

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
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность образовательной программы

Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль

Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		доцент А.А.Малков

Рабочая программа дисциплины «Функциональные наноматериалы» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 02.12.2016 № 3

Заведующий кафедрой

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 2016 №

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.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины.....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
4.5. Темы курсовых работ.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	15
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	16
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	17

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы магистратуры 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-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - причины проявления особых свойств наноматериалов; - причины физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации - современную классификацию наноразмерных объектов; - основные классы наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов; - выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способами регулирования их физико-химических свойств.
ПК-16	Способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - возможности различных методов синтеза наноматериалов; - основные методы получения и роль химических подходов при получении наночастиц и двумерных наноструктур. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить химические эксперименты и обработку полученных результатов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов.
ПК-18	Готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса; - области применения наноматериалов.

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками методов получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б1.В.ДВ.03.03. «Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники», является обязательной (Б1.В.ДВ.03.03.07.) и изучается на 4 курсе обучения в 8 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов "Общая и неорганическая химия", "Физика", "Математика", "Прикладная механика", "Материаловедение", "Информатика", "Органическая химия", "Аналитическая химия", "Основы научных исследований", "Основы экологии", "Физическая химия", "Коллоидная химия", "Вакуумное оборудование в производстве электронной техники", "Физическая химия твердого тела", "Технология монокристаллов и особо чистых веществ", "Информационные технологии в твердотельном материаловедении", "Химические основы нанотехнологий", "Технологии материалов электронной техники", "Метрология, стандартизация и сертификация", а также в ходе учебной практики, практики по получению профессиональных умений и навыков профессиональной деятельности и технологической практики. Компетенции, приобретенные в результате освоения дисциплины, будут использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	4 / 144
Контактная работа с преподавателем:	84
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	48
семинары, практические занятия	24
лабораторные работы	24
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	60
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	КР, зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Основные определения и понятия	2	2		4	ОПК-3
2	Классификация наноматериалов по мерности и типу остова	2	2		4	ОПК-3
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии	4	4		10	ОПК-3
4	Нанокластеры, наночастицы	2	4	12	6	ОПК-3, ПК-16
5	Неорганические тубулярные наноструктуры и методы их синтеза	2	2		6	ПК-16
6	Двумерные наноматериалы	2	2		6	ПК-16
7	Углеродные наноматериалы	4	2		8	ОПК-3, ПК-16, 18
8	Трехмерные наноматериалы	2	2		6	ПК-18
9	Области применения функциональных наноматериалов	4	4	12	10	ПК-18

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Введение. Основные определения и понятия Предмет курса и его задачи. Введение: цель и содержание курса «Функциональные наноматериалы». Определение нанотехнологии, наноматериала, их принципиальные отличия от макрообъектов, эволюционное развитие представлений в области синтеза и применения низкоразмерных объектов, задачи технологии наноматериалов, перспективные направления развития нанотехнологии функциональных наноматериалов.	2	Лекция-беседа
2	Классификация наноматериалов по мерности и типу остова Современная классификация наноразмерных объектов, основанная на размерных параметрах и химической природе нанобъектов. Система добровольной сертификации продукции наноиндустрии «НАНОСЕРТИФИКА» ГК «Роснанотех», их основные специфические характеристики и различные методы их определения.	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии Особенности свойств наноматериалов. Размерные эффекты. Параметры кристаллической решетки, термодинамические, оптические, электронные, магнитные свойства, реакционная способность наносистем. Квантово-размерный эффект.	4	Лекция-беседа
4	Нанокластеры, наночастицы. Классическая теория зародышеобразования. Методы синтеза кластеров. Структура и свойства кластеров. Магические числа. Теоретическая модель кластера. Свойства кластеров.	2	Лекция-беседа
5	Неорганические тубулярные наноструктуры и методы их синтеза. Неорганические одномерные наноструктуры (MX_2 , BN , SiO_2 , TiO_2 , многокомпонентные). Подходы к синтезу неорганических нанотрубок. Зонная структура гетероперехода нанотрубки, свойства неорганических нанотрубок.	2	
6	Двумерные наноматериалы Основные методы получения и роль химических подходов в технологии двумерных наноструктур. Кинетика и термодинамика процесса роста пленок. Механизм роста пленок. Физические методы осаждения тонких пленок: молекулярно-лучевая эпитаксия, импульсное лазерное осаждение, распылительное осаждение. Методы химического осаждения пленок. Химическое осаждение из газовой фазы. Контроль роста. Нанесение тонких пленок на сложный рельеф. Химическое осаждение из растворов: золь-гель метод, метод Ленгмюр-Блоджетт, основы и особенности реализации рассматриваемых методов синтеза.	2	
7	Углеродные наноматериалы. Классификация углеродных материалов. Нульмерные наноструктуры: фуллерены, строение молекул фуллеренов, фуллериты, экзо- и эндопроизводные фуллеренов. Углеродные одно- и многослойные нанотрубки, электронная структура, энергетический спектр и проводимость УНТ, методы получения УНТ. Симбиозные структуры на основе нанотрубок и фуллеренов. Двумерные наноструктуры - графен, зонная и кристаллическая структура графена. Строение и свойства углеродных наноструктур различной мерности остова.	4	Лекция-беседа
8	Трехмерные наноматериалы. Классификация методов синтеза наноматериалов по типу формирования: «сверху вниз» и «снизу вверх». Физические и химические методы синтеза наноматериалов. Способы испарения и конденсации (стабилизации) наночастиц. Синтез в нанореакторах. Механохимический синтез, детонационный синтез и электровзрыв. Золь-гель метод. Самораспространяющийся синтез. Аэрозольный синтез.	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
9	Области применения функциональных наноматериалов Наноэлектроника. Современные транзисторы, Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Магнитные носители информации. Наномеханизмы и наноустройства.	4	Лекция-беседа

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	Введение. Основные определения и понятия Наноматериалы, критерии их определения. Общая характеристика структуры наноматериалов Исторические аспекты развития нанотехнологии и наноматериалов	2	Групповая научная дискуссия
2	Классификация наноматериалов по мерности и типу остова Основные типы наноразмерных материалов и систем. Ноль-, одно-, двух- и трехмерные наноструктуры. Физико-химические методы исследования наноматериалов	2	Разбор конкретных ситуаций
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии Основные этапы истории изучения размерных эффектов. Типы размерных эффектов и особенности проявления их в наноматериалах. Изменение электрических и оптических характеристик наноматериалов. Влияние размерных эффектов на электронную структуру наноматериалов. Определение размера дисперсных и нанодисперсных объектов по результатам измерения удельной поверхности адсорбционным методом и изменение доли поверхностных атомов по мере уменьшения общего числа атомов и соответственно размера частиц.	4	Разбор конкретных ситуаций
4	Нанокластеры, наночастицы Нанокластеры и методы их получения и стабилизации. Основные подходы к получению наночастиц. Классификация методов синтеза наноматериалов. Нанотехнологии «сверху – вниз» «снизу - вверх». Темплатный синтез наноматериалов и наноструктур. Подходы, основанные на принципе самосборки. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов; факторы, обуславливающие стабильность. Способы стабилизации наночастиц	4	Разбор конкретных ситуаций
5	Неорганические тубулярные наноструктуры и методы их синтеза Методы получения неорганических нанотрубок. Перспективные области применения неорганических нанотубулярных материалов. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.	2	Групповая научная дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	Двумерные наноматериалы Перспективные способы получения нанопокровов. Пленочные технологии получения наноматериалов (химическое осаждение из газовой фазы (CVD), физическое осаждение из газовой фазы (PVD), электроосаждение, ионно-лучевая эпитаксия, золь-гель осаждение).	2	Групповая научная дискуссия
7	Углеродные наноматериалы. Ультрадисперсный алмаз, структура, свойства, применение. Фуллерен. История открытия, структура, возможности модифицирования, особенности химических реакций с участием фуллеренов, области применения. Методы получения углеродных нанотрубок. Внедрения атомов и молекул в углеродные нанотрубки.	2	Групповая научная дискуссия
8	Трехмерные наноматериалы. Наноструктурированные материалы. Основные методы получения и направления практического использования. Классификация нанокompозитов (по химической природе матрицы, по форме и характеру наполнителей из наночастиц и др.).	2	Групповая научная дискуссия
9	Области использования наноматериалов и перспективы развития нанотехнологий. Наноэлектроника как одно из направлений применения нанотехнологий. Полупроводниковые наноматериалы. Перспективы применения наноматериалов в электронике. Сенсорные материалы на основе полупроводниковых оксидов и гетероструктур. Преимущества применения наноматериалов для аккумуляторов. Перспективы применения углеродных наноматериалов разной мерности.	4	Групповая научная дискуссия

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
4	Двумерные наноматериалы Исследование влияния поверхностных фосфороксидных наноструктур на влагопоглощательные свойства фосфорсодержащего кремнезема.	4	
	Изучение оксидных наноструктур на поверхности полимерных материалов методом ИК-Фурье спектроскопии	8	
9	Области использования наноматериалов и перспективы развития нанотехнологий. Синтез и оценка электропроводности элементоксидных тонких пленок на поверхности боросиликатного стекла	8	
	Применение ванадийсодержащего силикагеля в качестве цветового индикатора влажности.	4	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Вклад исследований советских и российских ученых и инженеров на ход процесса становления «нанотехнологического самосознания». Развитие нанотехнологии в России.	4	Курсовая работа зачет
2	Основные классы наноразмерных систем. Дать определения терминов: наночастица, наносистема, нанокомпозит, нанонаука, нанотехнология. Классификация наноразмерные системы.	4	Курсовая работа зачет
3	Основные факторы, влияющие на неравновесное состояние наноматериалов. Размерные свойства наноматериалов: электрические, магнитные, оптические, механические, химические. Оптические и электронные свойства наносистем. Влияние размера частиц на параметры кристаллической решётки. Изменение физико-химических свойств веществ при уменьшении размера частиц.	10	Курсовая работа зачет
4	Порошковые наноматериалы. Основные методы получения и направления практического использования. Физические и химические методы синтеза наночастиц и нанопорошков. Пористые наноструктуры. Методы получения и возможности практического использования. Применение наноструктур в химии и химической технологии.	6	Курсовая работа зачет
5	Неорганические нанотрубки - синтез, свойства, применение. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.	6	Курсовая работа зачет
6	Пленки Ленгмюра-Блоджетт - синтез, структура, свойства, применения. Формирование нанорельефа поверхности подложек. Технологии получения двумерных наноструктур, основанные на физических и химических процессах.	6	Курсовая работа зачет
7	Углеродные наноструктуры. История открытия углеродных наноматериалов, структура, возможности модифицирования, области применения. Методы и оборудование для получения углеродных наноматериалов различной мерности.	8	Курсовая работа зачет
8	Процессы самосборки в наносистемах. Наноструктурные элементы вещества. Материалы на основе наноструктурных элементов Фотонные кристаллы. Магнитные свойства наносистем.	6	Курсовая работа зачет
9	Методы контроля наноструктур по составу, размерам, степени упорядоченности. Применение наноматериалов при создании функциональных диэлектрических и полупроводниковых нанопокровтий. Применение наноматериалов в нанoeлектронике. Механические свойства наносистем	10	Курсовая работа зачет

4.5. Темы курсовых работ

1. Применение наноматериалов при создании функциональных диэлектрических и полупроводниковых нанопокровов
2. Транзисторы на основе углеродных нанотрубок
3. Углеродные нанотрубки и перспективные области их применения.
4. Пленки Ленгмюра-Блоджетт - синтез, структура, свойства, применения
5. Графен – методы синтеза, структура, свойства, применение
6. Фуллерены – методы синтеза, структура, свойства, применение
7. Углеродные нанотрубки – методы синтеза, свойства, применение
8. Неорганические нанотрубки - синтез, свойства, применение
9. Фотонные кристаллы, получение и материалы на их основе
10. Технологии получения двумерных наноструктур, основанные на физических процессах
11. Технологии получения двумерных наноструктур, основанные химических процессах
12. Наноэнергетика. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии
13. Оптические и электронные свойства наносистем
14. Использование наноматериалов в топливно-энергетической сфере.
15. Нанотехнология в производстве сенсорных датчиков.
16. Производные фуллеренов, свойства и области применения
17. Пиподы – методы получения, свойства, возможные области применения
18. Применение наноматериалов в микро - и наносистемной технике.
19. Применение наноматериалов в наноэлектронике
20. Производство и применение наноматериалов в России.
21. Применение нанотехнологии в материалах, поглощающих электромагнитное излучение.

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

1. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: учебное пособие./ Ю.К. Ежовский - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 92 с.
2. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с. (ЭБ)
3. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие./ К.Л.Васильева [и др.]. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010.- 64 с. (ЭБ)
4. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций/ А.А. Малыгин, А.А. Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с.
5. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с. (ЭБ).
6. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие./ Г.Л.Брусилковский [и др.]. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 с. (ЭБ).
7. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2011.- 26 с.
8. Соснов, Е.А. Исследование поверхности материалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 36 с.
9. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 52 с.

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.technolog.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 – в конце 8 семестра в виде курсовой работы и зачета в устной форме. Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций по результатам выполнения практических и лабораторных работ и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты зачета и курсовой работы включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на зачете:

1. Основные классы наноразмерных систем (перечислить, охарактеризовать).
2. Классическая теория зародышеобразования
3. Методы синтеза кластеров
4. Структура и свойства кластеров
5. Магические числа
6. Теоретическая модель кластера
7. Особенности свойств наноматериалов. Размерные эффекты
8. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии.
9. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов; факторы, обуславливающие 10. стабильность. Способы стабилизации наночастиц.
10. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии.
11. Влияние размера частицы на магнитные свойства ферромагнетиков.
12. Методы синтеза углеродные нанотрубок.
13. Области практического применения углеродных нанотрубок.
14. Нанотехнология в производстве сенсорных датчиков.

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

Основная литература.

1. Беляков, А.В. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие/ А.В. Беляков, Е.В. Жариков, А.А. Малыгин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 102 с.
2. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 452 с.
3. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с. (ЭБ)
4. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций/ А.А. Малыгин, А.А. Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с.
5. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с. (ЭБ).
6. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие./ Г.Л.Брусиловский [и др.]. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 с. (ЭБ).
7. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие./ Е.А. Соснов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 52 с. (ЭБ)

Дополнительная литература:

1. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев.- М.: Физматлит, 2009.- 415 с.
2. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л. Миронов.- М.: Техносфера, 2005.- 144 с.
3. Нанотехнологии в электронике/ Под ред. Ю.А.Чаплыгина.- М.: Техносфера, 2005. - 446 с.
4. Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник – монография. Пер. с англ.: Научное издание / Р. Келсалл, А. Хэмбли, М. Геогеган (ред.). - Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2011. – 528 с.
5. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин - М.: Техносфера, 2006.- 159 с.
6. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий/ Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. - М.: Физматлит. 2009. – 456 с.
7. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Мальгин - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2011.- 26 с. (ЭБ)
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии / В.В.Старостин.- М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015.- 431 с. (ЭБС)
9. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов/ И.П. Суздаев.- Изд 2-е испр. – М.: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с.

Вспомогательная литература.

1. Алесковский, В.Б. Стехиометрия и синтез твердых соединений/ В.Б. Алесковский. - Л.: Наука, 1976.- 140 с.
2. Алесковский, В.Б. Химия твердых веществ: учебное пособие для вузов/ В.Б. Алесковский. - М.: Высшая школа, 1978 - 256 с.
3. Алесковский, В.Б. Курс химии надмолекулярных соединений: учебное пособие/ В.Б. Алесковский. - Л.: ЛГУ, 1990.- 284 с.
4. Алесковский, В.Б. Химия надмолекулярных соединений/ В.Б. Алесковский. - СПб.: СПбГУ, 1996.- 256 с.
5. Алесковский, В.Б. Химико-информационный синтез. Начатки теории. Методы: учебное пособие/ В.Б. Алесковский. - СПб.: Изд-во СПбУ, 1997. – 72с.
6. Алёхин, А.П. Физико-химические основы субмикронной технологии/ А.П. Алёхин – СПб: Изд-во С-Петербургского ун-та, 1999.- 200 с.
7. Алёхин, А.П. Основы субмикронной технологии/ А.П. Алёхин. - М.: МИФИ, 1996.- 245 с.
8. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию/ Н. Кабаяси.- Пер. с японск. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.- 134 с.
9. Кольцов, С.И. Состав и химическое строение твердых веществ: учебное пособие/ С.И. Кольцов. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1987. - 84 с.
10. Кольцов, С.И. Реакции молекулярного наслаивания: текст лекций/ С.И. Кольцов. - СПб.: СПбТИ, 1992.- 63 с.
11. Кузнецов, М.В. Современные методы исследования поверхности твердых тел/ М.В. Кузнецов.– Екатеринбург: Инст. хим. твердого тела УрО РАН, 2010.– 43 с.
12. Наноматериалы. Нанотехнология. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005г./ под ред. П.П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2006.- 149 с.
13. Наноматериалы: свойства и перспективные приложения/ Отв. ред. А.Б. Ярославцев – М.: Научный мир, 2015.- 456 с.
14. Практикум по химии твердых веществ: учебное пособие; под ред. С.И. Кольцова [и др.]. - Л.: Изд. ЛГУ, 1985. - 224 с.
15. Пул, Ч. – мл. Нанотехнологии/ Ч. Пул, Ф.Оуэн. - М.: Техносфера, 2007.- 375 с.
16. Соснов, Е.А. Исследование поверхности материалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 36 с.

17. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Гроян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.
18. Шабанова, Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие./ Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. - М.: Академкнига, 2007.– 309 с.

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;
4. www.ntmdt.ru
5. www.nanoscopy.org

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. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.
6. 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.
7. 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 студенту 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 студентов 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 практических занятиях и при выполнении лабораторного практикума 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 курсовой работы и зачета в устной форме. Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций по результатам выполнения практических и лабораторных работ. Зачет включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Результаты зачета и курсовой работы включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Страница поддержки пользователей оборудования ИТ-МДТ <http://www.ntmdt.ru/spm-methodologies>

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.

Практические занятия проводятся в аудитории на 25 и более мест, оборудованной:

1. Персональным компьютером.
2. Мультимедиа-проектором (разрешение не хуже 1024×758).
3. Стационарным или переносным проекционным экраном.

Лабораторные занятия проводятся на базе лабораторного комплекса кафедры.

Использование лицензионного ПО:

При представлении лекционного материала и проведении практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

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
«Функциональные наноматериалы»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенция		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	промежуточный
ПК-16	Способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	промежуточный
ПК-18	Готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	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 основные классы наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов.	Правильные ответы на вопросы №№ 1-4	ОПК-3
Освоение раздела № 2	Знает современную классификацию наноразмерных объектов; Умеет проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов.	Правильные ответы на вопросы №№ 5-7	ОПК-3
Освоение раздела № 3	Знает причины проявления особых свойств наноматериалов. Умеет выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.	Правильные ответы на вопросы №№ 8-14	ОПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 4	Знает основные химические и физические методы получения наночастиц; Умеет проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов. Владеет способами регулирования их физико-химических свойств.	Правильные ответы на вопросы №№ 15-21	ОПК-3
	Знает основные методы получения и роль химических подходов при получении наночастиц.	Правильные ответы на вопросы №№ 29-32	ПК-16
Освоение раздела № 5	Знает возможности различных методов синтеза нанотубулярных объектов. Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью одномерных наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 33-39	ПК-16
Освоение раздела № 6	Знает основные методы получения и роль химических подходов в технологии двумерных наноструктур. Умеет проводить химические эксперименты и обработку полученных результатов. Владеет навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 40-45	ПК-16
Освоение раздела № 7	Знает причины физических и химических процессов, протекающих в углеродных нано материалах при их получении и модификации. Умеет проводить расчеты взаимосвязи размера и свойств углеродных наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 22-28	ОПК-3
	Знает возможности методов синтеза нульмерных, одномерных и двумерных углеродных наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 46-48	ПК-16
	Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью нульмерных, одномерных и двумерных углеродных наноматериалов	Правильные ответы на вопросы №№ 49-54	ПК-18
Освоение раздела № 8	Знает способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса. Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 58-59	ПК-18

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 9	Знает области применения наноматериалов. Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы №№ 60-72	ПК-18

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-3:

1. Наноматериалы, критерии их определения.
2. Общая характеристика структуры наноматериалов.
3. Исторические аспекты развития нанотехнологии и наноматериалов.
4. Дать общую характеристику структуры наноматериалов.
5. Основные классы наноразмерных систем (перечислить, охарактеризовать).
6. Физико-химические методы исследования наноматериалов.
7. Методы определения размеров частиц.
8. Особенности свойств наноматериалов. Размерные эффекты.
9. В чём суть квантовых размерных эффектов?
10. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии.
11. Основные параметры, зависящие от размерного фактора.
12. Зависимость температуры фазовых переходов от размера частиц вещества.
13. Влияние размера частиц вещества на параметры кристаллической решетки. Возможные объяснения данного явления.
14. Особые свойства вещества в нанометровом диапазоне размеров. Размерные эффекты в наносистемах: истинные, тривиальные. Причины их возникновения.
15. Структура и свойства кластеров.
16. Магические числа.
17. Теоретическая модель кластера.
18. Классическая теория зародышеобразования.
19. Методы синтеза кластеров.
20. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов; факторы, обуславливающие стабильность.
21. Способы стабилизации наночастиц.
22. Классификация углеродных материалов
23. Ультрадисперсный алмаз, структура, свойства, применение.
24. Фуллерен. История открытия, структура, возможности модифицирования, области применения.
25. Открытие фуллерена C_{60} . Структура фуллерена C_{60} и его кристаллов.
26. Углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры
27. Фуллерены с числом атомов, большим или меньшим 60.
28. C_{60} , легированный щелочными металлами. Сверхпроводимость в C_{60} .

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-16:

29. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).
30. Химические методы синтеза нанопорошков.
31. Методы синтеза наночастиц. Высокочастотный индукционный нагрев Термолиз. Импульсные лазерные методы.
32. Перечислите достоинства и недостатки высокоэнергетического измельчения, механохимического и плазмохимического синтеза.
33. Неорганические нанотрубки
34. Методы синтеза неорганических нанотрубок
35. Возможность применения ННТ в электронике
36. Подходы к синтезу одномерных наноматериалов.
37. Гидротермальный синтез неорганических нанотрубок.
38. Изготовление монокристаллических нанотрубок
39. Свойства неорганических нанотрубок.
40. Пленочные технологии получения наноматериалов.
41. Химическое осаждение из газовой фазы (CVD).
42. Физическое осаждение из газовой фазы (PVD),
43. Электроосаждение.
44. Ионно-лучевая эпитаксия.
45. Золь-гель осаждение.
46. Охарактеризуйте особенности химических реакций с участием фуллеренов.
47. Методы получения УНТ
48. Приведите примеры внедрения атомов и молекул в многослойные трубки.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-18:

49. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок
50. Образование полимерных модификаций материалов на базе фуллеренов и направления связей в полимерных фазах.
51. Углеродные нанотрубки, структура, свойства, применение.
52. Применения углеродных нанотрубок.
53. Углеродные нанотрубки: структура, электрические свойства, механические свойства и др.
54. Графен – структура, получение, перспективные области применения.
55. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу-вверх»).
56. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как диспергационные методы («сверху-вниз»).
57. Нанотехнология. Основные технологические принципы: «сверху–вниз» и «снизу–вверх».
58. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как диспергационные методы («сверху-вниз»).
59. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу-вверх»).
60. Классификация синтеза наноструктурированных материалов.
61. Применение наноструктур в химии и химической технологии. Катализ на наночастицах.
62. Наноэнергетика. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии.
63. Нанотехнология. Основные технологические принципы: «сверху–вниз» и «снизу–вверх». Механизмы самоорганизации.
64. Наноструктурированные кристаллы для фотоники.
65. Применение углеродных нанотрубок для полевой эмиссии и экранирования.
67. Применение углеродных нанотрубок в качестве химических сенсоров.
68. Применение углеродных нанотрубок в качестве катализаторов.

69. Применение углеродных нанотрубок для механического упрочнения.
70. Применение углеродных нанотрубок в топливных элементах.
71. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.
72. Каковы преимущества применения наноматериалов для аккумуляторов?

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля, сдавшие и защитившие курсовую работу. Зачет включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.

4. 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.