

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 9 от «13» мая 2020 г.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета

Зав. кафедрой  /У.Ш.Шаяхметов

 /А.Я.Мельникова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина «Фазовые переходы в нанокompозитах»


вариативная

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)  
22.04.01 Материаловедение и технология материалов

Направленность (профиль) подготовки  
Конструирование и производство изделий из композиционных материалов

Квалификация  
магистр

Разработчик (составитель) <u>к.ф.-м.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Хамидуллин А.Р.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Дата приема: 2020 год

Уфа 2020 г.

Составитель / составители: к.ф.-м.н., доцент Хамидуллин Айдар Раифович

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инженерной физики и физики материалов протокол № 9 от «13» мая 2020 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
	2. Знать особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
	3. Знать особенности влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями.	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	

Умения	1. Уметь применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
	2. Уметь применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
	3. Уметь применять особенности влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями.	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками применения информационно-коммуникационные технологий, глобальные	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими	

	информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	частицами и излучением (ПК-8)	
	2. Владеть навыками применения физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	
	3. Владеть навыками применения влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями.	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	

ПК-8 – Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением

## 2. Цель и место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Фазовые переходы в нанокomпозитах» относится к *вариативной* части. Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 сессии.

Целью учебной дисциплины «Фазовые переходы в нанокompозитах» является формирование знаний о фазовых переходах в наноструктурированных керамических материалах, умений применения, владение навыками использования данных о физико-химических переходах для планирования эксплуатационных свойств композиционных материалов.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

«Технологии функциональных керамических материалов»

Дисциплина «Фазовые переходы в нанокompозитах» направлена на обучение магистров фазовым переходам в технологических процессах изготовления нанокompозитов. Также дисциплина требует овладения достаточно широкого кругозора об оборудовании, технологических процессах в различных отраслях промышленного производства продукции, об их техническом и технологическом уровнях, овладели основами кинематических, прочностных, технологических расчетов.

Изучаемая дисциплина является основой дисциплин «Наноструктурированные керамические материалы», «Теоретические основы получения композиционных керамических безобжиговых материалов».

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

#### **4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции ПК-8 – Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)

Первый этап (уровень)	Знать: Знать информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Не знает информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Имеет представления о информационно-коммуникационных технологиях, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Знает информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	В совершенстве знает информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов
Второй этап (уровень)	Уметь: Уметь применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Не умеет применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Умеет применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов, но допускает ошибки	Умеет применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов, допускает незначительные ошибки	Умеет применять информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов
Третий этап (уровень)	Владеть: Владеть навыками применения информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в	Не имеет навыков применения информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в	Имеет навыки применения информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-	Имеет навыки применения информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в	Имеет навыки применения информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в



	исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	химических свойств нанокomпозиционных материалов, затрудняется.	исследовании и физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов, но допускает незначительные ошибки	исследовании и физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов
--	--	---	---	--	--

Код и формулировка компетенции ПК-8 – Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: Знать особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить	Не знает особенностей физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить	Имеет представления о особенностях физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ	Знает особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств	В совершенстве знает особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и

	комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	(материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	моделирование свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания
Второй этап (уровень)	Уметь: Уметь применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Не умеет применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Умеет применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания, но допускает ошибки	Умеет применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и	Умеет применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и

				сертификационные испытания, допускает незначительные ошибки	сертификационные испытания
Третий этап (уровень)	Владеть: Владеть навыками применения физико-химических процессов, протекающие в наноконпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Не имеет навыков применения физико-химических процессов, протекающие в наноконпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Имеет навыки применения физико-химических процессов, протекающие в наноконпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания, затрудняется.	Имеет навыки применения физико-химических процессов, протекающие в наноконпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания, но допускает незначительные ошибки	Имеет навыки применения физико-химических процессов, протекающие в наноконпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания

### Ответы на экзаменационные вопросы:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент демонстрирует знания, умения и навыки использования усвоенного материала: полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободное решение поставленных задач, правильное обоснование принятых решений, приемами выполнения практических работ;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент демонстрирует знание, показывает умение и владение материалом: грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует усвоение основного материала: при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует не знание материала: при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

### 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	Коллоквиум, Тестирование
	2. Знать особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в	Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)	Коллоквиум, Тестирование

	<p>исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания</p>		
	<p>3. Знать особенности влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями.</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Коллоквиум, Тестирование</p>
2-й этап	<p>1. Уметь применять информационно-коммуникационные технологий, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>
Умения	<p>2. Уметь применять особенности физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>

	<p>расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания</p>		
	<p>3. Уметь применять особенности влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями.</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>
<p>3-й этап</p> <p>Владеть навыками</p>	<p>1. Владеть навыками применения информационно-коммуникационные технологий, глобальные информационные ресурсы в исследовании физико-химических свойств нанокomпозиционных материалов</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>
	<p>2. Владеть навыками применения физико-химических процессов, протекающие в нанокomпозиционных материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>

	<p>исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания</p>		
	<p>3. Владеть навыками применения влияния микро- и наноструктуры композиционной керамики на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями.</p>	<p>Способен использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением (ПК-8)</p>	<p>Лабораторные работы</p>

#### **4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)**

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### **Вопросы для коллоквиума:**

1. Введение. Основные представления о фазовых переходах.
2. Условие равновесия фаз.
3. Фазовые переходы первого и второго рода.
4. Фазовые переходы в кристаллах, нанокompозитах.
5. Реконструктивные и полиморфные превращения.
6. Теория фазовых переходов второго рода Ландау.
7. Параметр порядка фазового перехода.
8. Фазовые переходы типа смещения и типа «порядок - беспорядок».
9. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода.
10. Термодинамический потенциал.
11. Условие устойчивости фазы.
12. Изолированные и критические точки непрерывного перехода.
13. Релаксация параметра порядка вблизи точки фазового перехода второго рода.
14. Описание фазовых переходов первого рода в теории Ландау.
15. Разложение термодинамического потенциала в ряд по параметру порядка.
16. Тепловые свойства; скачок энтропии, скачок теплоемкости.
17. Кинетика фазового перехода первого рода.

18. Образование зародышей новой фазы. Коалесценция.
19. Флуктуации параметра порядка вблизи точки перехода.
20. Сегнетоэлектрические фазовые переходы.
21. Описание фазового перехода второго рода в одноосных сегнетоэлектриках.
22. Зависимость спонтанной поляризованности от температуры.
23. Диэлектрическая проницаемость и точка Кюри.
24. Диэлектрическая нелинейность.
25. Коэрцитивное поле.
26. Влияние электрического поля на точку Кюри.
27. Тепловые свойства, пирозэффект.
28. Кристалл под действием механических напряжений: смещение точки Кюри, изменения диэлектрических свойств, пьезоэффект.
29. Описание фазового перехода первого рода в одноосных сегнетоэлектриках.
30. Температурные зависимости поляризованности и диэлектрической проницаемости.
31. Точка Кюри и гистерезис фазового перехода.
32. Диэлектрическая нелинейность.
33. Смещение точки Кюри под действием электрического поля.
34. Индуцированный фазовый переход.
35. Тепловые свойства, пирозэффект.
36. Кристалл под действием механических напряжений: смещение точки Кюри, изменения диэлектрических свойств, пьезоэффект.
37. Описание фазового перехода в многоосных сегнетоэлектриках на примере титаната бария.
38. Многокомпонентный параметр порядка.
39. Последовательность чередования фаз.
40. Температурный гистерезис фазовых переходов в нанокompозитах.
41. Кристалл титаната бария в слабом электрическом поле.
42. Тензор диэлектрической проницаемости.
43. Влияние сильного электрического поля на температуру фазовых переходов.
44. Тепловые свойства кристалла титаната бария, пирозэффект.
45. Кристалл под действием слабых механических напряжений, пьезоэффект.
46. Температурные зависимости модулей упругости и пьезоэффекта.
47. Влияние сильных механических напряжений на температуру фазовых переходов.  $90^\circ$  - е повороты вектора спонтанной поляризованности.
48. Изменение диэлектрической проницаемости под действием однородных механических напряжений.
49. Термодинамическое описание фазовых переходов в сегнетоэлектриках, несобственных сегнетоэлектриках, антисегнетоэлектриках и ферромагнетиках.
50. Фазовые превращения в кристаллах.
51. Межфазные границы при фазовых переходах.
52. Бездиффузионные и диффузионные фазовые переходы.
53. Мартенситные и массивные фазовые превращения.
54. Мартенситное бездиффузионное превращение в кристаллах.
55. Особенности мартенситного превращения.
56. Термоупругий мартенсит.
57. Переходы в сегнетоэлектриках.
58. Сегнетоэлектрики - релаксоры.

Описание методики оценивания:

**Критерии оценки (в оценках) для заочной формы обучения:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент демонстрирует знания, умения и навыки использования усвоенного материала: полные, последовательные,



грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободное решение поставленных задач, правильное обоснование принятых решений, приемами выполнения практических работ;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент демонстрирует знание, показывает умение и владение материалом: грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует усвоение основного материала: при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует не знание материала: при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Вопросы для контроля и самоконтроля знаний:

По темам лекций №1 и №2.

1. Сформируйте условие равновесия фаз.
2. Какие признаки характерны для фазовых переходов второго и первого рода?
3. Какие фазовые переходы называют полиморфными?
4. Какие переходы называют реконструктивными?
5. Каков физический смысл параметра порядка фазового перехода в теории Ландау?
6. Какие переходы получили названия фазового перехода типа смещения и типа «по рядок - беспорядок»?

По темам лекций №3 - №5.

1. Какой вид разложения термодинамического потенциала в ряд по параметру порядка предложил Ландау?
2. Запишите условия устойчивости фазы при данной температуре.
- 3- Как описывается фазовый переход первого рода в теории Ландау?
4. Как представляется кинетика фазового перехода первого рода?

По темам лекций №6 и №7.

1. Приведите термодинамическое описание фазового перехода второго рода в одноосных сегнетоэлектриках.
2. Как определить температуру Кюри при фазовом переходе второго рода? Как описать нелинейные свойства сегнетоэлектрика?
3. Приведите выражения для пироконффициента и пьезомодуля через коэффициенты разложения термодинамического потенциала.

По темам лекций №8 и №9.

1. Как можно описать фазовый переход первого рода в одноосных сегнетоэлектрика?
2. Покажите, как определить Точку Кюри и область гистерезиса фазового перехода первого рода.
3. Что такое индуцированный электрическим полем фазовый переход?
4. Опишите действие механического напряжения на параметры фазового перехода в сегнетоэлектрике.

По темам лекций №10 и №11.

1. Каким образом в теории Ландау можно описать фазовый переход в многоосном сегнетоэлектрике?
2. Какова последовательность чередования фаз в кристаллах титаната бария?

3. Как определить тензор диэлектрической проницаемости кристаллов титаната бария?
4. Как сильное электрическое поле влияет на температуру фазовых переходов в кристалле титаната бария?

По темам лекций №12 и №13.

1. Дайте описание пирозффекта в кристалле титаната бария.
2. Каковы температурные зависимости модулей гибкости и пьезомодулей кристаллов титаната бария?
3. Какое влияние оказывают механические напряжения на температуру фазовых переходов в кристаллах титаната бария?
4. Как описываются  $90^\circ$  - ные повороты вектора спонтанной поляризованности?

По теме лекции №14.

1. Что называют сегнетоэлектриком? Как описать его свойства с помощью теории Ландау?
2. Какими свойствами отличаются несобственные сегнетоэлектрики?
3. Приведите описание фазового перехода в антисегнетоэлектриках по Киттелю.

По темам лекций №15 и №16.

1. Какие фазовые переходы называют бездиффузионными, какие диффузионными?
2. Каковы особенности мартенситных и массивных фазовых превращений в кристаллах?
3. Как определить ориентацию межфазной границы при мартенситном превращении в кристалле?
4. Чем отличается термоупругий мартенситный переход?

Контрольные вопросы и задания по самостоятельной работе студентов.

По темам лекций №1, №2 и №3.

1. Какие фазовые превращения называют реконструктивными, какие полиморфными?
2. Каким образом изменяется симметрия при фазовом переходе II рода?

Тема реферата: «Изменения симметрии кристалла при фазовом переходе II рода»

По темам лекций №4 и №5.

1. Как изменяются параметры кристалла как термодинамической системы при фазовом переходе I рода?

Что представляет собой зародыш новой фазы при фазовом переходе I рода?

Тема реферата «Кинетика фазового перехода I рода»

По темам лекций №6 и №7.

1. Как влияет сильное электрическое поле на температуру фазового перехода?
2. Как влияет механическое напряжение на температуру фазового перехода в сегнетоэлектриках?

Тема реферата. «Влияние однородного механического напряжения на параметры фазового перехода в сегнетоэлектриках»

По темам лекций №8 и №9.

1. Как проявляются аномалии тепловых свойств при фазовых переходах в одноосных сегнетоэлектриках?
2. Сравните пирозлектрические свойства сегнетоэлектриков, испытывающих фазовые переходы I и II рода

Тема реферата. «Индукцированный электрическим полем фазовый переход»

По темам лекций №10 и №11.

1. Как определяется гистерезис фазовых переходов в кристаллах титаната бария?

2. Как однородное механическое напряжение влияет на диэлектрическую проницаемость кристаллов титаната бария?
3. Почему сильное электрическое поле «размывает» фазовый переход в многоосных сегнетоэлектриках?

По темам лекций №12 и №13.

1. Как механическое напряжение влияет на анизотропию диэлектрической проницаемости в кристаллах титаната бария?

Темы рефератов. «Аномалии диэлектрических свойств кристаллов титаната бария при фазовых переходах»

«Аномалии упругих и пьезоэлектрических свойств в кристаллах титаната бария при фазовых переходах».

По теме лекции №14.

1. Каковы условия устойчивости антисегнетоэлектрической фазы?

Темы рефератов. «Сегнетоэластики и их свойства»

«Несобственные сегнетоэлектрики»

Описание фазовых переходов в антисегнетоэлектриках»

По темам лекций №15 и №16.

1. Какие фазовые превращения получили название массивных?
2. Чем отличается термоупругое мартенситное превращение от собственно мартенситного?

Тема реферата. «Мартенситные превращения в твердых телах»

Описание методики оценивания:

#### **Критерии оценки (в оценках) для заочной формы обучения:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент демонстрирует знания, умения и навыки использования усвоенного материала: полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободное решение поставленных задач, правильное обоснование принятых решений, приемами выполнения практических работ;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент демонстрирует знание, показывает умение и владение материалом: грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует усвоение основного материала: при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует не знание материала: при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

#### **Вопросы для экзамена**

1. Основные представления о фазовых переходах I и II рода. Фазовые переходы в кристаллах.
2. Основы теории фазового перехода II рода Ландау. Фазовые переходы типа «порядок — беспорядок» и типа смещения.
3. Описание фазовых переходов I рода в теории Ландау.

4. Кинетические особенности фазового перехода I рода. Образование зародышей новой фазы. Коалесценция.
5. Описание фазового перехода II рода в одноосных сегнетоэлектриках. Диэлектрические свойства, нелинейность, коэрцитивное поле.
6. Описание фазового перехода в одноосных сегнетоэлектриках, испытывающих фазовый переход I рода. Диэлектрические свойства. Температура Кюри. Гистерезис фазового перехода.
7. Диэлектрическая нелинейность. Смещение точки Кюри под действием электрического поля. Индуцированный фазовый переход в одноосных сегнетоэлектриках.
8. Влияние механического напряжения на фазовый переход в одноосных сегнетоэлектриках.
9. Тепловые свойства и пирозэффект в одноосных сегнетоэлектриках.
10. Пьезоэффект в одноосных сегнетоэлектриках.
11. Описание фазового перехода в многоосных сегнетоэлектриках на примере титаната бария. Последовательность чередования фаз. Температурный гистерезис фазовых переходов.
12. Описание диэлектрических свойств титаната бария в области фазовых переходов.
13. Аномалии модулей упругости пьезокоэффициентов в области фазовых переходов в кристалле титаната бария.
14. Влияние сильных механических напряжений на температуру фазовых переходов в кристалле титаната бария.
15. Термодинамическое описание фазовых переходов в сегнетоэлектриках и несобственных сегнетоэлектриках.
16. Фазовые превращения в твердых телах. Межфазные границы. Бездиффузионные и диффузионные фазовые превращения.
17. Квазимартенситные превращения в сегнетоэлектрических кристаллах. Формирование доменной структуры в многоосных сегнетоэлектриках при контролируемых условиях фазового перехода.
18. Фазовые переходы диэлектрик металл, диэлектрик - сверхпроводник. Фотости- мулированные фазовые переходы.
19. Морфотропные фазовые переходы в сегнетоэлектрических твердых растворах. Морфотропная граница, морфотропная область.
20. Размытые фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Сегнетоэлектрики - релаксоры.

Описание методики оценивания:

**Критерии оценки (в оценках) для заочной формы обучения:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент демонстрирует знания, умения и навыки использования усвоенного материала: полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, свободное решение поставленных задач, правильное обоснование принятых решений, приемами выполнения практических работ;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент демонстрирует знание, показывает умение и владение материалом: грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует усвоение основного материала: при ответе допускаются неточности, недостаточно

правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент демонстрирует не знание материала: при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Образец экзаменационного билета:

Минобрнауки России  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Башкирский государственный университет»

---

Инженерный факультет

Кафедра инженерной физики и физики материалов

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Фазовые переходы в нанокompозитах»

Направление «Материаловедение и технология материалов»

Профиль «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»

1. Описание диэлектрических свойств титаната бария в области фазовых переходов.
2. Аномалии модулей упругости пьезокоэффициентов в области фазовых переходов в кристалле титаната бария.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ У.Ш. Шаяхметов  
(подпись) (Ф.И.О.)

Критерии оценки прописаны в рабочей программе учебной дисциплины.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах : учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7882-1549-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427846>

2. Прудников, В.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования : учебное пособие / В.В. Прудников, А.Н. Вакилов, П.В. Прудников. - Москва : Физматлит,

2009. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0961-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68374>

### Дополнительная литература:

1. Вшивков, С.А. Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.А. Вшивков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30431>.

### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 209 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа:</b> аудитория № 209 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 208 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 208 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</p>	<p><b>Аудитория 209</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, огнетушитель, аптечка, щечковая дробилка ДЩ-6, шаровая мельница МЛ-1, миксер лабораторный, ситовый анализатор, набор сит, весы лабораторные, дозатор лабораторный, сушильный шкаф, печь муфельная, установка вакуумирования, эксикаторы, вискозиметр ротационный, вискозиметр капиллярный, пресс испытательный гидравлический ИП-100, измеритель теплопроводности ИТП-4МГ, пресс-формы, пресс испытательный гидравлический, пресс механический, стол вибропрессовочный, печь камерная высокотемпературная, шкаф сушильный, пирометр GM700, оптическая микроскопическая приставка U500X, мультиметр M830B, гравер SJ, однопозиционная установка испытания высокотемпературной деформации и ползучести</p> <p><b>Аудитория № 208</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Nec, экран ScreenMedia, аудиосистема, ноутбук Samsung, доска, мел</p> <p><b>Читальный зал</b> (Главный корпус, ул. Заки Валиди, д. 32) Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 5 шт., принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> <p><b>Библиотека</b> (Главный корпус, ул. Заки Валиди, д. 32) Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 4 шт., сканер – 1 шт.</p> <p><b>Библиотека</b> (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100) Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, Pentium G2130/4Гб/500Гб/21,5”/Кл/мышь</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional Upgrade. Договор № 104 от 17.16.2013 г. Лицензии – бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standart 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные.</p> <p>3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle) GNU General Public License</p>

<p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал, библиотека (Главный корпус, ул.ЗакиВалиди, д. 32), библиотека (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100).</p>		
--	--	--

МИНОБРНАУКИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Фазовые переходы в нанокompозитах» на 4 сессии  
(наименование дисциплины)

очно-заочная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	49,2
лекций	16
практических/ семинарских	16
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	31,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	63

Форма(ы) контроля:

экзамен 4 сессия



№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Введение. Основные представления о фазовых переходах. Условие равновесия фаз. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые переходы в кристаллах. Реконструктивные и полиморфные превращения.	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
2.	Теория фазовых переходов второго рода Ландау. Параметр порядка фазового перехода. Фазовые переходы типа смещения и типа «порядок - беспорядок». Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода.	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
3.	Термодинамический потенциал. Условие устойчивости фазы. Изолированные и критические точки	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с

	непрерывного перехода. Релаксация параметра порядка вблизи точки фазового перехода второго рода.								презентацией
4.	Описание фазовых переходов первого рода в теории Ландау. Разложение термодинамического потенциала в ряд по параметру порядка. Тепловые свойства; скачок энтропии, скачок теплоемкость	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
5.	Кинетика фазового перехода первого рода. Образование зародышей новой фазы. Коалесценция. Флуктуации параметра порядка вблизи точки перехода	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
6.	Сегнетоэлектрические фазовые переходы. Описание фазового перехода второго рода в одноосных сегнетоэлектриках. Зависимость спонтанной поляризованное от температуры. Диэлектрическая проницаемость и точка	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией

	Кюри. Диэлектрическая нелинейность. Коэрцитивное поле.								
7.	Влияние электрического поля на точку Кюри. Тепловые свойства, пирозэффект. Кристалл под действием механических напряжений: смещение точки Кюри, изменения диэлектрических свойств, пьезоэффект.	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
8.	Описание фазового перехода первого рода в одноосных сегнетоэлектриках. Температурные зависимости поляризованности и диэлектрической проницаемости. Точка Кюри и гистерезис фазового перехода.	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
9.	Диэлектрическая нелинейность. Смещение точки Кюри под действием электрического поля. Индуцированный фазовый переход. Тепловые свойства, пирозэффект, Кристалл	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией

	под действием механических напряжений: смещение точки Кюри, изменения диэлектрических свойств, пьезоэффект.								
10.	Описание фазового перехода в многоосных сегнетоэлектриках на примере титаната бария. Многокомпонентный параметр порядка. Последовательность чередования фаз. Температурный гистерезис фазовых переходов.	13	1	1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
11.	Кристалл титаната бария в слабом электрическом поле. Тензор диэлектрической проницаемости. Влияние сильного электрического поля на температуру фазовых переходов.	12		1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
12.	Тепловые свойства кристалла титаната бария, пирозэффект. Кристалл под действием слабых механических напряжений, пьезоэффект. Температурные зависимости модулей	12		1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией

	упругости и пьезоэффекта.								
13.	Влияние сильных механических напряжений на температуру фазовых переходов. $90^\circ$ - е повороты вектора спонтанной поляризованности. Изменение диэлектрической проницаемости под действием однородных механических напряжений.	12		1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
14.	Термодинамическое описание фазовых переходов в сегнетоэлектриках, несобственных сегнетоэлектриках, антисегнетоэлектриках и ферромагнетиках.	12		1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
15.	Фазовые превращения в кристаллах. Межфазные границы при фазовых переходах. Бездиффузионные и диффузионные фазовые переходы. Мартенситные и массивные фазовые превращения.	12		1	1	10	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией

16.	Мартенситное бездиффузионное превращение в кристаллах. Особенности мартенситного превращения. Термоупругий мартенсит. Переходы в сегнетоэлектриках. Сегнетоэлектрики - релаксоры.	9,8		1	1	7,8	1-2	Вопросы самоконтроля по лабораторным работам, доклад с презентацией	Коллоквиум, вопросы при сдаче выполненных лабораторных работ, доклад с презентацией
	<b>Всего часов:</b>	144	16	16	16	31,8			

