

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Теория кристаллического поля Б1.В.ДВ.7

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Автор(ы):** Еремин М.В.

**Рецензент(ы):** Тагиров М.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Казань  
2019

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Еремин М.В. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Отделение радиофизики и информационных систем), Mikhail.Eremin@kpfu.ru

# **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОПК-3	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК-4	способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, созавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ПК-3	владением компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий
ПК-4	владением методами защиты интеллектуальной собственности

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

современные методы расчета энергетических схем уровней энергии ионов переходных групп в кристаллах

Должен уметь:

расчитывать уровни и волновые функции ионов переходных групп в кристаллах

Должен владеть:

навыками расчетов в схемах сильного, среднего и слабого кристаллических полей

Должен демонстрировать способность и готовность:

проводить расчеты энергетической схемы уровней и волновых функций примесных ионов в кристаллах и готовность оценки магнитных характеристик

## **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 40 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

## **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

### **4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Теория свободного атома. Приближение центрального поля.	7	2	0	0	2
5.	Тема 5. Волновые функции термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу.	7	2	2	0	6
6.	Тема 6. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Эккарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.	7	2	2	0	6
7.	Тема 7. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.	7	2	2	0	6
8.	Тема 8. Оператор энергии кристаллического поля. Модели точечных зарядов и независимых валентных связей. координатный переходных ионов.	7	2	2	0	4
9.	Тема 9. Схема сильного кристаллического поля. Пространственное распределение электронных облаков. Определение основных состояний ионов. Низкоспиновые состояния комплексов.	7	2	2	0	4
11.	Тема 11. Схема слабого кристаллического поля. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов.	7	2	0	0	4
12.	Тема 12. Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера..	7	2	2	0	4
13.	Тема 13. Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Теоретические оценки для компонент g - тензора.	7	2	2	0	4
Итого			18	14	0	40

## 4.2 Содержание дисциплины

### **Тема 1. Введение. Теория свободного атома. Приближение центрального поля.**

Квантовые числа электронов в теории водородоподобных атомов и ионов. Электронные конфигурации. Правило заполнения электронных оболочек. Одноэлектронные волновые функции. Возможные термы электронных конфигураций. Операторы момента количества движения. Матричные элементы операторов повышения и понижения магнитных квантовых чисел.

### **Тема 5. Волновые функции термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу.**

Слетеровские детерминанты. Их свойства. Схема квантования для определения термов электронных конфигураций. Примеры определения термов для элементов группы железа.

Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу. Термы электронных конфигураций редкоземельных ионов. Классификация повторяющихся термов.

### **Тема 6. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d-электронов.**

Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Метод диагональных сумм. Теорема Вигнера-Экарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета энергий термов для конфигурации из двух d-электронов. Параметры Слетера-Кондона, параметры Рака.

### **Тема 7. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d-электронов.**

Соотношения между 3-j и 6-j символами. Свойства 6-j символов. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d-электронов.

### **Тема 8. Оператор энергии кристаллического поля. Модели точечных зарядов и независимых валентных связей. координаций переходных ионов.**

Модели точечных зарядов и независимых валентных связей в теории кристаллического поля.

Вывод оператора кристаллического поля для октаэдрического окружения ионов переходных металлов. Случаи 6-и и 8-и кратных координат. Пример расчета оператора кристаллического поля в модели независимых валентных связей.

### **Тема 9. Схема сильного кристаллического поля. Пространственное распределение электронных облаков. Определение основных состояний ионов. Низкоспиновые состояния комплексов.**

Схема сильного кристаллического поля. Пространственное распределение электронной плотности состояний 3d-электрона. Определение основных состояний ионов. Низкоспиновые и высокоспиновые состояния комплексов. Построение волновых функций в схеме сильного кристаллического поля. 3- гамма символы. Справочная литература.

### **Тема 11. Схема слабого кристаллического поля. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов.**

Схема слабого кристаллического поля. Основные методики расчета матричных элементов. Техника неприводимых тензорных операторов и метод операторов эквивалентов. Соотношения Рака между приведенными матричными элементами. Пример расчета приведенных матричных элементов. Метод эквивалентных операторов Стивенса.

### **Тема 12. Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера..**

Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Матричные элементы оператора спин-орбитального взаимодействия. Метод теории возмущений. Схема сильного кристаллического поля. Модель октаэдрического окружения, искаженного растяжением вдоль тетрагональной оси. Статический эффект Яна-Теллера.

### **Тема 13. Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Теоретические оценки для компонент g - тензора.**

Расчет энергетической схемы уровней для иона иттербия в тетрагональном кристаллическом поле. Матричные элементы оператора спин-орбитального взаимодействия. Метод теории возмущений. Схема слабого кристаллического поля. Схема сильного кристаллического поля. Теоретические оценки для компонент g - тензора.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

А. М. Леушин. Теория оптических спектров (2) - [techlibrary.ru/.../2t1f1u1z1j1o\\_2h.2u.\\_3a1f1p1r1j2g\\_1p1q1t1j1y1f1s1l1j1w\\_1s1q1f1l...](http://techlibrary.ru/.../2t1f1u1z1j1o_2h.2u._3a1f1p1r1j2g_1p1q1t1j1y1f1s1l1j1w_1s1q1f1l...)

А. М. Леушин. Теория оптических спектров (1) - [kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos\\_p1.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos_p1.pdf)

3-j, 6-j symbols - <http://www-stone.ch.cam.ac.uk/cgi-bin/wigner.cgi?symbol=3j>

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 7</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	ОПК-3	5. Волновые функции термов. Классификация повторяющихся термов по родонаначальному числу.
2	Контрольная работа	ОПК-4	6. Оператор энергии спин-орбитального взаимодействия. Схема квантования по полному моменту количества движения. Прямые и обращенные мультиплеты. Правило интервалов. Теорема Вигнера-Эккарта. 3-j символы. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.
3	Письменное домашнее задание	ПК-3	7. Расчет матричных элементов остаточного электростатического взаимодействия. Метод диагональных сумм. Пример расчета для конфигурации из двух d -электронов.
4	Письменное домашнее задание	ПК-4	12. Расчет энергетической схемы уровней для иона меди в тетрагональном кристаллическом поле. Статический эффект Яна-Теллера..



Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	<b>Экзамен</b>	ОПК-3, ОПК-4, ПК-3, ПК-4	

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 7					
Текущий контроль					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
					2
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
					4

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 7**

**Текущий контроль**

**1. Контрольная работа**

Тема 5

Теория свободного атома. Построение волновой функции основного состояния иона в схеме квантования LSM\_sM\_L

**2. Контрольная работа**

Тема 6

Теория свободного атома. Построение волновой функции основного состояния иона в схеме квантования LSJM\_J

**3. Письменное домашнее задание**

Тема 7

Атомы и ионы в кристаллических полях. Расчет приведенных матричных элементов для заданного состояния иона.

**4. Письменное домашнее задание**

Тема 12

Атомы и ионы в кристаллических полях. Расчет компонент g - тензора при заданной волновой функции

**Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Приближение центрального поля
2. Термы и волновые функции
3. Тонкая структура термов.
4. Построение волновых функций мультиплетов
5. Волновые функции при сложении спиновых и орбитальных моментов.
6. Классификация состояний по родонаначальному числу.
7. Оператор кристаллического поля.
8. Параметры кристаллического поля для кубических групп.
9. Теорема Вигнера -Эккарта



9. Расщепление состояний d-электрона.
10. Основные состояния ионов в сильного кристаллического поля.
11. Схема слабого кристаллического поля .
12. Методы Рака и метод эквивалентных операторов
13. Теорема Крамерса. Расчет компонент g-тензора
14. Теоретико-групповая классификация состояний в кристаллическом поле.

**6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 7</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	15
		2	15
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
		4	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

**7.1 Основная литература:**

1. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, [2-е изд., перераб., доп. и испр.].-Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с.
2. Леушин, А.М.Теория оптических спектров, часть 2. Операторная техника [Текст] / А.М.Леушин.-Казанский университет.-2008. - 190 с.  
Скачать: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos\\_p1.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1651974492/tos_p1.pdf)
3. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах [Текст] / М.В.Еремин. -Казанский университет. - 2011. -111 с.  
[http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc)

**7.2. Дополнительная литература:**

- 1.Абрагам, А. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов: в 2 томах: перевод с английского / А. Абрагам, Б. Блини; под ред. С. А. Альтшулера, Г. В. Скроцкого.- Москва: Мир, 1972. - Т. 1. - 1972. - 651 с.
2. Малкин, Б.З.Квантовая теория парамагнетизма. Конспект лекций [Текст]/ Малкин Б.З.- Из-во КФУ, 2006.- 83 с.  
Скачать: [http://kpfu.ru/portal/docs/F800871619/quant\\_theory\\_param.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F800871619/quant_theory_param.pdf)

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

А. М. Леушин. Теория оптических спектров. Часть 1 - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8205](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205)  
 архив публикаций по физике - <http://xxx.lanl.gov/find/cond-mat>  
 Данные о структуре кристаллов в базе данных "Crystallography Open Database - <http://www.crystallography.net>  
 Программа для расчета 3-j , 6-j и 9-j символов - <http://plasma-gate.weizmann.ac.il/369j.html>  
 Таблицы 3-j символов - <http://www.svengato.com/threej.html>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	По мере изложения теоретического материала, обучающиеся получают задание. Работа по каждой теме выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Примеры типичных задач разбираются на лекция в качестве примеров. Предмет достаточно трудный. При нерегулярном посещении лекций освоить его, как правило, не удастся.
практические занятия	При построении волновых функций заданного терма и спользовать операторы повышения и понижения магнитных квантовых чисел . При расчете энергии терма заданной электронной конфигурации. Для контроля расчета использовать условие нормировки и соотношения ортогональности волновых функции с различными наборами квантовых чисел .
самостоятельная работа	В задании о расчете расщеплений кристаллическим полем применить теорему Вигнера-Экарта и использовать соотношение ортогональности 3-j символов. Предварительно разложить оператор взаимодействия электронов по сферическим функциям. Для расчета энергий возбужденных термов првлечь метод диагональных сумм.
контрольная работа	Решение задач проводить используя представлени момента количесва движения. Использовать операторы повышения и понижения квантовых чисел .При расчете энергии терма заданной электронной конфигурации, предварительно разложить оператор взаимодействия электронов по сферическим функциям. При расчете расщеплений кристаллическим полем применить теорему Вигнера-Экарта и использовать соотношение ортогональности 3-j символов.
письменное домашнее задание	Уметь повторять расчеты уровней энергии и волновых функции для различных ионов , представленных в книге Абрагама и Блини. При расчете компонент g- тензора для элементов группы железа использовать схему промежуточного кристаллического поля. Для редкоземельных элементов применить схему слабого кристаллического поля.
экзамен	Оцениваются владение теоретичеким материалом, подкрепленным умением решать задачи по расчету уровней энергии, волновых функции и компонент g- тензора . При расчете компонент g- тензора для элементов группы железа использовать схему промежуточного кристаллического поля. Для редкоземельных элементов применить схему слабого кристаллического поля.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Теория кристаллического поля" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian  
 Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian  
 Браузер Mozilla Firefox  
 Браузер Google Chrome

## Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Теория кристаллического поля" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

## 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки не предусмотрено .