

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:22:51
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и
методической работе

_____ Б.В.Пекаревский

« 25 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность образовательной программы

Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.05

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 15.04.21 2021 № 9

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

_____ профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от 20.05. 2021 № 8

Председатель

_____ доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.В. Захарова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		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. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины.....	07
4.3. Занятия лекционного типа.....	08
4.4. Занятия семинарского типа.....	13
4.4.1. Семинары, практические занятия	13
4.4.2. Лабораторные занятия.....	13
4.5. Самостоятельная работа.....	14
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	17
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	18
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	18
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	20
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	20
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	23
10.1. Информационные технологии	23
10.2. Программное обеспечение	23
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	23
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	23
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	23
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	24

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

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.</p>	<p>ПК-1.3 Способность использовать на практике современные представления об основных типах современных неорганических и гибридных материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой.</p>	<p>Знать: - причины проявления особых свойств наноматериалов (ЗН-1). Уметь: - выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой (У-1) - устанавливать корреляции между размером и свойствами низкоразмерных твердофазных систем (У-2). Владеть: - основными существующими методами регулирования свойств наноматериалов (Н-1)</p>
<p>ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.</p>	<p>ПК-3.2 Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p>Знать: - причины физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации (ЗН-2). Уметь: - проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов (У-3). Владеть: - навыками анализа, контроля качества и диагностики свойств наноматериалов и на всех этапах их получения (Н-2). – навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов (Н-3).</p>

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Функциональные наноматериалы» относится к части Блока 1 Дисциплины образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на четвертом году обучения в 7 и 8 семестрах.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении таких дисциплин как общая физика, общая и неорганическая химия, аналитическая химия и физико-химические методы анализа, физическая химия, поверхностные явления и дисперсные системы, процессы и аппараты химической технологии, физическая химия твердого тела и наноразмерных систем, информационные технологии в твердотельном материаловедении, химическая технология наноматериалов и наносистем.

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе студента бакалавриата, а также при выполнении ВКР по тематике, связанной с разработкой и инновационным внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	9 / 324
Контактная работа с преподавателем:	154
занятия лекционного типа	80
занятия семинарского типа, в т.ч.	62
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18(8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	44(44)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	107
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет (2), экзамен (2) (63)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Вводная лекция: основные задачи дисциплины и ее содержание	2	-	-	-	ПК-1
2	Классификация наноматериалов по мерности и типу остова	2	4	-	2	ПК-1
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии. Особенности свойств наноматериалов	4	4	4	6	ПК-1
4	Нульмерные наноструктуры. Нанокластеры. Структура и свойства кластеров. Методы синтеза нанокластеров, наночастиц	4	2	-	6	ПК-1
5	Одномерные наноструктуры. Неорганические тубулярные наноструктуры, методы их синтеза	4	-	-	6	ПК-1
6	Двумерные наноструктуры. Химические методы в технологии получения наноматериалов	4	-	-	6	ПК-1
7	Трехмерные наноструктуры. Физические и химические методы синтеза наноматериалов	4	6	4	4	ПК-1
8	Углеродные наноматериалы. Строение, свойства различных углеродных наноструктур	6	-	-	8	ПК-1
9	Физико-химические методы исследования наноструктур и наноматериалов	2	2	-	2	ПК-1
10	Области применения функциональных наноматериалов	4	-	-	8	ПК-1
	ИТОГО в 7 семестре	36	18	-	48	
11	Особенности химических превращений твердых веществ и пути их получения	2	-	-	5	ПК-3
12	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердофазное состояние	6	-	-	6	ПК-3
13	Остовно-функциональное строение твердого вещества и полинаправленность его химических превращений	6	-	8	8	ПК-3
14	Основные направления химических превращений твердых веществ	4	-	-	7	ПК-3
15	Особенности гомологии твердых веществ.	4	-	-	6	ПК-3

№ 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		
16	Реакции молекулярного наслаивания (МН) как химические превращения в гомологическом ряду.	6	-	-	6	ПК-3
17	Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом МН.	6	-	8	6	ПК-3
18	Химическая нанотехнология на принципах метода МН в твердофазном материаловедении	6	-	12	7	ПК-3
19	Аппаратурное оформление химической нанотехнологии молекулярного наслаивания	4	-	16	8	ПК-3
	ИТОГО в 8 семестре	44	-	44	59	
	ИТОГО	80	18	44	107	

4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.3	<p>Вводная лекция: основные задачи дисциплины и ее содержание. Классификация наноматериалов по мерности и типу остова. Свойства веществ в наноразмерном состоянии. Особенности свойств наноматериалов.</p> <p>Нульмерные наноструктуры. Нанокластеры. Структура и свойства кластеров. Методы синтеза нанокластеров, наночастиц.</p> <p>Одномерные наноструктуры. Неорганические тубулярные наноструктуры, методы их синтеза.</p> <p>Двумерные наноструктуры. Химические методы в технологии получения наноматериалов.</p> <p>Трехмерные наноструктуры. Физические и химические методы синтеза наноматериалов.</p> <p>Углеродные наноматериалы. Строение, свойства различных углеродных наноструктур.</p> <p>Физико-химические методы исследования наноструктур и наноматериалов.</p> <p>Области применения функциональных наноматериалов.</p>

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
2	ПК-3.2	<p>Особенности химических превращений твердых веществ и пути их получения</p> <p>Структурно-химические последствия перехода вещества в твердофазное состояние</p> <p>Остовно-функциональное строение твердого вещества и полинаправленность его химических превращений</p> <p>Основные направления химических превращений твердых веществ</p> <p>Особенности гомологии твердых веществ.</p> <p>Реакции молекулярного наслаивания (МН) как химические превращения в гомологическом ряду.</p> <p>Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом МН.</p> <p>Химическая нанотехнология на принципах метода МН в твердофазном материаловедении</p> <p>Аппаратурное оформление химической нанотехнологии молекулярного наслаивания</p>

4.3 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Вводная лекция: основные задачи дисциплины и ее содержание</p> <p>Предмет курса и его задачи. Введение: цель и содержание курса «Функциональные наноматериалы». Определение наноматериала, нанотехнологии, их принципиальные отличия от макрообъектов, эволюционное развитие представлений в области синтеза и применения низкоразмерных объектов, задачи технологии наноматериалов., перспективные направления развития нанотехнологии и функциональных наноматериалов.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p>Классификация наноматериалов по мерности и типу остова</p> <p>Дается современная классификации наноразмерных объектов согласно системы добровольной сертификации продукции nanoиндустрии «НАНОСЕРТИФИКА» ГК «Роснанотех», их основные специфические характеристики и различные методы их определения.</p>	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 и др. наносистем. Квантово-размерный эффект.	4	Лекция-беседа
4	Нульмерные наноструктуры. Нанокластеры. Классическая теория зародышеобразования. Методы синтеза кластеров. Структура и свойства кластеров. Магические числа. Теоретическая модель кластера. Свойства кластеров.	4	Лекция-беседа
5	Одномерные наноструктуры Неорганические одномерные наноструктуры (MX_2 , BN, SiO_2 , TiO_2 , многокомпонентные). Подходы к синтезу неорганических нанотрубок. Зонная структура гетероперехода нанотрубки, свойства неорганических нанотрубок.	4	Лекция-беседа
6	Двухмерные наноструктуры 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.	4	Лекция-беседа
7	Трехмерные наноструктуры 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	4	Лекция-беседа
8	Углеродные наноматериалы Классификация углеродных материалов. Нульмерные наноструктуры: фуллерены, строение молекул фуллеренов, фуллериты, экзо- и эндопроизводные фуллеренов. Одномерные наноструктуры. Углеродные одно- и многослойные нанотрубки, электронная структура, энергетический спектр и проводимость УНТ, методы получения УНТ. Двухмерные наноструктуры - графен, зонная и кристаллическая	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	структура графена. Строение и свойства углеродных наноструктур различной мерности остова. Трехмерные углеродные материалы. Симбиозные структуры на основе нанотрубок и фуллеренов		
9	Физико-химические методы исследования наноструктур и наноматериалов Сканирующая зондовая микроскопия. Спектроскопические, дифракционные, электрофизические и др. методы исследования. Оценка функциональных свойств наносистем с помощью физико-химических методов	2	Лекция-беседа
10	Области применения функциональных наноматериалов Нанoeлектроника. Современные транзисторы, Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Магнитные носители информации. Наномеханизмы и наноустройства.	4	Лекция-беседа
11	Особенности химических превращений твердых веществ и пути их получения Признаки твердого вещества. Реальное твердое вещество. Пути получения твердых веществ.	2	
12	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние. Образование надмолекул, их количественные характеристики. Термодинамические условия образования первой надмолекулы. Образование надмолекул, их количественные характеристики. Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества	6	Лекция-беседа
13	Остовно-функциональное строение химической модели твердого вещества и полинаправленность его химических превращений Взаимосвязь состава и химического строения твердого вещества. Формирование остовно-функционального строения химической модели твердого вещества. Обнаружение остова в структуре твердых веществ. Выделение остова из твердых веществ. Образование остова путем соединения SE. Размерность остова и координационное число (функциональность SE остова). Классификация структур надмолекулярных веществ. Молекулярные вещества. Атомные вещества. Атомно-молекулярные вещества.	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
14	Основные направления химических превращений твердых веществ Реакции функционалов и основные реакции твердого вещества. Радикалы на поверхности и структурно - химические последствия реакций радикалов. Функциональные ряды, их свойства и система функциональных превращений в гомологическом ряду твердых веществ. Факторы, провоцирующие представление о нестехиометричности твердых веществ.	4	Лекция-беседа
15	Особенности гомологии твердых веществ Нормальные гомологические ряды. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных (Ш) твердых веществ. Систематизация продуктов химических превращений в структурном гомологическом ряду твердых веществ. Взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ	4	Лекция-беседа
16	Реакции молекулярного наслаивания (МН) как химические превращения в гомологическом ряду Формирование монослойных структурных единиц. Различные типы реакций МН. Состав и химическое строение продуктов реакций МН. Принципы матрицы и функционального соответствия. Структурно-химические особенности формирования монослоя. Концентрационный фактор Классификация реакций МН. Стехиометрические отношения компонентов в продуктах МН.	6	Лекция-беседа
17	Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом МН Принципы метода молекулярного наслаивания. Формирование многослойных и многозонных структур методом молекулярного наслаивания. Программирование состава и толщины зон с точностью в один монослой полиэдров. Релаксационные процессы в сверхтонких слоях. Перекрытие матричной и поверхностной релаксационных областей в первичном слое. Изменение координации структурообразующих атомов. Релаксационная модель в сверхтонких слоях.	6	Лекция-беседа
18	Химическая нанотехнология на принципах метода МН в твердофазном материаловедении Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания. Эффект монослоя. Эффект перекрытия подложки. Эффект	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	взаимного согласования структуры поверхности подложки и наращиваемого слоя. Эффект многокомпонентной системы. Специфические свойства сверхтонких слоев. Получение функциональной поверхности с заданной реакционной способностью. Регулирование физико-химических свойств поверхностных структур. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела и его приповерхностного слоя. Термическая устойчивость тонкослойных систем.		
19	Аппаратурное оформление химической нанотехнологии молекулярного наслаивания Обоснование выбора конструкции установок, необходимых реагентов и режимов проведения процесса. Обоснование выбора конструкции установок. Особенности конструкции проточной установки. Установки проточного типа с неподвижным слоем. Установки с реактором с псевдооживленным слоем дисперсного материала. Особенности конструкции вакуумной установки. Особенности конструкции проточно-вакуумной установки. Обоснование выбора необходимых реагентов и режимов проведения процесса.	4	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Определение взаимосвязи удельной поверхности и размерами наночастиц с различной геометрией Рассчитать размер дисперсного непористого материала по заданным значениям величины удельной поверхности и построить зависимость размера частиц от удельной поверхности.	2	-	
	Определение доли поверхностных атомов по мере уменьшения общего числа атомов $S = N_S/N_V$ для сферических и кубических частиц. N_V : 10^{23} ; 10^{18} ; 10^{12} ; 10^6 ; 10^5 ; 10^4 ; 10^3 ; 10^2 .	2	-	
3	Установить зависимость температуры плавления нанокристаллических наночастиц от размера	2	2	
	Изменение электронных свойств вещества при переходе от макрокристалла к наночастице	2	2	
4	Влияние размера частиц на процесс спекания твердофазного материала	2		
7	Определение объемной доли поверхностей раздела в наноструктурированном материале	2	-	
	Определение толщины поверхностного слоя с неупорядоченной намагниченностью в нанокристаллических ферромагнитных веществах	2	2	
	Определение критических размеров магнитожёсткой наночастицы	2	2	
9	Зависимость коэффициента диффузии от радиуса дисперсной частицы	2		

4.4.2 Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
13	Определение содержания гидроксильных групп на поверхности и структурных единиц остова в различных пористых оксидных матрицах.	8	8	
17	Влияние оксидных наноструктур на смачиваемость поверхности полимерных материалов	8	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
18	Синтез ванадийоксидных наноструктур на поверхности дисперсного кремнезема и изменение удельной поверхности при помонослойном наращивании поверхностных нанослоев	12	12	
19	Термогравиметрический контроль получения элементоксидных поверхностных структур	8	8	
	Реализация процесса МН-ALD в режиме псевдооживленного слоя	8	8	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Введение. Основные определения и понятия Наноматериалы, критерии их определения. Понятие о химической нанотехнологии, ее определение, задачи, решаемые с помощью ее. Основные типы наноразмерных систем. Роль российских ученых в создании новых видов технологий и оборудования.	2	зачет
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии Параметры кристаллической решетки, термодинамические, оптические, электронные, магнитные свойства, реакционная способность и др. наносистем. Причины изменения свойств материалов в наноразмерном состоянии. Структурные переходы в наноматериалах. Термодинамическое объяснение возможности стабилизации неравновесных структур для веществ в наноразмерном состоянии. Влияние размера частиц вещества на параметры кристаллической решетки. Возможные объяснения данного явления.	6	зачет
4	Нульмерные наноструктуры Методы синтеза и стабилизации нульмерных наноструктур. Физико-химические свойства и области применения нульмерных нанобъектов. Самоорганизация наноразмерных структур. Методы определения размера нульмерного объекта. Привести примеры использования наночастиц в каталитических процессах.	6	зачет
5	Одномерные наноструктуры Свойства и конкретные примеры применение одномерных неорганических наноструктур в современном материаловедении. Нанотрубки и их свойства. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.	6	зачет

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
6	Двухмерные наноструктуры Основные методы получения и роль химических подходов в технологии двумерных наноструктур.	6	зачет
7	Трехмерные наноструктуры Физические и химические методы синтеза наноматериалов. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу-вверх»). Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу-вверх»).	4	зачет
8	Углеродные наноматериалы . Свойства и области применения нульмерных, одномерных, двумерных и углеродных наноматериалов. Фуллерен. История открытия, структура, возможности модифицирования, области применения. Симбиозные структуры на основе нанотрубок и фуллеренов. Графен – структура, получение, перспективные области применения.	8	зачет
9	Физико-химические методы исследования наноструктур и наноматериалов Применение физико-химических методов для исследования наноразмерных объектов	2	зачет
10	Области применения функциональных наноматериалов Нанoeлектроника. Современные транзисторы, Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Магнитные носители информации. Наномеханизмы и наноустройства и др. области применения наноматериалов.	8	зачет
12	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние Особенности состава и химического строения веществ в твердом состоянии. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полимеризации. Пути получения твердых веществ и их особенности.	4	зачет
13	Остовно-функциональное строение химической модели твердого вещества и полинаправленность его химических превращений Образование надмолекул, их количественные характеристики. Образование остова путем соединения SE. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени	6	зачет

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
	полимеризации. Функциональный состав оксидов с различной степенью ионности связи.		
14	Основные направления химических превращений твердых веществ Закономерности химии надмолекулярных соединений. Реакции надмолекулярных твердофазных соединений.	7	зачет
15	Особенности гомологии твердых веществ Систематизация продуктов химических превращений в структурном гомологическом ряду твердых веществ. Взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных (Ш) твердых веществ. Химические процессы, проходящие в гомологических рядах твердых веществ заданного состава.	8	зачет
16	Реакции молекулярного наслаивания (МН) как химические превращения в гомологическом ряду Различные типы реакций МН, позволяющие осуществлять химические превращения в ряду гомологов. Стехиометрические отношения компонентов в продуктах реакций МН. Получения полифункциональных слоев на поверхности твердых тел.	9	зачет
17	Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом МН Факторы, провоцирующие не соблюдение протекания воспроизводимого синтеза поверхностных нанослоистых нанокомпозитов. Влияние модифицирования поверхности твердофазных материалов на кислотно-основные характеристики.	8	зачет
18	Химическая нанотехнология на принципах метода МН в твердофазном материаловедении Реализация размерно-структурных эффектов в современном материаловедении. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела путем реализации метода молекулярного наслаивания и химического состава приповерхностного слоя. Термические превращения в нанокомпозите ядро-нанооболочка. Современные тенденции в развитии технологии и оборудования при реализации метода МН. Получение методом МН - ALD органических наноструктур и биоматериалов.	8	зачет

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма контроля
19	Аппаратурное оформление химической нанотехнологии молекулярного наслаивания Современные тенденции в развитии технологии и оборудования при реализации метода МН. Получение методом МН - ALD органических наноструктур и биоматериалов.	9	зачет

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 Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 92 с. (ЭБ)
2. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 106 с. (ЭБ)
3. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие. / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с. (ЭБ)
4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие. / К.Л.Васильева [и др.]. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2010. – 64 с. (ЭБ)
5. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А. Малыгин, А.А. Малков – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 71 с. (ЭБ)
6. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012 – 74 с. (ЭБ).
7. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие. / Г.Л.Брусиловский [и др.]. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 184 с. (ЭБ).
8. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе. / Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин - Санкт-Петербург.: СПбГТИ (ТУ), 2011.- 26 с.
9. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико - химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
10. Хрущева, И.В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: Учебное пособие / И.В.Хрущева, В.И.Щербаков, Д.С.Леванова. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2009. – 331 с. - ISBN 978-5-8114-0914-3
11. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г.Рамбиди, А.В. Березкин. - Москва: Физматлит, 2009. – 454 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8
12. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы / А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1.
13. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
14. Химическая диагностика материалов / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. – 224 с. – ISBN 978-5-7641-0254-2
15. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с. (ЭБ)
16. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с. (ЭБ)

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 обучающимися 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 7 и 8 семестров в виде экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Примеры вопросов, предлагаемых на зачете:

1. Классификация наноразмерных систем.
2. Основные подходы к получению наночастиц и нановолокон.
3. Особенности свойств наноматериалов. Размерные эффекты
4. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии.
5. Структурно-размерные эффекты в продуктах МН и перспективные направления их реализации в твердофазном материаловедении.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 106 с.
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А. Малыгин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 74 с.
3. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: Учебное пособие / Г.Л.Брусиловский [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 184 с.
4. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 92 с.
5. Наноструктурированные полимерные материалы и покрытия: Учебное пособие / В.К. Крыжановский [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),

- Кафедра химической технологии пластмасс, Кафедра химической технологии органических покрытий. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 101 с.
6. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
 7. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А. Малыгин, А.А. Малков; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 71 с.
 8. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: Учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 92 с.
 9. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с.
 10. Термогравиметрический контроль физико-химических процессов на поверхности твердых веществ: Практикум/ И. С. Бодалёв, А. А. Малков, Е. А. Соснов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 62 с.
 11. Ежовский, Ю.К. Технология и свойства тонкопленочных структур: Практикум / Ю.К. Ежовский, Н.В. Захарова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 99 с.
 12. Беляков, А.В. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие/ А.В. Беляков, Е.В. Жариков, А.А. Малыгин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2006. - 102 с.
 13. Химическая диагностика материалов / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. – 224 с. ISBN 978-5-7641-0254-2
 14. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
 15. Суздалев, И.П. Нанотехнология: Физико - химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздалев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
 16. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г.Рамбиди, А.В. Березкин. - Москва: Физматлит, 2009. – 454 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8
 17. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы / А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1.
 18. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8.
 19. Хрущева, И.В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: Учебное пособие / И.В.Хрущева, В.И.Щербаков, Д.С.Леванова. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2009. – 331 с. - ISBN 978-5-8114-0914-3.

20. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
21. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию/ Н. Кабаяси. – Пер. с японск. – Москва.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с. – ISBN 5-94774-218-7
22. Пул, Ч. – мл. Нанотехнологии/ Ч. Пул, Ф.Оуэн. - Москва: Техносфера, 2007. – 375 с. – ISBN 978-5-94836-150-5
23. Шабанова, Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. - Москва: Академкнига, 2007. – 309 с. – ISBN 978-5-94628-301-4
24. Пул, Ч. – мл. Нанотехнологии/ Ч. Пул, Ф.Оуэн. - Москва: Техносфера, 2010. – 300 с. – ISBN 978-5-94836-239-7
25. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 365 с. - ISBN 978-5-94774-724-9
26. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
27. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. - Москва: Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

б) электронные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 106 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 74 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: Учебное пособие / Г.Л.Брусилловский [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 184 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 92 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра

- физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
6. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А. Малыгин, А.А. Малков; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 71 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 7. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: Учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 92 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 - 8 Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 - 9. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.
 - 10. Термогравиметрический контроль физико-химических процессов на поверхности твердых веществ: Практикум / И. С. Бодалёв, А. А. Малков, Е. А. Соснов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 62 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 11. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - ISBN 978-5-00101-731-8 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
 12. Нано- и биокomпозиты/ Под ред. А.К.-Т.Лау и др. - 2-е изд.- Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 393 с. - ISBN 978-5-00101-727-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
 13. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.
 14. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие / О.Л.Хасанов и др. 3-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 270 с. SBN 978-5-00101-716-5 // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.
 15. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-

библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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; ЭБС «Лань»

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. 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.
6. 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 экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного

материала. Экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Результаты экзамена и курсовой работы 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, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Страница поддержки пользователей оборудования НТ-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 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 учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
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 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, 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.

Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	промежуточный
ПК-3	Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.3 Способен использовать на практике современные представления об основных типах современных неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой.	Знает основные классы наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-5 к экзамену	Имеет представление о об основных классах наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов	Знает основные классы наноразмерных систем.	Знает основные классы наноразмерных систем и их принципиальные отличия от макрообъектов.
	Знает современную классификацию наноразмерных объектов (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 6-11 к экзамену	Имеет представление о современной классификации наноразмерных объектов	Знает современную классификацию наноразмерных объектов	Знает особенности современной классификации наноразмерных объектов
	Знает причины проявления особых свойств наноматериалов (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 12-19 к экзамену	Имеет представление о причинах проявления особых свойств наноматериалов	Знает причины проявления особых свойств наноматериалов	Использует проявления особых свойств наноматериалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.3 Способен использовать на практике современные представления об основных типах современных неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой.	Знает основные методы получения и роль химических подходов при получении наночастиц и двумерных наноструктур (ЗН-4).	Ответы на вопросы №№ 20-29 к экзамену	Имеет представление об основных методах получения и роли химических подходов при получении наночастиц и двумерных наноструктур	Знает основные методы получения и роль химических подходов при получении наночастиц или двумерных наноструктур	Владеет основными методами получения и химическими подходами при получении наночастиц и двумерных наноструктур
ПК-1.3 Способность использовать на практике современные представления об основных типах современных неорганических и органических материалов и о	Знает способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса (ЗН-5).	Ответы на вопросы №№ 30-36 к экзамену	Имеет представление о способах регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса	Знает способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.	Владеет способами регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса
	Знает области применения наноматериалов (ЗН-6).	Ответы на вопросы №№ 37-43 к экзамену	Имеет представление о некоторых областях применения наноматериалов	Знает некоторые области применения наноматериалов.	Знает области применения наноматериалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой.	Умеет формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов (У-1).	Ответы на вопросы №№ 44-57 к экзамену	Умеет формулировать ограниченный круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов	Умеет формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов	Владеет навыками формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов
	Умеет проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов (У-2).	Ответы на вопросы №№ 58-66 к экзамену	Имеет представление об особенностях проведения диагностики наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов	Умеет проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием некоторых современных физико-химических методов	Владеет навыками проведения диагностики наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. Критерии оценивания – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «не удовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

1. Особенности свойств наноматериалов.
2. Внешние и внутренние размерные эффекты.
3. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии.
4. Зависимости механических свойств материалов от размера зерна.
5. Охарактеризовать модели, использованные для описания зависимости температуры плавления от размера частиц металла.
6. Зависимость оптических спектров от размера частиц.
7. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии.
8. Объяснить существование так называемых «магических чисел».
9. Нанокластеры и методы их получения и стабилизации.
10. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов; факторы, обуславливающие стабильность. Способы стабилизации наночастиц.
11. Как изменяются магнитные свойства вещества при переходе в наноразмерном состоянии? Почему?
12. Зонная структура гетероперехода нанотрубки, свойства неорганических нанотрубок.
13. Нульмерные наноструктуры: фуллерены, строение молекул фуллеренов
11. Экзо - и эндопроизводные фуллеренов и их свойства.
12. Фуллериты.
13. Одномерные углеродные наноструктуры.
14. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость УНТ.
15. Электронные свойства углеродных нанотрубок.
17. Неорганические одномерные наноструктуры (MX_2 , BN, SiO_2 , TiO_2 , многокомпонентные). Подходы к синтезу неорганических нанотрубок.
18. Синтез неорганических нанотрубок.
19. Симбиозные структуры на основе нанотрубок и фуллеренов.
20. Двухмерные наноструктуры - графен, зонная и кристаллическая структура графена.
21. Основные методы получения и роль химических подходов в технологии двумерных наноструктур.
22. Методы получения наночастиц, основанные на физических процессах.
23. Методы получения наночастиц, основанные на химических процессах
24. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).
25. Основные методы получения и роль химических подходов в технологии двумерных наноструктур.
26. Методы химического осаждения пленок.
27. Химическое осаждение из газовой фазы.
28. Нанесение тонких пленок на сложный рельеф.
29. Классификация методов синтеза наноматериалов по типу формирования: «сверху вниз» и

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:

30. Особенности химических превращений твердых веществ и пути получения твердых веществ.
31. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние.
32. Образование надмолекул, их количественные характеристики.
33. Термодинамические условия образования первой надмолекулы.
34. Взаимосвязь состава и химического строения твердого вещества.
35. Носители движения в твердых веществах.

36. Дискретная форма твердого вещества?
37. Что позволяет установить знание состава твердого вещества?
38. Что происходит с составом твердого вещества в открытой системе?
39. Что происходит с составом твердого вещества в закрытой системе?
40. Как изменяются при переходе в твердое состояние энергии связей?
41. Химическая модель твердого вещества.
42. Регулирование физико-химических свойств поверхностных структур.
43. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела и его приповерхностного слоя
44. Обнаружение остова в структуре твердых веществ.
45. Выделение остова из твердых веществ.
46. Образование остова путем соединения СЕ.
47. Формирование монослойных структурных единиц.
48. Различные типы реакций МН.
49. Состав и химическое строение продуктов реакций МН.
50. Принципы матрицы и функционального соответствия.
51. Размерность остова и координационное число (функциональность СЕ остова).
52. Классификация структур надмолекулярных веществ.
53. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полимеризации.
54. Остовные реакции твердого вещества.
55. Взаимосвязь между степенью полиатомности и свойствами твердых веществ.
56. Гомологическая разность для нормальных гомологических рядов с разной мерностью.
57. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных (Ш) твердых веществ.
58. Принципы метода молекулярного наслаивания.
59. Формирование многослойных структур методом молекулярного наслаивания.
60. Формирование многозонных структур методом молекулярного наслаивания
61. Принципы метода молекулярного наслаивания (МН), важность реализации процесса в условиях максимального удаления от равновесия.
62. Химические основы нанотехнологии на принципах метода МН.
63. Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания.
64. Требования к технологическому оборудованию МН.
65. Установки и оборудование для проточного варианта технологии химической сборки материалов методом МН.
66. Установки и оборудование для вакуумного варианта технологии химической сборки материалов методом МН.

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) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов. / СПбГТИ(ТУ). - Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 45 с.