

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«УДМУРТСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(УдмФИЦ УрО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор УдмФИЦ УрО РАН,
доктор физико-математических наук

М.Ю. Альес

« » 20 г.



Рабочая программа дисциплины
Физика конденсированного состояния

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки
01.04.01. «Приборы и методы экспериментальной физики»

Квалификация (степень) выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

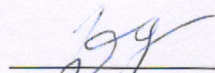
Форма обучения
очная

Ижевск

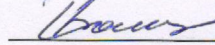
Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867, программой-минимум по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики», паспортом специальности научных работников 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»; учебным планом подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (далее УдмФИЦ УрО РАН) по направлению 03.06.01 Физика и астрономия.

Составители рабочей программы:

гл.н.с., д.ф.-м.н.

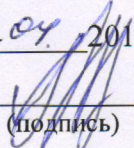
 Г.А. Дорофеев

зав. лаб., к.т.н.

 В.А. Волков
(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании Президиума Удмуртского федерального исследовательского центра УрО РАН.

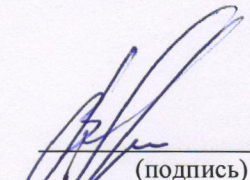
Протокол № 7 от 03.04 2018 г.

Глав.ученый секретарь  Поздеев И.Л.

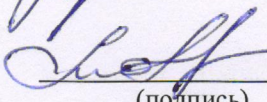
(подпись)

Согласовано:

Первый заместитель директора
по естественно - научному направлению, д.ф.-м.н.

 В.Ю. Трубицын
(подпись)

Зав. аспирантурой, к.ф.-м.н.

 М.Ю. Лебедева
(подпись)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель – формирование у аспирантов углубленных теоретических знаний, ознакомление с проблематикой современных исследований, методами и подходами в области физики конденсированного состояния.

Задачи:

- сформировать у аспирантов общие представления о многообразии методов и подходов, используемых при решении задач физики конденсированного состояния;
- подготовка аспирантов к применению полученных знаний при проведении самостоятельных научных исследований;
- обучение аспирантов на практике применять базовые методы в экспериментальных исследованиях в области физики конденсированного состояния

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП АСПИРАНТУРЫ

Учебная дисциплина «Физика конденсированного состояния» является базовой обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 ООП направления подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия, направленность 01.04.01. «Приборы и методы экспериментальной физики» (Б1.2ОД2) согласно учебного плана ООП. Дисциплина необходима при подготовке к сдаче зачета и подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта. Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой естественнонаучной подготовкой (общая физика, квантовая механика, высшая математика, информационные технологии).

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» изучается на 2-3 курсах обучения.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» в соответствии с ООП по направлению подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия направлен на формирование у аспиранта следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-1 – Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

знать:

- передовые достижения в области своих научных интересов, современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ в области профессиональной деятельности З1(ОПК-1),
- методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования. З4(ОПК-1).

уметь:

- критически анализировать известные результаты исследований, формулировать актуальные проблемы в предметной области У1(ОПК-1).

владеть:

- знаниями о современном состоянии исследований, методах и подходах решения научных задач в предметной области В1(ОПК-1);
- способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий собирать, обрабатывать, анализировать, обобщать и систематизировать результаты исследований В4(ОПК-1).

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК-1 – Способность самостоятельно проводить научные исследования в области физики конденсированного состояния вещества.

знать:

- современные базовые и специализированные теоретические представления о природе вещества в конденсированном состоянии З1(ПК-1);

- актуальные проблемы и приоритетные направления исследований в области физики конденсированного состояния 32(ПК-1);
- современные методы и подходы для решения теоретических и экспериментальных задач в области физики конденсированного состояния вещества 33(ПК-1).

уметь:

- критически анализировать актуальные проблемы физики конденсированного состояния вещества и известные в мировой науке способы их решения У1(ПК-1);
- использовать базовые теоретические знания, знания основ физического эксперимента в научных исследованиях в области физики конденсированного состояния вещества У2(ПК-1).
- выбирать и применять адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследований У3(ПК-1)

владеть:

- научной терминологией, понятийным аппаратом, основами математического описания физических явлений, основами физического эксперимента В1(ПК-1).

ПК-3 – Способность поиска, систематизации, анализа и представления научно-технической информации по теме исследования.

знать:

- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физики конденсированного состояния 31(ПК-3).

уметь:

- получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования. У1(ПК-3);
- выявлять степень достоверности, противоречивости, согласованности опубликованных данных, а также результатов собственных научных исследований. У2(ПК-3)

владеть:

- навыками использования современных информационно-коммуникационных технологий для поиска, систематизации, анализа информации по теме исследования. В1(ПК-3).

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единиц (ЗЕ), 216 академических часа.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	216
Аудиторная работа (всего):	66
в том числе:	
Лекции	46
Практические занятия (ПЗ)	20
Семинары (С)	
Самостоятельная работа и/или другие виды самостоятельной работы (СР)	114
Вид промежуточного контроля (зачет/экзамен)	Зачет
Зачет	18

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость в часах	Лекции	ПЗ	СР
1	Электронная структура и химическая связь	44	10	4	30
2	Электрические, магнитные,	44	10	4	30

	оптические свойства. Сверхпроводимость				
3	Симметрия, кристаллическая структура, дифракция на кристаллах	32	8	4	20
4	Дефекты кристаллов, пластическая деформация	32	8	4	20
5	Динамика решетки, тепловые свойства, диффузия	28	10	4	14
6	Реферат	18			
7	Зачет	18			
	Всего	216	46	20	114

5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Электронная структура и химическая связь	
1.1.	Электронные свойства твердых тел.	Классическая теория Друде. Электропроводность, теплопроводность, термо-Э.Д.С. Магнитосопротивление и эффект Холла. Высокочастотная электропроводность, плазменные колебания. Основные приближения зонной теории. Теорема Блоха. Блоховские функции. Граничные условия Борна-Кармана. Следствия теоремы Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники и полуметаллы.
1.2.	Силы связи в твердых телах	Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, металлическая связь, водородная связь. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Принцип плотнейшей упаковки шаров. Структура веществ с ковалентными связями.
2	Электрические, магнитные и оптические свойства. Сверхпроводимость.	
2.1.	Электропроводность и связанные явления	Виды проводимости. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная эмиссия с поверхности твердого тела: потенциальный барьер, работа выхода, термоэлектронная эмиссия, эмиссия во внешнем поле и автоэлектронная эмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия. Термоэлектричество, эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона.

2.2.	Магнитные свойства твердых тел.	Диа-, пара-, ферро-, антиферромагнетики и спиновые стёкла. Магнитные домены. Суперпарамагнетизм. Магнитные точечные группы. Неколлинеарные магнитные структуры. Магнитная восприимчивость, намагниченность, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, петля гистерезиса.
2.3.	Оптические свойства.	Основы кристаллооптики. Фотоупругость, электрооптические и магнитооптические явления.
2.4.	Сверхпроводимость.	Теория БКШ сверхпроводимости. Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники. Критическая температура. Поведение сверхпроводников в магнитном поле. Эффект Мейснера. Критические магнитные поля. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Теория Гинзбурга-Ландау. Квантование магнитного потока. Вихри Абрикосова. Туннельный эффект Джозефсона.
3.	Симметрия, кристаллическая структура, дифракция на кристаллах	
3.1.	Симметрия твердых тел	Кристаллические и аморфные твердые тела, жидкости. Трансляционная инвариантность. Элементы симметрии кристаллов. Элементы теории групп, точечные группы симметрии. Кристаллические классы (сингонии) Решетки кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Решетка Браве. Элементы симметрии. Пространственные группы симметрии. Структурные типы. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Зона Бриллюэна.
3.2.	Дифракция на кристаллах	Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов на кристалле. Упругое и неупругое рассеяние. Брегговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция на аморфных веществах.
4	Дефекты кристаллов, пластическая деформация.	
4.1.	Дефекты кристаллов	Классификация дефектов кристаллической решетки. Точечные дефекты и их свойства. Диффузионный массоперенос. Процессы упорядочения в металлах и сплавах. Линейные и планарные дефекты кристаллической решетки и их свойства. Наноструктурированные металлы и сплавы.
4.2.	Пластическая деформация	Роль дефектов в пластической деформации моно- и поликристаллов. Механизмы пластической деформации металлов и сплавов. Механические свойства твердых тел.
5	Динамика кристаллической решетки, тепловые свойства, диффузия	
5.1.	Колебания решетки	Колебания линейных цепочек атомов. Акустические и оптические моды колебаний. Колебания атомов трехмерных решеток. Нормальные координаты. Квантовое описание решеточных колебаний. Фононы.
5.2.	Тепловые свойства твердых тел	Приближение Эйнштейна. Модель Дебая. Решеточная теплоемкость. Экспериментальное определение фононных спектров. Ангармонизм и фонон-фононное взаимодействие. Тепловое расширение кристаллов. Колебания неидеальных кристаллов. Локальные и резонансные моды колебаний. Решеточная теплопроводность кристаллов.

5.3.	Диффузия	Природа диффузии, закон Фика. Механизмы диффузии, роль дефектов. Восходящая диффузия, сегрегации. Ускоренная диффузия по границам зерен, поверхностная диффузия.
------	----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Образовательные технологии

Обучение по дисциплине ведётся с применением как традиционных методов (лекции, практические занятия), так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах подразделений УдмФИЦ УрО РАН по профилю подготовки, представление докладов на научных конференциях молодых ученых и молодежных научных школах, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе для дополнительного изучения.

Аудиторные занятия, целью которых является освоение теоретических основ дисциплины, проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного оборудования. Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Практические занятия (семинары) имеют своей целью подробное обсуждение отдельных тем дисциплины, освоение расчетно-теоретических методов, используемых при решении задач, развитие навыков рационального выбора методов решения.

Самостоятельная работа аспирантов подразумевает углубленное освоение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий, подготовку к текущему, промежуточному и итоговому контролю успеваемости. В целях формирования способности к критическому анализу информации и поиску путей решения поставленных задач в дальнейшей профессиональной деятельности используется технология проблемного обучения, требующая значительных временных ресурсов, что предусмотрено структурой дисциплины, и предполагает самостоятельную проработку учебно-проблемных задач аспирантами, выполняемую с привлечением основной и дополнительной литературы; поиск необходимой научно-технической информации в открытых источниках, консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на персональных рабочих местах аспирантов с доступом к ресурсам «Интернет», в научных подразделениях УдмФИЦ УрО РАН с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

6.2. Основные сведения об электронно-библиотечной системе.

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс, и гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы.

УдмФИЦ УрО РАН обеспечивает каждого аспиранта основной учебной и учебно-методической литературой, методическими пособиями, необходимыми для организации образовательного процесса по всем дисциплинам лицензируемых образовательных программ, в соответствии с требованиями к основной образовательной программе послевузовского профессионального образования и паспортом специальностей ВАК. Научно-техническая библиотека УдмФИЦ УрО РАН удовлетворяет требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения, утвержденного приказом Минобразования России от 27.04.2000 № 1246.

Фонд научно-технической библиотеки насчитывает 56242 (11103) экземпляра книг и журналов. Ежегодно библиотека получает научные, научно-популярных и общественно-политические периодические издания. Формирование фонда библиотеки осуществляется в

соответствии с профилями УдмФИЦ, образовательными программами аспирантуры, тематикой научных исследований РАН

6.3. Рекомендуемая основная литература:

1. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния. М., «Интеллект», 2013.-216 с.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: в 2 т. М., 1979.-Т1.-399 с.; Т2-422 с.
3. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела. М., Высшая школа, 1985 г.-384 с.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.-792 с.
5. Физика металлов. Т.1. Электроны / Под ред. Дж. Займана. М.:Мир, 1972. 464 с.
6. Соколовская Е.М., Гузей Л.С. Металлохимия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986.- 264 с.
7. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982, 632 с.
8. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. Изд. 2-е, М.: Машиностроение, 1983. 287 с.
9. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990. 336 с.
10. Келли А. Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. - М.: Мир, 1974. - 496 с.
11. Шмидт В. В. Введение в физику сверхпроводников. МЦНМО, 2000.-402 с.
12. Плакида Н. М. Высокотемпературные сверхпроводники. М., 1996.-288 с.

6.4. Дополнительная литература:

1. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1984. 376 с.
2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов. М.: Атомиздат, 1978.-351 с.
3. Уманский М.М., Золина З.К. Сборник задач по рентгеноструктурному анализу – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975, 232 с.
4. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972. - 600 с.
5. Фридель Ж. Дислокации. М.: Мир. – 1967. – 644 с.
6. Смирнов А.А. Теория сплавов внедрения. М.: Наука, 1979. - 368 с.
7. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах. М.: МИСИС, 2005. 362 с.

6.5. Основные Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
2. Академия Google <https://scholar.google.ru/>
3. Сайт Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
4. Сайт ScienceDirect <http://www.sciencedirect.com/>
5. Библиотека «Все для студента» <http://www.twirpx.com/>

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

7.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, то есть проверка усвоения учебного материала, осуществляемая не реже 2-х раз в семестр. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный опрос. Оценивание проводится преподавателем, ведущим дисциплину. Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

7.2. Промежуточный контроль

Промежуточный контроль осуществляется в конце каждого семестра в соответствии с учебным планом. Оценка успеваемости аспиранта производится преподавателем, ведущим дисциплину, на основе результатов текущего контроля.

По завершению первого года изучения дисциплины аспирант на семинаре профильного подразделения УдмФИЦ представляет реферат по учебному материалу пройденных тем. Темы рефератов согласуются с ведущим преподавателем и руководителем аспиранта. Реферат сдается преподавателю согласно графику учебного процесса. Реферат представляется на бумажном носителе. Защита реферата сопровождается компьютерной презентацией, отражающей его содержание.

7.3. Промежуточная аттестация

Осуществляется в конце 3-го года обучения и завершает изучение дисциплины «Физика конденсированного состояния». Форма аттестации – зачет в письменной или устной форме. Билет зачета состоит из двух вопросов. На зачете аспирант должен продемонстрировать высокий научный уровень и научные знания по дисциплине «Физика конденсированного состояния».

Примерные темы рефератов по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

1. Типы сил связи в конденсированном состоянии.
2. Элементы симметрии кристаллов.
3. Ангармонизм и фонон-фононное взаимодействие в металлах.
4. Использование моделей Эйнштейна и Дебая в реальных материалах.
5. Классификация дефектов кристаллической решетки.
6. Современные проблемы сверхпроводимости.
7. Структура и свойства наноматериалов.

Основные вопросы для подготовки к зачету:

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность.
2. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова, ионная, ковалентная и металлическая связи.
3. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам атомов: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.
4. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
5. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера -Зейтца. Решетка Браве.
6. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
7. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
8. Операции симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии.
9. Точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
10. Пространственные группы симметрии кристаллов.
11. Классификация дефектов кристаллической решетки.
12. Точечные дефекты и их свойства.
13. Диффузионный массоперенос. Законы диффузии.

14. Процессы атомного упорядочения в металлах и сплавах. Суперструктуры и их исследование.
15. Линейные дефекты кристаллической решетки и их свойства.
16. Механизмы пластической деформации металлов и сплавов в том числе в нанокристаллическом состоянии.
17. Планарные дефекты кристаллической решетки.
18. Наноструктурированные металлы и сплавы. Дефекты в нанокристаллах.
19. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов на кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
20. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Геометрический фактор. Тепловой фактор Дебая-Валлера.
21. Рассеяние и дифракция на аморфных веществах.
22. Методы рентгеноструктурного анализа: метод Лауэ, метод вращения, метод порошков.
23. Колебания атомов в кристаллической решетке. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
24. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
25. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
26. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
27. Тепловое расширение твердых тел. Его физическая природа. Ангармонические колебания.
28. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
29. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение.
30. Основные приближения зонной теории твердого тела. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
31. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
32. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
33. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
34. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
35. Природа ферромагнетизма. Магнитные фазовые переходы в ферромагнетике. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
36. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы Блоха, Нееля.
37. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Неколлинеарные магнитные структуры. Спиновые стекла.
38. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

39. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
40. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
41. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
42. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
43. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
44. Сверхпроводники первого и второго рода, их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник.
45. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Критерии оценки реферата

Оценка «зачтено» ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- иллюстрировании теоретических положений практическим материалом.

Также оценка «зачтено» ставится при:

- в целом правильном и полном ответе с негрубыми ошибками или неточностями;
- умении оперировать специальными терминами;
- небольших затруднениях в использовании практического материала;
- не вполне законченных выводах или обобщениях, не носящих принципиального характера, когда установлено, что аспирант обладает необходимыми знаниями для последующего устранения указанных погрешностей под руководством преподавателя.

Оценка «незачтено» ставится при:

- схематичном неполном ответе;
- наличии одной грубой ошибки;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Оценка «незачтено» также ставится при:

- отсутствии текста реферата на бумажном носителе и компьютерной презентации, отражающей содержание реферата;
- ответе на вопросы с грубыми ошибками;
- неумении оперировать специальными терминами и их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Критерии оценки знаний на зачете

Оценка «отлично» на зачете ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- иллюстрировании теоретических положений практическим материалом.

Оценка «хорошо» на зачете ставится при:

- в целом правильном и полном ответе с негрубыми ошибками или неточностями;

- умения оперировать специальными терминами;
- небольших затруднениях в использовании практического материала;
- не вполне законченных выводах или обобщениях.

Оценка «удовлетворительно» на зачете ставится при:

- схематичном неполном ответе;
- наличии одной грубой ошибки;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Оценка «неудовлетворительно» на зачете ставится при:

- ответе на все вопросы билета и наводящие вопросы с грубыми ошибками;
- неумении оперировать специальными терминами и их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Научные подразделения УдмФИЦ располагают материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

1. Компьютеры с пакетами прикладных программ, выходом в Интернет и в локальную сеть УдмФИЦ, а также принтеры, сканеры и ксероксы;

2. Экспериментальное оборудование научных подразделений УдмФИЦ УрО РАН, а также Центра коллективного пользования УдмФИЦ УрО РАН;

3. Доступ к библиотечному фонду УдмФИЦ УрО РАН, который укомплектован изданиями научной, учебной и иной литературы, включая периодические издания; к электронно-информационным ресурсам Центральной научной библиотеки УрО РАН и иным ресурсам научной литературы через Интернет.

4. Персональные компьютеры с пакетами прикладных программ, выходом в Интернет и в локальную сеть УдмФИЦ, а также принтеры, сканеры и ксероксы;

5. Поддерживается официальный сайт УдмФИЦ УрО РАН <http://udman.ru>, электронная почта.

Имеются учебные аудитории для проведения лекционных занятий, мультимедийное оборудование, программное обеспечение для компьютерных презентаций, обеспечен доступ аспирантов к компьютеру с выходом в Интернет.