

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Х.И. Амирханова  
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

УТВЕРЖДАЮ



И.о. директора

*А.К. Муртазаев*

А.К. Муртазаев

« 30 » июня 2015 г.

Одобрена Ученым советом ФГБУН ИФ ДНЦ РАН

Протокол № 6 от « 30 » июня 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины Б1.В.ДВ.1.  
ОСНОВЫ ЗОННОЙ ТЕОРИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

**Уровень образования**

Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

**Направление подготовки**

03.06.01 Физика и астрономия

**Квалификация (степень) выпускника:**

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Трудоемкость в академических часах	108 часов, в т.ч. Лекции – 8 ч., Лабораторные занятия – 10 ч., Самостоятельная работа – 90 ч., Зачет
Трудоемкость в зачетных единицах	3 ЗЕТ

Махачкала 2015

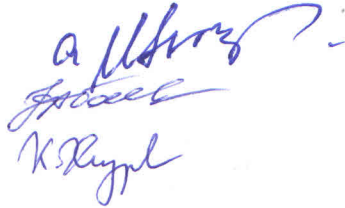
Рабочая программа по дисциплине «**Основы зонной теории твердых тел**» составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия, утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 867.

Разработчики программы:

К.ф.-м.н., Агаларов А.М.

К.ф.-м.н., Ибаев Ж.Г.

К.ф.-м.н., Хизриев К.Ш.



Handwritten signatures in blue ink corresponding to the names of the program developers: Agalarov A.M., Ibaev Zh.G., and Khizriev K.Sh.

## Оглавление

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению «Физика и астрономия» .....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПП аспиранта.....	5
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	5
3.1. Объём дисциплины (модуля) по видам учебных занятий (в часах) .....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	5
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий .....	5
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине .....	10
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы.....	15
6.2.1. Зачет .....	15
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций .....	18
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины Профессионально-ориентированные технологии образования .....	18
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины Методические указания аспирантам .....	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	19
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....	20
11. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	20

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению «Физика и астрономия»

В результате освоения ООП аспирантуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния	<b>Знать:</b> теоретические основы методов вычислений физических свойств кристаллических материалов, экспериментальные подходы к их исследованию.
ПК-2	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности	<b>Уметь:</b> определять качественные и количественные параметры механических, колебательных и электронных свойств, химической связи, оптических функций объемных, поверхностных и дефектных состояний реальных и гипотетических кристаллов; проводить интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах.
ПК-4	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной	<b>Владеть:</b> современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем на основе свободно распространяемого пакета ABINIT и коммерческого пакета CRYSTAL

	деятельности	
--	--------------	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОПП аспиранта

**Цель изучения дисциплины** – изложить аспирантам теоретические основы зонной теории твердого тела с уклоном на физические свойства и процессы, протекающие в полупроводниковых материалах.

**Задачи дисциплины:** формирование и углубление целостных представлений о зонной структуре твердых тел, знакомство с основными понятиями и подходами в описании электронных свойств полупроводников с точки зрения зонной структуры.

Дисциплина базируется на курсах статистической физики, квантовой механики, физики твердого тела.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетные единицы (з.е.), 108 академических часа

### 3.1. Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий (в часах)

Объем дисциплины	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	
Аудиторная работа (всего):	18
в т. числе:	
Лекции	8
Практические занятия	10
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	90
Вид промежуточной аттестации обучающегося.	зачет

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

### 4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия		Самостоятельная работа обучающихся	
			лекции	практ		
		всего				
1	Электроны в периодическом поле кристаллической решетки. Уравнение Шредингера	26	2			доклад
2	Динамика движения электронов в решетке	26	2			доклад
3	Основные методы решения одноэлектронного уравнения Шредингера	30	2			доклад
4	Зонная структура различных материалов	26	2			доклад
5	Исследование полупроводниковых материалов и структур методом рентгеноспектрального микроанализа.			4		отчет
6	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии.			6		отчет
7	Методы расчета зонного спектра.				22	реферат
8	Динамика электрона во внешнем поле.				22	реферат
9	Глубокие уровни в полупроводниках.				24	реферат
10	Квантовая теория электронного спектра во внешнем поле.				22	реферат
	Итого	108	8	10	90	

#### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Электроны в периодическом поле кристаллической решетки. Уравнение Шредингера	Электрон в периодическом потенциальном поле. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Волновая функция Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зона Бриллюэна. Квазиимпульс. Анализ формы изоэнергетической поверхности вблизи экстремальных точек.
2	Динамика движения электронов в решетке	Фазовая и групповая скорости. Эффективная масса электрона в кристалле. Электроны и дырки. Число и плотность состояний в энергетической зоне. Поведение энергетического спектра вблизи границы зоны Бриллюэна. Движение электрона в кристалле под действием внешнего электрического поля. Туннелирование Зинера. Циклотронный резонанс. Магнитные подзоны.
3	Основные методы решения одноэлектронного уравнения Шредингера	Обзор основных приближенных методов решения одноэлектронного уравнения Шредингера в кристалле. Приближение слабо связанных электронов. Приближение сильной связи.
4	Зонная структура различных материалов	Металлы и диэлектрики. Полупроводники и полуметаллы в зонной теории. Зонная структура основных полупроводников. Спектр электронов в структурах с квантово-размерными эффектами.
5	Исследование полупроводниковых материалов и структур методом рентгеноспектрального микроанализа.	Ознакомление с физическими принципами рентгеноспектрального микроанализа, получение практических навыков работы на рентгеновском порошковом дифрактометре «Empyrean series 2». Фирма PANalytical с возможностью рентгеноспектрального микроанализа.

6	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии.	Изучение основ сканирующей зондовой микроскопии и принципов работы АСМ в неконтактном режиме. Определение основных параметров силового взаимодействия прибора NTEGRA-SPECTRA и параметров СЗМ эксперимента. Получение топографии поверхности и фазового контраста исследуемого образца.
7	Методы расчета зонного спектра.	Методы расчета зонной структуры. Метод слабой связи. Зонный спектр вблизи точки вырождения. Спин-орбитальное взаимодействие. Метод сильной связи. Гамильтониан. Функции Ванье. Интегралы перекрытия. Тензор обратной эффективной массы, влияние симметрии. Плотность электронных состояний. Особенности Ван-Хова. Поверхность Ферми.
8	Динамика электрона во внешнем поле.	Метод эффективной массы. Движение электрона в постоянном электрическом поле. Междузонное зиннеровское туннелирование. Движение электрона в постоянном магнитном поле. Диаманитный резонанс.
9	Глубокие уровни в полупроводниках.	Мелкие примесные центры. Доноры и акцепторы. Экситоны. Теория Мотта, границы применимости. Элементарная теория глубоких уровней. Типы глубоких примесей. Таммовские поверхностные состояния. Поверхностные состояния в бинарных соединениях.
10	Квантовая теория электронного спектра во внешнем поле.	Квантовая теория электронного спектра во внешнем поле. Штарковская лестница электронных состояний в сильном электрическом поле. Локализация волновых функций в квантовых ямах. Уровни Ландау в квантующем магнитном поле, их вырождение. Плотность электронных состояний в магнитном поле. Двумерный электронный газ.



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

Материалы пособий и учебников помогают организовать самостоятельное изучение курса. Лекционные занятия дополняют и систематизируют знания в области Основы зонной теории твердых тел.

1. А.И.Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М.: Наука, 1978.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
3. Дж.Займан Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
4. Н.Ашкрофт, Н.Мермин Физика твердого тела (в 2-х томах). М.: Мир, 1979.
5. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела. М.: Техносфера, 2007.
6. Кардона П. Ю. Введение в физику полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
7. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010. \
8. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.

### ***Интернет ресурсы, электронные библиотеки***

1. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
2. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
3. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>  
[www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)  
[www.edu.ru](http://www.edu.ru)  
[www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)  
[www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)  
[www.neicon.ru](http://www.neicon.ru)  
[www.springerlink.cjm.journalsis](http://www.springerlink.cjm.journalsis)

В курсе запланировано на самостоятельную работу аспирантов 72 часа (70% общего объема). Самостоятельная работа аспирантов является одним из видов учебных занятий, выполняется по заданию преподавателя индивидуально и без его непосредственного участия. Целью самостоятельной работы аспирантов является самостоятельное выполнение практической работы, систематизация и закрепление полученных знаний и практических умений, углубление и расширение знаний, приобретение навыков самостоятельной работы с литературой, развитие способностей к самосовершенствованию. И как итог – сдача кандидатского экзамена.

### ***Виды самостоятельной работы***

- Работа на лекциях.
- Поисковая работа в Internet.
- Написание рефератов
- Подготовка к кандидатскому экзамену.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка – по желанию	наименование оценочного средства
1	<p>Электроны в периодическом поле кристаллической решетки. Уравнение Шредингера</p> <p>Исследование полупроводниковых материалов и структур методом рентгеноспектрального микроанализа.</p> <p>Глубокие уровни в полупроводниках.</p>	<p>ПК-1 способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы методов вычислений физических свойств кристаллических материалов, экспериментальные подходы к их исследованию.</p> <p>ПК-2 способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> определять качественные и количественные параметры механических, колебательных и электронных свойств, химической связи, оптических функций объемных, поверхностных и дефектных состояний реальных и гипотетических кристаллов; проводить интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах.</p> <p>ПК-4 способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в</p>	реферат

		<p>области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем на основе свободно распространяемого пакета ABINIT и коммерческого пакета CRYSTAL</p>	
2	<p>Динамика движения электронов в решетке</p> <p>Методы расчета зонного спектра.</p> <p>Квантовая теория электронного спектра во внешнем поле.</p>	<p>ПК-1</p> <p>способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы методов вычислений физических свойств кристаллических материалов, экспериментальные подходы к их исследованию.</p> <p>ПК-2</p> <p>способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> определять качественные и количественные параметры механических, колебательных и электронных свойств, химической связи, оптических функций объемных, поверхностных и дефектных состояний реальных и гипотетических кристаллов; проводить</p>	реферат

		<p>интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах.</p> <p><b>ПК-4</b> способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем на основе свободно распространяемого пакета ABINIT и коммерческого пакета CRYSTAL</p>	
3	<p>Основные методы решения одноэлектронного уравнения Шредингера</p> <p>Методы расчета зонного спектра.</p>	<p><b>ПК-1</b> способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы методов вычислений физических свойств кристаллических материалов, экспериментальные подходы к их исследованию.</p> <p><b>ПК-2</b> способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> определять качественные</p>	

		<p>и количественные параметры механических, колебательных и электронных свойств, химической связи, оптических функций объемных, поверхностных и дефектных состояний реальных и гипотетических кристаллов; проводить интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах.</p> <p><b>ПК-4</b> способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем на основе свободно распространяемого пакета ABINIT и коммерческого пакета CRYSTAL</p>	
4	<p>Зонная структура различных материалов</p> <p>Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии.</p>	<p><b>ПК-1</b> способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы методов вычислений физических свойств кристаллических</p>	

		<p>материалов, экспериментальные подходы к их исследованию.</p> <p><b>ПК-2</b>          способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности  <b>Уметь:</b> определять качественные и количественные параметры механических, колебательных и электронных свойств, химической связи, оптических функций объемных, поверхностных и дефектных состояний          реальных и гипотетических кристаллов; проводить интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах.</p> <p><b>ПК-4</b>          способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности  <b>Владеть:</b> современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем на основе свободно распространяемого пакета ABINIT и коммерческого пакета CRYSTAL</p>	
Зачет по курсу		ПК-1, ПК-2, ПК-4	ЗАЧЕТ

**Перечень оценочных средств**

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
1	реферат	Вторичный текст, семантически и адекватный первоисточнику, ограниченный малым объемом и вместе с тем максимально излагающий содержание исходного текста. В основе реферата лежит процесс реферирования.	Темы рефератов
2	доклад	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определённой учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.	Темы докладов
9	Зачет по курсу		Вопросы к зачету

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы**

**6.2.1. Зачет**

**1) типовые вопросы (задания)**

1. Электрон в периодическом потенциальном поле.
2. Уравнение Шредингера для кристалла.
3. Адиабатическое приближение.
4. Одноэлектронное приближение.
5. Волновая функция Блоха.
6. Свойства волнового вектора электрона в кристалле.
7. Зона Бриллюэна.
8. Квазиимпульс.
9. Анализ формы изоэнергетической поверхности вблизи экстремальных точек.
10. Фазовая и групповая скорости.
11. Эффективная масса электрона в кристалле.
12. Электроны и дырки.
13. Число и плотность состояний в энергетической зоне.
14. Поведение энергетического спектра вблизи границы зоны Бриллюэна.

15. Движение электрона в кристалле под действием внешнего электрического поля. Туннелирование Зинера.
16. Циклотронный резонанс.
17. Магнитные подзоны.
18. Обзор основных приближенных методов решения одноэлектронного уравнения Шредингера в кристалле.
19. Приближение слабо связанных электронов.
20. Приближение сильной связи.
21. Металлы и диэлектрики.
22. Полупроводники и полуметаллы в зонной теории.
23. Зонная структура основных полупроводников.
24. Спектр электронов в структурах с квантово-размерными эффектами.

Контроль качества освоения дисциплины «Основы зонной теории твердых тел» включает в себя:

- текущий контроль успеваемости обучающегося, который обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины – написание реферата;
- промежуточную аттестацию обучающегося, который обеспечивает оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине - зачет.

## **2) типовые задания для текущей аттестации:**

Особое место отводится подготовке и обсуждению рефератов по зонной теории твердых тел, которые являются условием допуска к зачету. В сущности, каждый аспирант в данном случае выступает как специалист в своей научной области, пишущий обзор по конкретной области науки. Это дает ему привязку к существующей традиции и, кроме того, приучает к социально-гуманитарному анализу собственной специальности.

Реферат по зонной теории твердых тел – это, в известном смысле компиляция из имеющихся научных источников, но в то же время – это самостоятельное исследование науки на конкретном примере.

### ***Темы рефератов***

Методы расчета зонной структуры.

Метод слабой связи.

Зонный спектр вблизи точки вырождения.

Спин-орбитальное взаимодействие.

Метод сильной связи. Гамильтониан.

Функции Ванье.

Интегралы перекрытия.

Тензор обратной эффективной массы, влияние симметрии.

Плотность электронных состояний.

Особенности Ван-Хова.

Поверхность Ферми.



Метод эффективной массы.  
 Движение электрона в постоянном электрическом поле.  
 Междузонное зиннеровское туннелирование.  
 Движение электрона в постоянном магнитном поле.  
 Диаманитный резонанс.  
 Мелкие примесные центры.  
 Доноры и акцепторы.  
 Экситоны.  
 Теория Мотта, границы применимости.  
 Элементарная теория глубоких уровней.  
 Типы глубоких примесей.  
 Таммовские поверхностные состояния.  
 Поверхностные состояния в бинарных соединениях.  
 Квантовая теория электронного спектра во внешнем поле.  
 Штарковская лестница электронных состояний в сильном электрическом поле.  
 Локализация волновых функций в квантовых ямах.  
 Уровни Ландау в квантующем магнитном поле, их вырождение.  
 Плотность электронных состояний в магнитном поле.  
 Двумерный электронный газ.

### **3) описание шкалы оценивания:**

При оценке реферата опираются на следующие критерии:

- сумел ли обучающийся подобрать достаточный список литературы, необходимый для осмысления вопроса, обозначенного в качестве темы;
- составил ли он логически обоснованный план, соответствующий сформулированной цели и поставленным задачам;
- удалось ли ему собрать необходимый материал и осмыслить его правильно;
- умеет ли аспирант анализировать материал;
- отвечает ли реферат требованиям объективности, корректности, грамотности, логичности, аргументированности, доказательности, ясности стиля и изложения;
- овладел ли аспирант навыками осмысления научных проблем;
- обоснованы ли выводы, соответствуют ли они поставленным задачам;
- какие методы в работе над рефератом он использовал;
- насколько самостоятельно он выполнил работу;
- правильно ли оформлены реферат в целом, ссылки на использованные источники, список литературы.

### **4) критерии оценивания компетенций (результатов):**

- выработать навыки глубокого осмысления сложнейших проблем науки и современного мира, необходимые для эффективной и ответственной научной деятельности;

- развить умения самостоятельной работы с научной литературой для подготовки научных докладов, рефератов, диссертационного исследования.

### **5) описание шкалы оценивания:**

Информация в реферате должна быть подобрана и изложена таким образом, чтобы аспирант мог продемонстрировать (а преподаватель оценить) умение анализировать и сопоставлять полученные в результате подготовки реферата знания, демонстрировать умение объяснить (с использованием различных примеров) структуру, сущность раскрываемой темы.

Оценка за реферат складывается из оценки преподавателя и оценки аудитории (групповой оценки). На первом занятии аспиранты формулируют критерии оценки докладов. После каждого выступления несколько человек на основании этих критериев делают качественную оценку доклада. Далее преподаватель, исходя из собственной оценки и оценки слушателей, ставит итоговую отметку.

Оценка знаний и успеваемости аспиранта определяется по следующим критериям:

подготовка реферата, выступление с рефератом на практическом занятии, выполнение практических заданий для самостоятельной работы.

В критерии оценивания входит оценка:

- содержание (степень соответствия теме, полнота изложения, наличие анализа, использование нескольких источников и т.д.);
- качество изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.);
- наглядность (использование технических средств, материалов сети Интернет)

Выполнение реферата оценивается по системе «зачтено/незачтено».

Отметка «незачтено» ставится если:

- выбранная тема раскрыта поверхностно, большая часть предлагаемых элементов плана реферата отсутствует;
- качество изложения низкое;
- наглядные материалы отсутствуют.

### **6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

Оценка по дисциплине «Основы зонной теории твердых тел» складывается из зачетов по реферату и оценки на зачете.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины Профессионально-ориентированные технологии образования**

**Основная**

1. А.И.Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М.: Наука, 1978.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
3. Дж.Займан Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
4. Н.Ашкрофт, Н.Мермин Физика твердого тела (в 2-х томах). М.: Мир, 1979.

**Дополнительная**

1. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела. М.: Техносфера, 2007.
2. Кардона П. Ю. Введение в физику полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010.
4. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины Методические указания аспирантам**

1. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
2. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
3. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>  
[www. elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)  
[www. edu.ru](http://www.edu.ru)  
[www. window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)  
[www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)  
[www.neicon.ru](http://www.neicon.ru)  
[www.springerlink.cjm.journsis](http://www.springerlink.cjm.journsis)

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Следует внимательно изучить учебную программу дисциплины, характеризующую курс «Основы зонной теории твердых тел» и определяющую целевую установку. Это позволит чётко представлять, во-первых, круг изучаемых проблем, во-вторых, – глубину их постижения. Необходимо иметь подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемого курса. Список литературы предлагается в п. 7 рабочей программы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов: учебники, монографии, учебные пособия.

Во время занятий по «Основы зонной теории твердых тел» аспирант должен уметь сконцентрировать внимание на рассматриваемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого ему необходимо конспектировать материал, излагаемый преподавателем. Весь иллюстративный материал, представляемый на слайдах, на доске, в

раздаточном материале также должен быть зафиксирован. Аспирант должен уметь (или учиться уметь) выделять главное и фиксировать основные моменты. Каждому аспиранту необходимо основательно закреплять полученные знания и вырабатывать навыки самостоятельной работы. Для эффективного достижения целей обучения по дисциплине «Основы зонной теории твердых тел», процесс изучения материала курса предполагает достаточно интенсивную работу не только в рамках аудиторных занятий, но и с различными информационными ресурсами в ходе самостоятельной работы на которую отводится более половины времени обучения. В рабочей программе приведены задания для самостоятельной работы.

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярно обращаться к списку рекомендованной (основной и дополнительной) литературы.

При подготовке к зачету особое внимание следует обратить на то, что целью курса является овладение теоретическими и информационными методами исследования и анализа физических свойств кристаллов, а также обучение описанию наблюдаемых и прогнозированию новых физических свойств кристаллических твердых тел, в том числе наноразмерных. В связи с этим, важным является не только заучивание набора фактов и формул, но также понимание сущности рассматриваемых явлений и свойств, понимание существующих взаимосвязей.

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

1. Дисплейный класс, подключенный к сети ИНТЕРНЕТ.
2. Мультимедийное оборудование: видеопроектор, электронная доска, ноутбук

#### **11. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. Microsoft Office Power Point
2. Программа CRYSTAL09 (<http://www.crystal.unito.it>)

**Лист регистрации изменений**

Номер измене- ния	Номер пункта (подпункта)			Дата внесения изменения	Изменение	Подпись ответственно- го за внесение изменений
	Изме- нен- ного	Но- вого	Изъ- ято- го			