

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 22.07.2025 17:22:36
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Е.М. Семенова

«24»

июня

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика и технологии функциональных материалов

Закреплена за
кафедрой:

Прикладной физики

Направление
подготовки:

03.03.02 Физика

Направленность
(профиль):

**Физика, технологии и компьютерное моделирование
функциональных материалов**

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

очная

Семестр:

7

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Барабанова Е.В.

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

подготовка студентов к проектированию и реализации технологических процессов получения функциональных материалов

Задачи:

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Механика

Молекулярная физика

Электричество и магнетизм

Кристаллография

Физика конденсированного состояния вещества

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Материаловедение электронной техники

Преддипломная практика

Научно-исследовательская работа

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	52
самостоятельная работа	46

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-3.1: Осуществляет анализ структуры материалов

ПК-3.2: Оценивает влияние технологических факторов типовых режимов термической и химической обработки на свойства и структуру материалов

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	7

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
------------	-----------------------------	-------------	----------------	-------	-----------	------------

	Раздел 1. Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.					
1.1	Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.	Лек	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10	
1.2	Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.	Ср	7	4		
	Раздел 2. Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.					
2.1	Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.	Лек	7	2		
2.2	Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.	Ср	7	4		

	Раздел 3. Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты.					
3.1	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лек	7	4		
3.2	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лаб	7	2		
3.3	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Ср	7	4		
	Раздел 4. Тема 3.1. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них. Разрушение материалов.					

4.1	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лек	7	2		
4.2	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лаб	7	2		
4.3	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Ср	7	4		
	Раздел 5. Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.					
5.1	Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.	Лек	7	2		
5.2	Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.	Ср	7	4		
	Раздел 6. Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.					
6.1	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Лек	7	2		

6.2	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Лаб	7	6		
6.3	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Ср	7	4		
	Раздел 7. Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.					
7.1	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Лек	7	2		
7.2	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Лаб	7	6		
7.3	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Ср	7	2		
	Раздел 8. Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.					
8.1	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.	Лаб	7	8		
8.2	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.	Ср	7	4		

8.3	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции. (2)	Лек	7	2		
	Раздел 9. Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.					
9.1	Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.	Лек	7	2		
9.2	Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.	Ср	7	6		
	Раздел 10. Тема 4. Сегнетоэлектрические пленки. Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.					

10.1	Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.	Лек	7	2		
10.2	Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.	Ср	7	2		
	Раздел 11. Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок. Основные стадии процесса физического осаждения пленок из газовой фазы: перевод атомов или молекул из конденсированного состояния в газообразно; перенос паров до подложки; конденсация атомов или молекул на подложку; рост пленок. Кристаллизация пленок и нанесение электродов. Методы физического осаждения: термическое испарение, ионно-плазменное распыление (катодное и магнетронное), ионная имплантация, электронно-лучевое испарение, пленки Ленгмюра-Блоджетт.					
11.1	Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Лек	7	2		
11.2	Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Ср	7	4		

	Раздел 12. Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок. Осаждение из газовой фазы. Химическое осаждение из растворов.					
12.1	Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Лек	7	2		
12.2	Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Ср	7	4		
	Раздел 13. Защита лабораторных работ					
13.1	защита лабораторных работ	Лаб	7	2		

Образовательные технологии

Основная форма проведения лабораторных занятий - работа в группах по двое.

Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
2	Информационные (цифровые) технологии
3	Технологии развития критического мышления
4	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Перечень лабораторных работ:

1. Составление шихты. Смешение-измельчение сырья.
2. Определение дисперсности и плотности измельченных спеков.
3. Формование. Определение плотности заготовки.
4. Влияние спекания на заготовку.
5. Изучение плотности и пористости методом гидростатического взвешивания и методом пузырька.
6. Изучение структуры керамического образца. Определение плотности зерен керамики.
7. Механическая обработка заготовки. Определение диэлектрических характеристик керамики.
8. Определение микротвердости керамики.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Форма проведения зачета: сдача лабораторных работ по дисциплине. Студент, не

выполнивший все лабораторные работы, не допускается к защите работ.

Студенты, освоившие программу курса «Физика и технологии функциональных материалов» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Головнин, Каплунов, Малышкина, Педько, Пьезоэлектрическая керамика: применение, производство, перспективы, Тверь: Тверской государственный университет, 2010, ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1514/
Л1.10	Головнин В. А., Каплунов И. А., Малышкина О. В., Педько Б. Б., Мовчикова А. А., Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов, Москва: Техносфера, 2013, ISBN: 978-5-94836-352-3, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233464
Л1.2	Головнин, Каплунов, Педько, Малышкина, Мовчикова, Материаловедение электронной техники. Технологии наноматериалов, Тверь: Тверской государственный университет, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13465d/Start.html
Л1.3	Каплунов, Введение в физику керамических материалов, Тверь: Тверской государственный университет, 1999, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/00006ucheb.pdf
Л1.4	Ращупкина, Дерябин, Технология керамических материалов и искусственных пористых заполнителей : в 2 частях. Часть 2, Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 2022, ISBN: , URL: https://znanium.com/catalog/document?id=435707
Л1.5	Ращупкина, Дерябин, Технология керамических материалов и искусственных пористых заполнителей : в 2 частях. Часть 1, Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 2022, ISBN: , URL: https://znanium.com/catalog/document?id=435706
Л1.6	Хамматова Э. А., Гайнутдинов Р. Ф., Функциональные материалы технического назначения, Казань: КНИТУ, 2020, ISBN: 978-5-7882-2943-0, URL: https://e.lanbook.com/book/245024
Л1.7	Мальцева И. В., Козлов А. В., Лазарева Я. В., Козлов Г. А., Технология керамических материалов и изделий, Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2021, ISBN: 978-5-7890-1975-7, URL: https://e.lanbook.com/book/237941
Л1.8	Кострюков В. Ф., Миттова И. Я., Термодинамика процессов синтеза функциональных материалов. Механохимия, Воронеж: ВГУ, 2018, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/171181
Л1.9	Исакова И. В., Чурилова Н. Н., Строение и свойства полифункциональных материалов и нанокompозитов, Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019, ISBN: 978-5-00137-057-4, URL: https://e.lanbook.com/book/122212

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	OpenOffice
5	Mozilla Firefox
6	Notepad++
7	Origin 8.1 Sr2

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
2	ЭБС «Лань»
3	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
4	ЭБС «ЮРАЙТ»
5	ЭБС «ZNANIUM.COM»
6	СПС "ГАРАНТ"
7	СПС "КонсультантПлюс"

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

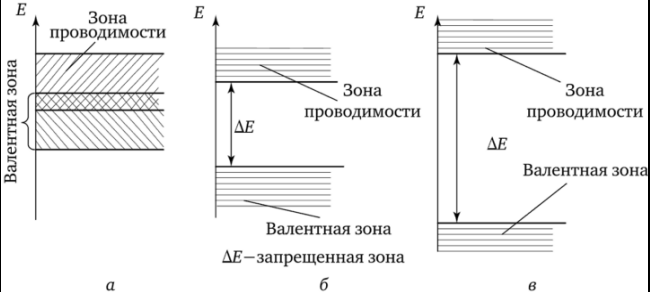
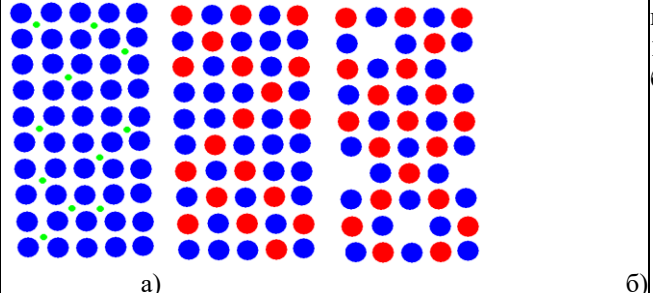
Аудит-я	Оборудование
3-28	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран настенный
3-30	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, лабораторные весы, муфельная печь, печной аппарат, установка "Кристалл"

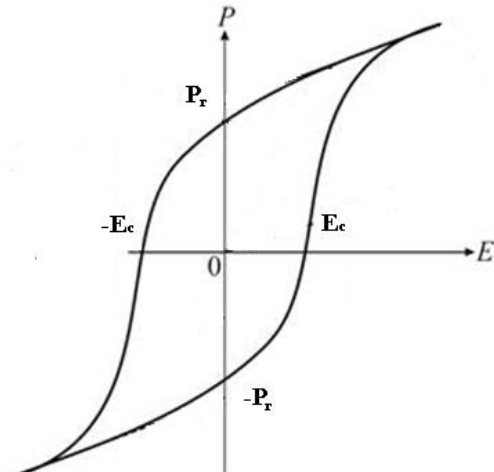
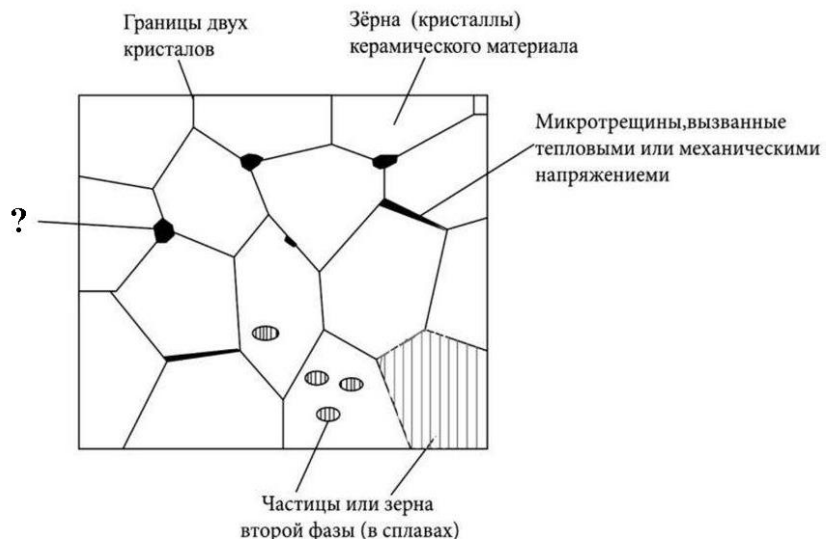
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и технологии функциональных материалов

ПК-3: Способен сопровождать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	б	Выбрать правильный ответ: Перепрессовка - это а) выталкивание заготовки из пресс-формы приложением давления б) расслоение заготовок при повышенном давлении в) прессование с обратной стороны при двустороннем прессовании г) расширение заготовки после извлечения из	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл

		пресс-формы	
2	в	Выбрать правильный ответ: Сегнетоэлектрики относятся к а) Линейным диэлектрикам б) Полупроводникам в) Нелинейным диэлектрикам г) Проводникам	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
3	б	Диффузия – это а) перемещение частиц вещества из области высокого давления в область низкого давления б) перемещение частиц вещества из области большой концентрации в область низкой концентрации в) перемещение частиц вещества под действием электрического поля г) перемещение частиц вещества при приложении механического напряжения	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
4	а	Формула Яндера $(1 - \sqrt[3]{1 - \alpha})^2 = \frac{kDt}{r^2}$ определяет а) скорость твердофазной реакции б) температуру спекания в) условие возникновения трещин в твердом теле г) скорость вращения барабанной мельницы	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
5	б	Поверхностно-активные вещества (ПАВ) используются в процессе смешения-измельчения шихты сегнетоэлектрической керамики для а) лучшего слипания частиц порошка б) увеличения дисперсности частиц за счет снижения поверхностной энергии частиц в) повышения однородности смеси г) увеличения подвижности частиц, в качестве смазки	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
6	в	Какая зонная структура характерна для диэлектриков?  а б в	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
7	в	Уменьшение линейных размеров заготовки сегнетоэлектрической керамики после спекания называется а) ползучестью б) ковкостью в) усадкой г) пластичностью	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
8	1 – б 2 – а 3 – в	Установите соответствие между изображением структуры твердого раствора и его названием: 1) замещения 2) внедрения 3) вычитания  а) б) в)	Правильно выбраны все соответствия – 1 балл; правильно выбраны 2 соответствия – 0,75 балла; правильно выбрано 1 соответствие – 0,5 балла;

9	в	Из какого материала изготавливают мелющие тела (шары) для мельниц? а) свинец б) галька в) корунд г) пластик	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
10	б	Что такое адатом: а) атомы, осевшие на анод б) адсорбированный атом на поверхности подложки в) дефект кристаллической решетки г) атомы, перешедшие в парообразное состояние при испарении	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
Задания открытого типа			
1	Изобразите петлю гистерезиса, обозначьте и назовите точки пересечения с осями координат		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ)  P _r – остаточная поляризация E _c – коэрцитивное поле			
2	Укажите название пропущенного элемента структуры керамического материала 		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) поры			
3	Возникновению заряда на поверхности образца под действием однородных упругих напряжений называется		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Пьезоэлектрическим эффектом			
4	Синтез основной фазы сегнетоэлектрической керамики происходит за счет явления		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) диффузии			

5	Вставьте пропущенное слово. Для сегнетоэлектрических материалов характерно: зависимость поляризации от внешнего электрического поля в виде петли гистерезиса, существование поляризации в ограниченной области температур, наличие структуры,	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) доменной		
6	Причиной процесса диффузии при спекании и синтезе керамических материалов являются кристаллической решетки	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) дефекты		
7	В каком агрегатном состоянии находятся компоненты реакции при синтезе основной фазы сегнетоэлектрической керамики?	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) твердом		
8	Дайте определение функциональным материалам	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) это материалы, обладающие определенными свойствами, которые в совокупности обеспечивают использование этих материалов в качестве рабочего элемента или детали в определенном устройстве, приборе или конструкции.		
9	Зачем в керамическую шихту добавляют поливиниловый спирт?	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Чтобы заготовка при формовании лучше держала форму и не рассыпалась		
10	В какой среде происходит синтез и спекание сегнетоэлектрической керамики?	Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) На воздухе		