

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Физика конденсированного состояния

**Код модуля**  
1148508(1)

**Модуль**  
Физика наноматериалов

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зацепин Анатолий Федорович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- **Зацепин Анатолий Федорович, Профессор, физических методов и приборов контроля качества**

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Физика конденсированного состояния**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Коллоквиум	1
		Отчет по лабораторным работам	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Физика конденсированного состояния**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-5 -Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	3-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур 3-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур 3-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры	Коллоквиум Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен

	<p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную документация по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p>	
--	---	--

### **3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6**

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	4,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – <b>0.4</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>экзамен</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – <b>0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	4,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – <b>1</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – <b>не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– **не предусмотрено**

Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – **не предусмотрено**

#### 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)			
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания	
		Традиционная характеристика уровня	Качественная характеристика уровня

1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Моделирование фонованого спектра и расчет физических свойств кристаллов
  2. ЭПР-спектроскопия парамагнитных дефектов
  3. Термолюминесцентная спектроскопия центров захвата носителей заряда
  4. Изучение фазового перехода в сегнетоэлектриках
  5. Моделирование колебательных спектров низкоразмерных структур
  6. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников
  7. Определение толщины пленок на основе спектров оптического пропускания
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### Базовый

##### 5.2.1. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Что такое «фонон»? Какими физическими параметрами обладают фононы с точки зрения корпускулярно-волнового дуализма?
2. Каков вид дисперсионной зависимости в модели одноатомной и двухатомной структуры?
3. Каков вид зависимости скорости переноса энергии фононами от волнового вектора? Как определить коэффициент упругости (модуль Юнга) кристалла на основе указанной зависимости?
4. В чем отличие акустических и оптических фононов? С чем связано существование запрещенной области частот колебаний в фононных спектрах кристаллов?
5. Как действует электромагнитное излучение инфракрасной области спектра на двухатомный ионный кристалл? Как зависит диэлектрическая проницаемость кристалла от частоты?
6. Каков физический смысл существования области отрицательных значений диэлектрической проницаемости? Какие фононы называются продольными (поперечными)?
7. В чем состоит сущность явления ЭПР?
8. Каков физический смысл основных параметров спектров ЭПР?
9. Чем обусловлено появление тонкой и сверхтонкой структуры спектров ЭПР?
10. На какое количество уровней произойдет расщепление основного состояния изолированного иона  $\text{Cr}^{3+}$  в магнитном поле? Сколько при этом линий ЭПР будет наблюдаться?
11. Каким образом установить изотропное/анизотропное окружение парамагнитного центра с помощью ЭПР-спектроскопии?
12. Дайте определение нерекombинационной (внутрицентральной) люминесценции.
13. Дайте определение центрам захвата и центрам свечения.
14. Чем определяется вероятность делокализации электрона с ловушки в условиях естественного затухания свечения материала?
15. Какими процессами определяется порядок кинетики ТСЛ?
16. Как оценить показатель кинетики ТСЛ по внешнему виду пиков?
17. Какой из предложенных методов расчета энергетической глубины центра захвата имеет более высокую степень точности?
18. Что такое полиморфизм? Какова физическая причина фазового перехода в твердом теле?
19. В чем отличия фазовых переходов первого и второго рода?
20. Полярные диэлектрики: линейные пьезоэлектрики и сегнетоэлектрики. общие признаки и отличия.
21. Основные признаки и элементы описания сегнетоэлектрических фазовых переходов второго рода.
22. Метод Сойлера-Тауэра как основа для экспериментального изучения фазовых переходов в сегнетоэлектриках.
23. Основные причины увеличения/уменьшения удельной проводимости с увеличением температуры.
24. Вид схемы конфигурационных кривых, поясняющей реализацию прямых и непрямых межзонных переходов.
25. Методика определения ширины запрещенной зоны для прямых и непрямых разрешенных межзонных переходов.



Примерные задания

Построить спектр оптического отражения. Используя полученные данные и модель Кумара, построить спектр оптического поглощения. Определить ширину запрещенной зоны для прямых и непрямых разрешенных межзонных переходов. Определить энергию фононов, участвующих в непрямом оптическом поглощении. Построить схему конфигурационных кривых, поясняющую реализацию прямых и непрямых межзонных переходов.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2.2. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Моделирование фононного спектра и расчет физических свойств кристаллов
2. ЭПР-спектроскопия парамагнитных дефектов
3. Термолюминесцентная спектроскопия центров захвата носителей заряда
4. Изучение фазового перехода в сегнетоэлектриках
5. Моделирование колебательных спектров низкоразмерных структур
6. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников
7. Определение толщины пленок на основе спектров оптического пропускания

Примерные задания

Определить значение g-фактора на основе предложенного спектра ЭПР. Частота  $\nu = 9388$  МГц. Определить концентрацию парамагнитных центров, если для эталонного образца, содержащего  $10^{17}$  центров/см<sup>3</sup>, площадь под кривой ЭПР составляет  $10^3$  отн.ед.\*Гаусс.

Выполнить моделирование энергетического спектра фононов для двухатомного кристалла MgO с помощью программы «Phonons». Определить максимальное значение частоты колебаний и граничные значения зоны запрещенных частот. Построить зависимости групповой скорости акустических и оптических колебаний от волнового вектора.

Записать кривые ТСЛ предложенных образцов. Определить число типов центров захвата и оценить порядок кинетики процесса для каждого изолированного пика ТСЛ.

Рассчитать (по методу Урбаха и Лущика) энергетическую глубину и частотный фактор центров захвата, обуславливающих полученный вид кривой ТСЛ.

Определить, является спектр ЭПР изотропным или анизотропным. Объяснить различия параметров спектров образцов в исследуемой серии стекол исходя из известных данных о составе и структуре образцов.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Классификация структурных состояний твердого тела. Кристаллические и аморфные тела. Ближний и дальний порядок.
2. Квазичастицы твердого тела. Электроны, поляроны, экситоны.

3. Пространственная кристаллическая решетка и ее свойства. Однородность и анизотропия решетки.
4. Динамика кристаллической решетки. Колебания линейной цепочки с двухатомным базисом. Акустические и оптические ветви колебаний.
5. Фононы и фононная статистика.
6. Ковалентные кристаллы и их свойства.
7. Элементарная ячейка. Простые и сложные ячейки. Ячейка Вигнера-Зейтца.
8. Ионные кристаллы. Энергия решетки. Постоянная Маделунга.
9. Трансляционная и точечная симметрия кристаллов.
10. Распределение электронных уровней по энергии. Плотность состояний.
11. Трансляционные решетки Бравэ.
12. Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса.
13. Задание узлов, направлений и плоскостей в кристаллической решетке.

Кристаллографические символы.

14. Классификация твердых тел по типу межатомной связи.
  15. Обратная решетка и ее свойства. Зона Бриллюэна.
  16. Классификация твердых тел по характеру заполнения энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
  17. Стационарное уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Электрон в периодическом поле.
  18. Геометрическая интерпретация условия интерференции. Построение Эвальда.
  19. Дифракция волн в кристалле. Уравнения Лауэ. Закон Вульфа-Брегга.
  20. Закон дисперсии для электронов в кристалле. Схемы периодических, расширенных и приведенных зон Бриллюэна.
  21. Гармоническое и адиабатическое приближение. Понятие нормальных колебаний.
  22. Колебания трехмерной решетки. Одноатомный кристалл с базисом.
  23. Колебания однородной струны. Упругие волны в кристаллах. Закон дисперсии.
  24. Классификация дефектов кристаллической решетки.
  25. Волновая функция электрона в кристалле. Функция Блоха. Энергетический спектр электронов в одномерном кристалле.
  26. Методы определения атомной структуры кристаллов. Рентгенография, электронография, нейтронография.
  27. Сравнительная характеристика различных типов связи в твердых телах.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной	ПК-5	З-1 У-4 У-5 П-1	Коллоквиум Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным

	целях	профессиональн ой деятельности Технология самостоятельной работы			работам Экзамен
--	-------	--	--	--	--------------------