



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Коми научный центр Уральского отделения  
Российской академии наук»  
(ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

РОССИЯСА НАУКА ДА ВЬЛЫС ВЕЛӖДЧАН  
МИНИСТЕРСТВО

«Россияса наукаяс академиялӧн  
Урал юкӧнса Коми наука шӧрин»  
туялан удж нуӧдысь федеральной шӧрин  
Федеральной канму  
сьӧмкуд наука учреждение  
(ТФШ РНА УрЮ Коми НШ)



УТВЕРЖДАЮ  
Временно исполняющий  
обязанности директора  
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

*А.В. Самарин*  
А.В. Самарин  
«26» сентября 2019 г.

## ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

по направлению подготовки  
03.06.01 – Физика и астрономия

по направленности (профиль), соответствующей научной специальности  
01.04.07 -

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

Сыктывкар 2019

## ОБЩИЙ КУРС ФИЗИКИ

I. МЕХАНИКА [1] Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Принцип относительности Галилея. Энергия. Импульс. Момент импульса. Законы сохранения. Интегрирование уравнений движения в одномерном случае. Движение в центральном поле. Малые колебания. Свободные и вынужденные колебания. Затухающие колебания. Параметрический резонанс. Малые колебания систем со многими степенями свободы.

II. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА. [2] Принцип относительности Эйнштейна-Пуанкаре. Пространство и время в специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистская динамика. Энергия и масса в теории относительности.

III. ОПТИКА [3] Геометрическая оптика. Принцип Ферма. Линзы. Аберрации. Разрешающая способность оптических приборов. Интерференция и дифракция. Дифракционная решетка и ее разрешающая способность. Распространение света в веществе. Показатель преломления. Дисперсия. Поглощение. Поляризация. Двойное лучепреломление. Оптическая активность.

IV. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИКА. [4]. Термодинамические величины. Адиабатические процессы. Термодинамические потенциалы. Законы термодинамики. Основные принципы статистики. Функция распределения. Теорема Лиувилля. Статистика и закон возрастания энтропии. Кинетическая теория газов. Уравнение состояния идеального газа.

V. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ [5,]. Электростатика. Теорема Гаусса. Потенциал электростатического поля. Энергия электрического поля. Теорема Ирншоу. Диэлектрики. Диэлектрическая проницаемость. Вектор поляризации. Сегнетоэлектричество. Магнитостатика. Магнитное поле тока. Сила Лоренца. Магнитные свойства вещества. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм.

VI. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА. [7]. Законы электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Потенциалы движущегося заряда. Уравнение Даламбера. Уравнения Пуассона и Лапласа. Электромагнитные волны. Энергия и импульс электромагнитного поля. Движение зарядов в электрическом и магнитном полях.

VII. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. [8] Амплитуды вероятности. Операторы. Уравнения Шредингера. Атом водорода. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Периодическая система элементов. Основы квантовой электроники. Электроны в кристаллах. Квазичастицы.

## ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ

I. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ. [9]. Операции симметрии. Точечные группы симметрии. Решетки Бравэ. Индексы Миллера. Обратная решетка.

II. КРИСТАЛЛОФИЗИКА. [10]. Деформация кристаллической среды. Механические напряжения в кристаллах. Механические свойства кристаллов. Намагничивание и поляризация кристаллов.

III. ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. [11]. Уровни электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха. Граничные условия. Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Электронная структура металлов, диэлектриков и полупроводников.

Температурная зависимость концентрации носителей тока в полупроводниках. Эффект Холла. Оптические свойства полупроводников. Спектральная зависимость коэффициента поглощения света. Механизмы поглощения света. Собственная и примесная фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Релаксация фотопроводимости.

IV. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ. [12,13] Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Метод Дебая-Шерера. Метод Лауэ. Метод вращения. Методы уменьшения фона. Рентгенографические методы. Интенсивности дифракционных отражений.

V. ФИЗИКА РЕАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ. [11]. Точечные дефекты. Дислокации. Дефекты упаковки. Силы взаимодействия между дефектами. Перемещение дислокации. Образование дислокации. Поверхностные несовершенства.

VI. ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА. [14]. Основные фотометрические величины. Погрешности оптических систем и разрешающая способность приборов (Нормальная ширина щели, аппаратная функция). Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители (принципы работы и основные характеристики)

VII. Основы неравновесной термодинамики. [15]. Нелинейные и диссипативные системы. Неравновесное стационарное состояние. Предельные циклы. Бистабильные системы. Волны в бистабильных системах.

VII. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ [16]. Взаимодействие излучения с веществом. Вероятности переходов. Тормозное и эмиссионное рентгеновское излучение. Форма и ширина линий. Поглощение рентгеновского излучения. Резонансные особенности в спектрах поглощения рентгеновского излучения. Абсолютные измерения. Сечения поглощения.

IX. Оптические спектры [20]. Атомные спектры. Сверхтонкая структура спектральных линий. Атом во внешнем поле. Эффект Штарка, Зеемана. Радиационные переходы. Силы осцилляторов. Правила отбора.

X. Резонансные методы в физических исследованиях [21] Электрический дипольный переход. Четность и вероятность переходов. Законы сохранения в процессах с участием фотонов. Эффект Мессбауэра. Температурный сдвиг. Эффект Рамана и Мандельштам - Брюллиэна.

XI! Магнитные свойства твердых тел [17]. Ферромагнетизм. Ферримагнетизм. Внутренняя энергия магнетика. Доменная структура магнетика. Процессы намагничивания магнетика в постоянных магнитных полях. ФМР. Уравнение Ландау-Лифшица для движения вектора

намагниченности. Динамическая восприимчивость магнетика с учетом ФМР и движения доменных стенок. Спиновые волны в ферромагнетике. Магноны.

XII. Физическая акустика твердых тел [23]. Упругие свойства твердых тел. Волновое уравнение для безграничного твердого тела. Затухание и скорость ультразвука в твердых телах. Отражение, преломление и трансформация ультразвуковых твердых тел на границах твердых тел. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява. Связь между модулями упругости и скоростями распространения ультразвука в кристаллах.

XIII. Магнитоупругие взаимодействия в ферромагнетиках [24]. Магнитоупругие волны в кристаллах. Феноменологическая теория магнитоупругих волн в кубических ферромагнетиках. Линейный и нелинейный магнитоакустический резонанс (МАР). Условия наблюдения МАР. Неоднородность внутреннего магнитного поля. Спин-решеточная релаксация. Магнитоупругие

колебания ограниченных тел. Параметрическое возбуждение магнитоупругих волн. Взаимодействие упругих волн со стенками магнитных доменов.

**XIV. Радиоспектроскопия твердых тел.** [21] Общая характеристика радиоспектроскопии (РС). Типы взаимодействий электромагнитного излучения (ВЧ и СВЧ диапазоны) с веществом (ЯМР, ЯКР, ФМР, ЭПР). Измеряемые величины в РС. Экспериментальные методы исследования спектров и измерения спектральных параметров (на примере одного типа резонансного взаимодействия с веществом. Непрерывный и импульсный методы. Измерение времен релаксации. Блок- схема непрерывного и импульсного радиоспектрометра. Принципы Фурье- спектроскопии. Основные приложения РС.

### Основная литература

1. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния : пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук ; под ред. Н.К. Мышкин. – Минск : Белорусская наука, 2009. - 648 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>.
2. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. М.: Бином.Лаборатория знаний, 2006. 293 с.
3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика в 10 т. : учебное пособие. Т.3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1974.— 752 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.III. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. - М.: Наука. 1974.
5. Мессиа А. Квантовая механика. Т.1,2. - М.: Наука. 1978, 1979.
6. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества. Том.2. М.: Физический факультет МГУ, 2006. 840 с.
7. Павлов П В. Физика твердого тела : Учебник для вузов / П.В. Павлов, А Ф. Хохлов. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 1985.
8. Троян В.И., Пушкин М.А., Борман В.Д., Тронин В.Н. - Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие. М. : МИФИ, 2008. - 258 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237998>.

### Дополнительная литература:

1. Беннет Х., Беннет М. Прецизионные измерения в оптике тонких пленок // В сб. Физика тонких пленок. Т. 4. М.: Мир, 1970. 440с.
2. Бланк А.Я., Коноводченко В.А., Лопин А.В., и др. Определение оптических параметров тонких пленок олова методом резонансного возбуждения поверхностных электромагнитных волн // ДАН. Т. 309. № 5.
3. Жигальский Г.П. Шум вида  $1/f$  и нелинейные эффекты в тонких пленках // УФН. № 6. 1997. С. 623.
4. Иродов И. Е. Электромагнетизм. Основные законы : Учебное пособие для вузов / И.Е. Иродов. Рек. МОиПО РФ. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 320 с.
5. Кукушкин С.А., Осипов А.В. Процессы конденсации тонких пленок // УФН. 1998. Т. 168. № 10.

6. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М. : Наука, 1982. - 623с. - (Теоретическая физика. Т. 8).
7. Плискин У.А., Керр Д.Р., Пери Дж.А. Тонкие стекловидные пленки // В сб. Физика тонких пленок. Т.4. Под ред. Хасса Г. и Туна Р.Э. Пер. с англ. М.: Мир, 1970. С. 303.
8. Фомин, Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела: учебное пособие / Д.В. Фомин. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 186 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074>
9. Чернозатонский Л.А. (доктор физико-математических наук; главный научный сотрудник). Новые наноструктуры на основе графена: физико-химические свойства и приложения [[Текст]] / Л.А. Чернозатонский, П.Б. Сорокин, А.А. Артюх // Успехи химии. — 2014 .— Т. 83, № 3 .— С. 251-279.