

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 11.09.2023 16:40:30
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 » декабря 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Химическая технология материалов и изделий электроники и микроэлектроники

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 «Химические основы нанотехнологий» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 15.12.2020 № 4

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от 17.12.2020 № 4

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....	07
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	10
4.4.1. Семинары, практические занятия	10
4.4.2. Лабораторные занятия.....	11
4.5. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	13
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	17
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	18

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-4 Способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>ПК-4.1 Способность осуществлять самостоятельное исследование строения и свойств нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методические особенности проведения исследований нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения (ЗН-1). - возможности нанотехнологии по формированию наноразмерных структур элементной базы нанoeлектроники (ЗН-2). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить лабораторные исследования в области химической нанотехнологии (У-1). - обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения (У-2). <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных (Н-1); - методами метрологической аттестации наноматериалов (Н-2).
<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-5.1 Способность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений, в том числе в наноразмерном состоянии, для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные химические методы получения наночастиц, нитевидных и поверхностных наноструктур (ЗН-3). - области применения наноматериалов (ЗН-4). - способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса (ЗН-5). <p>Уметь устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем (У-3).</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основами химических методов получения наночастиц и поверхностных наноструктур (Н-3). - способами регулирования их физико-химических свойств (Н-4). - технологиями конструирования наноматериалов и наносистем (Н-5).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химические основы нанотехнологий» относится к части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на третьем году обучения в 5 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата при изучении курсов: общая и неорганическая химия, физика, аналитическая химия и физико-химические методы анализа, органическая химия, прикладная механика, общая химическая технология, метрология, стандартизация и сертификация, введение в специальность и основы научных исследований.

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:	96
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	54
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18(4)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	36(18)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	48
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	Экзамен (36)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Основные определения и понятия	2	-	-	2	ПК-4
2	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние	6	2	-	6	ПК-5
3	Формирование основно-функционального строения химической модели твердого вещества	6	2	-	2	ПК-5
4	Основные направления химических превращений твердых веществ	4	2	-	4	ПК-5
5	Особенности гомологии твердых веществ	2	2	-	6	ПК-4
6	Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ	4	4	-	2	ПК-5
7	Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания	6	4	16	8	ПК-4, ПК-5
8	Химическая нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания в твердофазном материаловедении	6	2	20	18	ПК-4, ПК-5
ИТОГО		36	18	36	48	

4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-4.1	Введение. Основные определения и понятия Особенности гомологии твердых веществ Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания Химическая нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания в твердофазном материаловедении
2	ПК-5.1	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние Формирование остожно-функционального строения химической модели твердого вещества Основные направления химических превращений твердых веществ Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания Химическая нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания в твердофазном материаловедении

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. Определение нанотехнологии, наноматериала, их принципиальные отличия от макрообъектов, задачи нанотехнологии. Роль химии и химической технологии в области создания тонкопленочных и других видов материалов и изделий электронной техники. Некоторые исторические аспекты развития электронной и вакуумной техники. Основные тенденции в развитии технологии и оборудования в электронике и других областях материаловедения, роль химии поверхности, предпосылки появления нанoeлектроники, наноматериалов, химической нанотехнологии.	2	Лекция-беседа
2	Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние Особенности химических превращений твердых веществ и пути получения твердых веществ. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние. Образование надмолекул, их количественные характеристики. Термодинамические условия образования первой надмолекулы. Дисперсные и макроскопические твердые тела. Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества. Химические методы получения наноматериалов.	6	Лекция-беседа
3	Формирование остожно-функционального строения химической модели твердого вещества и полинаправленность его химических превращений	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Взаимосвязь состава и химического строения твердого вещества. Формирование остовно-функционального строения химической модели твердого вещества. Обнаружение остова в структуре твердых веществ. Выделение остова из твердых веществ. Образование остова путем соединения SE. Размерность остова и координационное число (функциональность SE остова). Классификация структур надмолекулярных веществ. Молекулярные вещества. Атомные вещества. Атомно-молекулярные вещества. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полимеризации.</p>		
4	<p>Основные направления химических превращений твердых веществ. Принцип стехиометрии твердых тел. Реакции функционалов и остовные реакции твердого вещества. Радикалы на поверхности и структурно-химические последствия реакций радикалов. Функциональные ряды, их свойства и система функциональных превращений в гомологическом ряду твердых веществ. Факторы, провоцирующие представление о нестехиометричности твердых веществ. Макромолекулярные превращения твердых веществ. Остовные ряды.</p>	4	Лекция-беседа
5	<p>Особенности гомологии твердых веществ Нормальные гомологические ряды. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных (Ш) твердых веществ. Систематизация продуктов химических превращений в нормальном гомологическом ряду твердых веществ. Взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ.</p>	2	Лекция-беседа
6	<p>Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ. Формирование монослойных структурных единиц. Различные типы реакций МН. Состав и химическое строение продуктов реакций МН. Принципы матрицы и функционального соответствия. Структурно-химические особенности формирования монослоя. Концентрационный фактор. Классификация реакций МН. Стехиометрические отношения компонентов в продуктах МН.</p>	4	Лекция-беседа
7	<p>Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания. Принципы метода молекулярного наслаивания. Формирование многослойных и многозонных структур методом молекулярного наслаивания. Программирование состава и толщины зон с точностью в один монослой полиэдров. Релаксационные процессы в сверхтонких слоях. Перекрытие матричной и поверхностной релаксационных областей в первичном слое. Изменение координации структурообразующих атомов. Релаксационная модель в сверхтонких слоях.</p>	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	<p>Химическая нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания в твердофазном материаловедении.</p> <p>Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания. Эффект монослоя. Эффект перекрытия подложки. Эффект взаимного согласования структуры поверхности подложки и наращиваемого слоя. Эффект многокомпонентной системы. Специфические свойства сверхтонких слоев. Получение функциональной поверхности с заданной реакционной способностью. Регулирование физико-химических свойств поверхностных структур. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела и его приповерхностного слоя. Термическая устойчивость тонкослойных систем. Аппаратурное оформление процессов, реализующих технологию МН на поверхности различных матриц.</p>	6	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	
2	Пути получения твердых веществ и их особенности Признаки твердого вещества Реальное твердое вещество Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества	2	-	Разбор конкретных ситуаций
3	Особенности состава и химического строения веществ в твердом состоянии Химическая модель твердого вещества	2	-	Разбор конкретных ситуаций
4	Функциональные и макромолекулярные превращения твердых веществ. Взаимосвязь функциональных превращений твердых веществ	2	-	Разбор конкретных ситуаций
5	Продемонстрировать взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ с использованием функциональных превращений	2	-	Разбор конкретных ситуаций
6	Провести расчет количества элемента и связей элементсодержащей группы с кремнеземом при его взаимодействии галогенидом	2	-	
	Оценить толщины оксидного покрытия нарастаемого на поверхности сферической подложки методом МН, по геометрическим данным матрицы и результатам химического анализа	2	-	
7	Определить коэффициент реакций и стехиометрические коэффициенты в продуктах МН	2	-	
	Размерно-структурные эффекты, выявленные в продуктах молекулярного наслаивания	2	2	Разбор конкретных ситуаций
8	Окно процесса молекулярного наслаивания	2	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	
7	Определение содержания гидроксильных групп на поверхности и структурных единиц в различных пористых оксидных матрицах	8	-	
	Синтез ванадийоксидных наноструктур на поверхности дисперсного кремнезема	8	8	
8	Синтез оксидных структур на поверхности полимерных материалов	4		
	Термогравиметрический контроль получения элементоксидных поверхностных структур	8	8	
	Реализация процесса молекулярного наслаивания в режиме псевдооживленного слоя дисперсного материала	8	2	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Роль и вклад российских ученых в создании новых видов технологий	2	Устный опрос (0,5)
2	Пути получения твердого вещества	2	Устный опрос (0,5)
	Последствия перехода вещества в твердое состояние	2	
	Влияние размера твердого вещества на свойства	2	
3	Факторы, провоцирующие представления о несоблюдении законов стехиометрии для твердых веществ.	2	Устный опрос (0,5)
4	Химическая модель твердого тела	2	Устный опрос (0,5)
	Классификация структур надмолекулярных веществ	2	
5	Причина особенностей гомологии твердых веществ	2	Устный опрос (0,5)
	Химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ	4	
6	Определение стехиометрических отношений компонентов в поверхностных сверхтонких слоях	2	Устный опрос (1)
7	Однородная и неоднородная поверхность	2	Устный опрос (1)
	Виды функций теплоты адсорбции от степени заполнения поверхности.	2	
	Программирование состава и толщины зон с точностью в один монослой	4	
8	Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники	8	Устный опрос (1,5)
	Применение наноматериалов в современной электронике при создании функциональных диэлектрических, полупроводниковых и проводящих нанопокровов (металлические пленки титана, меди, тантала, алюминия; нитриды и оксонитриды кремния, алюминия, галлия, титана, тантала; оксиды цинка, кремния, алюминия и др.).	10	

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

1. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: Учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 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. 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. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А. Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 74 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. 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).
7. 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)
8. 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 5 семестра в виде экзамена в устной форме. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Понятие о химической технологии наноматериалов, ее определение, задачи, решаемые с ее помощью.
2. Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества. Привести примеры.
3. Основные особенности остовно-функционального химического строения твердых веществ и полинаправленность их химических превращений.
4. Функциональные реакции и их классификация.
5. Основные принципы метода МН.
6. Технологические стадии осуществления одного цикла МН.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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
 12. 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
 13. 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

б) электронные издания:

1. 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.
2. 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: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. 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.
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. 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.
6. 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.

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. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
8. 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: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
9. 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: 15.12.2020). – 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) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
5. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
6. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; 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 студента 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 5 семестра в виде 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 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»

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.

Лабораторные занятия проводятся на базе лабораторного комплекса кафедры.

Использование лицензионного ПО:

При представлении лекционного материала и проведении практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

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

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.03.01 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
«Химические основы нанотехнологий»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-4	Способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	промежуточный
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-4.1 Способен осуществлять самостоятельное исследование строения и свойств нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения	Знает методические особенности проведения исследований нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-6 к экзамену	Имеет представление о методических особенностях проведения исследований нанобъектов и наноматериалов	Знает методические особенности проведения исследований нанобъектов и наноматериалов различной химической природы.	Знает методические особенности проведения исследований нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения
	Знает возможности нанотехнологии по формированию наноразмерных структур элементной базы нанoeлектроники (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 7-11 к экзамену	Имеет представление о возможностях нанотехнологии по формированию наноразмерных структур элементной базы нанoeлектроники	Знает основные возможности нанотехнологии по формированию наноразмерных структур элементной базы нанoeлектроники	Знает возможности нанотехнологии по формированию наноразмерных структур элементной базы нанoeлектроники
	Умеет проводить лабораторные исследования в области химической нанотехнологии (У-1).	Ответы на вопросы №№ 12-17 к экзамену	Имеет представление об особенностях проведения лабораторных исследований в области химической нанотехнологии	Умеет проводить лабораторные исследования в области химической нанотехнологии	Владеет навыками проведения лабораторных исследований в области химической нанотехнологии
	Умеет обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения (У-2).	Ответы на вопросы №№ 18-24 к экзамену	Имеет представление об обработке, анализу полученных результатов с использованием современного программного обеспечения	Умеет обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения	Применяет навыки обработки, анализа и корректного интерпретирования полученных результатов с использованием современного программного обеспечения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 25-30 к экзамену	Имеет представление о математическом аппарате обработки экспериментальных данных	Знает математический аппарат обработки и анализа экспериментальных данных	Применяет на практике математический аппарат при обработке и анализе экспериментальных данных
	Владеет методами метрологической аттестации наноматериалов (Н-2).	Ответы на вопросы №№ 31-33 к экзамену	Имеет представление о методах метрологической аттестации наноматериалов	Знает методы метрологической аттестации наноматериалов	Применяет на практике навыки методов метрологической аттестации наноматериалов
ПК-5.1 Способен использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений, в том числе в наноразмерном состоянии, для решения профессиональных задач	Знает основные химические методы получения наночастиц, нитевидных и поверхностных наноструктур (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 34-38 к экзамену	Имеет представление об основных химических методах получения наночастиц, нитевидных и поверхностных наноструктур	Знает основные химические методы получения наночастиц, нитевидных и поверхностных наноструктур	Знает особенности основных химических методов получения наночастиц, нитевидных и поверхностных наноструктур
	Знает области применения наноматериалов (ЗН-4).	Ответы на вопросы №№ 39-40 к экзамену	Имеет представление об областях применения наноматериалов	Знает области применения наноматериалов	Знает перспективные области применения наноматериалов
	Знает способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса (ЗН-5).	Ответы на вопросы №№ 41-42 к экзамену	Имеет представление о способах регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса	Знает способы регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса	Знает прецизионные способы регулирования физико-химических свойств твердофазных 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)
	Умеет устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем (У-3)	Ответы на вопросы №№ 43-45 к экзамену	Имеет представление о необходимости устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем	Умеет устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем	Владеет навыками устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем
	Владеет основами химических методов получения наночастиц и поверхностных наноструктур (Н-3).	Ответы на вопросы №№ 46-51 к экзамену	Имеет представление об основах химических методов получения наночастиц и поверхностных наноструктур	Владеет основами химических методов получения наночастиц и поверхностных наноструктур	Применяет на практике химические методы получения наночастиц и поверхностных наноструктур
	Владеет способами регулирования их физико-химических свойств (Н-4).	Ответы на вопросы №№ 52-54 к экзамену	Имеет представление о способах регулирования их физико-химических свойств	Владеет способами регулирования их физико-химических свойств	Применяет на практике способы регулирования их физико-химических свойств
	Владеет технологиями конструирования наноматериалов и наносистем (Н-5).	Ответы на вопросы №№ 55-60 к экзамену	Имеет представление о технологиях конструирования наноматериалов и наносистем	Владеет технологиями конструирования наноматериалов и наносистем	Применяет на практике технологии конструирования наноматериалов и наносистем

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. 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 знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4

1. Понятие о химической технологии наноматериалов, ее определение, задачи, решаемые с помощью ее.
2. Задачи, решаемые с помощью современных нанотехнологий.
3. Пути получения твердых веществ и их особенности.
4. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние. Признаки твердого вещества.
5. Твердое вещество, твердое тело, твердая фаза. Реальное твердое вещество.
6. Термодинамические условия образования первой надмолекулы.
7. Фактор стабильности и фактор дисперсности твердого тела.
8. Дисперсные и макроскопические твердые тела.
9. Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества.
10. Особенности состава и химического строения веществ в твердом состоянии.
11. «Нестехиометрические» соединения.
12. Полиатомность твердых веществ.
13. Проблема индивидуализации полиатомных веществ.
14. Особенности гомологии твердых веществ.
15. Нормальные гомологические ряды.
16. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных (Ш) твердых веществ.
17. Взаимосвязь продуктов функциональных превращений в нормальном гомологическом ряду (Ш) твердых веществ.
18. Корпускулярные гомологические ряды твердых веществ.
19. Функциональные превращения в нормальном и структурном гомологических рядах.
20. Реакции молекулярного наслаивания (МН) как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ.
21. Реакции конденсации в МН.
22. Реакции присоединения в МН.
23. Окислительно-восстановительные реакции МН.
24. Реакции молекулярного наслаивания многокомпонентных систем.
25. Синтез многокомпонентных монослоев.
26. Получение многозонных структур методом МН.
27. Основные принципы метода МН.
28. Структурно-химические особенности формирования монослоя.
29. Концентрационный фактор.
30. Классификация реакций молекулярного наслаивания.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5

31. Взаимосвязь состава и химического строения и свойств твердого вещества.
32. Формирование остова-функционального строения химической модели твердого вещества.
33. Основные особенности остова-функционального химического строения твердых веществ и полинаправленность их химических превращений.
34. Выделение остова из твердых веществ.
35. Образование остова путем соединения СЕ.
36. Размерность остова и координационное число (функциональность СЕ остова).
37. Классификация структур надмолекулярных веществ.
38. Молекулярные вещества. Атомные вещества. Атомно-молекулярные вещества.

39. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полимеризации.
40. Основные направления химических превращений твердых веществ.
41. Функциональные реакции и их классификация.
42. Примеры реакций замещения функциональных групп.
43. Примеры окислительно-восстановительных реакции функциональных групп.
44. Образование поверхностных соединений включения.
45. Межфункциональные реакции.
46. Классификация аналогичных реакций.
47. Функциональные ряды твердых веществ.
48. Ряды аналогов твердых веществ.
49. Генетические ряды твердых веществ.
50. Изологические ряды твердых веществ.
51. Образование полифункциональных соединений в изологических и генетических рядах твердых веществ.
52. Макромолекулярные превращения твердых веществ и их классификация.
53. Основные ряды твердых веществ.
54. Систематика основных рядов твердых веществ.
55. Факторы, провоцирующие представления о несоблюдении законов стехиометрии для твердых веществ.
56. Нанотехнология на принципах молекулярного наслаивания.
57. Технологические стадии осуществления одного цикла МН.
58. Технологические параметры при организации процесса МН.
59. Схема экспериментальной установки молекулярного наслаивания проточного типа и описание с реактором процесса синтеза при термической активации.
60. Схема типовой вакуумной установки молекулярного наслаивания и описание процесса синтеза.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала.

Время подготовки студента к устному экзамену 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) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.