

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Сегнето и пьезоэлектрики

Код модуля
1143614(1)

Модуль
Функциональные неорганические материалы

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ахматханов Андрей Ришатович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Шур Владимир Яковлевич	доктор физико-математических наук, профессор	профессор	Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

Авторы:

- **Ахматханов Андрей Ришатович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**
- **Шур Владимир Яковлевич, профессор, Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Сегнето и пьезоэлектрики

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Сегнето и пьезоэлектрики

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
ОПК-2 -Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов	Домашняя работа Зачет Практические/семинарские занятия
ОПК-3 -Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в	Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения П-1 - Формулировать обоснованные заключения и	Зачет Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия

профессиональной области	выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ	
ПК-1 -Способен проводить синтез и комплексные исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, модифицировать имеющиеся экспериментальные методики, выбирая оптимальный способ решения поставленной задачи	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение и возможности модифицирования методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Зачет</p> <p>Лекции</p>
ПК-2 -Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии, физики и/или смежных наук	<p>П-1 - Иметь опыт работы с поисковыми системами, электронными библиотеками, базами данных по химии, физике и смежным областям</p> <p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии физики и/или смежных наук</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Зачет</p> <p>Практические/семинарские занятия</p>
ПК-3 -Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их	З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения	<p>Зачет</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лекции</p>

<p>практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и физики</p>	<p>результатов в выбранной области химии и физики П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с учетом практического применения результатов П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p>	
<p>ПК-4 -Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>Зачет Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия</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 – 0.60		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	3,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.60		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.40		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.40		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	3,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

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)		
№	Содержание уровня	Шкала оценивания

п/п	выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	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. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Основные параметры сегнетоэлектрика
2. Киттелевские струкутры
3. Нейтральные и заряженные доменные стенки
4. Интегральные параметры переключения поляризации
5. Стадии эволюции доменной структуры
6. Кинетика доменной структуры в электрическом поле
7. Подходы к анализу тока переключения в сегнетоэлектриках
8. Связь формы доменов и симметрии кристалла
9. Фотовольтаический и фотогальванический эффект
10. Феноменологическая теория фазовых переходов

Примерные задания

Найти плотность заряда на полярных гранях сегнетоэлектрического кристалла в форме параллелипипеда с поляризацией P_s .

Расчитать средний период равновесной доменной структуры в сегнетоэлектрике в приближении отсутствия экранирования деполяризующего поля.

Привести формулу для описания тока переключения в сегнетоэлектрике в рамках подхода Колмогорова-Аврами для следующего процесса переключения:

1. Домены образуются одновременно по всему объему переключаемой области с заданной концентрацией

2. В заданный момент времени размерность роста понижается от 2D к 1D

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. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Кинетика доменной структуры в электрическом поле

Примерные задания

Приведите основные стадии эволюции доменной структуры во внешнем электрическом поле.

Приведите все составляющие локального электрического поля в сегнетоэлектрике.

Перечислите основные типы экранирующих полей в сегнетоэлектрике и назовите не менее двух механизмов для каждого типа.

Приведите основные формулы для связи скорости доменной стенки с величиной локального поля.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Анализ тока переключения в рамках подхода Колмогорова-Аврами

Примерные задания

На основе приведенной видеозаписи кинетики доменной структуры сделайте предположения об основных этапах эволюции доменной структуры.

Определите, какой модели в рамках подхода Колмогорова-Аврами (размерность задачи и тип зародышеобразования) соответствует каждый из выделенных этапов.

Приведите формулы для зависимости тока переключения от времени для каждой из выявленных моделей в рамках подхода Колмогорова-Аврами

С использованием приведенных формул проведите аппроксимацию экспериментально измеренного тока переключения в рамках модифицированной модели Колмогорова-Аврами

LMS-платформа – не предусмотрена

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

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Развитие учения о сегнетоэлектричестве. Основные физические свойства сегнетоэлектриков.
2. Формирование доменной структуры при сегнетоэлектрическом фазовом переходе и ее эволюция при последующем охлаждении.
3. Температурные зависимости спонтанной поляризации и диэлектрической проницаемости при фазовых переходах первого и второго рода. Закон Кюри-Вейсса.
4. Механизмы внешнего и объемного экранирования деполяризующих полей.
5. Дискретное переключение. Плавное движение доменных стенок. Формирование нанодоменов перед движущейся доменной стенкой. Коррелированное зародышеобразование.
6. Сегнетоэлектрические фазовые переходы типа смещения и типа порядок-беспорядок
7. Параметры равновесной доменной структуры. Нейтральные и заряженные доменные стенки.
8. Измерение петли диэлектрического гистерезиса методом Сойера-Тауера. Основные параметры петли гистерезиса.
9. Пироэлектрики, сегнетоэластики, антисегнетоэлектрики - определения и их основные свойства.
10. Влияние собственных и искусственных диэлектрических зазоров. Связанное внутреннее поле.
11. Стадии эволюции доменной структуры. Кинетический подход к описанию эволюции доменной структуры. Стохастическое и детерминированное зародышеобразование.
12. Методы визуализации доменной структуры сегнетоэлектриков. Оптическая микроскопия – поляризационная, конфокальная и генерация второй гармоники.
13. Кинетика доменной структуры сегнетоэлектриков в электрическом поле. Прямое прораствание доменов. Боковое движение доменных стенок. Коалесценция. Самопроизвольное обратное переключение.
14. Методы визуализации доменной структуры сегнетоэлектриков. Сканирующая зондовая микроскопия – атомно-силовая, пьезоэлектрических сил и сканирующая ближнего поля
15. Измерение тока переключения по методике Мерца. Анализ тока переключения с использованием формулы Колмогорова-Аврами. Учет влияния конечных размеров. Изменение размерности роста – геометрические катастрофы.
16. Зависимость формы доменов от симметрии. Детерминированное и стохастическое зародышеобразование. Эффект сохранения формы при слиянии доменов.
17. Форма доменов при неравновесных условиях переключения. Потеря устойчивости формы. Формирование дендритных доменов.
18. Оптические свойства сегнетоэлектриков. Фотовольтаический и фотогальванический эффекты
19. Разрастание доменных ансамблей. Формирование нанодоменных структур в результате импульсного лазерного нагрева.
20. Преобразование частоты лазерного излучения. Генерация второй гармоники в кристаллах с периодической доменной структурой.

21. Методы визуализации доменной структуры сегнетоэлектриков. Электронная микроскопия - сканирующая, сканирующая просвечивающая и просвечивающая высокого разрешения.

22. Фоторефрактивный эффект и оптическое повреждение.

23. Феноменологическая теория сегнетоэлектрических фазовых переходов Гинзбурга-Ландау. Фазовые переходы второго рода.

24. Применение сегнетоэлектриков. Доменная инженерия. Генерация второй гармоники – фазовый квазисинхронизм.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.