

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 26.09.2023 17:14:15
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
«24» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
Направление подготовки
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность программы магистратуры
Функциональные наноматериалы и покрытия для твердотельной электроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химии и технологии электровакуумных материалов (базовая)**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Свойства и применение функциональных наноматериалов»
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	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	09
4.4.1. Семинары, практические занятия	09
4.4.2. Лабораторные занятия	09
4.5. Самостоятельная работа.....	10
4.5.1. Темы курсовых работ.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	16
10.1. Информационные технологии	16
10.2. Программное обеспечение.....	16
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	16
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	16
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	17

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-1 Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	ПК-1.4 Знание основных типов и свойств неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения	Знать: - основные типы и функциональные свойства неорганических и композиционных наноматериалов различной мерности и возможные области их применения (ЗН-1). Уметь: - устанавливать взаимосвязь между размерными параметрами и свойствами неорганических и композиционных наноматериалов (У-1). Владеть: - прецизионными методами управления функциональными свойствами неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения (Н-1).
ПК-5 Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПК-5.3 Готов определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам	Знать: - особенности свойств наноструктур и наноматериалов на их основе (ЗН-2). Уметь: - проводить выбор наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности и экологических последствий их применения (У-2). Владеть: - технологическими особенностями синтеза и прецизионного модифицирования наноматериалов (Н-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Свойства и применение функциональных наноматериалов" относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.05) и изучается на втором году обучения в 3 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата по направлению подготовки 22.03.01 при изучении курсов "Физика", "Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем", "Химическая технология наноматериалов и наносистем", а также дисциплин "Физико-химические методы исследования твердых веществ в наноразмерном состоянии" и "Получение и анализ чистых и особоочистых веществ", читаемых на I курсе магистратуры.

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта, а также при выполнении магистерских диссертаций по тематике, связанной с созданием и исследованием наноматериалов различного функционального назначения.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	4 / 144
Контактная работа с преподавателем:	91
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	34
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	34 (16)
курсовое проектирование (КР или КП)	17
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	53
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	зачет, 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	Эволюция представлений в области нанотехнологии и функциональных наноматериалов	2	-	-	4	ПК-1
2	Классификация наноматериалов и физико-химических методов их исследования	6	-	6	8	ПК-1
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии	6	-	6	8	ПК-1
4	Химические и физические подходы при получении наноструктур и наноматериалов разной мерности	6	-	-	10	ПК-5
5	Применение химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) при получении функциональных наноматериалов	6	-	12	12	ПК-5
6	Применения функциональных наноматериалов в современном материаловедении	8	-	10	11	ПК-5
ИТОГО		34	-	34	53	-

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.4	Эволюция представлений в области нанотехнологии и функциональных наноматериалов Классификация наноматериалов и физико-химических методов их исследования Свойства веществ в наноразмерном состоянии
2	ПК-5.3	Химические и физические подходы при получении наноструктур и наноматериалов разной мерности Применение химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) при получении функциональных наноматериалов Применения функциональных наноматериалов в современном материаловедении

4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Эволюция представлений в области нанотехнологии и функциональных наноматериалов</p> <p>Основные понятия и определения: наночастицы, наноструктуры, наноматериалы, функциональные наноматериалы, нанотехнология. Критерии определения наноматериалов. Примеры наноматериалов, созданных в условиях естественной эволюции. Нанотехнологии и наноматериалы в природе. Эмпирические подходы, использованные при получении материалов с особыми свойствами. Исторические аспекты в ходе эволюции представлений о нанотехнологии и наноматериалах.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p>Классификация наноматериалов и физико-химических методов их исследования.</p> <p>Основные типы наноразмерных систем. Классификация нанообъектов по геометрическому признаку: 0D-, 1D-, 2D-структуры. Анализ разнообразных форм углеродных материалов. Обзор методов исследования в зависимости от типа наноразмерного материала.</p>	6	Лекция-беседа
3	<p>Свойства веществ в наноразмерном состоянии.</p> <p>Особенности свойств наноматериалов. Размерные эффекты. Изменение физико-химических свойств веществ при уменьшении размера частиц. Слабые и сильные эффекты. Избыточная энергия Гиббса малых частиц. Фазовый размерный эффект. Влияние размера частиц на параметры кристаллической решётки. Нанокристаллические системы. Структурные изменения. Изменения термодинамических свойств. Фазовый размерный эффект. Изменение электронных свойств вещества. Изменение свойств вещества при переходе от молекулы к кластеру и нанокристаллу. Транспортные свойства нанокристаллов и образование дефектов. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии. Размерные эффекты, проявляемые при оценке различных свойств наночастиц, реализуемые в получаемых на их основе наноматериалах. Роль поверхности в свойствах наноразмерных систем. Критический анализ возможностей современных методов исследования веществ в наноразмерном состоянии.</p>	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Химические и физические подходы при получении наноструктур и наноматериалов разной мерности</p> <p>Методы синтеза наноматериалов с использованием двух основных технологических подходов: диспергационный («сверху–вниз»), конденсационный («снизу–вверх»). Хронология развития и перспективы диспергационного и конденсационного методов применительно к синтезу наноматериалов Классификация методов синтеза наноструктур с использованием физических и химических подходов. Сопоставление возможностей методов синтеза наноструктур с использованием физических и химических подходов. Методы синтеза неорганических нанотрубок. Перспективные способы получения нанопокрытий. Физические методы получения пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Импульсное лазерное осаждение. Распылительное осаждение. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярное наслаивание – атомно-слоевое осаждение.</p>	6	Лекция-беседа
5	<p>Применение химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) при получении функциональных наноматериалов</p> <p>Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания. Перспективы применения химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания в современном материаловедении. Аппаратурное оформление процессов молекулярного наслаивания, требования к технологическому оборудованию для проточного и вакуумного вариантов технологии химической сборки материалов методом молекулярного наслаивания</p>	6	Лекция-беседа
6	<p>Применения функциональных наноматериалов в современном материаловедении.</p> <p>Применение наноструктур и наноматериалов в различных областях современного твердофазного материаловедения, потенциальные возможности и перспективные области использования наноматериалов. Структурно-размерные эффекты наноматериалов и реализация их в твердофазном материаловедении. Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды. Электронные механические системы (MEMS). Устройства для хранения информации. Каталитические систем. Нанокompозитные материалы. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии. Способы защиты наночастиц от агрегации и внешних воздействий. Нанокompозиты полимер-неорганическая наночастица. Наночастицы в неорганических матрицах.</p>	8	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

Не предусмотрены.

4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Классификация наноматериалов и физико-химических методов их исследования Определение размера наночастиц по результатам адсорбционных измерений.	4	2	
	Определение доли атомов на поверхности от общего числа атомов по мере уменьшения размера наночастиц.	2		
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии и методы их оценки Изменение электронных свойств вещества при переходе от макрокристалла к наночастице.	2	2	
	Установить зависимость температуры плавления нанокристаллических частиц от размера. Зависимость концентрации дефектов С от размера наночастиц	2		
	Изменение коэффициента диффузии от размера наночастиц. Размерная зависимость температуры Дебая. Зависимость объемных долей границ раздела, границ зерен и тройных стыков от размера зерен или кристаллитов в наноматериалах	2		
5	Применение химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) при получении функциональных наноматериалов Синтез фосфороксидных поверхностных структур с «in situ» контролем и оценка изменения адсорбционных характеристик	6	6	
	ИК-спектроскопические исследования элементоксидных наноструктур на поверхности различных твердофазных матриц	6		
6	Применения функциональных наноматериалов в современном материаловедении	10	6	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплин	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Эволюция представлений в области нанотехнологии и функциональных наноматериалов Вклад зарубежных и российских ученых в развитии фундаментальных основ и разработке технологий получения наноматериалов.	4	устный опрос
2	Классификация наноматериалов и физико-химических методов их исследования Методы контроля наноструктур по составу, размерам, степени упорядоченности. Возможности и ограничения различных методов исследования характеристик наноструктур и наноматериалов.	8	устный опрос
3	Свойства веществ в наноразмерном состоянии и методы их оценки Размерные эффекты, реализуемые в наноматериалах различного целевого назначения: электрические, магнитные, оптические, механические, химические.	8	устный опрос
4	Химические и физические подходы при получении наноструктур и наноматериалов разной мерности. Методы получения различных аллотропных модификаций углеродных наноматериалов и их производных. Наноструктурные элементы вещества. Материалы на основе наноструктурных элементов. Методы и оборудование для синтеза нанопорошков. Методы получения одно-, двухмерных нанообъектов.	10	устный опрос
5	Применение химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) при получении функциональных наноматериалов Структурно-размерные эффекты в продуктах МН и перспективные направления их реализации. Основные производители оборудования для реализации технологии МН.	12	устный опрос
6	Применения функциональных наноматериалов в современном материаловедении Нанотехнология в производстве сенсорных датчиков. Нанoeлектроника как одно из направлений применения нанотехнологий. Роль нанотехнологий в развитии фотоники. Применение наноструктур в химии и химической технологии. Катализ на наночастицах. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии. Пористые наноструктуры. Методы получения и возможности практического использования. Нанотрубки и их свойства. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники. Графен – получение, свойства перспективные области применения. Производство и применение наноматериалов в России. Неорганические тубулярные структуры. Свойства и области применения. Фуллерены – синтез, структура, свойства, области применения	11	устный опрос

4.5.1. Темы курсовых работ

1. Наноматериалы и их классификация. Вещество, фаза, материал.
2. Неорганические и органические функциональные наноматериалы
3. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Мезопористые материалы. Молекулярные сита.
4. Нанокompозиты и их синергетические свойства.
5. Конструкционные наноматериалы
6. Механические и электромеханические микро и наноустройства
7. Сенсорные элементы микро- и наносистемной техники.
8. Светодиоды и лазеры на двойных гетероструктурах.
9. Лавинные фотодиоды на системе квантовых ям. Фотоприемники на квантовых ямах.
10. Фотонные кристаллы
11. Магнитные наноустройства для записи и хранения информации
12. Одноэлектронные приборы. Одноэлектронный транзистор.
13. Интегральные микро- и нанодвигатели.
14. Роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов.
15. Строение, свойства и перспективы использования нанотубулярных материалов
16. Эволюция моделей транзистора: от классических к квантовым
17. Молекулярная электроника - новая технологическая цивилизация
18. Создание молекулярных проводов, переключателей и транзисторов для молекулярной электроники на основе углеродных нанотрубок
19. Молекулярная электроника - проблемы и перспективы
20. Способ определения магнитных и структурных характеристик наномерных пространственно упорядоченных систем
21. Пленочные носители для устройств памяти со сверхплотной магнитной записью
22. Наноматериалы и потенциальные экологические риски
23. Влияние нанопорошков на функциональные системы организма
24. Наночастицы диоксида титана и их потенциальный риск для здоровья и окружающей среды
25. Методы формирования островковых наноструктур
26. Металлополимерные нанокompозиты (получение, свойства, применение)
27. Управление движением нанoeлектромеханических систем на основе углеродных нанотрубок

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

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 106 с. (ЭБ)
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А. Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 74 с. (ЭБ).
2. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: Учебное пособие / Г.Л.Брусилковский [и др.]. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 184 с. (ЭБ).
3. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: Учебное пособие / Ю.К. Ежовский – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 92 с. (ЭБ)
4. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А. Малыгин, А.А. Малков – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 71 с. (ЭБ)
5. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: Учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 92 с. (ЭБ)

6. Термогравиметрический контроль физико-химических процессов на поверхности твердых веществ: Практикум / И. С. Бодалёв, А. А. Малков, Е. А. Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 62 с. (ЭБ)
7. 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

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 3 семестра в виде зачета в устной форме. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2-3 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты зачета включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на зачете:

1. Исторические аспекты развития нанотехнологии и наноматериалов.
2. Наноматериалы, критерии их определения. Основные типы наноразмерных систем.
3. Привести одно из наиболее употребимых определений нанообъекта.
4. Перспективные способы получения нанопокровов.
5. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).
6. Химические методы синтеза нанопорошков и нанопокровов.

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.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.
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. 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.
 6. 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.
 7. 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.
 8. 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.
 9. 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
 10. 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.
 11. 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
 12. 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
 13. Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. – 127 с.

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: 15.12.2021). – 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: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 2. 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. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 3. 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: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 4. 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: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 5. 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: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 6. 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: 15.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 7. Нано- и биоконпозиты/ 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: 15.12.2021). - Режим доступа: по подписке.

8. Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. – 127 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

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) 039-2013. Магистратура. Общие требования. / СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.01.2013. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 25 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) 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.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению. / СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.01.2010. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов. / СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.06.2015. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 45 с.

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

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде зачета в устной форме (включает 2-3 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты зачета включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 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. Библиотека eLIBRARY - www.elibrary.ru

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

Практические занятия проводятся в 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 направлениям подготовки 08.04.01 Строительство, 09.04.03 Прикладная информатика, 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 28.04.03 Наноматериалы, 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
"Химия и технология электровакуумных и полупроводниковых материалов"

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	промежуточный
ПК-5	Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	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)	
			«не зачтено»	«зачтено»
ПК-1.4 Знание основных типов и свойств неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения	Знает основные типы и функциональные свойства неорганических и композиционных наноматериалов различной мерности и возможные области их применения (ЗН-1)	Ответы на вопросы №№ 1-8 к зачету	Не знает основные типы и функциональные свойства неорганических и композиционных наноматериалов различной мерности и возможные области их применения	Знает основные типы и функциональные свойства неорганических и композиционных наноматериалов различной мерности и возможные области их применения
	Умеет устанавливать взаимосвязь между размерными параметрами и свойствами неорганических и композиционных наноматериалов (У-1)	Ответы на вопросы №№ 9-16 к зачету	Не умеет устанавливать взаимосвязь между размерными параметрами и свойствами неорганических и композиционных наноматериалов	Умеет устанавливать взаимосвязь между размерными параметрами и свойствами неорганических и композиционных наноматериалов
	Владеет прецизионными методами управления функциональными свойствами неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 17-26 к зачету	Не владеет прецизионными методами управления функциональными свойствами неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения	Владеет прецизионными методами управления функциональными свойствами неорганических и композиционных наноматериалов различного назначения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)	
			«не зачтено»	«зачтено»
ПК-5.3 Готов определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам	Знает особенности свойств наноструктур и наноматериалов на их основе (ЗН-2)	Ответы на вопросы №№ 27-37 к зачету	Не знает особенности свойств наноструктур и наноматериалов на их основе	Знает особенности свойств наноструктур и наноматериалов на их основе
	Умеет проводить выбор наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности и экологических последствий их применения (У-2)	Ответы на вопросы №№ 38-43 к зачету	Не умеет проводить выбор наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности и экологических последствий их применения (У-2)	Умеет проводить выбор наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности и экологических последствий их применения (У-2)
	Владеет технологическими особенностями синтеза и прецизионного модифицирования наноматериалов (Н-2)	Ответы на вопросы №№ 44-48 к зачету	Не владеет технологическими особенностями синтеза и прецизионного модифицирования наноматериалов	Владеет технологическими особенностями синтеза и прецизионного модифицирования наноматериалов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **зачета**. Критерии оценивания – «зачтено», «не зачтено» приведены в таблице 2.

Оценка «зачтено» выставляется, если ответ студента отличается последовательностью, логикой изложения, учащийся демонстрирует глубину владения представленным материалом, ответы формулируются аргументировано, обосновывается собственная позиция в проблемных ситуациях.

Оценка «не зачтено» 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 знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Исторические аспекты развития нанотехнологии и наноматериалов.
2. Наноматериалы, критерии их определения. Основные типы наноразмерных систем.
3. Привести одно из наиболее употребимых определений нанообъекта.
4. Применение наноматериалов в электронике при создании функциональных нанопокровов.
5. Каким образом можно классифицировать наноразмерные системы? Что лежит в основе общепринятой классификации нанообъектов?
6. Что такое квантовые наноструктуры с размерностью 0D-, 1D-, 2D-?. Дайте определение 0-D, 1-D, 2-D нанообъектов. Привести примеры.
7. Возможно ли получение структур с дробной размерностью: $1 < D < 2$ или $2 < D < 3$? Привести примеры
8. Классификация наноматериалов. Примеры.
9. Структурно-размерные эффекты в продуктах МН и перспективные направления их реализации в твердофазном материаловедении.
10. Внутренние и внешние размерные эффекты – в чем разница?
11. Какие классические размерные эффекты наблюдаются в нанообъектах?
12. Почему для объяснения особых свойств вещества в наноразмерном состоянии мы вспоминаем о свойствах поверхности? Чем поверхность отличается от объема вещества?
13. Каковы особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии?
14. В чем причина изменения электрофизических параметров наноматериалов?
15. Как можно объяснить тот факт, что для наночастиц золота при изменении диаметра от 20 до 2 нанометров температура плавления понижается на более чем в два раза?
16. Каким образом размер частиц может влиять на особенности химических свойств вещества и на реакционную способность?
17. Чем объясняется химическая и каталитическая активность нанообъектов и наноструктурированных материалов?
18. Перспективные способы получения нанопокровов.
19. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).
20. Химические методы синтеза нанопорошков и нанопокровов.
21. Охарактеризуйте особенности химических реакций с участием фуллеренов.
22. Охарактеризуйте процессы заполнения нанотрубок.
23. Приведите примеры внедрения атомов и молекул в многослойные трубки.
24. Охарактеризуйте методы получения углеродных наноструктур.
25. Основно-функциональная химическая модель твердого вещества и полинаправленность его химических превращений.
26. Синтетические возможности метода МН: синтез мономолекулярных слоев, нанопокровов заданной толщины, многокомпонентных монослоев, многозонных нанослоев.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5:

27. Что такое критический размер нанообъекта?
28. Что называют наноматериалами?
29. Основные типы наноразмерных систем. Привести примеры.
30. На чем базируются принципы самоорганизации наноструктур?
34. В каких материалах при переходе к наноразмерам становятся существенными квантовые ограничения поведения элементарных частиц?
35. Как изменяется спектр энергий электрона при понижении размерности объекта?

36. Перечислите физические причины специфики поведения нанобъектов.
37. Размерные эффекты, реализуемые в наноматериалах различного целевого назначения.
38. Требования к технологическому оборудованию МН.
39. Установки и оборудование для проточного варианта технологии химической сборки материалов методом МН.
40. Установки и оборудование для вакуумного варианта технологии химической сборки материалов методом МН.
41. Создание с применением нанотехнологии МН материалов для регулирования прочностных свойств.
42. Создание с применением нанотехнологии МН материалов с регулируемыми адгезионными свойствами
43. Создание с применением нанотехнологии МН материалов с улучшенными оптическими свойствами.
44. Два основных технологических подхода, используемых для получения наноразмерных структур?
45. Методы синтеза наноматериалов с использованием двух основных технологических подходов: диспергационный («сверху–вниз»), конденсационный («снизу–вверх»)
46. Классификация методов синтеза наноструктур с использованием физических и химических подходов, анализ и сопоставление их возможностей.
47. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как диспергационные методы («сверху–вниз»).
48. Методы получения наноматериалов, которые классифицируются как конденсационные методы («снизу–вверх»).

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает 2-3 вопроса из перечня, приведенного выше.

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 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 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.