефектах как механизм релаксации. Электропроводность металлов. Подвижность носителей в полупроводниках и диэлектриках.

Фотоэлектродвижущие силы. Роль неравновесных носителей. Фото-ЭДС в однородных и неоднородных полупроводниках. Объемная фото-ЭДС. Вентильная фото-ЭДС. Фотоэлементы и фотодиоды. Фотоэлектромагнитный эффект.

Квантовомеханическое и классическое описание поляризации, как изменения распространения зарядов в диэлектрике или полупроводнике под действием электрического поля. Влияние поляризованного диэлектрика на величину электрического поля в пространстве. Поляризованность, связанные заряды, вектор индукции. Связь между этими характеристиками, электрической проводимостью, диэлектрической проницаемостью. Вычисление действующего электрического поля для конденсированных сред.

Поле Лорентца и уравнение Клаузиуса-Моссоти, границы его применимости. Вычисление действующего поля для ионных кристаллических диэлектриков, тензор диэлектрической проницаемости анизотропных сред.

Диэлектрические потери в переменном электрическом поле, связанные с проводимостью диэлектрика и с замедленным установлением поляризации. Удельная мощность потерь, тангенс угла диэлектрических потерь, фактор потерь и взаимосвязь этих характеристик. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Распространение электромагнитных волн в диэлектриках, волноводы, резонаторы. Соотношения Крамерса-Кронига, теория релаксационных потерь Дебая.

Пьезоэлектрический эффект. Связь с симметрией кристаллической решетки. Механизм и применение пьезоэффекта. Пироэлектричество в кристаллах. Возможные области применения пироэлектриков.

Сегнетоэлектрические явления в диэлектриках. Доменная структура, влияние электрического поля на сегнетоэлектрические домены. Гистерезис в сегнетоэлектрическом состоянии, закон Кюри-Вейсса в параэлектрическом состоянии. Применение сегнетоэлектриков.

Диамagnetизм атомов. Парамагнетизм, ферро- и антиферромагнетизм. Магнитные резонансы. Природа ферромагнетизма, роль обменного взаимодействия, теория молекулярного поля. Домены и доменные границы в магнитоупорядоченных веществах.

Поглощение, отражение и испускание света диэлектриками и полупроводниками. Коэффициент поглощения и мнимая часть диэлектрической проницаемости, соотношение Крамерса-Кронига. Оптические свойства твердых тел, связанные с прямыми и непрямыми межзонными переходами электронов, с центрами окраски, с колебаниями ионов кристаллической решетки.

Люминесценция кристаллов. Природа и закономерности теплового излучения. Флюоресценция и фосфоресценция, фотолюминесценция, электролюминесценция, основные закономерности и основные механизмы. Рекомбинационное излучение в диэлектриках и полупроводниках. Спонтанное и вынужденное излучение. Различные типы ОКГ и принцип их действия.

Магнитооптические явления, эффекты Фарадея, Фохта. Электрооптические явления. Эффекты Поккельса, Керра, Франца-Келдыша. Пьезооптические явления, двойное лучепреломление при деформации.

Нелинейно-оптические свойства кристаллов. Генерация второй, третьей гармоники, оптическое детектирование. Использование нелинейно-оптических явлений для управления лазерным излучением.

Линейные оптические свойства одноосных кристаллов. Уравнение Максвелла и материальные уравнения. Частотная и пространственная дисперсия. Плоские волны в прозрачных немагнитных кристаллах. Отражение и преломление света на границе изотропная среда - одноосный кристалл.

Явление гиротропии в одноосных кристаллах. Вращение плоскости поляризации. Материальные уравнения для гиротропных сред. Тензор гирации в кристаллах различной симметрии. Плоские волны и уравнение нормалей в гиротропных средах. Поляризация плоских волн в одноосных гиротропных кристаллах.

Нелинейная поляризация диэлектрических сред. Вектор нелинейной поляризации. Материальное уравнение нелинейной оптики. Волновое уравнение для кристаллов с нелинейной поляризацией. Обобщенные нелинейные восприимчивости. Квадратично- и кубично-нелинейные кристаллы. Процессы генерации второй гармоники (ГВГ)  $\omega + \omega \rightarrow 2\omega$  и  $\omega + \omega \rightarrow \omega$ . Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Самофокусировка.

Основные методы ядерной физики для исследования конденсированных сред. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) - теория и методы. Ядерный квадрупольный резонанс. Метод спинового эха.

Современное состояние науки о материалах. Свойства магнитных, электрических, сегнетоэлектрических, полупроводниковых материалов и основные методы их получения. Новые типы материалов: наноматериалы, квазикристаллы, фуллерены, аморфы, полимерные пленки и т.п. Атомно-кластерная инженерия и создание новых материалов XXI века.

#### Литература.

1. И.Ф. Гинзбург. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики, статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела. М.: изд-во «Лань», 2007, 544 стр.

2. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М.: изд-во "Физматлит", 2007 г.
3. Р.В. Лобзова. Кристаллография. М.: Издательство Российского Университета дружбы народов, 2008 г.
4. А.Г. Гуревич А.Г. Физика твердого тела. СПб. БХВ. 2004.
5. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика, ч.2. Теория конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004, 448 стр.
6. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Физическая кинетика. М.: Физматлит, 2007, 537 стр.
7. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов. М. Изд-во "Физматлит", 2010, 600 с.
8. Ю.В. Петров Основы физики конденсированного состояния : [учебное пособие] / Петров, Юрий Васильевич ; Ю. В. Петров. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 213 с.
9. В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. Современная физика. Конденсированное состояние : учебное пособие для студентов вузов Воронов, А. В. Подоплелов. - М. : URSS : [Изд-во ЛКИ], 2008. - 333 с