

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 20:36:55
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Рабочая программа дисциплины
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность образовательной программы

Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль

Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Пантелеев И.Б.

Рабочая программа дисциплины «Наноматериалы в технологии неорганических веществ и материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

протокол от 13.12.2016 № 5

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 15.12.2016 № 4

Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология» (неорганических веществ)		профессор А.А. Малыгин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	04
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины.....	05
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	05
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	06
4.3.1. Семинары, практические занятия	07
4.3.2. Лабораторные занятия.....	07
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	08
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	08
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	08
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	09
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	09
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	10
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	10
10.3. Информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	11
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	12

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся в соответствии с ФГОС ВО по направлению «Химическая технология» (18.03.01) (Утв. Приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 № 1005) должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Знать: строение кристаллических материалов, их реальную макро-, микро- и наноструктуру, взаимосвязь свойств со структурой. Уметь: на основе знаний иерархической связи и подчиненности структурных уровней наноматериалов различной химической природы, создаваемых путем консолидации дисперсных одно- и многофазных систем, видеть причинно-следственную связь между свойствами создаваемых наноматериалов, их структурой и технологией изготовления. Владеть: навыками работы с научной литературой и интернет-ресурсами.
ПК-20	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Знать: принципы создания композиционных наноматериалов с регулируемой структурой. Уметь: успешно решать проблему создания наноматериалов с регулируемыми свойствами. Владеть: представлениями о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства композиционных наноматериалов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина ФТД.В.ДВ.01.02.02 «Наноструктурированные силикатные материалы» относится к факультативам вариативной части и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химические и физико-химические методы анализа, кристаллохимия и кристаллография.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Наноструктурированные силикатные материалы» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении профильных дисциплин.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	1 / 36
Контактная работа с преподавателем:	36
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	–
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	0
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Нанотехнология, наноматериалы в технологии.	4	4	–	–	ОПК-2
2.	Методы синтеза твердых веществ в наноразмерном масштабе. Методы оценки нанопорошков.	4	4	–	–	ОПК-2
3.	Консолидация наночастиц. Спекание наноматериалов.	4	4	–	–	ОПК-2
4.	Методы исследования структуры наноматериалов.	4	4	–	–	ПК-20
5.	Свойства наноматериалов. Роль новых материалов и новых технологий в развитии техники.	2	2	–	–	ПК-20

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Нанотехнология, наноматериалы в технологии.</u> Наноматериалы как химико-технологический процесс, исторический приоритет нанокерамики. Проблемы применения нанопорошков в технологии – разработка, оборудование, деградация свойств вещества в наномасштабном состоянии во времени.	4	Компьютерная презентация
2	<u>Методы синтеза твердых веществ в наноразмерном масштабе. Методы оценки нанопорошков.</u> Механосинтез, измельчение, газофазный, плазмохимический, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, золь-гель, метод испарения-конденсации, электрический взрыв и др. Методы определения удельной поверхности по газовой адсорбции, седиментации. Технологические свойства нанопорошков (насыпная масса, агломерированность, текучесть и др.).	4	Компьютерная презентация
3	<u>Консолидация наночастиц. Спекание наноматериалов.</u> Прессование, электрофорез, литье пленок, фильтрация под давлением, центрифугирование. Характеристики пористости формованных образцов из наночастиц. Спекание наноматериалов – вторичная консолидация как основа получения объемных материалов. Импульсные методы спекания, горячее прессование, горячее изостатическое прессование, электроразрядное спекание, спекание ковкой, спекание в ударных волнах.	4	Компьютерная презентация
4	<u>Методы исследования структуры наноматериалов.</u> Определение размера зерен, строения границ раздела. Электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия (атомно-силовая), метод аннигиляции позитронов. Анализ строения межзеренных, межфазных границ раздела в наноструктурированных керамиках.	4	Компьютерная презентация
5	<u>Свойства наноматериалов. Роль новых материалов и новых технологий в развитии техники.</u> Методы оценки свойств наноматериалов – динамические, статические, вязкость разрушения, трещиностойкость, твердость однородных и гетерофазных керамик. Упрочнение наноматериалов.	2	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Нанотехнология, наноматериалы в технологии.</u> Области применения наноматериалов – машиностроение, авиация, космос, атомная энергетика.	4	Групповая дискуссия
2	<u>Методы синтеза твердых веществ в наноразмерном масштабе. Методы оценки нанопорошков.</u> Ансамбль наночастиц. Удельная поверхность, методы определения, распределение частиц по размерам. Состояние поверхности, роль поверхностных атомов в проявляемых свойствах при низких температурах и спекании. Оценка доли поверхностных атомов в зависимости о размера частиц.	4	Слайд-презентация, групповая дискуссия
3	<u>Консолидация наночастиц. Спекание наноматериалов.</u> Импульсные методы при вторичной консолидации (спекании) ансамблей наночастиц: свободное спекание прессовок нанопорошков, роль и учет особенностей диффузионных процессов, механизмы массопереноса в пористых заготовках на основе наночастиц с различной природой химической связи, в композициях, описываемых различным типом диаграмм состояния.	4	Групповая дискуссия
4	<u>Методы исследования структуры наноматериалов.</u> Методы регулирования структуры материалов при спекании. Перспектива разработки наноструктурированных материалов в многокомпонентных системах.	4	Тренинг
5	<u>Свойства наноматериалов. Роль новых материалов и новых технологий в развитии техники.</u> Объемные наноматериалы. Особенности межзеренных и межфазных границ. Методы оценки структуры наноматериалов. Физические и термодинамические свойства наноматериалов как функция размера. Закономерности изменения свойств в наноконпозициях.	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия

4.3.2. Лабораторные занятия.

Не предусмотрено.

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

Не предусмотрено.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technology.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения заданных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) теоретического характера.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

1. Специфика технологических свойств ансамбля наночастиц при разработке керамики.
2. Электрофорезное (eps) спекание.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература.

1. Козлов, В.В. Методы синтеза нанопорошков и наноструктур. Методические указания / В.В. Козлов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 20 с. (ЭБ)

2. Основы нанотехнологии: учебник / Н.Т. Кузнецов, В.Н Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 397 с.

3. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. – СПб. : Лань, 2012. – 464 с.

4. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с. (ЭБ)

5. Орданьян, С.С. Теоретические основы управляемого спекания наноструктурных материалов : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 33 с. (ЭБ)

6. Орданьян, С.С. Технология наноструктурированных керамических материалов. Новые керамические инструментальные материалы : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 86 с. (ЭБ)

7. Пантелеев, И. Б. Теоретические основы технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. (+ЭБ)
8. Пантелеев, И. Б. Химическая технология тонкой и строительной керамики: учебное пособие / И. Б. Пантелеев. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. (+ЭБ)
9. Суворов, С.А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 25 с. (+ЭБ)
10. Основы материаловедения, коррозии и технологии материалов: учебное пособие / М.М. Сычев, В.Н. Коробко, Т.В. Лукашова, С.В. Мякин.– СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 94 с.

Дополнительная литература.

1. Абдрахимов, В.З. Теоретические и технологические аспекты использования техногенного сырья в производстве теплоизоляционных материалов: Монография / В.З. Абдрахимов, Д. Ю. Денисов. – Самара, 2010. – 69 с.
2. Брыков, А.С. Химия силикатных и кремнеземсодержащих вяжущих материалов: учебное пособие / А.С. Брыков. – СПбГТИ(ТУ), 2011. – 144 с.
3. Медведева, И.Н. Гармонизованные с европейскими нормами стандарты на цементы: учеб. Пособие // И.Н. Медведева, В.И. Корнеев, Е.Ю. Алешунина. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 35 с. (+ЭБ)
4. Журнал “Огнеупоры и техническая керамика”.
5. Журнал “Новые огнеупоры”.
6. Журнал «Стекло и керамика».
7. Журнал «Физика и химия стекла».

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет;

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий магистранту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной

работой магистрантов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на лабораторных занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 8 семестра в виде зачета. Результаты зачета включаются в приложение к диплому.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word);

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Лабораторные занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональные компьютеры для обучающихся.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Наноматериалы в технологии неорганических веществ и материалов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	промежуточный
ПК-20	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает строение кристаллических материалов, их реальную макро-, микро и наноструктуру, взаимосвязь свойств со структурой. Владеет современными физико-химическими представлениями о связи тонкого строения вещества с технологическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.	Правильные ответы на вопросы № 1–7 к зачету	ОПК-2
Освоение раздела № 2	Знает фундаментальные основы, определяющие физико-механические и эксплуатационные свойства спеченных наноструктурированных материалов, создаваемых по керамической технологии. Владеет навыками работы с научной литературой и интернет-ресурсами.	Правильные ответы на вопросы № 8–16 к зачету	ОПК-2
Освоение раздела № 3	Умеет на основе знаний иерархической связи и подчиненности структурных уровней наноматериалов различной химической природы, создаваемых путем консолидации дисперсных одно- и многофазных систем, видеть причинно-следственную связь между свойствами создаваемых наноматериалов, их структурой и технологией изготовления.	Правильные ответы на вопросы № 17–21 к зачету	ОПК-2

Освоение раздела № 4	Знает принципы создания композиционных наноматериалов с регулируемой структурой. Умеет успешно решать проблему создания наноматериалов с регулируемыми свойствами.	Правильные ответы на вопросы № 22–28 к зачету	ПК-20
Освоение раздела № 5	Владеет представлениями о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства композиционных наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы № 29–33 к зачету	ПК-20

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
 промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2:

1. Методы оценки размера твердых веществ (в диапазоне $10 \div 10^5$ нм), применяемых при создании керамики.
2. Особенности структурного состояния наночастиц ($d \leq 100$ нм).
3. Природа дефектов в наночастицах, связь с методом получения.
4. Роль поверхности и поверхностного состояния атомов в наночастицах на поведение ансамбля частиц.
5. Специфика технологических свойств ансамбля наночастиц при разработке керамики.
6. Размерные эффекты, проявляемые в изменении физических свойств.
7. Причины появления метастабильных модификаций твердых веществ в нанодиапазоне.
8. Получение наночастиц методом механосинтеза, измельчения, применяемые механоактиваторы.
9. Получение наночастиц методом плазмохимического синтеза твердых веществ.
10. Получение наночастиц соединений методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
11. Получение наночастиц твердых веществ методом испарения–конденсации.
12. Получение наночастиц методом золь–гель технологии, примеры.
13. Получение наночастиц твердых веществ методом электрического взрыва.
14. Первичная консолидация нанопорошков, закономерности и особенности метода одноосного прессования.
15. Центрифугирование, электрофорез, литье пленок.
16. Поровая структура первично консолидированных порошков как функция размера частиц.
17. Вторичная консолидация – спекание, задачи применительно к получению наноматериалов с планируемыми свойствами.
18. Спекание в камерах высокого давления, преимущества и недостатки.
19. Горячее прессование, горячее изостатическое прессование, преимущества и недостатки.
20. Электрофорезное (eps) спекание.
21. Свободное спекание нанопорошков, особенности диффузионных процессов в прессовках наночастиц.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-20:

22. Рекристаллизационные процессы, их роль формировании структуры керамики.
23. Деградация наноразмерности в системах с высокой избыточной поверхностной энергией.
24. Метод управляющей траектории спекания, суть метода, его недостатки.
25. Спекание с контролируемой скоростью уплотнения, суть метода, его недостатки.
26. Идеология разработки многокомпонентных наноматериалов, физико-химические принципы, обеспечивающие сохранность наноразмерности при свободном спекании.
27. Исследование структуры объемных наноматериалов с наноразмерными зернами твердой фазы.
28. Особенности строения межзеренных, межфазных границ, «тройных стыков» в наноструктурированных наноматериалах.
29. Влияние дисперсности фазовых составляющих наноматериалов на физические свойства.
30. Влияние дисперсности фазовых составляющих наноматериалов на механические свойства.
31. Упрочнение наноматериалов – создание керамоматричных композиций, примеры.
32. Влияние температуры на свойства наноматериалов – ползучесть, сверхпластичность.
33. Примеры использования наноматериалов в различных областях техники.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.