

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)

Физико-математический институт

## **ПРОГРАММА**

вступительного экзамена в аспирантуру  
по направлению подготовки  
03.06.01 Физика и астрономия  
направленность Физика конденсированного состояния

Сыктывкар 2018

## 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 Манделъштамма - 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. Козырев, А.В. Механика: учебное пособие / А.В. Козырев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск: Эль Контент, 2012. - 136 с. : ил.,табл., схем. - ISBN 978-5-4332-0028-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208680> (20.03.2015).

2. Элементы классической и релятивистской механики : учебное пособие / . - Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. - 123 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230499> (20.03.2015).
3. Летуа, С. Курс физики: оптика : учебное пособие для студентов инженерно-технических направлений подготовки / С. Летуа, А. Чакак ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Физический факультет. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 364 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259245> (20.03.2015).
4. Алтунин, К.К. Статистическая физика и термодинамика : учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 83 с. - ISBN 978-5-4475-0325-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240555> (20.03.2015).
5. Густав, М.И. Курс электричества и магнетизма / М.И. Густав. - Одесса : б.и., 1912. - Ч. 1. Электростатика. - 381 с. - ISBN 978-5-4458-7155-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230833> (20.03.2015).
6. Сарина, М.П. Электричество и магнетизм: учебное пособие / М.П. Сарина. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. 1. Электричество. - 152 с. - ISBN 978-5-7782-2213-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228921> (20.03.2015).
7. Алтунин, К.К. Электродинамика, специальная теория относительности и электродинамика сплошных сред : учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 109 с. - ISBN 978-5-4475-0326-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240549> (20.03.2015).
8. Ефремов, Ю.С. Квантовая механика : учебное пособие / Ю.С. Ефремов. - М. : Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 457 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4072-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273446> (20.03.2015).  
Киселёв, В.В. Квантовая механика : курс лекций / В.В. Киселёв. - М. : МЦНМО, 2009. - 560 с. - ISBN 978-5-94057-497-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=62965> (20.03.2015).
9. Четверикова, А.Г. Кристаллография : учебное пособие / А.Г. Четверикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2012. - 104 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 85-87. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745> (20.03.2015).
10. Яльцев, В.Н. Практикум по физической кристаллографии: учебное пособие / В.Н. Яльцев, В.И. Скрытний. - М. : МИФИ, 2011. - 88 с. - ISBN 978-5-7262-1553-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232429> (20.03.2015).
11. Физика твердого тела : учебное пособие / А.А. Корнилович, В.И. Ознобихин, И.И. Суханов, В.Н. Холякко. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 71 с. - ISBN 978-5-7782-2160-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228969> (20.03.2015).
12. Современные методы структурного анализа веществ / М.Ф. Куприянов, А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова и др. ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 288 с. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9275-0653-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003> (20.03.2015).

13. Современные методы структурного анализа веществ / М.Ф. Куприянов, А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова и др. ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 288 с. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9275-0653-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003> (20.03.2015).
14. Оптические методы исследования потоков / Ю.Н. Дубнищев, В.А. Арбузов, П.П. Белоусов, П.Я. Белоусов. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2003. - 416 с. - ISBN 5-94087-183-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57232> (20.03.2015).
15. Основы химической термодинамики: к курсу физической химии: учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов ; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный технологический университет». - Казань : КГТУ, 2011. - 218 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1151-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258361> (20.03.2015).
16. Сашина, Л.А. Радиационный неразрушающий контроль : учебное пособие / Л.А. Сашина. - М. : АСМС, 2012. - 124 с. - ISBN 978-5-93088-111-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=137046> (20.03.2015).
17. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук ; под ред. Н.К. Мышкин. - Минск : Белорусская наука, 2009. - 648 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309> (20.03.2015).
18. Геринг, Г.И. Физика конденсированного состояния вещества: учебное пособие / Г.И. Геринг, Т.В. Панова. - Омск : Омский государственный университет, 2008. - 106 с. - ISBN 978-5-77790943-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237155> (20.03.2015).
19. Гордиенко, А.Б. Физика конденсированного состояния. Решение задач : учебное пособие / А.Б. Гордиенко, А.В. Кособуцкий, Д.В. Корабельников. - 2-е изд., доп. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. - 92 с. - ISBN 978-5-8353-1164-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232487> (20.03.2015).
20. Алексеевский, В.А. Оптические методы : учебно-методическое пособие / В.А. Алексеевский ; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию. - Елец : ЕГУ им. И.А. Бунина, 2008. - 95 с. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272123> (20.03.2015).
21. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов : учебное пособие / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 336 с. - ISBN 978-5-8353-1578-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447> (20.03.2015).
22. Физическая акустика Часть А / М. : Издательство "МИР", 1966. - Т. 1. Методы и приборы ультразвуковых исследований. - 589 с. - ISBN 978-5-4458-4505-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213820> (20.03.2015).
23. Шишкин, А.В. Исследование физических свойств материалов. Учебно-методическое пособие в 4 частях / А.В. Шишкин, О.С. Дутова. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - Ч. 2. Магнитные свойства магнитомягких материалов. - 53 с. - ISBN 978-5-7782-1409-5 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228988> (20.03.2015).

24. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов: учебное пособие / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. - 336 с. - ISBN 978-5-8353-1578-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447>(20.03.2015).

25. Геринг, Г.И. Физика конденсированного состояния вещества: учебное пособие / Г.И. Геринг, Т.В. Панова. - Омск : Омский государственный университет, 2008. - 106 с. - ISBN 978-5-77790943-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237155>(20.03.2015).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества. Том.1., М.: Физический факультет МГУ, 2004 г. 532 с. ISBN 5-8279-0050-8.
2. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества. Том.2. М.: Физический факультет МГУ, 2006. 840 с. ISBN 5-8279-0050-8.
2. Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества. Том.2., М.: Физический факультет МГУ, 2006 г. 840 с. ISBN 5-8279-0050-8 9978-5-8279-0064-1) / Миронова Г.А. Конденсированное состояние вещества.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
4. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, тт. I и II. М., Мир, 1979.
5. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М., Мир, 1969.
6. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М: Мир, 1974.
7. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
8. Вонсовский С.В. Магнетизм. М., Наука, 1971. Феймановские лекции по физике. Т.БХ.
9. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Механика, гл.ШУ.
10. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Теория поля, гл.Щ.
11. Л.Д.Ландау, Е.М.Лившиц, Статистическая физика, гл.П.
12. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
13. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.
14. М.П. Шаскольская, Кристаллография, М, Высш. шк., 1978, 302 с.
15. П.Т. Орешкин, Физика полупроводников и диэлектриков, М, Высшая школа, 1977, 448с.
16. М.А. Блохин, Физика рентгеновских лучей. М., 1957.
17. Р. Пантел, Г. Путхоф. Основы квантовой электроники. М. Мир, 1972
18. Г. Липкин. Квантовая механика. 2т. М. Мир. 1977.
19. Ивановский В.И., Черникова Л.А. Физика магнитных явлений. МГУ, 1981. 288 с.
20. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. М.: Наука, 1994. 464 с.
21. Таунс Ч., Шавлов А. Радиоспектроскопия. М.: ИЛ, 1955.
22. Шутилов В.А. Основы физики ультразвука. Ленинград, ЛГУ. 1980. 280 с.
23. И.Е. Тамм. Основы теории электричества.
24. Э. Перселл, Электричество и магнетизм.
25. Д. Джексон, Классическая электродинамика.
26. Э.В. Шпольский, Атомная физика, т.Б, т.П.
27. Д.И. Блохинцев, Квантовая механика.
28. Горди В., Смит В., Трамбаруло Р. Радиоспектроскопия. М.: ГИТТЛ, 1955.
29. Страховский Г., Успенский А. Основы квантовой электроники. М.: Высшая школа, 1979.
30. Голдин Б.А., Котов Л.Н., Зарембо Л.К., Карпачев С.Н. Спин-фононные взаимодействия в кристаллах (ферритах). Л.: Наука, 1991. 150 с.
31. Л.А. Асканов, Инструментальные методы рентгеноструктурного анализа, МГУ, 1983, 288 с.
32. А.М. Афанасьев, П.А. Александров, Р.М. Иванов, Рентгеновская структурная диагностика в исследованиях приповерхностных слоев монокристаллов, М, Наука, 1986, 96 с.
33. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. М., 1972. 425 с.
34. Фаррар Т., Беккер Э. Импульсная и фурье спектроскопия ЯМР. М.: Мир, 1973.