

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»
Институт физико-математических наук и информационных технологий

«Согласовано»
Зам. Директора ИФМНиИТ
К.ф.-м.н, доцент
_____ / Шпилевой А.А.

«Утверждаю»
Директор ИФМНиИТ
Д.ф.-м.н., профессор
_____ / Юров А.В.

Рабочая программа дисциплины:

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность программы

«Физика конденсированного состояния»

Квалификация: Исследователь. Преподаватель - исследователь

Калининград,

2020 год

СОДЕРЖАНИЕ

РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «Физика конденсированного состояния»

- 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы **03.06.01 «Физика и астрономия»**, направленность программы аспирантуры «Физика конденсированного состояния».
- 2 Место дисциплины в структуре ОПОП аспирантуры
- 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
- 4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
- 5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
- 6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
 - 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 6.2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования
 - 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций
- 7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
- 8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
- 9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
- 10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
- 11 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Наименование дисциплины - «Физика конденсированного состояния»

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

направления подготовки **03.06.01 «Физика и астрономия»**, направленность программы аспирантуры «Физика конденсированного состояния».

Цель освоения программы.

Цель освоения программы аспирантуры «Физика конденсированного состояния» направления подготовки **03.06.01 «Физика и астрономия»** – это подготовка квалифицированного преподавателя-исследователя, обладающего системой универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, способного и готового для самостоятельной профессиональной деятельности.

В структуре учебного плана дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к разделу обязательных дисциплин вариативной части блока дисциплин (модулей) Б1.В.О2.1. Дисциплина «Физика конденсированного состояния» является фундаментальной дисциплиной, предметом ее изучения являются фундаментальные законы физики конденсированного вещества.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры:

- способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния (ПК-2);
- способность строить математические модели объектов исследования и выбирать численные методы их решения, разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи (ПК-3).

Цель освоения дисциплины:

углубленное изучение общих научных принципов, главные идеи и теоретических концепций физики конденсированного состояния, ознакомление с современными методами исследования электрических, магнитных и оптических свойств конденсированных сред, а также с новыми явлениями в области магнетизма, сверхпроводимости, магнитного резонанса, с современными достижениями в области нанотехнологий, спинтроники; формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской работы в областях оптической спектроскопии, электронного парамагнитного резонанса, ядерного магнитного резонанса, электронной зондовой и атомной силовой спектроскопии; ознакомление с основными достижениями в области

развития современных методов исследования вещества и экспериментальными результатами, которые получены с использованием этих методов.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных законов физики конденсированного состояния;
- формирование знаний о фундаментальных свойствах твердых тел и низкоразмерных систем на их основе, кластеров, атомов и молекул, а также процессов на границах раздела между средами;
- изучение принципов, лежащих в основе методов электронной зондовой и атомной силовой спектроскопии, магнитного резонанса, мессбауровской спектроскопии, магнитно-резонансной томографии, которые широко используются для исследования конденсированного вещества различной природы;
- знакомство обучающихся с современными экспериментальными и теоретическими методами исследования атомных систем и наноразмерных структур в твердых телах;
- знакомство аспирантов с перспективами развития и проблемами физики конденсированных сред.

Компетенции, формируемые у аспиранта в результате освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния». В результате освоения ОПОП аспирант должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи	Знать: - основные законы физики конденсированного состояния и методов его исследования; - основные достижения и перспективы развития в области развития методов исследования микро- и наноструктур, их значения для промышленного производства и общества в целом. Уметь: - выбрать метод исследования для выполнения конкретного творческого задания. Владеть: - навыками оценки и анализа научно-технической разработки, в т.ч. мировой новизны и промышленной применимости.;
ПК-2	Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные	Знать: - современные проблемы физики конденсированных сред - современные экспериментальные и теоретические методы исследования атомных систем, наноразмерных структур. Уметь: - работать с литературными источниками, объяснять суть физических явлений, рассматриваемых в курсе; - работать с современным оборудованием, проводить физический эксперимент; - делать выводы, находить связь между явлениями. Владеть:

	теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния	- навыками междисциплинарного применения новых полученных результатов.;
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность соответствующей профессиональной области использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принципы планирования времени при написании текста диссертации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать полученные знания для формирования эффективных стратегий поиска и научно-исследовательской работы по своему научному профилю. <p>Владеть опытом:</p> <ul style="list-style-type: none"> • создания академических текстов теоретического и методологического характера; • публичного представления результатов своего исследования и их квалифицированного обсуждения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» входит в вариативную часть (Б1.В..02.01) блока дисциплин (модулей) подготовки аспирантуры по направлению подготовки 03.03.01 «Физика и астрономия» (Направленность программы Физика конденсированного состояния)

Логическая и содержательная связь дисциплин, участвующих в формировании представленных в п.1 компетенций, содержится в ниже представленной таблице:

Компетенция	Предшествующие дисциплины	Данная дисциплина	Последующие дисциплины
ПК-2	Научно-исследовательская	Физика конденсированного	

	деятельность	состояния	Квантовая радиофизика Научно-исследовательская деятельность Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук
ПК-3	Научно-исследовательская деятельность	Физика конденсированного состояния	Квантовая радиофизика Научно-исследовательская деятельность
ОПК-1	Научно-исследовательская деятельность Актуальные проблемы отрасли науки История и философия науки	Физика конденсированного состояния	Квантовая радиофизика Научно-исследовательская деятельность Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» изучается на 4-ом курсе в 7-ом семестре на очном отделении

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 АСПИРАНТА

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объём дисциплины	Всего часов		
	Для очной формы обучения	Для заочной формы обучения	Для очно-заочной формы обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108		
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	30		
Аудиторная работа (всего):	28		
в т. числе:			
Лекции	10		
Семинары, практические занятия	18		
Практикумы	-		
Контроль	36		
Групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем	-		
Контроль самостоятельной работы студентов	2		
Самостоятельная работа обучающихся	42		
Вид промежуточной аттестации обучающегося	Экзамен.		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

4.1. Тематический план.

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из них 46 часа отводится на самостоятельное изучение, 30 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (10 часа занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (во взаимодействии с преподавателем), часы					Сам. работа аспиранта, часы	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические, контрольные занятия и др)	Всего	Всего
Тема 1. Электронная структура вещества. 1.1. Введение. Электронная структура атома. 1.2. Свободный электрон. Решение уравнения Шредингера для электрона. 1.3. Электрон в потенциальном ящике. 1.4. Туннельный эффект. 1.5. Электрон в периодическом поле кристалла. 1.6. Энергетические зоны в кристаллах. 1.7. Кристаллическая структура твердых тел. Химические связи. 1.8. Основные типы химической связи между атомами в кристаллах.	22	2	2			6	6	6
Тема 2. Симметрия молекул и кристаллов 2.1. Преобразования симметрии 2.2. Операции симметрии 2.3. Общие свойства групп	20	2	2			4	6	6

<p>симметрии</p> <p>2.4. Классификация групп симметрии</p> <p>2.5. Соответствие между молекулами и группами симметрии</p> <p>2.6. Симметрия потенциальной и кинетической энергий</p> <p>Симметрия кристаллической решетки</p> <p>2.7 . Элементы симметрии кристалла. Сингонии и кристаллические классы</p>								
<p>Тема 3. Дифракция на кристаллах</p> <p>3.1. Дифракция излучения и частиц на кристаллической решетке.</p> <p>3.2. Обратная решетка.</p> <p>3.3. Построение Эвальда.</p> <p>3.4. Обратная решетка поликристалла.</p> <p>3.5. Зоны Бриллюэна.</p> <p>3.6. Структурный фактор базиса.</p> <p>3.7. Атомный фактор рассеяния.</p>	22	2	2			6	6	6
<p>Тема 4. Электронные свойства твердых тел</p> <p>4.1. Электрические свойства твердых тел</p> <p>4.2. Классическая электронная теория проводимости</p> <p>4.3. Квантомеханическая теория проводимости.</p> <p>4.4. Зона Бриллюэна.</p> <p>4.5. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу.</p> <p>4.6. Свободные электроны</p> <p>4.7. Дифракция валентных электронов</p>	18	2	4			6		6
<p>Тема 5. Магнитные свойства вещества</p> <p>5.1. Намагниченность и восприимчивость.</p> <p>5.2 Ферромагнетизм</p> <p>5.3. Ферромагнитные домены.</p> <p>5.4. Спиновые волны.</p> <p>5.5. Экспериментальные методы исследования магнитных свойств вещества</p> <p>5. 6 Аномальный эффект Холла</p>	18	2	4			6		6
<p>Тема 6. Магнитные фазовые переходы</p> <p>6.1. Общая информация.</p> <p>6.2. Введение.</p> <p>6.3. Сенсоры и актуаторы.</p> <p>6.4. Прямое преобразование тепловой энергии в механическую энергию.</p> <p>6.5. Прямое преобразование</p>	12		2			4		6

тепловой энергии в электрическую энергию. 6.6. Магнитное охлаждение.								
Тема 7. Сверхпроводимость 7.1. Сверхпроводимость. 7.2. Сверхпроводники первого и второго рода. 7.3 Эффект Джозефсона. 7.4 Куперовское спаривание.	12		2			4		6
ИТОГО	108/3 ЗЕ	10	18			36		42
Промежуточная аттестация	экзамен.							

4.2. Содержание тематических разделов дисциплины

№ п/п	Наименование темы	Основные понятия и проблемы, рассматриваемые в теме
1	Тема 1. Электронная структура вещества.	1.1. Введение. Электронная структура атома. 1.2. Свободный электрон. Решение уравнения Шредингера для электрона. 1.3. Электрон в потенциальном ящике. 1.4. Туннельный эффект. 1.5. Электрон в периодическом поле кристалла. 1.6. Энергетические зоны в кристаллах. 1.7. Кристаллическая структура твердых тел. Химические связи. 1.8. Основные типы химической связи между атомами в кристаллах..
2	Тема 2. Симметрия молекул и кристаллов	2.1. Преобразования симметрии 2.2. Операции симметрии 2.3. Общие свойства групп симметрии 2.4. Классификация групп симметрии 2.5. Соответствие между молекулами и группами симметрии 2.6. Симметрия потенциальной и кинетической энергий Симметрия кристаллической решетки 2.7 . Элементы симметрии кристалла. Сингонии и кристаллические классы
3	Тема 3. Дифракция на кристаллах	3.1. Дифракция излучения и частиц на кристаллической решетке. 3.2. Обратная решетка. 3.3. Построение Эвальда. 3.4. Обратная решетка поликристалла. 3.5. Зоны Бриллюэна. 3.6. Структурный фактор базиса. 3.7. Атомный фактор рассеяния
4	Тема 4. Электронные свойства твердых тел	4.1. Электрические свойства твердых тел 4.2. Классическая электронная теория проводимости 4.3. Квантомеханическая теория проводимости. 4.4. Зона Бриллюэна. 4.5.Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу.

		4.6. Свободные электроны 4.7. Дифракция валентных электронов.
5	Тема 5. Магнитные свойства вещества	5.1. Намагниченность и восприимчивость. 5.2 Ферромагнетизм 5.3. Ферромагнитные домены. 5.4. Спиновые волны. 5.5. Экспериментальные методы исследования магнитных свойств вещества 5. 6 Аномальный эффект Холла
6	Тема 6. Магнитные фазовые переходы	6.1. Общая информация. 6.2. Введение. 6.3. Сенсоры и актуаторы. 6.4. Прямое преобразование тепловой энергии в механическую энергию. 6.5. Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую энергию. 6.6. Магнитное охлаждение.
7	Тема 7. Сверхпроводимость	7.1. Сверхпроводимость. 7.2. Сверхпроводники первого и второго рода. 7.3 Эффект Джозефсона. 7.4 Куперовское спаривание.

4.2. Тематика практических занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы занятия
1	Тема 1. Электронная структура вещества.	Электрон в периодическом поле кристалла. Энергетические зоны в кристаллах. Кристаллическая структура твердых тел. Химические связи.
2	Тема 2. Симметрия молекул и кристаллов	Элементы симметрии кристалла. Сингонии и кристаллические классы
3	Тема 3. Дифракция на кристаллах	Понятие Оже электронов. Принцип работы Оже спектрометрии
4	Тема 4. Электронные свойства твердых тел	Зона Бриллюэна. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу.
5	Тема 5. Магнитные свойства вещества	Ферромагнетизм Ферромагнитные домены. Спиновые волны.
6	Тема 6. Магнитные фазовые переходы	Типы фазовых переходов. Сенсоры и актуаторы.
7	Тема 7. Сверхпроводимость	Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Тематика самостоятельных работ

№ п/п	Наименование темы	Основные понятия и проблемы, рассматриваемые в теме
1	Тема 1. Электронная структура вещества.	1.1 Электронная структура атома. 1.2. Свободный электрон. Решение уравнения Шредингера для электрона. 1.3. Электрон в потенциальном ящике. 1.4. Туннельный эффект. 1.5. Основные типы химической связи между атомами в кристаллах..
2	Тема 2. Симметрия молекул и кристаллов	2.1. Преобразования симметрии 2.2. Операции симметрии 2.3. Общие свойства групп симметрии 2.4. Классификация групп симметрии 2.5. Соответствие между молекулами и группами симметрии 2.6. Симметрия потенциальной и кинетической энергий Симметрия кристаллической решетки
3	Тема 3. Дифракция на кристаллах	3.1. Дифракция излучения и частиц на кристаллической решетке. 3.2. Обратная решетка. 3.3. Построение Эвальда. 3.4. Обратная решетка поликристалла. 3.5. Зоны Бриллюэна. 3.6. Структурный фактор базиса. 3.7. Атомный фактор рассеяния
4	Тема 4. Электронные свойства твердых тел	4.1. Электрические свойства твердых тел 4.2. Классическая электронная теория проводимости 4.3. Квантомеханическая теория проводимости. 4.4. Зона Бриллюэна. 4.5. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. 4.6. Свободные электроны 4.7. Дифракция валентных электронов.
5	Тема 5. Магнитные свойства вещества	5.1. Намагниченность и восприимчивость. 5.2 Ферромагнетизм 5.3. Ферромагнитные домены. 5.4. Спиновые волны. 5.5. Экспериментальные методы исследования магнитных свойств вещества 5. 6 Аномальный эффект Холла
6	Тема 6. Магнитные фазовые переходы	6.1. Общая информация. 6.2. Введение. 6.3. Сенсоры и актуаторы. 6.4. Прямое преобразование тепловой энергии в механическую энергию. 6.5. Прямое преобразование тепловой энергии в

		электрическую энергию. 6.6. Магнитное охлаждение.
7	Тема 7. Сверхпроводимость	7.1. Сверхпроводимость. 7.2. Сверхпроводники первого и второго рода. 7.3 Эффект Джозефсона.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины являются:

- изучение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы;
- подготовка и выполнение заданий по тематике самостоятельных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации (зачету).

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся составляют:

- Материалы лекций
- Учебно-методическая литература
- Информационные ресурсы "Интернета"
- Фонды оценочных средств

При организации самостоятельного изучения ряда тем лекционных курсов дисциплины аспирант работает в соответствии с указаниями, выданными преподавателем. Указания по изучению теоретического материала курса составляются дифференцированно по каждой теме и включают в себя следующие элементы:

- название темы;
- цели и задачи изучения темы;
- основные вопросы темы;
- характеристику основных понятий и определений, необходимых аспиранту для усвоения данной темы;
- список рекомендуемой литературы;
- наиболее важные фрагменты текстов рекомендуемых источников, в том числе таблицы, рисунки, схемы и т. п.;
- краткие выводы, ориентирующие аспиранта на определенную совокупность сведений, основных идей, ключевых положений, систему доказательств, которые необходимо усвоить;
- контрольные вопросы, предназначенные для самопроверки знаний.

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки аспиранта является работа с литературой. Изучение литературы позволяет выяснить, в каком состоянии в современном мире находится рассматриваемая проблема, что сделано другими авторами в этом направлении, какие вопросы недостаточно ясно освещены, либо не рассмотрены.

Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий. Наиболее эффективный метод работы с литературой – метод кодирования, включающий комментирование новых данных, оценку их значения, постановку вопросов, сопоставление полученных сведений с ранее известными. В зависимости от вида внеаудиторной подготовки аспиранта работа с учебной, научной и иной литературой предполагает использование разнообразных форм записей: план, тезисы, цитаты, конспект и пр.

- План представляет собой перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике, и позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов научного труда, быстро и глубоко проникнуть в сущность его построения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.
- Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном порядке наиболее важные мысли автора, статистические и другие сведения. В отдельных случаях допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному.
- Тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала, в них отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. Тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования. Тезисы оказываются незаменимыми для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр.
- К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Аннотация пишется почти исключительно своими словами

и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста.

- Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего, выводов. Как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

Для работы над конспектом следует: 1) определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста; 2) в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста - в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу; 3) выполнить анализ записей и на его основе – дополнение записей собственными замечаниями, соображениями (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках); 4) завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Изучение литературы следует начинать с работ, опубликованных в последние годы и наиболее полно раскрывающих вопросы выбранной темы, а затем уже переходить к ранним изданиям. Таким образом, можно проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, ознакомиться с аргументацией их выводов и обобщений с тем, чтобы на основе анализа, систематизирования, осмысления полученного материала выяснить современное состояние вопроса.

Внеаудиторная самостоятельная работа в рамках данной дисциплины включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям и лабораторным занятиям) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- подготовку к зачету.

Подготовка к аудиторным занятиям проводится в соответствии со следующими рекомендациями:

Подготовка к лекционным занятиям

При подготовке к лекционным занятиям аспиранту рекомендуется повторное ознакомление с пройденными ранее темами, касающимися тематики предстоящей лекции. Это освежит в памяти ключевые понятия и законы, необходимые для успешного освоения нового материала. В соответствии с рабочей программой дисциплины аспиранту также может быть предложена самостоятельная проработка отдельных вопросов пройденных лекционных тем, знание которых позволит с большей эффективностью изучить новый материал.

Подготовка к практическим занятиям, круглым столам зачету

При подготовке к практическим занятиям по определенной теме дисциплины необходимо, прежде всего, повторить изученный ранее материал, касающийся понятий и законов, рассматриваемых в данной теме. Также для успешного освоения темы следует разобрать решения типовых задач. Как правило, решение любой задачи можно свести к выполнению следующего набора действий:

- прочитать внимательно условие задачи и проанализировать смысл каждого числового значения в ней;
 - в случае если задача сложная, необходимо записать кратко ее условие, начертить к ней схему замещения электрической цепи или функциональную схему исследуемого радиотехнического устройства;
 - продумать, какие законы и соотношения необходимо знать, чтобы ответить на вопросы задачи;
 - составить план решения задачи;
- решить задачу и проверить полученный ответ (в случае сложной задачи – альтернативным методом).

Подготовка к экзамену

При подготовке к экзамену с оценкой большую роль играют правильно подготовленные заранее записи и конспекты. В этом случае, остается лишь повторить пройденный материал, учесть то, что было пропущено, восполнить пробелы, закрепить ранее изученный материал.

В ходе самостоятельной подготовки к экзамену при анализе имеющегося теоретического и практического материала аспиранту также рекомендуется проводить постановку различного рода задач по изучаемой теме, что поможет в дальнейшем выявлять критерии принятия тех или иных решений, причины совершения определенного

рода ошибок. При ответе на вопросы, поставленные в ходе самостоятельной подготовки, аспирант вырабатывает в себе способность логически мыслить, искать в анализе событий причинно-следственные связи.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной программы в рамках учебной

Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Содержание компетенций	Оценочные средства по этапам формирования компетенций	
			текущий контроль по дисциплине	промежуточный контроль по дисциплине
Тема 1. Электронная структура вещества.	ПК-2,3	Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния; разрабатывать новый или выбирать	Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций	зачет

			готовый алгоритм решения поставленной задачи		
Тема Симметрия молекул кристаллов	2. и	ПК-2,3	Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния; разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи	Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций	зачет
Тема Дифракция кристаллах	3. на	ПК-2,3	Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области	Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций	зачет

		<p>физики конденсированного состояния;</p> <p>разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи</p>		
<p>Тема 4. Электронные свойства твердых тел</p>	<p>ПК-2,3</p>	<p>Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния;</p> <p>разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи</p>	<p>Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций</p>	<p>зачет</p>
<p>Тема 5. Магнитные свойства вещества</p>	<p>ПК-2,3</p>	<p>Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе</p>	<p>Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций</p>	<p>зачет</p>

		<p>профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния;</p> <p>разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи</p>		
<p>Тема 6. Магнитные фазовые переходы</p>	ПК-2,3	<p>Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов, способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния;</p> <p>разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи</p>	<p>Активность участия в работе практических семинаров и круглых столов. Подготовка презентаций</p>	зачет
<p>Тема 7. Сверхпроводимость</p>	ПК-2,3	<p>Способность использовать знания современных проблем, новейших достижений и фундаментальных физических законов,</p>	<p>Активность участия в работе практических семинаров и круглых</p>	зачет

		<p>способность ставить научные теоретические задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности при решении современных проблем в области физики конденсированного состояния;</p> <p>разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения поставленной задачи</p>	<p>столов. Подготовка презентаций</p>	
--	--	--	---	--

Этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

ой недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
раздела плины	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5
декс ируемой тенции	Этапы формирования компетенции													
К-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
К-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6.2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Критерии определения сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Показатели	ниже порогового	пороговый	достаточный	повышенный
Критерии	<p>Компетенция не сформирована.</p> <p>Аспирант не способен определить основные понятия, воспроизвести основные факты, идеи теории информационных процессов и систем, не знает основные методы решения типовых задач.</p> <p>Не умеет работать со справочной литературой, не способен представить результаты своей работы.</p> <p>Не владеет основной терминологией в предметной области, начальными навыками в</p>	<p>Компетенция сформирована на «удовлетворительно».</p> <p>Аспирант дает определения основных понятий, воспроизводит основные факты, идеи теории информационных процессов и систем, знает основные методы решения типовых задач.</p> <p>Умеет работать со справочной литературой, представлять результаты своей работы.</p> <p>Владеет основной терминологией в предметной области, начальными навыками в области информационных технологий, способен применять информационные технологии для решения</p>	<p>Компетенция сформирована на «хорошо».</p> <p>Аспирант понимает связи между различными понятиями теории, аргументирует выбор метода решения задачи и умеет их применять на практике.</p> <p>Применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях, умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания.</p> <p>Способен применять информационные технологии для решения прикладных задач, адаптировать типовые технологии к решению практикоориентированных задач.</p>	<p>Компетенция сформирована «отлично».</p> <p>Аспирант устанавливает связи между основными концепциями в предметной области, теориями, дисциплинами.</p> <p>Оценивает достоверность полученного решения задачи, методы решения задачи и выбирает оптимальный метод, разрабатывает модели реальных процессов и ситуаций.</p> <p>Способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах</p>

	области информационных технологий, не способен применять информационные технологии для решения типовых задач	типовых задач		предметной области знания, интерпретировать знания предметной области.
--	--	---------------	--	--

Поскольку учебная дисциплина призвана формировать сразу три компетенции, критерии оценки целесообразно формировать в два этапа.

1-й этап: определение критериев оценки отдельно по каждой формируемой компетенции. Сущность 1-го этапа состоит в определении шкал оценивания для оценивания отдельно взятой компетенции на основе продемонстрированного обучаемым уровня самостоятельности в применении полуполученных в ходе изучения учебной дисциплины, знаний, умений и навыков.

Шкала оценивания компетенции

Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции	Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции	Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции
---	---	--

<p>Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции. Отсутствие подтверждения наличия сформированности компетенции свидетельствует об отрицательных результатах освоения учебной дисциплины</p>	<p>Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок. Поскольку выявлено наличие сформированной компетенции, ее следует оценивать положительно, но на низком уровне</p>	<p>Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем более высоком уровне. Наличие сформированной компетенции на повышенном уровне самостоятельности со стороны обучаемого при ее практической демонстрации в ходе решения аналогичных заданий следует оценивать как положительное и устойчиво закрепленное в практическом навыке</p>
---	--	---

2-й этап: определение критериев для оценки уровня обученности по учебной дисциплине на основе комплексного подхода к уровню сформированности всех компетенций, обязательных к формированию в процессе изучения предмета. Сущность 2-го этапа определения критерия оценки по учебной дисциплине заключена в определении подхода к оцениванию на основе ранее полученных данных о сформированности каждой компетенции, обязательной к выработке в процессе изучения предмета. В качестве основного критерия при оценке обучаемого при определении

уровня освоения учебной дисциплины наличие сформированных у него компетенций по результатам освоения учебной дисциплины.

Положительная оценка по дисциплине, может выставляться и при не полной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Примерный перечень заданий к обсуждению в рамках круглого стола

Примеры задач для промежуточной аттестации.

Задача 1. Пусть энергия частицы в поле другой частицы зависит от расстояния между центрами этих частиц следующим образом:

$$U(r) = - \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^8},$$

где α и β - постоянные. Показать, что:

1. Показать, что эти две частицы образуют стабильное соединение при $r = r_0 = (8\beta/\alpha)^{1/7}$;
2. Показать, что в случае образования стабильной конфигурации энергия притяжения в 8 раз больше энергии отталкивания;
3. Показать, что полная потенциальная энергия двух частиц при стабильной конфигурации

$$U_{\text{ст.}} = - \frac{7}{8} \left(\frac{\alpha^8}{8\beta} \right)^{1/7} = - \frac{7}{8} \frac{\alpha}{r_0};$$

4. Показать, что если разделять частицы, то молекула разорвется, как только будет достигнуто расстояние R , где

$$R = \left(\frac{36\beta}{\alpha} \right)^{1/7} = 4,5^{1/7} r_0.$$

Задача 2. Известно, что в кристалле, в котором связи обусловлены силами Ван-дер-Ваальса, равновесное межатомное расстояние $r_0 = 1,50 \text{ \AA}$, а энергия на 10% меньше, чем в случае, когда учитываются только силы притяжения. Чему равна характерная длина ρ ,

входящая в выражение: $U = - \frac{A}{r^6} + B \exp\left(-\frac{r}{\rho}\right)$. ОТВЕТ: $\rho \approx 0,25 \text{ \AA}$.

Задача 3. Энергия взаимодействия между двумя атомами в молекуле зависит от расстояния следующим образом:

$$U(r) = - \frac{\alpha}{r^n} + \frac{\beta}{r^m}.$$

Межатомное расстояние в положении равновесия $r_0 = 3 \text{ \AA}$, энергия диссоциации (расщепления нейтральной молекулы на противоположно заряженные ионы) молекулы

$U_d = -4$ эВ. Вычислить значения коэффициентов α и β , если $n = 2$, $m = 10$. Найти силы, стремящиеся вернуть атомы в положение равновесия при изменении межатомного расстояния r_0 на 10 %.

ОТВЕТ: $\alpha = 7,16 \cdot 10^{-38}$ Дж · м²; $\beta = 9,44 \cdot 10^{-115}$ Дж · м¹⁰; $F = 2,13 \cdot 10^{-9}$ Н.

Задача 4. Вычислить значение энергии кристаллической решетки NaCl, если постоянная n , характеризующая потенциал сил отталкивания, равна 9,4, а постоянная Маделунга 1,75. Постоянная решетки NaCl равна 2,81 Å.

ОТВЕТ: $U = 8,6 \cdot 10^{-5}$ Дж/моль.

Задача 5. Экспериментальное значение энергии сцепления KCl на молекулу равно 6,62 эВ. Вычислить n , считая $r_0 = 3,1$ Å и $\alpha = 1,75$.

ОТВЕТ: $n \approx 5,37$.

Задача 6. Показать, что модуль всестороннего сжатия кубической кристаллической

решетки $B = \frac{r_0^2}{9V} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right)_{r=r_0}$,

где r_0 - расстояние между атомами в состоянии равновесия; V - объем кристалла.

ОТВЕТ: $B = \frac{r_0^2}{9V} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right)_{r=r_0}$.

Задача 7. Вычислить энергию отталкивания для KCl, если энергия диссоциации равна (-4,40) эВ. Принять $r_0 = 2,79$ Å, энергию ионизации атома калия равной 4,34 эВ, энергию сродства атома хлора к электрону - (-3,82 эВ).

ОТВЕТ: $U_{от} = 0,24$ эВ.

Задача 8. Найти сжимаемость кристалла NaCl при 0К, считая, что показатель экспоненты, определяющий величину сил отталкивания, равен $m = 9,4$. Постоянная Маделунга для NaCl равна 1,75.

ОТВЕТ: $\alpha = 3,3 \cdot 10^{-11}$ м²/Н.

Задача 9. Рассмотреть к каким возможным последствиям для постоянной решетки, сжимаемости и энергии решетки, приведет удвоение заряда хлористого натрия, если считать, что потенциал отталкивания останется постоянным.

ОТВЕТ: Энергия решетки при увеличении заряда вдвое возрастет более чем в 4 раза, а сжимаемость уменьшится более чем в 4 раза.

Задача 10. Определить значение постоянной Маделунга для одномерной решетки, состоящей из последовательно чередующихся положительных и отрицательных ионов.

ОТВЕТ: $\alpha = 2 \ln 2 = 1,386$.

Задача 11. Получить выражение для модуля всесороннего сжатия кристалла с молярным объемом V_0 и общей энергией взаимодействия между атомами U_0 , считая, что энергия

взаимодействия между атомами определяется выражением $U(r) = - \frac{\alpha}{r^n} + \frac{\beta}{r^m}$.

ОТВЕТ: $|B| = |U_0| \cdot \frac{m}{9V_0}$.

Примерный перечень заданий устного опроса

- 1) В чем суть валентного приближения в модели кристаллических сред?
- 2) В чем различие между молекулярными кристаллами и ионными?
- 3) О чем гласит теорема Блоха?
- 4) Как определяются Блоховские функции. Что такое квазиимпульс?
- 5) Что такое зона Бриллюэна? Как формируются энергетические зоны? В чем различие между металлами, диэлектриками, полупроводниками с точки зрения строения зон?
- 6) Что определяет главное квантовое число?
- 7) Что определяет граница ионизации?
- 8) Что такое вырожденное состояние?
- 9) Чем отличается спиновое квантовое число от орбитального квантового числа?
- 10) Из чего состоит полная энергия молекулы?
- 11) Каков порядок энергии движения электрона в кристаллах?
- 12) Как влияют внешние поля на положение уровней?
- 13) Как выглядит зона Бриллюэна для кубической решетки?
- 14) Как образуется ферми-поверхность?
- 15) Что такое энергия Ферми?
- 16) С точки зрения построения магнитных теплопреобразующих систем, почему важно знать, как ведут себя функции (показать графически) $j = f(H)$, $B = f(H)$, $\chi = f(H)$, $\chi = f(T)$ для а) диамагнетиков, б) парамагнетиков, в) ферромагнетиков и г) антиферромагнетиков?
- 17) Записать объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики для системы, находящейся в магнитном поле.
- 18) Что такое магнитокалорический эффект, написать основную формулу для расчета этого эффекта.

- 19) Почему магнитокалорический эффект в диамагнетиках отсутствует?
- 20) Использование магнитокалорического эффекта для получения сверхнизких температур. Циклы охлаждения путем адиабатического размагничивания парамагнитных солей.
- 21) Состояние и перспективы использования магнитного охлаждения при обычных температурах.
- 22) Магнитотепловой цикл и прямое преобразование тепловой энергии в механическую энергию.
- 23) Что такое эластокалорический эффект и каковы перспективы использования его в теплопреобразующих устройствах.
- 24) Что такое барокалорический эффект и каковы перспективы использования его в теплопреобразующих устройствах.

Примерный перечень тем презентаций

1. Методы расчета электронной структуры (выбор структуры может быть сделан самим аспирантом)
2. Аномальный эффект Холла. Электрические свойства наноструктур. (структуры могут быть выбраны аспирантом)
3. Методы достижения сверхнизких температур (0,001 К).
4. Доменная структура. Ферромагнетики. Мультиферроики.
5. Магнитокалорический эффект. Термомагнитные циклы прямого преобразования тепловой энергии в механическую энергию, оценка их эффективности
6. Особенности ФМР для исследования многослойных структур.

Примерный перечень вопросов для кандидатского экзамена

1. **Структура твердых тел:** кристаллическая решетка, обратная решетка, экспериментальные методы исследования кристаллической структуры (дифракция рентгеновских лучей, рассеяние нейтронов), жидкие кристаллы; точечные дефекты, дислокации, планарные дефекты, объемные дефекты, классификация твердых тел по типу связи, химические и физические типы связи.
2. **Фазовые равновесия и переходы:** фазовые переходы в физике конденсированного состояния вещества, классификация фазовых переходов, примеры, Структурные фазовые переходы и фазовые превращения, кристаллизация, плавление, фазовые переходы металл-диэлектрик.

3. **Динамика кристаллической решетки и тепловые свойства твердых тел:** фононы, фононные спектры (теория и эксперимент), ветви колебаний, взаимодействие фононов, ангармонизм, модели Дебая и Эйнштейна, теплоемкость, тепловое расширение, теплопроводность решетки, методы измерения фононных спектров.
4. **Электронные состояния в кристаллах:** свободные электроны, теорема Блоха, понятие псевдопотенциала, зона Бриллюэна, зонная структура твердых тел, методы экспериментального исследования, циклотронный резонанс, эффект де-Газа-ван-Альфена, аннигиляция позитронов.
5. **Термодинамика и статистика электронов в твердых телах:** распределение Ферми для электронов, плотность состояний, электронная теплоемкость, статистика электронов и дырок в полупроводниках, собственный полупроводник, уровень Ферми, генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока.
6. **Зонная структура полупроводников, диэлектриков и полуметаллов:** приближение эффективной массы, динамика электронов и дырок в полупроводниках, полуметаллы, диэлектрики, поляроны, экситоны, контактные явления.
7. **Кинетические свойства твердых тел:** электропроводность, гальваномагнитные (эффект Холла, магнетосопротивление), термоэлектрические явления, термомагнитные явления и термогальваномагнитные явления. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца, квантовый эффект Холла.
8. **Диффузия:** атомная диффузия и дрейф, диффузия носителей заряда, соотношения Эйнштейна.
9. **Экспериментальные методы исследования конденсированных сред. Магнитно-резонансная спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР.** Релаксационные процессы. спин-спиновая и спин-решеточная релаксация. Оже-спектроскопия, Рамановское рассеяние. Рентгеновское рассеяние. .
10. **Сверхпроводимость:** основные свойства сверхпроводников, глубина проникновения, длина когерентности, феноменологическая теория Гинзбурга-Ландау, сверхпроводники первого и второго рода, вихревые нити, энергетические щели, куперовские пары, теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ), туннельный эффект Джозефсона, высокотемпературная сверхпроводимость.
11. **Статистика электронов и дырок в металлах и полупроводниках.** Плотность квантовых состояний в зонах. Функция распределения Ферми-Дирака, степень заполнения примесных уровней. Собственный и примесной полупроводники.

Невырожденный и вырожденный полупроводники. Зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей от температуры.

12. Контактные явления и поверхностные состояния в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. Диод Шоттки. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Диод. Транзистор. Поверхностные явления в полупроводниках. Эффект поля. Полевой транзистор.
13. Механизмы рассеяния носителей заряда. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации, эффективное сечение рассеяния. Рассеяние на ионах примеси, на дислокациях. Рассеяние на тепловых колебаниях решетки. Междолинное рассеяние. Эффект Ганна.
14. Подвижность и электропроводность. Неравновесная функция распределения, удельная проводимость полупроводников. Зависимость подвижности от температуры. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Туннельный эффект. Гальваномагнитные и термоэлектрические явления. Эффекты Холла, Зеебека, Пельтье. Генерация и рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках.
15. Полупроводниковые наноструктуры. Полупроводниковые и полуметаллические пленки. МДП – структуры. Гетероструктуры. Дельта – слои. Графен. Квантовые ямы. Квантовые проволоки. Квантовые точки. Сверхрешетки
16. Электрофизические размерные эффекты. Классический размерный эффект по дебаевской длине. Квантовые размерные эффекты в тонких пленках. Размерное квантование в области пространственного заряда.
17. Металлические нанокластеры. Теоретическое моделирование наночастиц. Электронная структура. Полупроводниковые наночастицы. Оптические свойства. Экситоны. Фотофрагментация.
18. Углеродные наноматериалы. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Методы получения. Физические и химические свойства. Области применения.
19. Физика магнитных явлений. Введение, основные понятия, аспекты, теоретические модели. Типы магнитного упорядочения. Эффекты, наблюдаемые в ферромагнитных материалах. Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток.
20. Магнитный заряд. Магнитный диполь. Спиновые модели. Пара- и диамагнетизм свободных ионов. Пара- и диамагнетизм металлов. Диамагнетизм Ландау. Парамагнетизм Паули.

21. Теория молекулярного поля Вейсса. Спин-орбитальное взаимодействие. Обменное взаимодействие. Обменно усиленный парамагнетизм. Типы магнитного упорядочения. Суперпарамагнетизм. Спиновое стекло. Квантовая природа магнитных явлений. Понятие о модели Гейзенберга. Ее основные свойства. Модель Изинга и XY - модель. Понятие о модели Хаббарда. Модель Стонера.

22. **Резонансные методы в магнетизме. Магнитооптические методы.** Ядерный магнитный резонанс. Ферромагнитный резонанс. Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты.

Гальваномагнитные эффекты. Основы спинтроники.

23. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Эффект Эттингсгаузена. Эффект Нернста – Эттингсгаузена. Гигантское магнитное сопротивление. Эффект Риги – Ледюка. Транспорт электронов. Формализм Кубо. Связь проводимости с квантовой прозрачностью. Формула Ландауэра. Туннелирование в гетероструктурах. Роль спина электрона в явлениях переноса. Теория гигантского магнетосопротивления в магнитных наногетероструктурах.

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

Оценка знаний, умений, навыков, характеризующая этапы формирования компетенций по дисциплине проводится в форме текущей и итоговой аттестации.

Контроль текущей успеваемости аспирантов – текущая аттестация – проводится в ходе семестра с целью определения уровня овладения компетенциями аспирантами (усвоения знаний; формирования у них умений и навыков); своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке аспирантов и принятия необходимых мер по ее корректировке; совершенствованию методики обучения; организации учебной работы и оказания аспирантам индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков аспирантов:

- на занятиях (устный опрос);
- по результатам выполнения индивидуальных заданий (реферат).

Контроль за выполнением аспирантами каждого вида работ может осуществляться поэтапно и служит основанием для текущей аттестации по дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится с целью выявления соответствия уровня теоретических знаний, практических умений и навыков по дисциплине в форме зачета. Текущий контроль осуществляется на лекционных занятиях.

Каждая форма контроля по дисциплине включает в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень освоения аспирантами знаний и степень сформированности умений и навыков.

Процедура оценивания компетенций аспирантов основана на следующих принципах:

1. Периодичность проведения оценки (на каждом занятии).
2. Многоступенчатость: оценка (как преподавателем, так и аспирантами группы) и самооценка аспиранта, обсуждение результатов и комплекса мер по устранению недостатков.

3. Единство используемой технологии для всех аспирантов, выполнение условий сопоставимости результатов оценивания.
4. Соблюдение последовательности проведения оценки: предусмотрено, что развитие компетенции идет по возрастанию их уровней сложности, а оценочные средства на каждом этапе учитывают это возрастание.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература по дисциплине

Основная литература

1. Матухин В. Л. Физика твердого тела: учеб. пособие/ В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2010. - 1 on-line, 218 с. ЭБС Лань(1) <http://e.lanbook.com/view/book/262/>
2. Румянцев, А. В. Введение в физику конденсированного состояния вещества/ А. В. Румянцев; Балт. федер. ун-т им. И. Канта. - Калининград: БФУ им. И. Канта, 2012. – 117 с. всего 10: ч.з.N3(2), УБ(7), ИБО(1)

Дополнительная литература

1. Делоне, Н. Б. Основы физики конденсированного вещества/ Н. Б. Делоне. - М.: Физматлит, 2011. - 233 с. ч.з.N3(1)
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. НА(1)
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979. всего 3: НА(2), ч.з.N3(1)
4. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969. всего 2: НА(2)
5. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974. ч.з.N3(1)
6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000. всего 2: ч.з.N3(1), НА(1)
7. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учеб. пособие для вузов/ под ред. А. С. Сигова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. - 184 с. ч.з.N3(1)
8. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах/ РАН, Отд-ние химии и наук о материалах, Науч. совет по физ. химии, Ин-т физ. химии и электрохимии; [под ред. акад. А. Ю. Цивадзе]. - М.: Граница, 2011. – 489 НА(1)
9. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы/ Р. А. Андриевский . - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. – 251 с ч.з.N3(1)
10. Б. Блюмих, Основы ЯМР, Москва: Техносфера, 2011. – 256 с. ч.з.N3(1)

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. «Национальная электронная библиотека» (<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>).
2. ЭБС Кантиана (<http://lib.kantiana.ru/irbis/standart/ELIB>).
3. ЭБС ЮРАЙТ <https://www.biblio-online.ru/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические рекомендации для аспирантов, обучающихся по индивидуальной образовательной траектории.

На основе учебного плана образовательного учреждения учащийся формирует собственный профиль обучения (индивидуальную образовательную траекторию), действуя по следующим правилам:

-учащийся должен выбрать каждый обязательный предмет на одном из предложенных уровней,

-учащийся может выбрать обязательный предмет по выбору на одном из предложенных уровней,

-учащийся должен выбрать модуль курса,

-учащийся должен выбрать систематический курс,

-учащийся должен выбрать не менее 3 часов (в неделю) элективных курсов,

-учащийся может выбрать еще элективные курсы, если они предложены образовательным учреждением в статусе программы дополнительного образования и организованы.

Аудиторная учебная нагрузка учащихся не должна превышать предельно допустимых объемов.

Выбор учащегося не является разовой акцией:

-учащийся должен выбирать новые элективные курсы перед началом каждого полугодия,

-учащийся должен выбирать новый модуль курса перед началом нового учебного года,

-учащийся может изменить свой выбор обязательного предмета по выбору или уровня освоения его содержания, а также уровня

освоения содержания обязательного предмета перед началом второго полугодия.

Изменение индивидуальной образовательной траектории (далее – ИОТ) происходит в соответствии с процедурой, установленной образовательным учреждением для ликвидации академических задолженностей и процедурой изменения ИОТ, принятой в составе Положения образовательного учреждения о профильном обучении на старшей ступени образования. При изменении выбора учащегося его нагрузка по предметам федерального и регионального компонентов должна оставаться неизменной.

Таким образом, должна быть выстроена достаточно гибкая система, в центре которой оказывается ученик, постоянно находящийся в ситуации выбора и выстраивания собственной образовательной траектории.

Задача поддержки самоопределения учащегося должна решаться средствами педагогического сопровождения (педагогического консультирования). В процессе педагогического консультирования предпринимаются педагогические действия, нацеленные на формирование у учащегося умения делать ответственный выбор.

Формирование и корректировка индивидуальных образовательных траекторий учащихся состоит из следующих этапов:

- информирование учащихся о предмете и процедуре выбора,
- фиксация решений (результатов выбора) учащихся,
- формирование групп,
- корректировка состава групп.

Методические рекомендации по работе над конспектом лекций во время и после проведения лекции.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Рекомендации по самостоятельному изучению теоретического материала и выполнению практических занятий.

Самостоятельная работа аспиранта - это вид учебного труда, позволяющий целенаправленно формировать и развивать самостоятельность аспиранта как личностное качество.

Наиболее эффективными формами самостоятельной работы по дисциплине аспирантов во **внеаудиторное** время, предусматриваются:

- проработка лекционного материала, работа с научно-технической литературой при изучении разделов лекционного курса, вынесенных на самостоятельную проработку;

- подготовка к практическим занятиям;

- решение задач, выданных на практических занятиях;

- подготовка к контрольным и самостоятельным работам.

В ходе самостоятельной работы должна осуществляться главная функция обучения - закрепление знаний, получение новых и превращение их в устойчивые умения и навыки.

Цели и задачи, которые должны быть достигнуты в ходе выполнения самостоятельной работы, заключаются в:

- углублении и закреплении знаний по курсу;

- развитию у аспиранта навыков работы со специальной литературой, научной литературой, статистическими данными;

- приобретении навыков практического применения полученных знаний.

При изучении курса аспирантам рекомендуется следующая последовательность обучения:

необходимо ознакомиться с рабочей программой учебной курса, руководствуясь содержанием материала по теории и решению задач практикума, а также методическими рекомендациями, представленными в учебно-методическом блоке УМК, проработать

учебный материал по рекомендованным учебникам и задачникам; затем следует обратиться к дополнительной литературе; руководствуясь содержанием материала по решению задач в УМК, решить задачи, данные преподавателем на самостоятельное решение; для промежуточной аттестации пройти тестирование на основании перечня вопросов, представленных в УМК; ознакомиться с перечнем вопросов по итоговому контролю знаний, представленному в УМК; посещать консультации, проводимые преподавателем; представить решенные задачи и реферат на проверку преподавателю.

Аспирантам следует помнить, что обучаемый должен не просто воспроизводить сумму полученных знаний по заданной теме, но и творчески переосмыслить существующее в современной науке подходы к пониманию тех или иных проблем, явлений, событий продемонстрировать и убедительно аргументировать собственную позицию.

Формы самостоятельной работы аспиранта выбираются преподавателем в соответствии с целями, определенными в рабочей программе, и спецификой данного курса. Рекомендуемые формы организации самостоятельной работы - анализ и изучение первоисточников, составление и разработка презентаций, применение кейс-технологий, разработка рефератов, составление заданий, задач, тестов, разработка научных и практических проектов и пр.).

Виды и формы организации самостоятельной работы аспирантов

Виды СРС	Руководство преподавателя
1. Конспектирование	1.Выборочная проверка
2. Реферирование литературы	2.Разработка тем и проверка
3. Аннотирование книг, статей	3.Образцы аннотаций и проверка
4. Выполнение заданий поискового исследовательского характера	4.Разработка заданий, создание поисковых ситуаций; спецкурс, спецсеминар, составление
5.Углубленный анализ научно – методической литературе, проведение эксперимента	картотеки по теме 5.Собеседование по проработанной литературе, составление плана дальнейшей работы, разработка методики

<p>6.Работа на лекции: составление или слежение за планом чтения лекции, проработка конспекта лекции. Дополнение конспекта рекомендованной литературой</p> <p>7. Практические занятия: в соответствии с инструкциями и методическими указаниями; получение результата</p>	<p>получения информации</p> <p>6.Предложение готового плана или предложение составить свой план по ходу или в заключение лекции</p> <p>7. Разработка заданий практические занятий, составление методических указаний, алгоритма действий, показателей уровня достижения результата</p>
---	--

Подготовка к контрольным мероприятиям

Текущий контроль осуществляется в виде устных опросов по теории в ходе круглого стола. При подготовке к практическим занятиям и круглому столу аспиранты должны освоить теоретический материал по блокам тем, выносимых на этот опрос. При подготовке к занятиям аспирантам необходимо повторить материал лекционных и практических занятий по отмеченным преподавателям темам.

Только тот аспирант успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если аспирант плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого аспиранта подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат – возможное отчисление из учебного заведения.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Использование электронных курсов лекций, информационно-справочной системы электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта <http://lms-2.kantiana.ru/>

2. Использование электронных курсов лекций, информационно-справочной системы электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта <http://lms-3.kantiana.ru/>

3. Организация взаимодействия с обучающимися, оценивание и формирование рейтинга обучающихся с использованием портала бально-рейтинговой системы БФУ им. И. Канта <https://brs.kantiana.ru/>

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В ходе преподавания дисциплины «Магнитно-резонансные методы исследования конденсированного сред» применяются следующие информационные технологии, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:

- технические средства: компьютерная техника и средства связи (персональные компьютеры, проектор, интерактивная доска, видеокамеры и пр.);
- методы обучения с использованием информационных технологий (демонстрация мультимедийных материалов и пр.);
- перечень интернет-сервисов и электронных ресурсов (поисковые системы, электронная почта, профессиональные, тематические чаты и форумы, системы видео- и аудиоконференций, он-лайн энциклопедии и справочники). Институт обеспечен лицензионным программным обеспечением.

Во время учебных занятий по данной дисциплине должно использоваться мультимедийное оборудование. Самостоятельная работа обучающихся также включает применение ИКТ. Общий библиотечный фонд включает учебники и учебные пособия, научную литературу, в которую входят: диссертации, монографии, авторефераты, вся справочная литература, энциклопедии - универсальные и отраслевые, электронные учебники. Фонд дополнительной литературы помимо учебной, включает официальные, справочно-библиографические и периодические издания. Фонд периодики представлен отраслевыми изданиями, соответствующими профилю направления подготовки обучающихся.

