

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 01.06.2022 13:11:41
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
«_____» _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

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

протокол от _____.____.2020 № _____

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от _____.____.2020 № _____

Председатель

С.Г.Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
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	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия	08
4.4.2. Лабораторные занятия.....	11
4.4. Самостоятельная работа.....	12
4.5. Темы курсовых работ.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	15
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	19
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	20
10.1. Информационные технологии	20
10.2. Программное обеспечение	20
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	20
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	20
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	21
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	22

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-5 Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-5.3 Способен использовать технологии получения наноразмерных материалов различного типа с целью достижения необходимых функциональных свойств у материалов на их основе</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные классы наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов (ЗН-1). - современную классификацию наноразмерных объектов (ЗН-2). - причины проявления особых свойств наноматериалов (ЗН-3). - основные методы получения и роль химических подходов при получении наночастиц и двумерных наноструктур (ЗН-4). - способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса (ЗН-5). - области применения наноматериалов (ЗН-6). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов (У-1). - проводить диагностику наноразмерных материалов с использованием современных физико-химических методов (У-2). - выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (У-3). <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур (Н-1). - способами регулирования их физико-химических свойств (Н-2). - навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов (Н-3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Функциональные наноматериалы» относится к части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.08) и изучается на четвертом году обучения в 8 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов физики, физической химии твердого тела, методов исследования наносистем и наноматериалов, химической технологии наноматериалов и наносистем, метрологии, стандартизации и сертификации.

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 часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	5 / 180
Контактная работа с преподавателем:	90
занятия лекционного типа	26
занятия семинарского типа, в т.ч.	52
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	26 (6)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	26 (13)
курсовое проектирование (КР)	12
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	54
Формы текущего контроля (Кр)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, экзамен)	Экзамен (36), КР

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Основные определения и понятия	2	2	-	4	ПК-5
2	Классификация наноматериалов по мерности и типу остова	2	2	-	4	ПК-5
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии	2	4	12	8	ПК-5
4	Нанокластеры, наночастицы	4	2	-	6	ПК-5
5	Неорганические тубулярные наноструктуры и методы их синтеза	2	2	-	6	ПК-5
6	Двумерные наноматериалы	2	2	-	6	ПК-5
7	Углеродные наноматериалы	6	6	-	6	ПК-5
8	Трехмерные наноматериалы	2	2	-	6	ПК-5
9	Области применения функциональных наноматериалов	4	4	14	8	ПК-5
ИТОГО		26	26	26	54	

4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-5.3	Введение. Предмет и задачи курса Классификация наноматериалов по мерности и типу остова Свойства веществ в наноразмерном состоянии Нанокластеры, наночастицы Неорганические тубулярные наноструктуры и методы их синтеза Двумерные наноматериалы Углеродные наноматериалы Трехмерные наноматериалы Области применения функциональных наноматериалов

4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение. Предмет и задачи курса 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 классификации 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
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.	2	Лекция-беседа
4	Нанокластеры, наночастицы. Классическая теория зародышеобразования. Методы синтеза кластеров. Структура и свойства кластеров. Магические числа. Теоретическая модель кластера Свойства кластеров.	4	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	Лекция-беседа
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	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
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.	6	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
9	Области применения функциональных наноматериалов Нанoeлектроника. Современные транзисторы, Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Магнитные носители информации. Наномеханизмы и наноустройства.	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		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
1	Введение. Предмет и задачи курса 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

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
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	2	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	2		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		Разбор конкретных ситуаций
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		Разбор конкретных ситуаций

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
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.	6		Разбор конкретных ситуаций
8	Трехмерные наноматериалы. Наноструктурированные материалы. Основные методы получения и направления практического использования. Классификация нанокомпозитов (по химической природе матрицы, по форме и характеру наполнителей из наночастиц и др.).	2	2	Разбор конкретных ситуаций
9	Области применения функциональных наноматериалов Нанoeлектроника. Современные транзисторы, Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Магнитные носители информации. Наномеханизмы и наноустройства.	4	2	Разбор конкретных ситуаций

4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
3	Определение взаимосвязи удельной поверхности и размерами наночастиц с различной геометрией	4	-	
	Определение доли поверхностных атомов в наночастицах	4	2	
	Установить зависимость температуры плавления нанокристаллических наночастиц от размера	2	2	
	Изменение электронных свойств вещества при переходе от макрокристалла к наночастице	2	2	
9	Определение объемной доли поверхностей раздела в наноструктурированном материале	2	-	
	Определение толщины поверхностного слоя с неупорядоченной намагниченностью в нанокристаллических ферромагнитных веществах	4	2	
	Определение критических размеров магнитожёсткой наночастицы	4	3	
	Спекание нанопорошков	4	2	

4.5. 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	контрольный опрос
2	Основные классы наноразмерных систем. Дать определения терминов: наночастица, наносистема, нанокompозит, нанонаука, нанотехнология. Классификация наноразмерные системы.	4	контрольный опрос
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.	8	контрольный опрос
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	контрольный опрос
5	Неорганические нанотрубки - синтез, свойства, применение. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.	6	контрольный опрос
6	Пленки Ленгмюра-Блоджетт, синтез, структура, свойства, применения. Формирование нанорельефа поверхности подложек. Технологии получения двумерных наноструктур, основанные на физических и химических процессах.	6	контрольный опрос
7	Углеродные наноструктуры. История открытия углеродных наноматериалов, структура, возможности модифицирования, области применения. Методы и оборудование для получения углеродных наноматериалов различной мерности.	6	контрольный опрос
8	Процессы самосборки в наносистемах. Наноструктурные элементы вещества. Материалы на основе наноструктурных элементов Фотонные кристаллы. Магнитные свойства наносистем.	6	контрольный опрос
9	Методы контроля наноструктур по составу, размерам, степени упорядоченности. Применение наноматериалов при создании функциональных диэлектрических и полупроводниковых нанопокровов. Применение наноматериалов в наноэлектронике. Механические свойства наносистем	8	контрольный опрос

4.5.1 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 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 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 экзамена в устной форме. 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 и курсовой работы включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

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 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. Альяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альяшева; 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.Альяшева 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. Бодалёв, И.С. 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. 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
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. Кобаяси. – 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. – 330 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: 15.12.2020). – 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: 15.12.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: Учебное пособие / Г.Л.Брусилковский [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: 15.12.2020). – 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: 15.12.2020). – 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: 15.12.2020). - 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: 15.12.2020). – 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: 15.12.2020). – 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-

- 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: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
 10. Бодалёв, И.С. 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: 15.12.2020). - 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. ISBN 978-5-00101-716-5 // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - 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: 15.12.2020). - 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. 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 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 18.03.01 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
ПК-5	Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности	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-5.3 Способен использовать научные знания о строении вещества для решения научных исследовательских и технологических задач в области производства микроэлектроники	Знает основные классы наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-4 к экзамену	Имеет представление о основных классах наноразмерных систем, их принципиальные отличия от макрообъектов	Знает основные классы наноразмерных систем и их принципиальные отличия от макрообъектов.	Знает основные классы наноразмерных систем и их принципиальные отличия от макрообъектов.
			Имеет представление о современной классификации наноразмерных объектов	Знает современную классификацию наноразмерных объектов	
	Знает причины проявления особых свойств наноматериалов (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 8-17 к экзамену	Имеет представление о причинах проявления особых свойств наноматериалов	Знает причины проявления особых свойств наноматериалов	Использует проявления особых свойств наноматериалов
			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	
	Знает способы регулирования физико-химических свойств наноматериалов (ЗН-5).	Ответы на вопросы №№ 33-38 к экзамену	Имеет представление о способах регулирования физико-химических свойств наноматериалов различного генезиса	Знает способы регулирования физико-химических свойств наноматериалов различного генезиса.	Владеет способами регулирования физико-химических свойств наноматериалов различного генезиса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Знает области применения наноматериалов (ЗН-6).	Ответы на вопросы №№ 39-48 к экзамену	Имеет представление о некоторых областях применения наноматериалов	Знает некоторые области применения наноматериалов.	Знает области применения наноматериалов
	Умеет формулировать круг практических задач, решаемых с помощью использования наноматериалов (У-1).	Ответы на вопросы №№ 49-56 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 №№ 57-60 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
	Умеет выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (У-3).	Ответы на вопросы №№ 61-65 к экзамену	Имеет представление об особенностях выявления взаимосвязи микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	Умеет выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	Владеет навыками выявлять взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет навыками получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 66-72 к экзамену	Имеет представление об навыках получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур	Владеет основами навыков получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур	Применяет на практике навыки получения различных наноматериалов и поверхностных наноструктур
	Владеет способами регулирования их физических свойств (Н-2).	Ответы на вопросы №№ 73-76 к экзамену	Имеет представление о способах регулирования их физических свойств	Владеет некоторыми способами регулирования физических свойств химических свойств	Применяет на практике способы регулирования физических химических свойств
	Владеет навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов (Н-3).	Ответы на вопросы №№ 77-79 к экзамену	Имеет представление о навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов	Владеет навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов	Применяет на практике навыками обработки, анализа и интерпретации результатов исследования наноматериалов

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

Оценка «неудовлетворительно» 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-5:

1. Наноматериалы, критерии их определения.
2. Основные классы наноразмерных систем (перечислить, охарактеризовать)
3. Исторические аспекты развития нанотехнологии и наноматериалов.
4. Принципиальные отличия наноразмерных систем от макрообъектов.
5. Дать общую характеристику наноматериалов.
6. Современная классификация наноразмерных объектов.
7. Основные типы структур наноматериалов.
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. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).
23. Химические методы синтеза нанопорошков.
24. Методы синтеза наночастиц. Высокочастотный индукционный нагрев Термолиз. Импульсные лазерные методы.
25. Достоинства и недостатки высокоэнергетического измельчения. механохимического и плазмохимического синтеза.
26. Пленочные технологии получения наноматериалов.
27. Химическое осаждение из газовой фазы (CVD).
28. Физическое осаждение из газовой фазы (PVD).
29. Электроосаждение двумерных наноструктур.
30. Ионно-лучевая эпитаксия двумерных наноструктур.
31. Золь-гель осаждение двумерных наноструктур.
32. Молекулярное наслаивание двумерных наноструктур.
33. Классификация углеродных материалов.
34. Ультрадисперсный алмаз, структура, свойства, применение.
35. Фуллерен. История открытия, структура, возможности модифицирования, области применения.
36. Открытие фуллерена C_{60} . Структура фуллерена C_{60} и его кристаллов.
37. C_{60} , легированный щелочными металлами. Сверхпроводимость в C_{60} .
38. Свойства неорганических нанотрубок
39. Применение углеродных нанотрубок для полевой эмиссии и экранирования.
40. Наноструктурированные кристаллы для фотоники.
41. Применение наноструктур в химии и химической технологии. Катализ на наночастицах.

42. Наноэнергетика. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии.
43. Применение углеродных нанотрубок в качестве химических сенсоров.
44. Применение углеродных нанотрубок в качестве катализаторов.
45. Применение углеродных нанотрубок для механического упрочнения.
46. Применение углеродных нанотрубок в топливных элементах.
47. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.
48. Преимущества применения наноматериалов для аккумуляторов.
49. Углеродные нанотрубки, структура, свойства, применение.
50. Применения углеродных нанотрубок.
51. Углеродные нанотрубки: структура, электрические свойства, механические свойства и др.
52. Графен – структура, получение, перспективные области применения.
53. Неорганические нанотубулярные наноматериалы, методы синтеза и применения.
54. Возможность применения ННТ в электронике.
55. Подходы к синтезу одномерных наноматериалов.
56. Изготовление монокристаллических нанотрубок.
57. Физико-химические методы исследования наноматериалов.
58. Методы определения размеров частиц
59. Определение размера и формы первичных частиц, а также структурных элементов (агрегатов и агломератов)
60. Определение атомно-кристаллической структуры наноматериалов.
61. Охарактеризуйте особенности химических реакций с участием фуллеренов.
52. Методы получения УНТ.
63. Симбиозные одномерные наноструктуры и методы исследования их структуры.
64. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок.
65. Образование полимерных модификаций материалов на базе фуллеренов и направления связей в полимерных фазах.
66. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу-вверх»).
67. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как диспергационные методы («сверху-вниз»).
68. Нанотехнология. Основные технологические принципы: «сверху–вниз» и «снизу–вверх».
69. Нанотехнология молекулярного наслаивания.
70. Магнетронное распыление.
71. Химическое осаждение из газовой фазы.
72. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
73. Какие размерные эффекты наблюдаются в нанохимии.
74. Физические причины специфики наноматериалов.
75. Модели, использованные для анализа взаимодействий металл — лиганд.
76. Модели, использованные для описания зависимости температуры плавления от размера частиц металла
77. Связь постоянной решетки с размером частицы.
78. Зависимость оптических спектров от размера частиц.
79. Особенности кинетики реакций с участием малого числа частиц.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля, сдавшие и защитившие курсовую работу. Экзамен 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.