

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Основная образовательная программа  
высшего профессионального образования**

Направление подготовки 010700 (510400) ФИЗИКА  
магистерская программа  
«*Физика конденсированного состояния вещества*»

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Общие положения</b>	<b>3</b>
1.1. Нормативные документы для разработки магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»	3
1.2. Общая характеристика магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»	3
1.3. Общая характеристика магистерской программы	
1.4. Требования к уровню подготовки, необходимому для освоения магистерской программы	4
<b>2. Характеристика профессиональной деятельности выпускника магистерской программы</b>	<b>4</b>
2.1. Область профессиональной деятельности выпускника	4
2.2. Направления профессиональной деятельности выпускника	5
2.3. Виды профессиональной деятельности выпускника	5
2.4. Задачи профессиональной деятельности выпускника	5
<b>3. Содержание магистерской программы</b>	
<b>«Физика конденсированного состояния вещества»</b>	<b>6</b>
3.1. Содержание учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей)	6
3.2. Практики	29
3.2.1. Научно-исследовательская практика	29
3.2.2. Научно-педагогическая практика	30
3.3. Организация научно-исследовательской работы	31
<b>4. Фактическое ресурсное обеспечение магистерской программы</b>	<b>32</b>
4.1. Кадровое обеспечение	32
4.2. Учебно-методическое обеспечение учебного процесса	32
4.3. Материально-техническое обеспечение учебного процесса	32
<b>5. Итоговая государственная аттестация выпускников магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»</b>	<b>34</b>

## 1. Общие положения

Основная образовательная программа магистратуры (далее - магистерская программа) «Физика конденсированного состояния вещества» реализуемая в ГОУ ВПО Кемеровский государственный университет по направлению подготовки 010700.68 ФИЗИКА представляет собой систему документов, разработанную на основе Федерального государственного образовательного стандарта по соответствующему направлению подготовки высшего профессионального образования (ГОС ВПО).

Основная образовательная программа регламентирует цели, ожидаемые результаты, содержание, условия и технологии реализации образовательного процесса, оценку качества подготовки выпускника по данному направлению подготовки и включает в себя: учебный план, рабочие программы учебных курсов, предметов, дисциплин и другие материалы, обеспечивающие качество подготовки обучающихся, а также программы практик, календарный учебный график и методические материалы, обеспечивающие реализацию соответствующей образовательной технологии.

### 1.1. Нормативные документы для разработки магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»

Нормативную правовую базу разработки данной магистерской программы составляют:

- Федеральные законы Российской Федерации: «Об образовании» (от 10 июля 1992 года №3266-1) и «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (от 22 августа 1996 года №125-ФЗ);
- Типовое положение об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2008 года № 71;
- Федеральный государственный образовательный стандарт (ГОС) по направлению подготовки 510400 ФИЗИКА высшего профессионального образования (ВПО) (магистратура), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 02.03.2000 № 686;
- Изменения в действующие государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по направлениям подготовки для получения степени (квалификации) «магистр» в соответствии с приказом Минобрнауки России от 22 марта 2006 г. № 62 «Об образовательной программе высшего профессионального образования специализированной подготовки магистров»
- Нормативно-методические документы Министерства образования и науки Российской Федерации;
- Устав ГОУ ВПО Кемеровский государственный университет

### 1.2. Общая характеристика магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»

#### *Цель магистерской программы*

Подготовка высококвалифицированных специалистов в области физики конденсированного состояния вещества, владеющих современными знаниями по структуре, свойствам и применению самых различных материалов, включая наноструктуры и сферу нанотехнологий.

#### *Срок освоения магистерской программы*

Нормативный срок освоения основной образовательной программы подготовки магистра по направлению 010700 Физика - 2 года (104 недели) в том числе:

- теоретическое обучение, включая научно-исследовательскую работу студентов, практикумы, в том числе лабораторные работы (44 нед.), подготовку выпускной квалификационной работы(15 нед.) - 59 недель
- экзаменационные сессии - 7 недель
- практики (научно-исследовательская и научно-педагогическая) - 20 недель
- итоговая государственная аттестация, включая защиту выпускной квалификационной работы - 2 недели
- каникулы (включая 4 недели последипломого отпуска) - 16 недель

### ***Трудоемкость магистерской программы***

Трудоемкость магистерской программы за два года обучения составляет 4068 час.

<b>Вид обучения</b>	<b>Кол-во часов</b>
<b>Теоретическое обучение</b>	<b><u>2034</u></b>
<b>Научно-исследовательская работа в т.ч.:</b>	<b><u>2034</u></b>
Научно-исследовательская работа в семестре	314
Научно-исследовательская практика	640
Научно-педагогическая практика	216
Подготовка магистерской диссертации	864
<b>Итого часов специализированной подготовки магистра:</b>	<b><u>4068</u></b>

### **1.3. Требования к уровню подготовки, необходимому для освоения магистерской программы**

1.4.1. Лица, желающие освоить программу специализированной подготовки магистра физики, должны иметь высшее профессиональное образование определенной ступени, подтвержденное документом государственного образца.

1.4.2. Лица, имеющие диплом бакалавра физики по направлениям 010700 – Физика и 511500 – Радиофизика зачисляются на специализированную магистерскую подготовку на конкурсной основе.

1.4.3. Лица, желающие освоить программу специализированной подготовки магистра физики по данному направлению и имеющие высшее профессиональное образование, профиль которого не указан в п. 1.4.2., допускаются к конкурсу по результатам сдачи экзаменов по дисциплинам, необходимым для освоения программы подготовки магистра физики и предусмотренным Государственным образовательным стандартом подготовки бакалавра физики по данному направлению.

## **2. Характеристика профессиональной деятельности выпускника магистерской программы**

Магистерская программа «Физика конденсированного состояния вещества» сосредоточена в области изучения структуры и свойств природы на различных уровнях ее организации, полей и явлений, лежащих в основе физики, на освоение новых методов исследований основных закономерностей природы; она обеспечивает углубленное изучение строения и свойств кристаллических и неупорядоченных структур при различных физических условиях, благодаря чему достигается фундаментальная подготовка к деятельности в области физико-математических наук. При условии освоения дополнительной образовательной программы пе-

дагогического профиля ("Преподаватель высшей школы") – к педагогической деятельности в вузе.

### **2.1. Область профессиональной деятельности выпускника**

Сферами профессиональной деятельности выпускника магистратуры являются высшие учебные заведения, научно-исследовательские институты, лаборатории, конструкторские и проектные фирмы, производственные предприятия и объединения, связанные с решением физических проблем, учреждения системы высшего и среднего профессионального образования.

### **2.2. Направления профессиональной деятельности выпускника**

- фундаментальные экспериментальные и теоретические исследования в области физики конденсированного состояния вещества;
- прикладные исследования в области физики конденсированного состояния;
- научно-образовательная деятельность в области профильного среднего и высшего профессионального образования.

### **2.3. Виды профессиональной деятельности выпускника**

- научно-исследовательская: экспериментальная, теоретическая и расчетная;
- научно-инновационная;
- педагогическая (в соответствии с полученной дополнительной квалификацией);
- организационно-управленческая

### **2.4. Задачи профессиональной деятельности выпускника**

Специалист должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности и профилем подготовки:

*научно-исследовательская (экспериментальная, теоретическая и расчетная деятельность):*

- научные исследования поставленных проблем;
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
- разработка новых методов исследований;
- выбор необходимых методов исследования;
- освоение новых методов научных исследований;
- освоение новых теорий и моделей;
- обработка полученных результатов научных исследований на современном уровне и их анализ;
- работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой;
- написание и оформление научных статей;
- составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе, участие в научных конференциях;

*педагогическая деятельность:*

- подготовка и чтение курсов лекций;
- подготовка и ведение семинарских занятий;
- ведение занятий в учебных лабораториях;
- руководство научной работой студентов;
- руководство курсовыми и дипломными работами студентов.

*организационно-управленческая деятельность:*

- участие в организации научно-исследовательских работ;
- участие в организации семинаров и конференций;

- участие в подготовке заявок на конкурсы грантов, оформлении отчетов и патентов;

### 3. Содержание магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»

Содержание и организация образовательного процесса при реализации данной ООП регламентируется учебным планом магистра с учетом его профиля; рабочими программами учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей); материалами, обеспечивающими качество подготовки и воспитания обучающихся; программами учебных и производственных практик; годовым календарным учебным графиком, а также методическими материалами, обеспечивающими реализацию соответствующих образовательных технологий.

#### 3.1. Содержание учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей)

Индекс	Дисциплина, содержание	Кол-во часов
ДНМ.00	Цикл дисциплины направления	<u>1134</u>
	<b>Федеральный компонент:</b>	<b>700</b>
ДНМ. Ф1	<p><b>Современные проблемы физики и производства</b>  <b>Лазерное охлаждение.</b> Действие оптических сил на атомы. Лазерное охлаждение и оптические ловушки. Лазерное охлаждение свободных атомов. Ловушки частиц. Эксперименты с «пойманными» ионами. Применения.</p> <p><b>Акустооптика.</b> Основные виды дифракции света на звуке. Теория раман-натовского и брэгговского режимов. Взаимодействие света с поверхностными акустическими волнами. Рассеяние Мандельштама–Бриллюэна в кристаллах. Акустооптика жидких кристаллов. Применение акустооптических взаимодействий.</p> <p><b>Фуллерены.</b> История открытия. Технология синтеза. Физика, химия и материаловедение фуллеренов. Фуллерены в космосе.</p> <p><b>Углеродные нанотрубки.</b> Структура и свойства нанотрубок. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Материалы и композиты на основе углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок, основанные на их свойствах.</p> <p><b>Двойные гетероструктуры.</b> Молекулярно–лучевая эпитаксия и резкие гетерограницы. Классические гетероструктуры. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетками. Гетероструктуры с квантовыми проволоками и квантовыми точками. Применения.</p> <p><b>Квантовый эффект холла.</b> Двумерный электронный газ и его свойства. История открытия квантового эффекта Холла. Дробный квантовый эффект Холла. Применения.</p> <p><b>Высокотемпературная сверхпроводимость.</b> История открытия и исследования сверхпроводимости. Высокотемпературные сверхпроводники и их свойства. Возможные ме-</p>	264

	<p>ханизмы высокотемпературной сверхпроводимости.</p> <p><b>Квантовая хронодинамика.</b> Открытие структуры барионов. Гипотеза кварков. Открытие асимптотической свободы. Основные идеи квантовой хронодинамики.</p> <p><b>Анизотропия реликтового излучения.</b> Космический реликтовый фон. Основные законы реликтового излучения. Поляризация реликтового излучения. Измерение анизотропии реликтового излучения. Становление стандартной космологической модели.</p> <p><b>Квантовые вычисления и квантовый компьютер.</b></p>	
ДНМ.Ф2	<p><b>История и методология физики</b></p> <p><b>Предмет истории и методологии физики.</b> Периодизация истории физики. Библиография истории физики.</p> <p><b>Возникновение науки.</b> Зарождение научных знаний. Начальный этап античной науки. Античная натурофилософия (милетская школа, Пифагор и пифагорейцы, Платон, атомисты, Аристотель).</p> <p><b>История развития механики.</b> Механика античного мира и средневековья. Механика эпохи первой научной революции. Ньютон – основоположник классической механики. Развитие механики в XVIII-XIX вв. Аналитическая механика. Методология механики.</p> <p><b>Развитие учения о теплоте и молекулярной физике.</b> Возникновение и развитие термодинамики. История развития молекулярной физики. Методологические аспекты термодинамики и молекулярной физики.</p> <p><b>Развитие учения об электричестве и магнетизме.</b> Начало научных исследований электрических и магнитных явлений. Возникновение и развитие электродинамики. Методологические вопросы электродинамики.</p> <p><b>Возникновение и развитие оптики.</b> Возникновение оптики. Развитие волновой оптики в XIX в. Методологические аспекты оптики.</p> <p><b>Теория относительности и космология.</b> Физическое пространство-время. Элементы современной космологии. Методологические аспекты теории относительности и космологии.</p> <p><b>Становление квантовой физики.</b> Открытие кванта действия М. Планком. Теория фотоэффекта. Матричная механика В. Гейзенберга. Волны де Бройля и уравнение Шредингера. Релятивистская квантовая теория. Теория поля. Физика элементарных частиц и стандартная модель. Четыре типа основных взаимодействий.</p> <p><b>Проблемы современной физики.</b> Нобелевские премии по физике за последние двадцать лет. Современные проблемы и перспективы развития физики.</p> <p><b>Как делаются открытия.</b> Особенности научной работы. Методика «открывательства» Г.С. Альтшуллера – создателя ТРИЗ. Классификация открытий. Исходное построение методики «открывательства». Приемы открытия новых явлений. Приемы открытия закономерностей. Выбор достой-</p>	76

	ной цели. Жизненная стратегия творческой личности.	
ДНМ.Ф3	<p><b>Компьютерные технологии в физике и производстве</b></p> <p><b>Общая характеристика современных компьютерных технологий.</b> Операционные системы, стандарт POSIX, сервисные системы. Коммерческие, научные и дидактические технологии. Сравнительная характеристика.</p> <p><b>Характеристика лицензий программного обеспечения.</b></p> <p><b>Os windows.</b> Общая характеристика. Специфика Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Windows 7. Windows API. Виртуальные машины.</p> <p><b>Os Linux.</b> Общая характеристика. Специфика Debian, Suse, RedHat. Установка и конфигурирование openSUSE. Основы командной строки Linux. Мультимедийные возможности ОС Linux. Установка программ в ОС Linux.</p> <p><b>Объектно-ориентированные технологии создания современных компьютерных приложений.</b> Языки программирования. Основы программирования на языке ФОРТРАН, С, С++, С#.</p> <p><b>SQL</b> – структурированный язык запросов.</p> <p><b>Интернет.</b> Общие характеристики. Программное обеспечение клиента.</p> <p><b>Основные компоненты серверной оснастки</b> – Web-сервер, FTP-сервер. HTML, XML. WEB Services.</p> <p><b>Основы параллельных вычислений.</b></p> <p><b>Высокопроизводительные вычисления.</b></p> <p><b>Виртуализация приложений.</b> Облачные вычисления.</p> <p><b>Применение численные методов в научных расчетах.</b> Приложения для проведения научных расчетов. Роль стандартных библиотек.</p> <p><b>Основные возможности программного пакета Quantum ESPRESSO.</b> Поиск оптимизированной геометрии кристалла, проведение самосогласованного расчета с использованием Quantum ESPRESSO. с использованием Quantum ESPRESSO.</p> <p><b>Основные возможности программного пакета PC GAMESS.</b></p> <p><b>Основные возможности свободных математических программ: Maxima, SciLab, Sage.</b></p> <p><b>Общая характеристика среды компьютерной верстки TeX.</b></p> <p><b>Пути развития информационных технологий</b></p>	360
	<b>Национально-региональный (вузовский компонент)</b>	<b>434</b>
	<b>Дисциплины, устанавливаемые вузом (факультетом)</b>	<b>284</b>
ДНМ.04	<p><b>Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации.</b></p> <p><b>Развитие умений иноязычного общения в разных сферах и ситуациях.</b> Сферы и ситуации иноязычного общения. Поиск новой информации – работа с текстами из</p>	180

	<p>учебной, научно-технической и справочной литературы.</p> <p>Устный обмен информацией – устные контакты в ситуациях повседневного общения; – обсуждение проблем общенаучного характера.</p> <p>Письменный обмен информацией – записи, выписки; – составление плана текста; – письменное сообщение, отражающее определённое коммуникативное намерение.</p> <p>Умения иноязычного общения. Чтение – владение всеми видами чтения профессиональной/общенаучной литературы.</p> <p><b>Развитие умений иноязычного общения применительно к специальности языка твёрдого тела.</b></p> <p>Говорение и аудирование – устный обмен информацией в процессе повседневных и деловых контактов, деловых встреч (конференции, симпозиумы, дискуссии); – работа на выставке, в ходе работы научной конференции (беседы у стендов).</p> <p>Письмо – фиксирование информации, получаемой при чтении текста; – составление плана, тезисов сообщения/доклада; – перевод научно-технических текстов с родного языка на иностранный; – аннотирование и реферирование текстов по специальности.</p> <p>Творческий поиск и обработка полученной информации – работа с оригинальной литературой по специальности; – работа с оригинальной литературой научного характера, сопоставление и определение/выбор путей и способов научного исследования (изучение статей, рефератов).</p> <p>Устная информационная деятельность – обмен информацией общего и профессионального/научного характера в процессе повседневных бесед, на научной конференции.</p> <p>Письмо – перевод научно-технических текстов на русский и с русского на иностранный; – составление плана, тезисов сообщения/доклада; – аннотирование и реферирование текстов по специальности; – составление резюме/CV, деловых писем различного жанра.</p>	
ДНМ.05	<p><b>Философские вопросы физики</b></p> <p><b>Исторические и методологические проблемы естествознания.</b> Феномен науки, специфика научного знания. Методологический инструментарий современной науки.</p> <p><b>Динамика физической картины мира:</b> классическая и неклассическая, постнеклассическое естествознание. Картина мира как философская и естественнонаучная категория. Картина мира в классической, неклассической и постнеклассической физике.</p> <p><b>Онтологические проблемы физики.</b> Проблема пространства и времени. Проблема онтологического статуса объектов физической теории: специфика физической реальности. Проблема детерминизма.</p> <p><b>Методологические проблемы физики.</b> Проблема объективности научного знания. Проблема критериев истинности знания.</p>	104

ДНМ.06	<b>Дисциплины по выбору студента</b>	<b>150</b>
ДН(М).В1.1.	<p><b>Педагогика и психология высшей школы</b>          Основные достижения, проблемы и тенденции развития отечественной и зарубежной высшей школы; особенности обучения в высшей школе; особенности развития юношеского возраста. Социальная ситуация развития личности студента. Цель воспитательно-образовательного процесса в вузе: цель как категория педагогическая; характеристики личности студента и их отражение в воспитательно-образовательном процессе вуза; целеполагание в деятельности педагога. Дидактика высшей школы: сущность воспитательно-образовательного процесса вуза; характеристика педагогической деятельности; содержание вузовского образования; формы и методы обучения в вузе; контроль и оценка знаний студентов; качество обученности и качество образования; рейтинг деятельности преподавателя; процесс самообразования преподавателя вуза; продуктивная деятельность преподавателя и студентов; развитие личности студентов в процессе обучения и воспитания; движущие силы, условия и механизмы развития личности; личность и коллектив; функционирование малых социальных групп.</p>	36
ДН(М).В1.2.	<p><b>Новые информационные технологии в работе с научной литературой по специальности.</b>  <b>Поиск научной литературы.</b> Сайты ведущих журналов (aps.org, ioffe.ru, iop.org, www.iucr.org, www.nature.com, sciencedirect.com, www.sciencemag.org, springer.com). Архив препринтов arxiv.org. Книжные online-магазины: поиск книг по теме, оформление заказа.  <b>Сайты библиотек.</b> elibrary.ru. kemrsl.ru. library.kemsu.ru. phys.kemsu.ru.          Научно-популярные сайты: computerra.ru. elementy.ru. membrana.ru. popmech.ru.          Online-учебники. Поиск информации. Сохранение требуемых глав в различных форматах (html, chm, mht).  <b>Электронные базы данных.</b> Inorganic Crystal Structure Database. Crystal Lattice Structures. Структура данных и работа с ними.  <b>Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу.</b> ГОСТ 7.60-2003 (Издания. Основные виды. Термины и определения). ГОСТ 7.1-2003 (Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления).  <b>Основные форматы представления электронной научной информации.</b> Open Office. Microsoft Word. Adobe Acrobat. LaTeX. Djvu. Конвертация информации.  <b>Практическая работа с информацией в среде LaTeX.</b>  <b>Среды математических пакетов.</b>  <b>Участие в научных конференциях.</b> Подача заявки. Подготовка тезисов. Написание доклада. Создание презента-</p>	36

	ции. Оформление командировочного удостоверения и отчета о командировке.	
ДН(М).В2.1.	<p><b>Дополнительные главы математики (теория групп).</b>  <b>Элементы абстрактной теории групп.</b> Понятие группы, подгруппы; изоморфизм, гомоморфизм групп; прямое произведение групп; классы.</p> <p><b>Преобразования симметрии.</b> Матричный метод описания операций симметрии. Международные обозначения операций симметрии и обозначения по Шенфлису. Теоремы об умножении операций точечной симметрии.</p> <p><b>Точечные группы симметрии.</b> Стереографические проекции. Орбиты точечных групп.</p> <p><b>Представления групп.</b> Приводимые и неприводимые представления. Теоремы о свойствах неприводимых представлений. Ортогональность характеров неприводимых представлений. Неприводимые представления циклических групп, прямого произведения групп, нециклических групп. Операторы проектирования.</p> <p><b>Непрерывные группы.</b> Неприводимые представления полной группы вращений.</p> <p><b>Черно-белые и цветные точечные группы симметрии.</b></p> <p><b>Геометрия кристаллического пространства.</b> Кристаллическая решетка, индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей. Первая основная теорема решетчатой кристаллографии. Обратная решетка. Вторая основная решетчатой кристаллографии. Условие параллельности узлового ряда и узловой плоскости. Кристаллографические проекции. Градусные сетки.</p> <p><b>Неприводимые представления группы трансляций.</b> Группа волнового вектора. Неприводимые представления группы волнового вектора.</p> <p><b>Пространственные группы симметрии.</b> Сингонии. Решетки Бравэ. Элементы симметрии пространственных групп. Теоремы об умножении операций пространственной симметрии кристаллических структур. Орбиты пространственных групп. Международные обозначения точечных групп.</p> <p><b>Группа лоренца.</b> Спин-орбитальное расщепление.</p> <p><b>Двойные группы.</b> Представления двойных групп.</p>	114
ДН(М).В2.1.	<p><b>Дополнительные главы квантовой теории (релятивистская квантовая теория).</b></p> <p>Связь теории движения (механика) и теории взаимодействия (теория поля). Преобразования Галилея и Лоренца. 4-х мерное пространство-время Миньковского. Ковариантность уравнений физики.</p> <p>Ковариантная формулировка электродинамики и механики. СТО.</p> <p>Приделы применимости классической квантовой механики. Уравнение Клейна – Гордона – Фока (КГФ) и его интерпретация. Свободное движение КГФ частицы.</p>	114

	<p>Понятие античастицы, зарядовое сопряжение, матрицы Паули. Одночастичные операторы физических величин в теории КГФ.</p> <p>Взаимодействие КГФ частиц с электромагнитным полем. Релятивистское уравнение Дирака. Матрицы Дирака. Свободное движение дираковской частицы.</p> <p>Момент в теории Дирака. Спин.</p> <p>Нерелятивистские пределы для уравнения Дирака. Одночастичные операторы физических величин в теории Дирака.</p> <p>Взаимодействие дираковской частиц с электромагнитным полем. Уравнение Паули.</p> <p>Релятивистские поправки к движению электрона в электромагнитном поле. Тонкая структура спектра атома водорода.</p> <p>Точное решение уравнения Дирака для кулоновского поля. Базовые идеи квантовой теории поля. Процедура квантования в механике и ее обобщения на теорию поля.</p> <p>Свойства операторов рождения и уничтожения. Построение базисных наборов для описания состояний квантованного поля.</p> <p>Разложение полевых операторов по операторам рождения и уничтожения. Оператор Гамильтона квантованного свободного поля.</p> <p>Квантование поля Клейна-Гордона. Закон сохранения заряда. Вакуумное состояние в квантовой теории поля и его физический смысл.</p> <p>Квантование поля Дирака. Общие принципы квантования тензорных и спинорных полей.</p>	
<b>СДМ.00</b>	<b><u>Специальные дисциплины</u></b>	<b><u>900</u></b>
СДМ.Ф1	<p><b>Специальный лабораторный практикум</b>  <b>Лаборатория исследований и разработок (учебно-теоретический теоретический модуль).</b>  <b>Пакет прикладных программ CRYSTAL .</b> Общее описание пакета. Функциональные возможности пакета. Технология создания программ: задание геометрии и симметрии кристалла, выбор набора базисных функций, задание гамильтониана и параметров вычислительной процедуры. Выходные файлы. Создание программ вычисления электронных свойств твердых тел.</p> <p><b>Исследование структуры твердых тел.</b> Организация и принципы работы процедуры OPTGEOM. Входные и выходные параметры.</p> <p>Вычисление параметров кристаллической структуры бинарных соединений типа каменной соли, сфалерита, хлорида цезия, флюорита, вюрцита.</p> <p>Вычисление параметров кристаллической структуры гипотетических соединений на примерах ионно-молекулярных диэлектриков, тройных аламазоподобных полупроводников, и металлических нитридов серебра.</p>	100

**Вычисление энергетических зон кристаллов и компьютерное моделирование оптических и фотоэмиссионных свойств.** Организация и принцип работы процедуры BOND, WORK, BWIDTH, DOSS. Выходные файлы и графическое представление информации.

Вычисление зонной структуры и плотности электронных состояний бинарных соединений типа каменной соли, сфалерита, хлорида цезия, флюорита, вюрцита.

Вычисление спин-поляризованных зон на примере нитридов металлов.

Вычисление спектров плотности состояний кристаллов  $A^{III}B^V$  и интерпретация на их основе фотоэлектронных свойств.

Вычисление комбинированной плотности состояний германия, кремния, арсенида галлия и интерпретация оптических свойств.

**Вычисление механических свойств твердых тел.** Описание процедур PPAH/MULPOPAH, ECGH, PBAN, PATO. Выходные файлы. Графическая визуализация выходной информации.

Вычисление полной энергии ионных кристаллов со структурой каменной соли, ковалентных со структурой сфалерита, металлических нитридов, энергии сцепления, энергии связи, энергии образования, энергии сублимации.

Вычисление парциальной плотности состояний, заселенностей оболочек и атомных зарядов.

Вычисление кристаллической электронной плотности, валентной плотности, суперпозиции атомных плотностей, деформационной плотности.

**Компьютерное моделирование электронных свойств поверхности.** Описание процедуры SLAB. Выходные файлы. Способы задания поверхностей кристаллов.

Вычисление поверхностных энергий и зарядов на идеальной поверхности  $CaF_2$  и  $NaNO_3$ .

Релаксация поверхности. Оптимизация структуры поверхности.

Вычисление энергетического спектра и распределение плотности состояний электронов на поверхности.

**Моделирование электронных свойств дефектов в кристаллах.** Описание процедуры SUPERCEL, CLUSTER. Задание входных данных и описание выходных файлов.

Моделирование геометрической структуры полупроводников типа алмаза и сфалерита, содержащих дефекты типа акцепторов.

Вычисление энергетических уровней дефектов в кристаллах со структурой алмаза и сфалерита в моделях расширенной элементарной ячейки и кластерной модели.

*Лаборатория физики и химии быстро протекающих процессов.*

Измерение параметров импульсного лазерного излучения: энергии, длительности импульса, пространственного рас-

	<p>пределения энергии и расходимости лазерного пучка.  Изучение автоматизированного лазерного спектрометра.  Источник возбуждения. Осциллографические системы регистрации.  Изучение автоматизированного лазерного спектрометра.  Стрик-камера «Взгляд-2А». Практические схемы экспериментов по исследованию нестационарных люминесценции, поглощения и проводимости, возникающих при действии лазерного излучения.  Генерация высших гармоник.  Параметрическая генерация сверхкоротких световых импульсов.  Параметрическая генерация сверхкоротких световых импульсов.  Пикосекундный континуум и его свойства.  Оптический пробой в газах и прозрачных диэлектриках.  Нестационарная проводимость в ЩГК и галогенидах серебра.  Проводимость на начальных взрывного разложения азидов тяжелых металлов.  Люминесценция на начальных взрывного разложения азидов тяжелых металлов.  <b>Лаборатория материалов специального назначения.</b>  Массовая кристаллизация МК AgHal.  Определение размера микрокристаллов мелкозернистой дисперсии турбидиметрическим методом.  Определение размера частиц дисперсных систем, не подчиняющихся уравнению Рэлея, турбидиметрическим методом.  Седиментационный анализ крупнозернистых дисперсий.  Электронно-микроскопическое исследование эмульсионных галогенидосеребряных микрокристаллов.  Гранулометрический и дисперсионный анализ.</p>	
СДМ.02	<p><b>Теория симметрии в физике твердого тела.</b>  Классификация собственных функций и кратность вырождения собственных значений операторов физических величин. Симметрия оператора возмущения и расщепление вырожденных уровней энергии.  Расщепление термов атомов во внешнем поле.  Связанные системы.  Построение симметризованного базиса кристаллических и молекулярных орбиталей Соотношения совместности.  Правила отбора для непрямых переходов в кристаллах.  Влияние симметрии относительно инверсии времени на энергетические зоны. кристалла. Копредставления.  Применение теории симметрии к исследованию нормальных колебаний. кристаллической решетки.  Применение теории групп к исследованию фазовых переходов в кристаллах.  Системы кристаллохимических радиусов. Принцип плотнейшей упаковки. Многослойные плотнейшие упаковки.</p>	90

	<p>Структурные типы кристаллов. Некоторые структурные типы соединений с общей формулой <math>A_nX</math>, <math>A_2X</math>, <math>A_nX_2</math>, <math>A_mB_nC_k</math>. Полиморфизм. Изоморфизм. Морфотропия. Твердые растворы.</p>	
СДМ.03	<p><b>Методы электронной теории твердого тела.</b>  <b>Математическое описание кристаллической решетки.</b> Кристаллическая решетка: решетка Бравэ, Вигнера-Зейтца, индексы Миллера. Обратная решетка и зона Бриллюэна, структурный фактор. Краткие сведения из теории групп: определения и обозначения, операции симметрии, представления и таблица характеров, применение таблиц характеров: разложение представлений, симметрия волновых функций, правила отбора.</p> <p><b>Методы расчета энергетических зон.</b> Динамика электрона в кристалле. Приближение самосогласованного поля, приближения Хартри, Хартри-Фока. Обменное взаимодействие, теорема Купменса, кристаллический потенциал. Теория функционала плотности: энергия системы как функционал плотности, самосогласованные уравнения, электронный газ с постоянной и меняющейся плотностью, градиентное разложение, приближения для обменной энергии.</p> <p><b>Методы расчета энергетических зон.</b> Базис плоских волн, базис ЛКАО. Метод сильной связи. Метод псевдопотенциала. Интегральные характеристики зонного спектра: плотность состояний, электронная плотность, оптические функции и методы их вычисления. Реализация методов Хартри-Фока и теории функционала плотности в программном коде CRYSTAL.</p> <p><b>Методы исследования механических свойств твердых тел.</b> Описательная кристаллохимия. Межатомные силы в ионных, ковалентных, молекулярных, металлических кристаллах. Вещества с водородной и смешанной связью. Связь между напряжениями и упругими деформациями. Тензор напряжений. Вычисление упругих постоянных, модулей упругости для различных типов кристаллов. Вычисления скоростей звуковых волн, температуры Дебая, плавления. Твердость кристаллов.</p> <p><b>Методы исследования химической связи в кристаллах.</b> Полная энергия и определяемые: энергия сцепления, энергия связи, энергия образования, энергия сублимации. Парциальная плотность состояний. Заселенность оболочек и атомные заряды. Электронная плотность и метод Бейдера. Применение метода подрешеток для анализа механизмов образования химической связи.</p> <p><b>Электронная структура и природа квантовых состояний в кристаллах.</b> Зонная структура и природа квантовых состояний в кристаллах со структурой каменной соли, сфалерита, вюрцита, куприта. Зонная структура и природа квантовых состояний ионно-молекулярных кристаллов, сложных полупроводников с решеткой халькопирита.</p>	90

	<p><b>Методы исследования фотоэмиссионных свойств твердых тел.</b> Спектры фотоэлектронов валентной зоны, интегрированных по углам, спектры фотоэлектронов валентной зоны с угловым разрешением. Уровни остова. Обратная фотоэмиссия (зоны проводимости).</p> <p><b>Методы исследования оптических свойств твердых тел.</b> Комбинированная плотность состояний и сингулярности Ван Хофа. Сингулярности Ван Хофа в диэлектрической функции. Прямой край поглощения. Непрямой край поглощения. Запрещенный край поглощения.</p> <p><b>Методы исследования электронных свойств дефектов в кристаллах.</b> Классификация дефектов. Кластерная модель. Модель расширенной элементарной ячейки. Уровни акцепторов в полупроводниках типа алмаза и сфалерита. Глубокие центры: азот в GaP.</p>	
СДМ.04	<p><b>Физика наноматериалов на основе углерода.</b></p> <p>Определение и классификация наноматериалов. История открытия (фуллерены, нанотрубки, графены).</p> <p>Фуллерены, строение, методы получения, свойства.</p> <p>Графены, строение, методы получения, свойства.</p> <p>Нанотрубки и нановолокна. Углеродные нанотрубки. Структура и дефекты углеродных нанотрубок. Особые свойства углеродных нанотрубок.</p> <p>Теория строения нанотрубок. Образование структур. Стабильность нанотрубок.</p> <p>Синтез углеродных нанотрубок (история развития, методы).</p> <p>Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Способы соединения нанотрубок в более сложные структуры.</p> <p>Экспериментальные методы исследования наноструктур.</p> <p>Электронные свойства нанотрубок.</p> <p>Магнитные свойства нанотрубок.</p> <p>Оптические свойства нанотрубок.</p> <p>Механические свойства нанотрубок.</p> <p>Вибрационные свойства нанотрубок.</p> <p>Методы очистки, разделения и функционализации свойств углеродных нанотрубок.</p> <p>Свойства гибридных и наполненных нанотрубок.</p> <p>Области применения наноматериалов. Композитные материалы. Молекулярная электроника.</p>	80
СДМ.05	<p><b>Взаимодействие лазерного излучения с веществом.</b></p> <p>Лазерное излучение и его основные свойства. Вещество. Взаимодействие на атомном уровне. Общие вопросы взаимодействия излучения с прозрачными и непрозрачными средами.</p> <p><b>Квантовые системы в поле лазерного излучения.</b> Линейная и нелинейная поляризация и восприимчивость. Линейная поляризация и линейное рассеяние света. Резонансная линейная восприимчивость. Нелинейные</p>	80

восприимчивости.

Однофотонное возбуждение (фотовозбуждение). Многофотонное возбуждение. Многофотонное возбуждение в немонахроматическом поле. Роль промежуточного резонанса. Практическая реализация многофотонного возбуждения. Многофотонная резонансная спектроскопия.

Фотоионизация и туннельный эффект. Нелинейная ионизация. Прямой процесс многофотонной ионизации. Резонансный процесс многофотонной ионизации. Метод многофотонной резонансной ионизационной спектроскопии.

Двухступенчатая селективная фотоионизация атомов. Селективное воздействие лазерного излучения на молекулы. Нарушение селективности при фотовозбуждении атомов и молекул лазерным излучением.

Спонтанное рассеяние света атомами и молекулами. Вынужденное рассеяние света. Вынужденное комбинационное рассеяние света атомами. Роль ВКР в нелинейной оптике и квантовой радиофизике. Спонтанное рассеяние света однородной средой. Вынужденное рассеяние света однородной средой.

**Нелинейно-оптические и нестационарные эффекты.** Электронная нелинейная восприимчивость. Эффект Керра. Электрострикция и электрокалорический эффект. Тепловой эффект.

Уравнение Максвелла для линейной и нелинейной сред. Условия фазового синхронизма. Возбуждение второй гармоники. Возбуждение высших гармоник. Методы осуществления фазового синхронизма. Возбуждение высших гармоник лазерным излучением в реальных средах.

Связь трех волн в квадратичной среде. Вынужденное рассеяние Мандельштама — Бриллюэна. Связь четырех волн в кубической среде. Закон сохранения числа фотонов и его следствия. Обращение волнового фронта при четырехволновом взаимодействии. Параметрические генераторы света.

Распространение слабой световой волны в линейной среде. Распространение сильной световой волны в нелинейной среде. Количественные характеристики процесса нелинейной рефракции. Самофокусировка импульсного излучения. Самоиндуцированная прозрачность.

**Высокоинтенсивное воздействие на газы и прозрачные диэлектрики.** Основные черты явления светового пробоя в газе. Образование плазмы за счет нелинейной ионизации газа. Ионизация газа электронами, ускоренными при столкновениях с атомами в поле излучения. Динамика плазмы, образованной в результате ионизации газа.

Нестационарная проводимость кристаллов. Разрушение идеально чистых тел. Разрушение, обусловленное локальными макроскопическими примесями. Эффект накопле-

	<p>ния.</p> <p><b>Высокоинтенсивное воздействие на газы и прозрачные диэлектрики.</b> Основные черты явления светового пробоя в газе. Образование плазмы за счет нелинейной ионизации газа. Ионизация газа электронами, ускоренными при столкновениях с атомами в поле излучения. Динамика плазмы, образованной в результате ионизации газа.</p> <p>Нестационарная проводимость кристаллов. Разрушение идеально чистых тел. Разрушение, обусловленное локальными макроскопическими примесями. Эффект накопления.</p> <p><b>Действие лазерного излучения на непрозрачные материалы.</b> Отражение и поглощение излучения. Нагревание поверхности металла. Эмиссия частиц с поверхности. Плавление металлов. Испарение металлов. Технологические применения лазерного излучения при обработке металлов. Окисление металлической поверхности при облучении.</p> <p><b>Лазерная плазма.</b> Процессы, приводящие к образованию плазмы. Экспериментальные методы исследования плазменного факела. Основные характеристики плазменного факела.</p> <p>Критическая плотность плазмы. Поглощение лазерного излучения в плазме. Передача энергии от области поглощения излучения к плотной плазме. Лазерный термоядерный синтез.</p> <p><b>Действие лазерного излучения на сложные системы.</b> Действие лазерного излучения на глаза и кожу человека. Действие излучения на внутренние органы. Техника безопасности работы с лазерами. Терапевтическое действие лазерного излучения низкой интенсивности. Лазерная хирургия.</p> <p><b>Особенности энергетических материалов как объектов исследования действия излучения на вещество.</b> Предвзрывные явления и продукты взрывного разложения. Модельные представления о начальных стадиях взрывного разложения азидов тяжелых металлов (АТМ).</p>	
СДМ.06	<p><b>Процессы на поверхности твердого тела.</b></p> <p><b>Поверхностные состояния и поверхностные центры.</b> Сопоставление химического и электронного подходов к поверхности. Уровни поверхностных состояний на зонной схеме. Энергия Ферми в модели поверхностных состояний.</p> <p><b>Связь инородных атомов и молекул с поверхностью твердого тела.</b> Типы взаимодействия. Химическая связь. Поверхностные центры кислотного и основного типа. Связывание адсорбата на различных твердых телах. Движение поверхностных атомов: релаксация, реконструкция и перемещение. Электронные энергетические уровни комплекса сорбат - твердое тело. Гидратация на поверхности ионных твердых тел. Поверхностные неоднородности.</p> <p><b>Эффекты, обусловленные пространственным зарядом.</b></p>	80

Двойной слой, состоящий из двух заряженных плоскостей. Пространственный заряд, обусловленный неподвижными ионами. Обедненный слой. Двойной слой в зонной схеме. «Закрепление» энергии Ферми. Эффекты пространственного заряда в случае поверхности, покрытой активными веществами. Обогащенный слой. Инверсионный слой. Перенос электронов и дырок между объемом и поверхностью твердого тела. Основная физическая модель захвата и инжекции электронов и дырок. Перенос электронов и дырок при больших изменениях поверхностного барьера. Перенос заряда на поверхностные атомы или молекулы в полярной среде. Флуктуирующие уровни энергии.

**Экспериментальные методы исследования поверхности.** Методы исследования поверхности, основанные на электрических и оптических измерениях. Работа выхода. Поверхностная проводимость. Электроотражение. Эффект поля. Поверхностная фото-э. д. с. Емкость двойного слоя. Канальные измерения. Порошковая проводимость. Эллипсометрия. Спектроскопические методы исследования поверхности. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФС). Спектроскопия потерь энергии (СПЭ). Спектроскопия потенциала появления мягких рентгеновских лучей (СППМРЛ). Автоэлектронная микроскопия (АЭМ). Автоионная микроскопия (АИМ). Спектроскопия нейтрализации ионов (СНИ). Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Методы определения химического состава поверхности. Химические методы исследования. Поглощение инфракрасного излучения. Термостимулированная десорбция. Адсорбция газообразных кислот и оснований или индикаторов.

**Поверхность в отсутствие адсорбата.** Классификация твердых тел. Методы получения чистой поверхности. Теоретические модели. Квантовые модели. Полуклассические модели. Модель Маделунга для ионных твердых тел. Модели для описания обобществленных электронных пар. Центры Льюиса и Бренстеда. Сравнение различных поверхностных состояний и центров. Исследование ионных твердых тел в отсутствие адсорбата. Реконструкция поверхности ионных твердых тел. Физические исследования поверхности ионных твердых тел. Химические исследования поверхности ионных твердых тел.

**Связывание инородных веществ на поверхности твердого тела.** Реконструкция и перемещение в процессах связывания. Полуклассическая модель связи: поверхностная молекула. Сопоставление модели поверхностной молекулы с моделью жестких зон. Связывание адсорбата на ковалентных и металлических твердых телах. Связывание адсорбата на ионных твердых телах. Многослойная адсорбция: развитие новой фазы. Квантовые модели связи адсорбат - твердое тело.

**Нелетучие добавки на поверхности твердого тела.** Дис-

	<p>перность добавок. Методы диспергирования добавок. Измерение дисперсности. Спекание диспергированных частиц и поверхностная диффузия адсорбатов. Кластеры и переход от молекулы к твердому телу. Контроль свойств поверхности с помощью добавок. Эффекты, обусловленные присутствием добавок. Реальная поверхность.</p> <p><b>Адсорбция.</b> Изотермы и изобары адсорбции. Физическая адсорбция. Теплота и энергия активации адсорбции, необратимая хемосорбция. Сверхструктуры, образуемые адсорбатов. Ионсорбция на полупроводниках Адсорбированные частицы как поверхностные состояния. Экспериментальные данные по ионсорбции. Адсорбция при локальном связывании. Адсорбция на ионных твердых телах. Адсорбция на поверхности платины.</p> <p><b>Поверхность раздела твердое тело - жидкость.</b> Двойные слои и потенциалы в электрохимических измерениях. Перенос заряда между твердым телом и ионами раствора. Положение энергетических уровней поверхностных групп относительно краев зон. Исследования полупроводниковых электродов. Методы измерений. Измерение положений энергетических уровней и краев зон. Сравнение поверхностей раздела твердое тело — жидкость и твердое тело — газ.</p> <p><b>Фотоэффекты на поверхности полупроводника.</b> Простая рекомбинация электрон - дырка. Фотоадсорбция и фотодесорбция. Фотокатализ. Прямое возбуждение поверхностных состояний фотонами.</p> <p><b>Поверхностные центры в гетерогенном катализе.</b> Закономерности гетерогенного катализа. Поверхностные центры, связанные со ступенями и другими геометрическими факторами. Роль кислотных и основных центров в каталитических реакциях. Ковалентное связывание на координационно-ненасыщенных металлических и катионных центрах. Центры в окислительном катализе.</p>	
СДМ.07	<p><b>Электронное строение полупроводниковых наноструктур.</b></p> <p><b>Полупроводниковые наноструктуры.</b> Определение и фундаментальные свойства. Классические размерные эффекты. Квантовые размерные эффекты. Плотность состояний 3D, 2D, 1D, 0D – размерных структур.</p> <p><b>Методы синтеза полупроводниковых наноструктур.</b> Молекулярно-лучевая эпитаксия –принципиальные основы, характерные особенности, параметры, основные этапы процесса, особенности гетерограниц.</p> <p><b>Разрыв зон в полупроводниковых гетеропереходах.</b> Разрыв зон в ненапряженных структурах. Разрыв зон в напряженных структурах. Экспериментальные и теоретические исследования разрыва зон.</p> <p><b>Строение электронного спектра вблизи гетерограницы.</b> Двумерный электронный газ и его свойства. Квантовый</p>	80

	<p>эффект Холла. Фундаментальное и прикладное значение квантового эффекта Холла.</p> <p><b>Методы расчета энергетической зонной структуры полупроводниковых наноструктур.</b> Модель Кронига – Пенни. Модель огибающей функции. Метод комплексной зонной структуры. Метод сильной связи. Метод эмпирического псевдопотенциала. Приближение модельного кристалла. Первопринципные методы.</p> <p><b>Сверхрешетки.</b> Различные типы сверхрешеток. Композиционные сверхрешетки <math>(A_1^3B_1^5)_m(A_2^3B_2^5)_n</math>. Особенности электронного строения короткопериодичных напряженных и ненапряженных сверхрешеток. Зависимость параметров электронного строения от числа монослоев. Особенности края поглощения сверхрешеток в зависимости от числа монослоев.</p> <p><b>Квантовые нити.</b> Структура типичных квантовых нитей. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Ступенчатая вольт-амперная характеристика – сравнение с эффектом Холла. Особенности выделения Джоулева тепла в квантовых нитях. Особенности рассеяния носителей заряда в квантовых нитях.</p> <p><b>Квантовые точки.</b> Структура типичных квантовых точек. Особенности электронных спектров в квантовых точках. Применение квантовых точек в электронике. Экситоны в наносистемах. Характерные энергии связи экситонов в наносистемах. Особенности оптических спектров, связанных с возбуждением экситонных состояний. Лазеры на квантовых ямах..</p>	
ДВМ.01	<b>Дисциплины по выбору студента</b>	300
СД(М).В.1.1.	<p><b>Электронное строение полупроводников и диэлектриков.</b></p> <p><b>Физика химической связи в твердых телах:</b> образование химической связи; ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсова типы связи; степень ковалентности, ионности; экспериментальные и теоретические методы изучения химической связи; метод подрешеток в исследовании распределения электронной плотности; механизмы образования химической связи в тетраэдрических полупроводниках, галогенидах и оксидах металлов, ионно-молекулярных кристаллах.</p> <p><b>Оптические свойства твердых тел:</b> теоретический анализ междузонных оптических переходов, их связь с оптическими константами; структура оптических констант в критических точках; оптические переходы с учетом экситонных эффектов; экспериментальные и теоретические методы исследования оптических свойств; строение оптических спектров Si, Ge, GaAS, ЦГК, MgO, CaS</p> <p><b>Фотоэлектронные свойства:</b> фотоэлектрическая эмиссия; рентгеновская спектроскопия; методы вычисления энергетического распределения интенсивности; фотоэлектронные спектры кристаллов простого и сложного составов.</p>	80

	<p><b>Явления переноса:</b> уравнение Больцмана; электропроводность; эффект Холла; тепловые и термоэлектрические эффекты; туннелирование электронов.</p> <p><b>Статистика электронов и дырок в полупроводниках:</b> концентрация электронов и дырок; уравнение электронейтральности; собственный полупроводник; примесный полупроводник; вырожденный, невырожденный полупроводник.</p>	
СД(М).В.1.2.	<p><b>Спектроскопия твердого тела.</b></p> <p><b>Спектральные приборы.</b> Схемы возможной обработки спектральной информации. Классификация спектральных приборов.</p> <p><b>Оптические спектры атомов.</b> Излучение атома (квантовая модель). Интенсивность излучения (квантовомеханическая модель). Спонтанное и вынужденное излучение. Вероятность перехода. Правила отбора. Поляризация излучения. Сила осциллятора. Среднее время жизни. Ширина спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение. Естественное уширение. Допплеровское уширение. Радиус Вайскопфа. Ударное уширение. Систематика спектров. Приближение L -S и J-J -связи. Электростатическое и обменное взаимодействие в электронной оболочке. Мультиплетная структура терма. Правило Хунда. Правила отбора. Правило интеркомбинационного запрета. Сравнение L -S и J-J -связи.</p> <p>Сверхтонкая структура спектральных линий. Магнитное взаимодействие. Квадрупольное электрическое взаимодействие. Массовый и объемный изотопический эффекты.</p> <p><b>Введение в молекулярную спектроскопию.</b> Спектры: вращательные, колебательные и электронные энергетические интервалы спектров. Расчет энергетических спектров молекул. Ширина линии. Естественная ширина. Соотношение неопределенности. Уширение линий. Вероятностный метод расчета интенсивностей линий. Вращательные спектры молекул. Спектр молекулы (ИК и КР - спектры). Молекула как ангармонический осциллятор. ИК и спектры КР. Колебательные спектры ИК и КР света. Основные и комбинационные частоты. Активность линий в спектрах ИК -поглощения и КР света.</p> <p><b>Молекулярная спектроскопия.</b> Электронные спектры двухатомной молекулы. Формирование колебательных полос. Колебательная энергия нижнего и верхнего электронных состояний. Система полос Деландера. Общий вид спектров электронно-колебательных полос.</p> <p>Межмолекулярные взаимодействия и электронные спектры поглощения растворов. Классификация межмолекулярных взаимодействий. Универсальные взаимодействия. Сдвиги полос спектров при взаимодействии. Динамические взаимодействия и сдвиги частот при этих взаимодействиях.</p> <p>Электронные спектры молекул в кристаллических матрицах. Эффект Шпольского. Внедрение молекул в кристал-</p>	80

	<p>лические матрицы. Квазилинейчатость спектра. Электрон-фононные взаимодействия. Бесфононные и фононные квазилинии.</p> <p>Спектроскопия молекулярных кристаллов. Электронные спектры поглощения кристаллов бензола, нафталина и антрацена. Понятие об экситоне.</p> <p>Давыдовское расщепление полос в спектрах (экситонное расщепление) и экситон-фононные взаимодействия в кристаллах. Поляризация компонент экситонного расщепления. Величина расщепления. Экситон-фононное взаимодействие.</p> <p>Электронные спектры поглощения активированных кристаллов (кристаллы рубина, граната и др. ). Активированные кристаллы. Тяжелые ионы в качестве активаторов. Спектры поглощения ионов с не заполненной <math>d</math> и <math>f</math>-оболочками.</p> <p>Электронные спектры поглощения полупроводниковых кристаллов. Энергетические зоны в полупроводниках. Спектры поглощения при комнатной и низкой температурах. Экситоны Ванье-Мотта.</p> <p>Экситон-фононное взаимодействие и спектры полупроводниковых кристаллов. Прямозонные и непрямозонные переходы в полупроводниках. Экситонное поглощение и экситонная люминесценция полупроводников.</p>	
СД(М).В.2.1.	<p><b>Массовая кристаллизация наноструктурированных неорганических материалов.</b></p> <p><b>Общие принципы массовой кристаллизации.</b> Фазовое равновесие. Многокомпонентные системы. Поверхностная энергия. Атомная структура поверхности. Фазовые равновесия с учетом поверхностной энергии. Принципы массовой кристаллизации.</p> <p><b>Гидродинамика кристаллизаторов.</b> Процессы смешивания в жидкой фазе. Явление микросмешивания в реакторе с мешалкой. Примеры влияния микросмешивания на химические реакции. Быстрые реакции в растворах. Реакция осаждения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Взаимодействия в концентрированных суспензиях кристаллов.</p> <p><b>Пересыщенные водные растворы.</b> Структура пересыщенных растворов. Термодинамика растворов в состоянии равновесия. Метастабильные растворы. Методы создания пересыщения. Классические подходы к описанию зародышеобразования. Теории Фольмера, Френкеля, Зельдовича и Лифшица-Слезова. Современные теории зародышеобразования. Кинетика формирования кластеров. Экспериментальное изучение пересыщенных растворов.</p> <p><b>Кинетика зародышеобразования.</b> Первичное и вторичное зародышеобразование. Масштабирование вторичного контактного зародышеобразования.</p> <p><b>Механизм роста кристаллов.</b> Рост кристаллов из растворов электролита. Движущие силы роста кристаллов.</p>	60

	<p>Структура поверхности. Элементарные стадии роста: диффузия, адсорбция, поверхностная диффузия, диффузия по ступеням, интеграция. Полиядерный рост. Скоростьопределяющая стадия. Механизм роста из многокомпонентного раствора электролита. Расчет кинетических параметров.</p> <p><b>Кинетика роста кристаллов.</b> Поверхность кристаллов. Кинетика роста. Пересыщение растворов. Кинетика роста кристаллов из растворов электролита. Конвекция и рост кристаллов. Распределение по скоростям роста.</p> <p><b>Влияние агломерации на процесс кристаллизации.</b> Коагуляция и коалесценция. Кинетика агломерации. Уравнение Смолуховского. Факторы замедления коагуляции. Защитные коллоиды.</p> <p><b>Конструкция промышленных кристаллизаторов.</b> Твердофазный реактор с удалением продукта. Проточные реакторы с постоянным потоком. Проточные реакторы с переменным потоком. Бункерные реакторы. Конструирование реакторов.</p> <p><b>Современные методы получения однородных дисперсий.</b> Общие принципы получения однородных частиц. Разделение зародышеобразования и роста. Подавление коагуляции. Выбор оптимального механизма роста. Эффект Гиббса-Томсона. Системы, обеспечивающие формирование монодисперсных частиц. Гомогенные системы. Гетерогенные системы.</p> <p><b>Управление дисперсионными характеристиками образующихся частиц.</b> Контроль габитуса частиц. Поверхностный химический потенциал. Стабильные формы и равновесные формы.</p> <p><b>Определение дисперсионных характеристик образующихся частиц.</b> Характеристика распределения частиц по размерам. Нормальное и лог-нормальное распределение. Современные методы определения дисперсионных характеристик микрочастиц.</p>	
СД(М).В.2.2.	<p><b>Кинетические и размерные явления.</b></p> <p><b>Ионные процессы в широкозонных полупроводниках и диэлектриках.</b> Естественная поверхность твердого тела. Влияние разупорядочения поверхности на образование дефектов Френкеля в ионном кристалле. Колебательная энтропия дефектов. Ионная проводимость и точечные дефекты. Влияние размеров микрокристаллов на ионную проводимость и поверхностный потенциал. Кинетика образования дефектов Френкеля в ионных кристаллах и характерные времена релаксации дефектов. Термодинамика и кинетика образования дефектов Шоттки в ионных кристаллах. Кинетика поляризации и эффект термогенерации дефектов Френкеля в бесконтактном электрическом поле. Влияние джоулева нагрева на вольтамперную характеристику диэлектрика. Влияние инъекции ионов на вольтамперную характеристику ионного проводника.</p> <p><b>Электронные процессы в полупроводниках.</b> Статистика</p>	60

	<p>электронов и дырок в примесных полупроводниках. Закон действующих масс в примесных полупроводниках. Эффекты Френкеля и Франца-Келдыша. Поверхностные состояния. Влияние размера и объемного заряда собственных дефектов на положения уровня Ферми и электронную проводимость ионного кристалла.</p> <p><b>Контактные явления в полупроводниках.</b> Полупроводниковые гетеропереходы. Анизотипный гетеропереход. Изотипный гетеропереход. Зависимость изгиба зон на границе микроконтакта от формы и размера гетерогенной системы, влияние объемного заряда дефектов Френкеля на изгиб зон в гетероструктурах на основе ионных кристаллов.</p> <p><b>Квантовые явления в полупроводниках.</b> Плотность электронных состояний в полупроводниках пониженной размерности: двумерная модель, одномерная модель, нульмерная модель. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр систем пониженной размерности. Образование квантовых ям в полупроводниках и гетероструктурах в области объемного заряда. Явления переноса электронов в квантовых полупроводниковых структурах. Квантовые осцилляции в магнитном поле: энергетический спектр и плотность состояний в магнитном поле, осцилляции Шубникова – де Гааза, эффект де Гааза – ван Альфена. Квантовый эффект Холла: классический эффект Холла, целочисленный эффект Холла, дробный эффект Холла.</p>	
СД(М).В.3.1.	<p><b>Методы исследования взаимодействия ионизирующего излучения с веществом.</b></p> <p><b>Ионизирующие излучения.</b> Неравновесный характер радиационных процессов. Использование излучений в исследованиях по химии и физике твердого тела и в радиационных технологиях. Проблемы радиационной стойкости и защиты от излучений.</p> <p><b>Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество.</b> Основные характеристики, описывающие потери энергии при прохождении заряженных частиц через вещество. Ионизационные, упругие, радиационные потери. Расчет ионизационных потерь в нерелятивистском случае. Формула Бора. Учет релятивистских эффектов. Формула Бете. Дельта - электроны. Спектр первичных дельта - электронов, граничная энергия дельта - электронов. Удельная ионизация. Первичная и вторичная удельная ионизация. Средняя энергия создания пары ионов. Распределение удельной ионизации по пробегу частицы. Кривая Брэгга.</p> <p><b>Прохождение легких заряженных частиц через вещество.</b> Качественные отличия в прохождении через вещество тяжелых и легких заряженных частиц: траектория, радиационные потери, обменные эффекты, аннигиляция. Ионизационные потери: формула для расчета ионизационных потерь легких частиц, нерелятивистский и ультрарелятивистский случаи. Радиационные потери. Сравнение радиа-</p>	80

ционных потерь для протонов и электронов. Зависимость соотношения ионизационных и радиационных потерь от энергии частицы. Упругие потери. Направленность тормозного излучения. Черенковское и переходное излучение.

**Прохождение гамма-излучения через вещество.** Элементарные процессы взаимодействия гамма-квантов с веществом: упругое рассеяние, комптоновское рассеяние, фотоэффект, рождение пар. Поглощение гамма-излучения: электронное и атомное сечение поглощения, нелинейный и массовый коэффициент поглощения, коэффициент поглощения сложного вещества. Зависимость коэффициента от энергии гамма-квантов. Вклад комптоновского рассеяния, фотоэффекта и рождения пар в суммарный коэффициент поглощения. Понятие о гамма-спектроскопии. Аппаратурная линия сцинтилляционного гамма - спектрометра. Эффект Мессбауэра (ядерный гамма - резонанс). Резонансное поглощение. Энергия отдачи. Роль соотношения энергии отдачи и естественной ширины уровня в резонансном поглощении. Эффект Доплера. Принципиальная схема эксперимента по наблюдению ядерного гамма-резонанса. Оценка точности метода ядерного гамма-резонанса. Химический (изомерный) сдвиг.

**Ядерные реакции.** Радиус действия ядерных сил. Составное ядро, основные типы ядерных реакций: на заряженных частицах, фотоядерные, нейтронные. Роль кулоновского барьера.

**Взаимодействие нейтронов с веществом.** Косвенно ионизирующие излучения. Классификация нейтронов: быстрые, медленные (тепловые, резонансные). Виды взаимодействия нейтронов с веществом: упругое и неупругое рассеяние, захват (ядерные реакции).

Упругое рассеяние: угловая зависимость переданной энергии, максимальное и среднее значение переданной энергии. Сечение рассеяния. Свободный пробег. Сечение рассеяния нейтронов на протонах. Замедление нейтронов.

Неупругое (захватное) рассеяние. Пороговый характер неупругого рассеяния. Сечение упругого и неупругого рассеяния нейтронов на ядрах  $C^{12}$ .

Нейтронные ядерные реакции. Типы реакций: радиационный захват, реакции с испусканием заряженной частицы, реакции с испусканием нескольких частиц, реакции деления тяжелых ядер. Зависимость сечения ядерной реакции от энергии нейтрона. Закон  $1/U$ .

Сечения нейтронных ядерных реакций для кадмия и золота. Кадмиевые фильтры и стержни. Активационные детекторы. Понятие о методах детектирования нейтронов. Конверторы. Источники нейтронов. Спектр нейтронов в активной зоне реактора на тепловых нейтронах. Активационный анализ. Принцип метода. Закон радиоактивного распада. Расчет активности мишени. Расчет концентрации определяемого элемента. Чувствительность метода. Ней-

	<p>тронография</p> <p>Волновые характеристики нейтрона. Закон Брэгга - Вульфа. Сравнение возможностей рентгенографии и нейтронографии: структура соединений элементов с близкими атомными номерами. Определение положения легких элементов, магнитная нейтронография. Понятие о неупругом рассеянии нейтронов.</p> <p><b>Преобразование энергии ионизирующих излучений в веществе (газ, жидкость).</b> Общая схема размена энергии высокоэнергетического электрона в веществе: ионизационный каскад, термализация. Структура трека. Оценка параметров шпуров.</p> <p>Ионизационный каскад. Баланс потерь энергии ионизирующей частицы: ионизация, возбуждение, подпороговые дельта - электроны. Термализация электронов: упругие столкновения, оценка средних значений числа столкновений, пробега между столкновениями, длины термализации, времени термализации, смещения.</p> <p>Рекомбинация, захват. Излучательная рекомбинация, тройные соударения, диссоциативная рекомбинация. Рекомбинация в генетических парах. Радиус рекомбинации. Вероятность рекомбинации в генетических парах.</p> <p>Объемная рекомбинация. Кинетика объемной рекомбинации, коэффициент объемной рекомбинации.</p>	
СД(М).В.3.2.	<p><b>Физика фононов.</b></p> <p><b>Феноменологические методы вычисления фононных спектров.</b> Динамическая матрица изолирующих кристаллов в гармоническом приближении. Приближение валентного силового поля: модель жестких ионов; модель Китинга; тензорный заряд; учет далекодействующих кулоновских сил по методу Эвальда. Динамика решетки кристаллов со структурой сфалерита; фононные спектры кристаллов <math>A^3B^5</math>.</p> <p><b>Фононные спектры композиционных сверхрешеток (СР) <math>(A^3_1B^5)_n(A^3_2B^5)_m</math>.</b> Экспериментальные исследования фононных спектров композиционных сверхрешеток; техника комбинационного рассеяния (КР); инфракрасная спектроскопия. Симметрия нормальных колебаний композиционных (001) СР. Соотношение между фононными спектрами сфалерита и сверхрешеток. Фононные спектры согласованных СР. Фононные спектры напряженных СР.</p> <p><b>Фононные спектры твердых растворов <math>A^3B^5</math> и <math>A^2B^6</math> и СР на их основе.</b> Экспериментальные исследования фононных спектров твердых растворов. Представление псевдоэлементарной ячейки. Модель однородных изосмещений. Применение модели Китинга к динамике твердых растворов и СР на их основе.</p>	80
СД(М).В.4.1.	<p><b>Вибронные взаимодействия в молекулах и кристаллах</b></p> <p><b>Вибронные взаимодействия. Теорема яна - теллера.</b> Колебательная задача в отсутствии электронного вырожде-</p>	80

	<p>ния. Адиабатическое приближение. Нормальные координаты. Гармонические колебания. Особенности колебаний координационных систем. Электронно-колебательные уравнения при наличии электронного вырождения. Формулировка теоремы Яна-Теллера и ее содержание. Интерпретация теоремы в терминах неустойчивости. Адиабатические потенциалы. Орбитальный дуплет (E-терм). Триплетные и квадруплетные термы. Тетрагональные, тригональные и орторомбические минимумы. Решение вибронных уравнений. Слабая вибронная связь. Сильная вибронная связь. Свободное вращение деформаций. Туннельное расщепление. Вибронная редукция (подавление) физических величин. Псевдоэффект Яна-Теллера.</p> <p><b>Электронно-колебательное взаимодействие в гетеролигандных комплексах.</b> Электронно-колебательное взаимодействие как возмущение. Замена атомов в молекуле как возмущение. Геометрические изомеры квазиоктаэдрических <math>d^9</math>- комплексов. Геометрические изомеры квазитетраэдрических <math>d^9</math>- комплексов. Геометрические изомеры квазитригональных <math>d^9</math>- комплексов. Эффект Яна-Теллера и правила отбора в химических реакциях. Правила орбитальной симметрии и псевдоэффект Яна-Теллера. Вибронные аспекты координационного катализа.</p> <p><b>Эффект яна-теллера в парамагнитном резонансе.</b> Магнитные свойства <math>^2E</math> - уровня. Взаимодействие с тетрагональными колебаниями. Взаимодействие с тригональными колебаниями. Статический эффект Яна-Теллера в состоянии <math>^2E</math>. Динамические характеристики статического эффекта Яна-Теллера. Динамический эффект Яна-Теллера в состоянии <math>^2E</math>. Эффект Яна-Теллера в орбитальном триплетном состоянии. Взаимодействие с тетрагональными и тригональными колебаниями.</p>	
СД(М).В.4.2.	<p><b>Механизмы суперионной проводимости.</b></p> <p><b>Общая характеристика суперионных материалов.</b> Типы суперионных материалов, примеры. Порядок величин суперионной проводимости. Качественная характеристика суперионного переноса.</p> <p><b>Классическая теория Дебая-Хюккеля.</b> Модель полностью ионизированного газа. Радиус Дебая-Хюккеля, физический смысл.</p> <p><b>Феноменологическое описание явлений суперионного переноса.</b> Электрохимический потенциал. Выражение для проводимости, подвижности, коэффициента диффузии. Система уравнений, описывающих суперионный перенос. Бинарный электролит.</p> <p><b>Метод классической молекулярной динамики.</b> Уравнения движения и граничные условия. Основные проблемы компьютерного моделирования. Потенциалы межатомного взаимодействия. Закон Аррениуса. Моделирование параметров диффузии. Примеры: кристаллы с решеткой флюорита, AgI.</p>	80

	<p><b>Первопринципный метод молекулярной динамики.</b> Метод функционала плотности в моделировании электронных состояний в кристаллах. Лагранжев и гамильтонов формализм в механике. Основное уравнение первопринципной молекулярной динамики. Примеры вычислений на основе первопринципной динамики.</p> <p><b>Влияние энгармонизма на движение атомов в кристаллах.</b> Разложение потенциальной энергии в ряд по смещениям. Гармонические и ангармонические слагаемые. Частотный спектр кристалла. Влияние на частотный спектр ангармонических слагаемых. Квазигармоническая теория. Постоянная Грюнайзена. Упругие постоянные третьего порядка.</p> <p><b>Некоторые феноменологические методы.</b> Квадрупольная деформация ионов <math>Ag^+</math> и ее роль в ионном транспорте. Гибридизация <math>p</math>-галогена и <math>d</math>-металла. Роль оптических фононов в ионном транспорте.</p>	
<b>НИРМ.00</b>	<b>Научно-исследовательская работа</b>	<b><u>2034</u></b>
НИРМ.01	Научно-исследовательская работа в семестре	314
НИРМ.02	Научно-исследовательская практика	640
НИРМ.03	Научно-педагогическая практика	216
НИРМ.04	Подготовка магистерской диссертации	864
<b>ИГАМ</b>	<b>Итоговая государственная аттестация, в том числе защита выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)</b>	<b>2 недели</b>
	<b>Итого часов специализированной подготовки магистра:</b>	<b><u>4068</u></b>

### 3.2. Практики

В соответствии с ГОС ВПО магистратуры по направлению подготовки 010700 ФИЗИКА практика является обязательным разделом основной образовательной программы магистратуры. Она представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся.

При реализации данной магистерской программы предусматриваются *научно-исследовательская и научно-педагогическая практики*.

Прохождение практики осуществляется в соответствии с учебным планом и утвержденной программой практики и завершается составлением отчета о практике и его защитой.

Руководителем практики является руководитель научно-исследовательской работы магистранта. Кроме того, для руководства практикой магистрантов руководителем организации (базы прохождения практики) назначаются квалифицированные специалисты в исследуемой области.

#### 3.2.1. Научно-исследовательская практика

Научно-исследовательская практика является обязательным компонентом учебного процесса подготовки магистров в области физики. Практика направлена на закрепление и углубление теоретических знаний студентов, полученных при обучении, приобретение и развитие на-

выков самостоятельной научно-исследовательской работы в экспериментальных и теоретических лабораториях вузов, исследовательских институтов и центров, на научных семинарах. В процессе прохождения практики студент должен приобрести опыт сбора и обработки практического материала, продемонстрировать способность критически оценить теоретические положения и результаты проведенных физических экспериментов. Практика должна обеспечить преемственность и последовательность в изучении теоретического и практического материала, комплексный подход к предмету изучения.

Курс и сроки прохождения практики: 2 год обучения, 16 недель (12 недель – осенний семестр; 4 недели – весенний семестр).

*Цель научно-исследовательской практики* – подготовка научного обзора современного состояния исследований по теме магистерской диссертации, научного поиска и формулировки исследовательских и технологических задач, методов их решения, подготовки и выполнения магистерской диссертации. Производственная практика предназначена для ознакомления магистрантов с реальным технологическим процессом и закрепления теоретических знаний, полученных в ходе обучения

*Основные задачи практики:*

- изучение фундаментальной и периодической литературы, нормативных и методических материалов по вопросам, разрабатываемым студентом в выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации);
- подтверждение актуальности и практической значимости избранной студентом темы исследования;
- критическая оценка, анализ проведенных физических экспериментов; оценка практической значимости исследуемых вопросов для данного объекта;
- сбор, систематизация и обобщение практического материала для использования в магистерской диссертации;
- подготовка тезисов доклада на студенческую конференцию или статьи для опубликования.

*Содержание практики* определяется индивидуальной программой, которая разрабатывается студентом совместно с руководителем и утверждается руководителем магистерской программы. Программа должна быть тесно увязана с темой диссертационного исследования. Программа представляется руководителю практики от организации, студент должен согласовать с ним график прохождения практики, права и обязанности практиканта, получить консультации по технике безопасности и соблюдению коммерческой тайны.

Научно-исследовательская практика планируется на базе Проблемной лаборатории спектроскопии твердого тела КемГУ, Кемеровского филиала института химии твердого тела и механохимии СО РАН, Института Угля и Углекислоты СО РАН.

### **3.2.2. Научно-педагогическая практика**

Научно-педагогическая практика состоит из двух частей: педагогической и научно-исследовательской.

В ходе педагогической практики студент должен приобрести навыки преподавательской деятельности.

Базой педагогической практики, как правило, являются выпускающие кафедры физического и химического факультетов Кемеровского государственного университета. Возможно прохождение практики на соответствующих кафедрах в других вузах.

Курс и сроки прохождения практики: – 4 недели в весеннем семестре.

*Цель научно-педагогической практики* – развитие навыков самостоятельной научно-исследовательской работы, выработка умений применять полученные знания при решении практических проблем, а также приобретение навыков педагогической деятельности.

*Основные задачи практики:*

- завершение теоретических исследований по теме диссертации;
- апробация результатов научно-исследовательской работы студента за время обучения

- по магистерской программе;
- сбор, систематизация и обобщение практического материала для использования в магистерской диссертации;
- подготовка тезисов доклада на студенческие конференции или статьи для опубликования;
- разработка методического обеспечения проведения занятий (подбор литературы, подготовка теоретического материала, задач, тестов, кейсов и т. п.);
- проведение занятий в соответствии с утвержденным научным руководителем планом на физическом факультете КемГУ или в другом вузе.

*Содержание практики:*

Содержание научно-педагогической практики определяется индивидуальной программой, которая разрабатывается студентом совместно с руководителем и утверждается руководителем магистерской программы.

Научно-педагогическая практика планируется на базе кафедр физического факультета КемГУ, КемТИППа, КузГТУ, СибГИУ, КемГСИ, НГПА.

### **3.3. Организация научно-исследовательской работы.**

В соответствии с ГОС ВПО магистратуры по направлению подготовки 010700 ФИЗИКА научно-исследовательская работа является обязательным разделом основной образовательной программы магистратуры. Цель НИРМ в семестре – подготовить студента-магистранта к самостоятельной научно-исследовательской работе и к проведению научных исследований в составе творческого коллектива.

Ответственным за НИРМ в семестре являются научные руководители магистерской подготовки, назначаемые руководителем магистерской программы. Научный руководитель магистерской подготовки формирует с обучающимися индивидуальные образовательные программы и следит за их выполнением.

Задачи, содержание, виды и формы НИРМ по направлению определяются программой НИРМ в семестре и программами дисциплин учебного плана подготовки магистра с ориентацией на исследование актуальных проблем современной науки и практики, разрабатываемых кафедрами физического факультета, с учетом темы магистерской диссертации.

Задачи НИРМ в семестре – формирование и развитие ПК магистрантов посредством:

- планирования исследования в области науки, соответствующей направлению специализированной подготовки магистра;
- библиографической работы с привлечением современных информационных технологий;
- определения теоретико-методологических основ исследования конкретной проблемы;
- решения конкретных задач исследования;
- выбора методов исследования (модифицирование существующих и разработка новых) и их применения в соответствии с задачами конкретного исследования (по теме магистерской диссертации или при выполнении заданий научного руководителя в рамках исследований соответствующей кафедры или научной лаборатории);
- использования современных информационных технологий при проведении научных исследований;
- анализа результатов и представления их в виде законченных научно-исследовательских разработок – научных докладов, тезисов, научных статей, курсовых работ и др.;
- оформления результатов проделанной работы в соответствии с требованиями ГОСТа и другими нормативными документами с привлечением современных средств редактирования текстов и печати.

Кафедра Теоретической физики, реализующая программу магистерской подготовки, определяет конкретные требования к выполнению научно-исследовательской части программы, в том числе в области:

- овладения современной проблематикой определенной отрасли знания;

- освоения знаний истории развития конкретной научной проблемы, ее роли и места в изучаемом научном направлении;
- овладения знаниями конкретных научных проблем, разрабатываемых магистрантом;
- развития умений осуществлять научные исследования, выполнять экспериментальные работы в области науки, соответствующей направлению специализированной подготовки магистранта;
- развития умений оптимально использовать программные продукты и Интернет-ресурсы.

НИРМ в семестре может осуществляться в следующих формах:

- выполнение заданий в соответствии с программой НИРМ и утвержденным индивидуальным планом работы студента-магистранта;
- участие в научных грантах, семинарах, круглых столах (по тематике исследования) и др.;
- выступление на конференциях молодых ученых и студентов, а также участие в других межвузовских и региональных научных конференциях;
- подготовка тезисов докладов, научных статей и рефератов, аналитических обзоров, эссе и др.;
- защита курсовых работ по направлению проводимых научных исследований;
- участие в научно-исследовательских проектах, выполняемых кафедрой в рамках научно-исследовательских программ, грантов.

## **4. Фактическое ресурсное обеспечение магистерской программы**

### **4.1. Кадровое обеспечение**

Реализация образовательной магистерской программы обеспечивается педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и соответствующую квалификацию (степень), систематически занимающимися научно-исследовательской и научно-методической деятельностью.

Все сотрудники, ведущие занятия для магистрантов, активно работают в области физики конденсированного состояния, имеют публикации в ведущих российских и зарубежных научных журналах, регулярно участвуют национальных и международных конференциях. Остепенность преподавателей 100%.

### **4.2. Учебно-методическое обеспечение учебного процесса**

Обеспечение образовательного процесса при реализации ООП подготовки магистра учебной литературой и иными информационными ресурсами обеспечивается: фондом Научной библиотеки КемГУ; каждое рабочее место преподавателя и магистранта оборудовано компьютером, подключенным к локальной сети физического факультета и Internet; электронной подпиской Научной библиотеки КемГУ на ведущую отечественную и зарубежную периодику по физическим наукам; закрытой электронной библиотекой физического факультета КемГУ; библиотекой журналов и ксерокопий научных статей кафедры теоретической физики КемГУ

### **4.3. Материально-техническое обеспечение учебного процесса**

Учебный процесс обеспечен лабораторным и научно-исследовательским оборудованием, вычислительной техникой, программными средствами в соответствии с содержанием дисциплин. В реализации ООП подготовки по магистерской программе «Физика конденсированного состояния вещества» задействованы лаборатории:

- Лаборатория прикладных исследований и разработок, включающая: образовательно-теоретический модуль (оснащение: интерактивная доска, проектор, компьютерный класс, современное программное обеспечение для расчетов зонных

спектров элементарных возбуждений в кристаллических структурах) и экспериментальный модуль (оснащение: сканирующий зондовый микроскоп, рентгеновский дифрактометр);

- Лаборатория массовой кристаллизации неорганических систем;
- Лаборатория углеродных наноматериалов;
- Три специализированные научно-исследовательские лаборатории спектроскопии твердого тела.
- Лаборатория измерительных методов исследования средств регистрации оптической информации
- Лаборатория энергетических соединений и нанокompозитов

## **5. Итоговая государственная аттестация выпускников магистерской программы «Физика конденсированного состояния вещества»**

Итоговая государственная аттестация выпускника магистратуры включает защиту магистерской выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Подготовка и защита магистерской диссертации является обязательным компонентом учебного плана программы направления «Физика конденсированного состояния вещества».

Магистерская диссертация — это выпускная квалификационная работа научного содержания, в которой на основании авторских разработок или авторского обобщения научно-практической информации решены задачи, имеющие актуальное значение для соответствующего направления.

Работа над магистерской диссертацией ведется на протяжении всего срока обучения магистранта.

Аттестация по промежуточным этапам работы над диссертацией проводится в форме сообщений и докладов магистрантов на научно-методическом семинаре кафедры теоретической физики, а также отчетов на заседаниях кафедры.

Подготовка и написание диссертации контролируется научным руководителем и кафедрой теоретической физики, отвечающей за данное направление.

### **Научный руководитель магистерской диссертации**

Для работы над магистерской диссертацией каждому магистранту назначается научный руководитель из числа преподавателей КемГУ, имеющих право руководства магистерскими диссертациями. Научное руководство магистерскими диссертациями, как правило, осуществляют преподаватели, имеющие ученую степень или ученое звание и проводящие самостоятельные исследования в области предполагаемой работы магистранта. Один преподаватель может быть руководителем не более пяти магистерских диссертаций. Назначение научных руководителей осуществляется решением Ученого совета физического факультета по представлению руководителя магистерской подготовки.

Первая консультация магистранта у научного руководителя должна состояться до конца первого месяца первого года обучения для обсуждения рабочей формулировки темы и проекта индивидуального плана работы над диссертацией и создания индивидуальной программы обучения. Подготовленный проект индивидуального плана работы и рабочая формулировка темы выносятся на обсуждение кафедры и утверждаются руководителем магистерской подготовки.

В течение семестра магистрант отчитывается перед руководителем о проделанной работе в соответствии с утвержденным кафедрой индивидуальным планом работы над диссертацией и требованиями, предъявляемыми к научно-исследовательской работе магистранта в данном семестре.

В обязанности научного руководителя входит:

- помощь в формулировании темы диссертации и разработке плана работы;
- участие в представлении темы диссертации на заседании кафедры;
- систематическое консультирование магистранта по проблематике работы, оказание помощи в разработке теоретической и методологической базы исследования;
- консультации по выбору литературы, поиску информации, сбору данных и т.д.;
- содействие в организации консультаций с другими специалистами;
- контроль хода работы над диссертацией и ее соответствием утвержденному плану;
- обсуждение промежуточных результатов работы и помощь в подготовке отчетов о научно-исследовательской работе;
- предоставление отзывов о результатах научно-исследовательской работы магистранта в течение семестра;
- заключительная проверка работы и подготовка развернутого письменного отзыва с заключением о ее соответствии (несоответствии) требованиям к магистерским диссертациям;

- участие в заседаниях кафедры по защите отчетов о научно-исследовательской работе, предзащите диссертации и заседании Государственной аттестационной комиссии по защите магистерских диссертаций.

Решение об изменении научного руководителя может быть принято Ученым советом физического факультета до 25 октября второго года обучения. При необходимости помимо научного руководителя кафедра может назначать консультантов из числа ведущих преподавателей КемГУ или сторонних организаций.

Магистрант имеет право выбора темы магистерской диссертации с обязательным обоснованием целесообразности ее разработки при условии наличия научного руководителя из числа преподавателей КемГУ.

Магистрант может предлагать (формулировать) тему предполагаемого диссертационного исследования при прохождении вступительного собеседования в магистратуру, ориентируясь на содержание программы, тематику научных исследований преподавателей физического факультета КемГУ, а также на собственные интересы и возможности реализации задуманного проекта.

После зачисления тема диссертации обсуждается магистрантом с назначенным научным руководителем и выносится на рассмотрение кафедры теоретической физики. По представлению кафедры тема магистерской диссертации утверждается Ученым советом физического факультета.

Утверждение тем магистерских диссертаций производится не позднее 30 октября первого года обучения.

Внесение изменений в темы магистерских диссертаций осуществляется по представлению научного руководителя после обсуждения на заседании кафедры и утверждения Ученым советом.

Вынесение на рассмотрение кафедры изменений темы магистерской диссертации производится не позднее назначенного дня предварительной защиты диссертации.

### **Требования к содержанию магистерской диссертации**

1. Магистерская диссертация — это самостоятельная научно-исследовательская работа, характеризующаяся внутренним единством и отражающая ход и результаты разработки выбранной темы исследования. Магистерская диссертация должна соответствовать современному уровню развития науки, а ее тема — быть актуальной.

2. Основная задача автора диссертации — продемонстрировать уровень научной квалификации, умение самостоятельно вести научный поиск, видеть профессиональные проблемы, знать общие методы и приемы их решения и при помощи этих методов решать конкретные научные задачи.

3. Магистерская диссертация должна содержать совокупность результатов и научных положений, выдвигаемых автором для защиты, иметь внутреннее единство, свидетельствовать о способности автора самостоятельно вести научный поиск, используя теоретические знания и практические навыки, видеть профессиональные проблемы, знать методы и приемы решения. Содержание работы могут составлять результаты теоретических и экспериментальных исследований, разработка новых методов и методических подходов к решению научных проблем, а также решение задач прикладного характера. Магистерская диссертация должна позволять судить, насколько полно отражены и обоснованы содержащиеся в ней положения, выводы и рекомендации, их новизна и значимость. Содержание диссертации характеризуют оригинальность, уникальность и неповторимость приводимых сведений. Основу диссертации должен составлять принципиально новый материал, включающий описание новых факторов, явлений и закономерностей или обобщение ранее известных положений с других научных позиций или в ином аспекте.

4. Основными требованиями, предъявляемыми к магистерским диссертациям, являются:

4.1. Высокий научно-теоретический уровень разработки проблемы.

4.2. Актуальность проводимого исследования.

4.3. Связь теоретических положений, рассматриваемых в работе, с практикой.

4.4. Наличие элементов самостоятельного научного творчества:

- самостоятельный характер изложения и обобщения материала;
- формулировка и обоснование собственного подхода к решению дискуссионных проблем теории и практики;
- качество использованных методик и самостоятельность анализа собранного фактологического материала;
- самостоятельная разработка вербальной модели для анализа выбранного объекта или проблемы;
- полнота и системность вносимых предложений по рассматриваемой проблеме;
- самостоятельный выбор и обоснование теоретической модели или/и методов анализа, используемых в работе;
- самостоятельная формулировка выводов по результатам проведенного исследования.

4.5. Использование оригинальных источников аналитического и статистического характера.

4.6. Сбалансированное сочетание количественных и качественных методов анализа.

4.7. Полнота решения поставленных в работе задач.

4.8. Грамотность, логичность в изложении материала.

4.9. Выполнение требований к структуре и оформлению диссертации.

### **Промежуточный контроль над подготовкой магистерской диссертации**

1. Промежуточный контроль осуществляется научным руководителем и кафедрой.

2. Результатом научно-исследовательской работы в 1-м семестре является:

- утвержденная тема диссертации и план-график работы над диссертацией с указанием основных мероприятий и сроков их реализации;
- постановка целей и задач диссертационного исследования; определение объекта и предмета исследования;
- обоснование актуальности выбранной темы и характеристика масштабов изучаемой проблемы;
- формулировка гипотез исследования и характеристика методологического аппарата, который предполагается использовать для его выполнения; изучение основных теоретических результатов и моделей, которые будут использованы в качестве теоретической базы исследования.

3. Результатом научно-исследовательской работы в 2-м семестре является обзор литературы по теме диссертационного исследования. Обзор литературы основывается на актуальных научно-исследовательских публикациях международного уровня и содержит критический анализ основных результатов и положений, полученных ведущими специалистами в области исследования, оценку их применимости в рамках диссертационного исследования, а также предполагаемый личный вклад автора в разработку темы. Основу обзора литературы должны составлять источники, раскрывающие теоретические аспекты изучаемого вопроса, в первую очередь научные монографии и статьи научных журналов. Материалы сети Интернет, научно-практических изданий и деловой печати используются в качестве вспомогательных источников.

4. Результатом научно-исследовательской работы в 3-м семестре является сбор эмпирического или разработка теоретического материала для диссертационной работы, включая разработку методологии сбора данных, обработку результатов, оценку их достоверности и достаточности для завершения работы над диссертацией.

5. Результатом научно-исследовательской работы в 4-м семестре является подготовка окончательного текста магистерской диссертации.

6. Основной контроль над выполнением научно-исследовательской работы осуществляет научный руководитель.

7. В конце семестра магистрант отчитывается перед кафедрой о своей научно-исследовательской работе.

8. Результаты научно-исследовательской работы магистранта на первом году обучения оцениваются научным руководителем посредством дифференцируемого зачета в 2 семестре.

### **Рецензирование магистерской диссертации**

1. Магистерские диссертации подлежат обязательному рецензированию. Рецензенты назначаются из числа преподавателей КемГУ Ученым советом по представлению кафедры. При необходимости к рецензированию могут быть привлечены специалисты из других организаций.

2. Диссертация передается магистрантом утвержденному рецензенту не позднее, чем за 10 дней до назначенного дня защиты на открытом заседании Итоговой аттестационной комиссии.

3. В обязанности рецензента входит:

- проверка представленной на рецензирование диссертации и подготовка развернутой письменной рецензии по установленной форме;
- выставление оценки представленной работы («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»);
- предоставление магистранту копии рецензии;
- присутствие на защите диссертации.

4. Письменная рецензия официально утвержденного рецензента представляется в не позднее 3 дней до назначенной даты публичной защиты.

### **Защита магистерской диссертации**

1. Защита диссертации происходит на открытых заседаниях Государственной аттестационной комиссии (ГАК), назначаемой приказом ректора университета.

2. Для проведения защиты магистрант обязан предоставить в ГАК следующие документы:

- текст магистерской диссертации в двух экземплярах;
- электронную версию текста магистерской диссертации;
- отзыв научного руководителя с личной подписью;
- отзыв рецензента с личной подписью.

3. Магистрант может представить в ГАК другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность диссертации (опубликованные статьи по теме работы, документы, указывающие на практическое применение результатов работы, и т.д.).

4. Диссертация с отзывами научного руководителя и рецензента, оформленная в соответствии с требованиями настоящего положения, должна быть зарегистрирована секретарем ГАК не позднее, чем за три дня до назначенной даты защиты. Несвоевременное представление диссертации ГАК влечет за собой оценку «неудовлетворительно».

5. Защита магистерской диссертации включает доклад диссертанта, ответы на вопросы членов комиссии, выступление научного руководителя и рецензента, ответы на замечания рецензента и заключительное слово. Если научный руководитель или рецензент не присутствуют на защите, их отзывы зачитываются председателем ГАК.

8. Для защиты диссертант готовит мультимедийную презентацию результатов проведенной работы продолжительностью не более 15 минут.

9. В презентации результатов проведенной работы должны быть отражены следующие моменты:

- название диссертации;
- актуальность темы работы;
- цели и задачи работы;
- структура работы;
- основные результаты, полученные автором;
- теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

10. Продолжительность защиты диссертации не должна превышать 45 минут.

11. Результаты защиты диссертации определяются оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

12. Решения ГАК принимаются на закрытых заседаниях простым большинством голосов членов комиссии, участвующих в заседании. Результаты защиты объявляются в тот же день.

13. Магистрант, чья диссертационная работа не была допущена к защите или была оценена ГАК на «неудовлетворительно», может представить и защищать переработанную или новую работу не ранее чем через семь месяцев и не позднее чем через пять лет после прохождения государственной итоговой аттестации впервые.

с указанием вверху посередине страницы слова «Приложения» и его названия.

#### **Критерии оценки магистерских диссертаций**

ГАК оценивает все этапы защиты диссертации:

- презентацию результатов работы;
- понимание вопросов, задаваемых магистранту членами ГАК, и ответы на вопросы;
- умение вести научную дискуссию с рецензентом;
- квалификацию и общий уровень понимания исследованной проблемы, продемонстрированные магистрантом в процессе защиты;
- общий уровень культуры общения с аудиторией.

При выставлении итоговой оценки учитывается предварительная оценка, выставленная рецензентом, а также оценки, выставленные за защиту каждым членом ГАК. Итоговая оценка может не совпадать с предварительными оценками работы.

Для работ, претендующих на получение оценки «отлично», обязательным условием является наличие научной публикации по теме исследования и участие диссертанта с докладом в научной или научно-практической конференции.





