

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
К.С. Хорьков
2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНОКЕРАМИКИ

направление подготовки / специальность
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

направленность (профиль) подготовки
Нанотехнологии и микросистемная техника

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: овладение основами технологического мышления, раскрытие взаимосвязи между развитием химической науки и технологии производства наноразмерных и наноструктурных материалов, подготовка студентов к активному изучению специальных дисциплин, развитие в них творческого отношения по освоению знаний технологии производства наноматериалов, которые определяют последующую специализацию выпускника и формируют содержание учебного плана подготовки бакалавра по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Задачи:

- изучение основ производства наноматериалов из керамики;
- изучение методов производства нанокерамики;
- обучение методам и приемам разработки наноматериалов и керамики и применения наиболее рациональных технологий для их получения;
- знакомство с некоторыми конкретными химическими производствами, на примере которых предметно демонстрируются основные теоретические положения курса.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Химическая технология нанокерамики» относится к базовой части.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-2. Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	<p>ПК-2.1. Знает основные физико-химические модели в области нанотехнологий и микросистемной техники, методы проведения экспериментов и наблюдений, структуру, свойства и назначение наноматериалов и наноструктур.</p> <p>ПК-2.2. Умеет применять методы проведения экспериментов для анализа работы и синтеза микроэлектромеханических устройств, материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментов, наблюдений и измерений, анализа мультифизических взаимодействий, процессов и явлений в области нанотехнологий и микросистемной техники.</p>	<p>Знает основные методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;</p> <p>Умеет планировать и проводить исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;</p> <p>Владеет навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	Тестовые вопросы
ПК-4. Способен совершенствовать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	<p>ПК-4.1. Знает основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, а также назначение, устройство и принцип действия используемого для этого оборудования.</p> <p>ПК-4.2. Умеет работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией.</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками внедрения и контроля качества новых методов</p>	<p>Знает базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и их компонентов;</p> <p>Умеет осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного,</p>	Тестовые вопросы

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
	измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	диагностического, технологического оборудования; Владеет навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования	

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Раздел 1. Наноструктурные материалы Тема 1. История развития науки о наноструктурированных материалах.	7	1	4	4			4	
2	Тема 2. Характеристика наноструктурированных материалов.	7	2	2	1			4	
3	Тема 3. Структура наночастиц и наносистем.	7	3	2	1		1	4	
4	Раздел 2. Газофазный синтез наноматериалов и наноструктур Тема 4. Газофазный метод синтеза наноматериалов	7	4	2	1			6	
5	Тема 5. Синтеза нанокристаллических нитридов	7	5	2	1			5	
6	Тема 6. Распылительный пиролиз	7	6	2	1			5	Рейтинг-контроль № 1
7	Раздел 3. Химические методы синтеза Тема 7. Золь-гель синтез наночастиц	7	7	2	1		1	4	
8	Тема 8. Метод реверсирования мицеллы	7	8	2	1			4	
9	Тема 9. Термический синтез из прекерамических полимерных прекурсоров.	7	9	2	1		1	4	
10	Раздел 4. Технология управляемой кристаллизации оксидов при спекании. Тема 10. Кристаллизация оксидов металлов при спекании.	7	10	2	1			5	
11	Тема 11. Контролируемое термическое разложение металлоорганических прекурсоров.	7	11	2	1		1	5	Рейтинг-контроль № 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
12	Лекция 12. Самоорганизация наночастиц.	7	12	2	1			4	
13	Раздел 5. Фуллерены и углеродные нанотрубки Тема 13. Нанохимия группы углерода и кремния.	7	13	2	1		1	4	
14	Тема 14. Химия углеродных нанотрубок	7	14	2	1		1	4	
15	Раздел 6. Особенности химических и физических характеристик наноматериалов Тема 15. Размерные эффекты в нанохимии частиц и наносистем.	7	15	2	1	4	2	5	
16	Тема 16. Высокоплотные наноструктурированные системы.	7	16	2	1	4	2	5	
17	Тема 17. Синтез тугоплавких оксидов	7	17	2	1	4	1	4	
18	Тема 18. Сравнительные технические характеристики наноматериалов	7	18	2	1	6	1	4	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 7 семестр:		-	-	36	18	18	-	81	Экзамен (27час.)
Наличие в дисциплине КП/КР		-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		-	-	36	18	18	-	81	Экзамен (27час.)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Наноструктурные материалы

Тема 1. История развития науки о наноструктурированных материалах.

Содержание темы: 1. Введение. Первые научные упоминания о малых частицах. 2. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния. 3. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций. 4. Внедрение в технологии производства транзисторов и лазеров наноматериалов. 5. Начало интенсивного познания твердого тела и развития техники манипулирования атомами и молекулами.

Тема 2. Характеристика наноструктурированных материалов.

Содержание темы: 1. Общая характеристика наноструктур. 2. Модели строения и формирования наночастиц. 3. Комбинация структурных элементов наночастиц.

Тема 3. Структура наночастиц и наносистем.

Содержание темы: 1. Уровни иерархии наноструктур. 2. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. 3. Огнеупорная природа оксидов металлов. 4. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов.

Раздел 2. Газофазный синтез наноматериалов и наноструктур

Тема 4. Газофазный метод синтеза наноматериалов

Содержание темы: 1. Современные экспериментальные методы исследования веществ. 2. Техника конденсации газа. 3. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара. 4. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки. 5. Термическое испарение. 5. Напыление. 6. Лазерное испарение

Тема 5. Синтеза нанокристаллических нитридов

Содержание темы: 1. Методы газовой конденсации. 2. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака. 3. Парофазовый синтез нитрида алюминия в потоке азота. Схема установки.

Тема 6. Распылительный пиролиз

Содержание темы: 1. Распылительный пиролиз оксидов металлов. 2. Установки для распылительного пиролиза 3. Материалы для применения в распылительном пиролизе 4. Пламенные реакторы 5. Преимущества и недостатки пламенных реакторов.

Раздел 3. Химические методы синтеза

Тема 7. Золь-гель синтез наночастиц

Содержание темы: 1. Золь-гель способ синтеза наночастиц 2. Схема золь-гель способа 3. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала 4. Механизм гидролиза алкоксидов металлов 5. Зависимость скорости гидролиза от различных факторов. 6. Удаление растворителя и сушка.

Тема 8. Метод реверсирования мицеллы

Содержание темы: 1. Реверсивные мицеллы 2. Метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора. 3. Химический синтез прекерамических полимеров.

Тема 9. Термический синтез из прекерамических полимерных прекурсоров.

Содержание темы: 1. Отжиг аморфных прекерамических порошков. 2. Схема установки получения ультразерен лазерным способом. 3. Механохимический синтез 4. Структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения

Раздел 4. Технология управляемой кристаллизации оксидов при спекании.

Тема 10. Кристаллизация оксидов металлов при спекании.

Содержание темы: 1. Кристаллизация оксидов металлов 2. Структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании 3. Химизм связи керамических наночастиц. 4. Влияние поверхности кристаллов.

Тема 11. Контролируемое термическое разложение металлоорганических прекурсоров.

Содержание темы: 1. Формирование паутиноподобных структуры 2. Формирование кубоподобных кристаллитов. 3. Формирование структуры диоксида титана . 4. Структура наночастиц соединений кремния, свинца, циркония

Лекция 12. Самоорганизация наночастиц.

Содержание темы: 1. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц . 2. Получения наночастиц различного размера и формы 3. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота. 4. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц 5. Проблемы создания электронных наноприборов.

Раздел 5. Фуллерены и углеродные нанотрубки

Тема 13. Нанохимия группы углерода и кремния.

Содержание темы: 1. Наночастицы углерода и кремния 2. Фуллерены. 3. Реакция замещения хлорфуллеренов 4. Реакция внедрения металлов в фуллерены 5. внедрение инертных газов в фуллерены 6. Регулирование реакционной способности металлфуллеренов 7. Кластеры кремния.

Тема 14. Химия углеродных нанотрубок

Содержание темы: 1. Структура углеродных нанотрубок. 2. Синтез углеродных нанотрубок. 3. Химия нанотрубок 4. Заполнение внутренних полостей 5. Прививка функциональных групп. 6. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки.

Раздел 6. Особенности химических и физических характеристик наноматериалов

Тема 15. Размерные эффекты в нанохимии частиц и наносистем.

Содержание темы: 1. Квантовый размерный эффекты в нанохимии 2. Зависимость свойств материалов от размеров частиц 3. Химические свойства изоляционных поверхностей 4. Особенности физических свойств оксидов металлов 5. Физические свойства нанофазной керамики.

Тема 16. Высокоплотные наноструктурированные системы.

Содержание темы: 1. Получение высокоплотных наноструктурированных систем. 2. Сверхпластичность и гибкость 3. Электрические и оптические свойства 4. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов.

Тема 17. Синтез тугоплавких оксидов

Содержание темы: 1. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме 2. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели 3. Сравнительные характеристики наноматериалов .

Тема 18. Сравнительные технические характеристики наноматериалов

Содержание темы: 1. Температуроустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности. 2. Высококремнеземистые волокна и материалы на их основе. 3. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы. 4. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы. 5. Новые научные направления и технологии XXI века.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 6. Особенности химических и физических характеристик наноматериалов

Тема 15. Размерные эффекты в нанохимии частиц и наносистем.

Лабораторное занятие 1. Инструктаж по ТБ. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины. Выдача задания на выполнение лабораторного практикума.

Тема 16. Высокоплотные наноструктурированные системы.

Лабораторное занятие 2. Выполнение лабораторной работы № 1. «Фазоинверсионный синтез наносистем. Сухое и мокрое формование»

Тема 17. Синтез тугоплавких оксидов

Лабораторное занятие 3. Выполнение лабораторной работы № 2. «Фазоинверсионный синтез Термоформование на латентных растворителях. Формование наноразмерных пористых систем на жидких порообразователях.

Тема 18. Сравнительные технические характеристики наноматериалов

Лабораторное занятие 4. Выполнение лабораторной работы № 3. «Определение свойств наносистем». Защита работ. Итоговый рейтинг-контроль знаний студентов.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Наноструктурные материалы

Тема 1. История развития науки о наноструктурированных материалах.

Содержание темы: 1. Введение. Первые научные упоминания о малых частицах. 2. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния. 3. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций. 4. Внедрение в технологии производства транзисторов и лазеров наноматериалов. 5. Начало интенсивного познания твердого тела и развития техники манипулирования атомами и молекулами.

Тема 2. Характеристика наноструктурированных материалов.

Содержание темы: 1. Общая характеристика наноструктур. 2. Модели строения и формирования наночастиц. 3. Комбинация структурных элементов наночастиц.

Тема 3. Структура наночастиц и наносистем.

Содержание темы: 1. Уровни иерархии наноструктур. 2. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. 3. Огнеупорная природа оксидов металлов. 4. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов.

Раздел 2. Газофазный синтез наноматериалов и наноструктур

Тема 4. Газофазный метод синтеза наноматериалов

Содержание темы: 1. Современные экспериментальные методы исследования веществ. 2. Техника конденсации газа. 3. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара. 4. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки. 5. Термическое испарение. 5. Напыление. 6. Лазерное испарение

Тема 5. Синтеза нанокристаллических нитридов

Содержание темы: 1. Методы газовой конденсации. 2. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака. 3. Парофазовый синтез нитрида алюминия в потоке азота. Схема установки.

Тема 6. Распылительный пиролиз

Содержание темы: 1. Распылительный пиролиз оксидов металлов. 2. Установки для распылительного пиролиза. 3. Материалы для применения в распылительном пиролизе. 4. Пламенные реакторы. 5. Преимущества и недостатки пламенных реакторов.

Раздел 3. Химические методы синтеза

Тема 7. Золь-гель синтез наночастиц

Содержание темы: 1. Золь-гель способ синтеза наночастиц. 2. Схема золь-гель способа. 3. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала. 4. Механизм гидролиза алкоксидов металлов. 5. Зависимость скорости гидролиза от различных факторов. 6. Удаление растворителя и сушка.

Тема 8. Метод реверсирования мицеллы

Содержание темы: 1. Реверсивные мицеллы. 2. Метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора. 3. Химический синтез прекерамических полимеров.

Тема 9. Термический синтез из прекерамических полимерных прекурсоров.

Содержание темы: 1. Отжиг аморфных прекерамических порошков. 2. Схема установки получения ультразерен лазерным способом. 3. Механохимический синтез. 4. Структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения.

Раздел 4. Технология управляемой кристаллизации оксидов при спекании.

Тема 10. Кристаллизация оксидов металлов при спекании.

Содержание темы: 1. Кристаллизация оксидов металлов. 2. Структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании. 3. Химизм связи керамических наночастиц. 4. Влияние поверхности кристаллов.

Тема 11. Контролируемое термическое разложение металлоорганических прекурсоров.

Содержание темы: 1. Формирование паутиноподобных структуры. 2. Формирование кубоподобных кристаллитов. 3. Формирование структуры диоксида титана. 4. Структура наночастиц соединений кремния, свинца, циркония.

Лекция 12. Самоорганизация наночастиц.

Содержание темы: 1. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц. 2. Получения наночастиц различного размера и формы. 3. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота. 4. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц. 5. Проблемы создания электронных наноприборов.

Раздел 5. Фуллерены и углеродные нанотрубки

Тема 13. Нанохимия группы углерода и кремния.

Содержание темы: 1. Наночастицы углерода и кремния 2. Фуллерены. 3. Реакция замещения хлорфуллеренов 4. Реакция внедрения металлов в фуллерены 5. внедрение инертных газов в фуллерены 6. Регулирование реакционной способности металлфуллеренов 7. Кластеры кремния.

Тема 14. Химия углеродных нанотрубок

Содержание темы: 1. Структура углеродных нанотрубок. 2. Синтез углеродных нанотрубок. 3. Химия нанотрубок 4. Заполнение внутренних полостей 5. Прививка функциональных групп. 6. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки.

Раздел 6. Особенности химических и физических характеристик наноматериалов

Тема 15. Размерные эффекты в нанохимии частиц и наносистем.

Содержание темы: 1. Квантовый размерный эффекты в нанохимии 2. Зависимость свойств материалов от размеров частиц 3. Химические свойства изоляционных поверхностей 4. Особенности физических свойств оксидов металлов 5. Физические свойства нанофазной керамики.

Тема 16. Высокоплотные наноструктурированные системы.

Содержание темы: 1. Получение высокоплотных наноструктурированных систем. 2. Сверхпластичность и гибкость 3. Электрические и оптические свойства 4. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов.

Тема 17. Синтез тугоплавких оксидов

Содержание темы: 1. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме 2. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели 3. Сравнительные характеристики наноматериалов .

Тема 18. Сравнительные технические характеристики наноматериалов

Содержание темы: 1. Температуроустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности. 2. Высококремнеземистые волокна и материалы на их основе. 3. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы. 4. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы. 5. Новые научные направления и технологии XXI века.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Вопросы рейтинг-контроля 1

1. Какие материалы называются наноматериалами?
2. Отличительные особенности наноструктур.
3. Физические причины, обуславливающие особенности проявления свойств наноструктур.
4. Факторы, обеспечивающие высокую химическую активность наночастиц, кинетику их взаимодействия.
5. Примеры элементов структуры с наноразмерами, обеспечивающие особенности свойств изделий.
6. Модели строения наночастиц. Условия проявления кристаллической упаковки в рентгеноаморфных наноструктурах.
7. Реальное содержание кристаллических граней наночастиц.
8. Движущая сила и условия процесса зарождения твердой фазы наночастицы. Основные необратимые процессы.
9. Способы стабилизации внешних возмущений и внутренних флуктуаций.

10. Реализация гомогенного зародышеобразования наночастиц.
11. Особенности и условия гетерогенного зародышеобразования. Переход гомогенного зародышеобразования в гетерогенное.
12. Последствия высокой неравновесности процесса образования новой твердой фазы.
13. Условия сохранения наноструктуры в неравновесных процессах.
14. Методы сохранения наночастиц, их структуры и размеров.
15. При каких размерах наночастиц классические законы и законы квантовой химии не приемлемы?
16. Типы структур, реализуемые в наносистемах.
17. Структурно-неоднородные наночастицы с когерентными границами раздела.
18. Причины многообразия структурных элементов наночастиц.
19. Теоретические предпосылки структурной неоднородности наносостояния.
20. Важнейшее следствие анализа полученных результатов изучения морфологии структурных элементов.
21. Особенности гетеровалентного изоморфизма.
22. На каких оксидах проверялся процесс делокализации частиц в зависимости от их размера, обоснование выбора оксидов?
23. Какие свойства оксидов для огнеупоров способствуют образованию многих стабильных дефектных мест?
24. Особенности наноматериалов, полученных аэрогельным способом.
25. Причины возникновения дефектов, находящихся на поверхности керамики.
26. Условия создания нанофазных керамических материалов с повышенными деформационными способностями и с меньшей хрупкостью.
27. Способы получения образцов наночастиц различных морфологий.
28. Особенности и последствия модификационного перехода алкогель – аэрогель.
29. Уникальные свойства нанокристаллов, полученных модифицированным аэрогельным способом.
30. Природа необычного химизма поверхности наночастицы, в частности, при адсорбции при обычной температуре.
31. Морфология нанокристаллов и следствия ее особенности.
32. Основные положения техники конденсации газа для получения наночастиц непосредственно из пересыщенного пара металлов.
33. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара.
34. Термическое испарение. Схема установки, используемой в процессе испарения газового потока (FGE).
35. Технология напыления наночастиц, особенности процесса.
36. Лазерное испарение. Области применения метода.
37. Преимущества и недостатки метода газовой конденсации для получения наночастиц непосредственно из пересыщенного пара.
38. Нитрид алюминия и перспективы его применения.
39. Синтез наноразмерных порошков нитрида алюминия.
40. Метод синтеза нанокристаллического порошка AlN в потоке аммиака.
41. Рентгенографические и электронно-микроскопические результаты исследования свойств азотирования алюминия.
42. Условия синтеза чистых наночастиц нитрида алюминия.
43. Парафазовый синтез в реакторе с усиленным потоком азота путем азотирования алюминия
44. Схема реактора для азотирования алюминия.
45. Зависимость удельной поверхности порошка AlN от давления в реакторе с усиленным потоком азота.
46. Зависимость размера зерен кристаллитов порошка от давления в реакторе.
47. Влияние скорости потока азота в реакторе на удельную поверхность порошка AlN и размеры зерен кристаллитов.

48. Сравнительная характеристика зависимости азотирования в среде азота нанокристаллического алюминия и промышленного алюминия (рентгено-дифракционный анализ).
49. Что представляют собой прекурсоры?
50. Распылительный пиролиз (термолиз растворов аэрогеля).
51. Виды установок, применяемые для распыления. Факторы влияющие на характеристики частиц.
52. Схема и работа установки для пиролиза распылением.
53. Физико-химические основы термохимического разложения металлоорганических прекурсоров.
54. Типы пламенных реакторов, преимущества и недостатки.
55. Схема и работа реактора горения с плоским пламенем.
56. Хлоридный процесс, преимущества и недостатки.

Вопросы к рейтинг-контроля 2

1. Сущность метода золь-гель технологии.
2. Механизм формирования геля.
3. Золь-гель технология производства пористых сфер γ -Al₂O₃.
4. Схема получения нанопорошков оксидов металлов золь-гель способом.
5. Схема получения золь-гель способом сферических частиц гелеобразного материала.
6. Гидролиз алкоксидов металлов. Схема происходящих химических процессов.
7. Конденсация гидроксидов металлов, схема формирования пространственной гель-сетки.
8. Зависимость скорости гидролиза и конденсации от различных факторов.
9. Время гелеобразования различных алкоксидов кремния.
10. Влияние растворителя на размер наночастиц.
11. Структура молекул алкоксида металлов.
12. Особенности переработки алкоксидов металлов, стойкость к воде.
13. Влияние кислот и оснований на условия прохождения реакций алкоксидов металлов.
14. Удаление растворителя, влияние критической температуры на структуру гелей.
15. Понятие об аэрогелях, способ их получения.
16. Золь-гель способ получения монооксидных порошков из органометаллических прекурсоров.
17. Золь-гель способ: преимущества и недостатки.
18. Метод реверсирования мицеллы для синтеза нанокристаллических керамических порошков.
19. Схема инверсивной мицеллы.
20. Способы синтеза наночастиц внутри мицеллы.
21. Какие ПАВ применяются для реализации способа реверсирования мицеллы?
22. Достоинства и недостатки метода реверсирования мицеллы.
23. Способ получения керамических наночастиц методом осаждения.
24. Особенности получения наноразмерных керамических частиц из карбидов, нитридов и боридов металлов.
25. Способ получения наноструктурированного нитрида алюминия.
26. Сущность и сфера применения химического синтеза прекерамических полимеров.
27. Особенности превращения органометаллического прекурсора в керамический материал, влияние свободного углерода.
28. Поликарбоксиланы и полисилозаны, применяемые для синтеза карбида и нитрида кремния. Структурные химические формулы.
29. Химический синтез нитрида кремния, особенности технологического процесса, химические реакции.
30. Метод получения карбида и нитрида кремния объединенным химическим и физическим синтезом.

31. Схема и работа установки для получения ультразерен лазерным способом.
32. Другие методы получения монооксидной керамики.
33. Исходные материалы для синтеза наночастиц карбида и нитрида кремния газофазным методом с усилением воздействием плазмы, лазера, радиочастотной плазмой.
34. Сущность механохимического синтеза наночастиц.
35. Способ получения и реагенты при синтезе наночастиц оксида алюминия, свойства α - Al_2O_3 .
36. Синтез наночастиц с применением катализатора измельчения.
37. Кристаллизация оксидов металлов, методы изучения структур и дефектов кристаллов.
38. Пять типов кристаллов.
39. Условия образования ионных кристаллов.
40. Природа взаимодействия между молекулами в переходных оксидах металлов.
41. Оксиды каких металлов имеют структуру с октаэдральной координацией?
42. Причина повышенной химической активности наночастиц.
43. Для каких случаев применима модель точечных дефектов?
44. Виды дефектов, образующихся в кристаллах ионных твердых тел.
45. От каких факторов зависит энергии образования точечного дефекта?
46. Что собой представляют точечные дефекты?
47. Каким фактором определяется концентрация внутренних дефектов в твердых телах?
48. Какие дефекты включает поверхность кристаллов.
49. Состояние поверхности раздела в кристаллах.
50. В каком случае поверхность раздела является когерентной?
51. Виды погрешности структуры.
52. Типы планарных дефектов, причина взаимодействия иона с заряженным облаком.
53. Фазовые сегрегации в кристаллах.
54. Какую структуру имеют монокристаллиты оксида магния?
55. Причина особой реакционной активности микрофацетированных поверхностей оксида магния.
56. Каким методом были определены пористые паутиноподобные агрегаты, размер? Размер кристаллитов, необходимый для их образования.
57. Гистограмма распределения по размерам пористых агрегатов AP-MgO.
58. Механизм начального образования пор в агрегатах AP-MgO.
59. Причины, определяющие высокую адсорбционную активность агрегатов AP-MgO.
60. Структура агрегатов AP-MgO, взаимодействие с кислотой Lewis и 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксидом. Структурная формула.
61. Синтез наночастиц оксида титана, фазы, тип кристаллической структуры.
62. Функцией какого аргумента является структура кристалла оксида титана?
63. В каких областях техники наиболее применимы наночастицы оксида титана со структурой анатаза?
64. В каких областях техники наиболее применимы наночастицы оксида титана со структурой рутила?
65. Кристаллическая картина структуры рутила.
66. Влияние добавок ионов кремния на фазовое состояние наночастиц оксида титана при газофазном синтезе.
67. Способ получения нанокристаллического карбида кремния, структура нанокристаллов.
68. Структура и свойства нанокристаллов нитрида кремния в β -форме.
70. Структура и свойства нанокристаллов нитрида кремния в α -форме.
71. Условия межфазного перехода α -фазы в β -фазу. Особенности наличия атомов кислорода и углерода в поверхностных слоях.
72. Метод синтеза аморфного Si_3N_4 из $\text{Si}(\text{NH})_2$, свойства частиц.
73. Сегнетоэлектрик и антисегнетоэлектрик на основе цирконата титаната свинца. Синтез, свойства.
74. Нанофазные порошки ванадий-циркониевого оксида; синтез, свойства.

75. Нанофазные порошки ванадий-циркониевого оксида; синтез, свойства.
76. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц
77. Получения наночастиц различного размера и формы
78. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота.
79. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц
80. Проблемы создания электронных наноприборов.

Вопросы рейтинг-контроля 3

1. Наночастицы углерода и кремния
2. Фуллерены.
3. Реакция замещения хлорфуллеренов
4. Реакция внедрения металлов в фуллерены
5. Внедрение инертных газов в фуллерены
6. Регулирование реакционной способности металлфуллеренов
7. Кластеры кремния
8. Структура углеродных нанотрубок.
9. Синтез углеродных нанотрубок.
10. Химия нанотрубок
11. Заполнение внутренних полостей
12. Прививка функциональных групп.
13. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки
14. Квантовый размерный эффекты в нанохимии
15. Зависимость свойств материалов от размеров частиц
16. Химические свойства изоляционных поверхностей
17. Особенности физических свойств оксидов металлов
18. Физические свойства нанофазной керамики
19. Получение высокоплотных наноструктурированных систем.
20. Сверхпластичность и гибкость
21. Электрические и оптические свойства
22. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов
23. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме
24. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели
25. Сравнительные характеристики наноматериалов
26. Температуроустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности.
27. Высококремнеземистые волокна и материалы на их основе.
28. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы.
29. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы.
30. Новые научные направления и технологии XXI века.
31. Кристаллизация оксидов металлов, методы изучения структур и дефектов кристаллов.
32. Пять типов кристаллов.
33. Условия образования ионных кристаллов.
34. Природа взаимодействия между молекулами в переходных оксидах металлов.
35. Оксиды каких металлов имеют структуру с октаэдральной координацией?
36. Причина повышенной химической активности наночастиц.
37. Для каких случаев применима модель точечных дефектов?
38. Виды дефектов, образующихся в кристаллах ионных твердых тел.
39. От каких факторов зависит энергии образования точечного дефекта?
40. Что собой представляют точечные дефекты?
41. Каким фактором определяется концентрация внутренних дефектов в твердых телах?
42. Какие дефекты включает поверхность кристаллов.

43. Состояние поверхности раздела в кристаллах.
44. В каком случае поверхность раздела является когерентной?
45. Виды погрешности структуры.
46. Типы планарных дефектов, причина взаимодействия иона с заряженным облаком.
47. Фазовые сегрегации в кристаллах.
48. Какую структуру имеют монокристаллиты оксида магния?
49. Причина особой реакционной активности микрофацетированных поверхностей оксида магния.
50. Каким методом были определены пористые паутиноподобные агрегаты, размер? Размер кристаллитов, необходимый для их образования.
51. Гистограмма распределения по размерам пористых агрегатов AP-MgO.
52. Механизм начального образования пор в агрегатах AP-MgO.
53. Причины, определяющие высокую адсорбционную активность агрегатов AP-MgO.
54. Структура агрегатов AP-MgO, взаимодействие с кислотой Lewis и 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксидом. Структурная формула.
55. Синтез наночастиц оксида титана, фазы, тип кристаллической структуры.
56. Функцией какого аргумента является структура кристалла оксида титана?
57. В каких областях техники наиболее применимы наночастицы оксида титана со структурой анатаза?
58. В каких областях техники наиболее применимы наночастицы оксида титана со структурой рутила?
59. Кристаллическая картина структуры рутила.
60. Влияние добавок ионов кремния на фазовое состояние наночастиц оксида титана при газофазном синтезе.
61. Способ получения нанокристаллического карбида кремния, структура нанокристаллов.
62. Структура и свойства нанокристаллов нитрида кремния в β -форме.
63. Структура и свойства нанокристаллов нитрида кремния в α -форме.
64. Условия межфазного перехода α -фазы в β -фазу. Особенности наличия атомов кислорода и углерода в поверхностных слоях.
65. Метод синтеза аморфного Si_3N_4 из $\text{Si}(\text{NH})_2$, свойства частиц.
66. Сегнетоэлектрик и антисегнетоэлектрик на основе цирконата титаната свинца. Синтез, свойства.
67. Нанофазные порошки ванадий-циркониевого оксида; синтез, свойства.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины экзамен.

Вопросы к экзамену.

1. Первые научные упоминания о малых частицах. Фактическое начало изучения наноструктурного состояния.
2. Особые свойства и строение малых атомных агрегаций.
3. Общая характеристика наноструктур. Модели строения и формирования наночастиц.
4. Комбинация структурных элементов наночастиц.
5. Уровни иерархии наноструктур.
6. Особенности влияния наночастиц на свойства формируемых изделий. Влияние способов получения на морфологию наноматериалов.
7. Огнеупорная природа оксидов металлов.
8. Газофазный метод синтеза наноматериалов при конденсации газа.
9. Схема типовой установки для получения наночастиц из пересыщенного пара.
10. Модернизация процесса конденсации газа при производстве наночастиц. Схема установки.
11. Термическое испарение. Напыление. Лазерное испарение
12. Методы газовой конденсации нанокристаллических нитридов.
13. Синтез нанокристаллического нитрида алюминия в потоке аммиака.

14. Распылительный пиролиз оксидов металлов. Установки для распылительного пиролиза..
Материалы для применения в распылительном пиролизе
15. Пламенные реакторы. Преимущества и недостатки пламенных реакторов.
16. Золь-гель способ синтеза наночастиц, схема золь-гель способа
17. Схема установки получения сферических частиц гелеобразного материала
18. Механизм гидролиза алкоксидов металлов, зависимость скорости гидролиза от различных факторов, удаление растворителя и сушка
19. Реверсивные мицеллы, метод получения керамических наночастиц осаждением из раствора солей прекурсора.
20. Химический синтез прекерамических полимеров, отжиг аморфных прекерамических порошков.
21. Схема установки получения ультразерен лазерным способом.
22. Механохимический синтез; структура нанопорошков, полученных измельчением в планетарных мельницах с применением катализатора измельчения
- 23 Кристаллизация оксидов металлов, структурные особенности неорганических наноразмерных частиц формируемых при спекании
24. Химизм связи керамических наночастиц, влияние поверхности кристаллов.
25. Формирование паутиноподобных структуры из металлоорганических прекурсоров, формирование кубоподобных кристаллитов. формирование структуры диоксида титана , наночастиц соединений кремния, свинца, циркония .
26. Надмолекулярные структуры с участием наночастиц, получения наночастиц различного размера и формы
27. Процессы организации и самоорганизации наночастиц на примере частиц серебра и золота.
28. Процессы трансляционного и ориентационного упорядочения наночастиц, проблемы создания электронных наноприборов.
29. Наночастицы углерода и кремния, фуллерены, кластеры кремния.
30. Реакция замещения хлорфуллеренов, реакция внедрения металлов в фуллерены внедрение инертных газов в фуллерены, регулирование реакционной способности металлфуллеренов.
31. Синтез, структура, химия углеродных нанотрубок.
32. Заполнение внутренних полостей, прививка функциональных групп, внедрение атомов и молекул в многослойные трубки.
33. Квантовый размерный эффекты в нанохимии, зависимость свойств материалов от размеров частиц.
34. Химические свойства изоляционных поверхностей
35. Особенности физических свойств оксидов металлов, физические свойства нанофазной керамики: сверхпластичность и гибкость, электрические и оптические свойства
36. Получение высокоплотных наноструктурированных систем.
37. Синтез тугоплавких нанопорошков в высокотемпературной плазме.
38. Синтез прозрачной нанокерамики на основе шпинели.
39. Сравнительные характеристики наноматериалов.
40. Перспективы развития нанотехнологии оксидов металлов.
41. Ресурсосберегающие стеклообразные пеноматериалы.
42. Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к рейтинг-контролю, практическим и лабораторным занятиям, разработку реферата, подготовку к сдаче экзамена.

Виды самостоятельной работы студентов: изучение материала дисциплины по учебникам, монографиям, учебным пособиям, подготовка текста и презентации реферата по патентным, литературным и интернет-источникам.

Темы рефератов

1. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур.
2. Методы исследования
3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты
4. Термодинамические аспекты поверхности
5. Кластерные модели
6. Молекулярные лигандные кластеры
7. Безлигандные металлические кластеры
8. Углеродные кластеры
9. Кластеры инертных газов и малых молекул
10. Кластерные реакции
11. Коллоидные кластеры и наноструктуры
12. Фуллериты и углеродные нанотрубки
13. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Тонкие пленки. Механические и тепловые свойства
14. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры
15. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов.
16. Оптические наноприборы
17. Магнитные свойства наноструктур
18. Зерна, слои и поры в консолидированных материалах
19. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации
20. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов
21. Общая характеристика свойств наноматериалов. Электронное строение.
22. Фазовые равновесия и термодинамика наносистем. Фононный спектр и термические свойства.
23. Свойства типа проводимости. Оптические свойства. Магнитные характеристики.
24. Механические свойства, стабильность, рост зерен, диффузия.
26. Реакционная способность, катализ
27. Технология консолидированных материалов, технология полупроводников.
28. Микро- и наноэлектромеханические системы, материалы со специальными физическими свойствами, био- медицинские материалы
29. Получение тонких пленок, покрытий и мембран наноразмерной величины
30. Свойства тонких пленок покрытий и мембран наноразмерной величины
31. Углеродные нанотрубки и композиционные материалы на их основе.
32. Синтез, свойства, применение углеродных нанотрубок.
33. Нановолокна на основе оксида циркония., нанотрубки на основе оксида циркония
34. Нанопроволока на основе оксидов циркония.

По тематике рефератов возможно опубликование статей в научных изданиях.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. А.И. Христофоров. Нанокерамика.: Учебное пособие: в 3 ч .Ч.1 /А.И. Христофоров, Э.П. Сысоев, И.А. Христофорова; Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005.- 76с.	2005	http://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/349
2. А.И. Христофоров. Нанокерамика: Учебное пособие: в 3 ч.: Ч.2	2006	http://dspace.www1.vlsu.ru/bitst

/А.И. Христофоров, Э.П. Сысоев, И.А. Христофорова; Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006.- 40с.		ream/123456789/902/1/749.pdf
3. А.И. Христофоров. Нанокерамика в 3 ч. : Учебное пособие. Ч.3 /А.И. Христофоров, Э.П. Сысоев, И.А. Христофорова. Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та,2007.- 116с.	2007	http://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/1125
Дополнительная литература		
1. Э.П. Сысоев. Нанокерамические материалы в 2 ч. : Учебное пособие. Ч.1. Пленки, покрытия , мембраны / Э.П. Сысоев. Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008.- 90 с.	2008	http://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/1213
2. Э.П. Сысоев. Нанокерамические материалы в 2 ч. : Учебное пособие. Ч.2. Трубки, стержни, проволока / Э.П. Сысоев. Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009.- 86 с.	2009	http://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/1266

6.2. Периодические издания

- журнал «Нано Дайджест»;
- журнал «Нано- и микросистемная технока»;
- журнал «Наноматериалы и нанотехнологии-Наноиндустрия»;
- журнал «Наука и технологии России-STRF.ru»
- журнал «Российские нанотехнологии»;
- журнал «Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение)»;
- журнал «Нанотехника».


6.3. Интернет-ресурсы


- сайты ведущих научных журналов по нанотехнологии;
- электронные библиотечные системы «Лань», ЭБС «Znanium», Студенческая электронная библиотека «Консультант студента», ЭБС «IPRbooks» и др. (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).


7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в ауд. 430, корп. 1 «Лаборатория общей химической технологии», лекции и практические занятия – ауд. 303а, корп.1 «Лекционная».

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

Рабочую программу составил  д.т.н., профессор Христофорова И.А.

Рецензент
директор по научно-технологическому
развитию ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н.  Лазарев Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ
Протокол № 1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой  Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии  С.М. Аракелян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой _____

С.М. Абрахим

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____