



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

УТВЕРЖДЕНА

Решением ученого совета СПбГТИ(ТУ)
(протокол № 13 от 28.06.2022 г.)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ**

«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»

Санкт-Петербург
2022

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

1.1. Общие сведения по дополнительной профессиональной программе профессиональной переподготовки (далее – программа) «Химические технологии получения тонких пленок»:

Предшествующий уровень образования слушателя	–	среднее профессиональное, высшее образование
Срок освоения (продолжительность обучения)	–	252 часа
Форма обучения	–	очно-заочная
Форма итоговой аттестации	–	выпускная аттестационная работа
Дополнительные сведения (при наличии)	–	Программа реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее - ЭО и ДОТ)

1.2. Цель программы: получение компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области технологии материалов, приобретение новой квалификации «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов».

1.3. Учет в содержании программы квалификационных требований, указанных в квалификационных справочниках по соответствующим должностям, профессиям и специальностям, или квалификационные требования к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения должностных обязанностей, которые устанавливаются в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации о государственной службе.

Программа разработана с учетом квалификационных требований, указанных в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих (утв. Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37, действует в ред. Постановлений Минтруда России от 21.01.2000 № 7, от 04.08.2000 № 57, от 20.04.2001 № 35, от 31.05.2002 № 38, от 20.06.2002 № 44, от 28.07.2003 № 59, от 12.11.2003 № 75, Приказов Минздравсоцразвития России от 25.07.2005 № 461, от 07.11.2006 № 749, от 17.09.2007 № 605, от 29.04.2008 № 200, от 14.03.2011 № 194, Приказов Минтруда России от 15.05.2013 № 205, от 12.02.2014 № 96, от 27.03.2018 № 197) (начало действия редакции - 27.03.2018):

- раздел "Общепрофессиональные квалификационные характеристики должностей работников, занятых на предприятиях, в учреждениях и организациях" для следующих должностей: главный технолог; начальник исследовательской лаборатории; инженер-технолог (технолог).

1.4. Учет в содержании программы профессиональных стандартов.

Программа разработана с учетом Профессионального стандарта 40.136 "Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов" (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 25.12.2015 № 1153н, зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28.01.2016, регистрационный № 40862).

1.5. Учет в содержании программы требований соответствующих федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального и (или) высшего образования к результатам освоения образовательных программ.

Программа разработана с учетом требований ФГОС к результатам освоения образовательной программы: ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (Утв. Приказом Минобрнауки России № 701 от 02.06.2020, действует в ред. Приказа Минобрнауки России № 1456 от 26.11.2020, зарегистрирован Министерством юстиции РФ 10.07.2020, регистрационный № 58900).

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

2.1 Сопоставление описания квалификации в профессиональном стандарте с требованиями к результатам подготовки по ФГОС ВО/СПО.

Профессиональный стандарт (код, наименование, реквизиты)			Наименование ФГОС ВО/СПО (код, наименование, реквизиты)
Профессиональный стандарт 40.136 "Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов" (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 25.12.2015 № 1153н, зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28.01.2016, регистрационный № 40862)			Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (Утв. Приказом Минобрнауки России № 701 от 02.06.2020, действует в ред. Приказа Минобрнауки России № 1456 от 26.11.2020, зарегистрирован Министерством юстиции РФ 10.07.2020, регистрационный № 58900).
Трудовые функции или трудовые действия			Профессиональные задачи, профессиональные компетенции (ПК) и (или) профессионально-специализированные компетенции (ПСК)
код (при наличии)	наименование (при наличии)	подуровень квалификации (при наличии)	
A/01.6	Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	6	ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий
A/03.6	Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	6	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний (включая стандартные и сертификационные испытания) и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, в том числе при получении наноструктурированных покрытий

2.2 Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и (или) уровней квалификации

Присваиваемая квалификация: **Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов.**

Наименование области/сферы деятельности: **в области Материаловедения и технологии материалов**

Выпускник готовится к следующим видам деятельности:

- Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов;
- Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов.

Осваиваемые трудовые функции:

- Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов;
- Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов.

Уровень квалификации

шестой

2.3 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения программы

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
<p>ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов</p>	<p>Владение основами химических методов получения поверхностных наноструктур и нанопокровов</p>	<p>Умение устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем</p>	<p>Знание: - основных химических методов получения поверхностных наноструктур; - способов регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.</p>
	<p>ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p>Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем</p>	<p>Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем</p>	<p>Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах</p>
	<p>ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения</p>	<p>Владеть: - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - способами регулирования их физико-химических свойств</p>	<p>Умение оценивать применимость различных видов оборудования и технологических процессов в технологии тонкопленочных наноматериалов</p>	<p>Знание основных методов формирования наносистем различного типа</p>

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Владение: - основами контроля технологических процессов, сырья и продукции; - приборами и методиками оценки готовности оборудования к использованию	Умение формулировать перечень основных параметров технологических процессов, сырья и продукции	Знание: - основных технологий, используемых при создании наноразмерных покрытий, и их параметров; - основных характеристик оборудования, применяемого в технологии нанесения наноразмерных пленок
	ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Владение методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Умение осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Знание основных принципов физико-химических методов анализа материалов, физических процессов, лежащих в основе этих методов

3. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Учебный план дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки
"Химические технологии получения тонких пленок"

№ п/п	Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
1	Химические основы нанотехнологии	54	54	16	10	-	26	2	Экзамен	ПК-1.1, ПК-1.2
2	Физическая химия твердых веществ в наноразмерном состоянии	18	18	6	-	-	10	2	Зачет	ПК-1.2
3	Технологии и оборудование нанесения тонких пленок	54	54	16	6	-	30	2	Экзамен	ПК-1.3, ПК-2.1
4	Физико-химические методы исследования тонких пленок	36	36	12	-	-	22	2	Зачет	ПК-2.2
5	Практика получения и анализа тонких пленок	36	-	-	-	20	14	2	Зачет	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2
	Итоговая аттестация	54	52	-	6	-	46	2		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2
	Защита выпускной аттестационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	54	52	-	6	-	46	2	Выпускная аттестационная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2
	ИТОГО	252	214	50	22	20	148	12		

* - формы текущего контроля определяются рабочей программой дисциплин/модулей/практик

4. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Расписание занятий дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки "Химические технологии получения тонких пленок", проводимых на базе Первого Всероссийского инжинирингового центра технологии молекулярного наслаивания СПбГТИ(ТУ)

недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
наименование дисциплин, модулей, практик													
Химические основы нанотехнологии	X	X	X	Э -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Физическая химия твердых веществ в наноразмерном состоянии	X	X	X	Э -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Технологии и оборудование нанесения тонких пленок	-	-	-	- X	X	X	X	XЭ	-	-	-	-	-
Физико-химические методы исследования тонких пленок	-	-	-	- X	X	X	X	XЭ	-	-	-	-	-
Практика получения и анализа тонких пленок	-	-	-	-	-	-	-	-	П	ПЭ	-	-	-
Защита выпускной аттестационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Г	Г	Г

Условные обозначения:

X	Теоретическое обучение
Э	Промежуточная аттестация
П	Практика
Г	Итоговая аттестация

**5. РАБОЧАЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН
(МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК, СТАЖИРОВОК, РАЗДЕЛОВ, ТЕМ**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
"ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля.....	12
2 Содержание модуля	13
3 Учебно-методическое обеспечение модуля	17
3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля.....	17
3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	17

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Владение основами химических методов получения поверхностных наноструктур и нанопокровов	Умение устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем	Знание: - основных химических методов получения поверхностных наноструктур; - способов регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем	Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем	Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах

2 Содержание модуля

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
Химические основы нанотехнологии	54	54	16	10	-	26	2	Экзамен	ПК-1.1, ПК-1.2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 1. Основные определения и понятия. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние	Содержание учебного материала	6	ПК-1.1	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	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.	1	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Особенности химических превращений твердых веществ и пути получения твердых веществ. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние. Дисперсные и макроскопические твердые тела. Влияние размера надмолекул на свойства твердого вещества. Химические методы получения наноматериалов.	1	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	4		
	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 наноэлектроники, наноматериалов, химической нанотехнологии.	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Образование надмолекул, их количественные характеристики. Термодинамические условия образования первой надмолекулы.	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 2. Формирование остожно-функционального строения химической модели твердого вещества	Содержание учебного материала	10	ПК-1.1	
	Теоретические (лекционные) занятия	4		
	Взаимосвязь состава и химического строения твердого вещества. Формирование остожно-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.	4	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Особенности состава и химического строения веществ в твердом состоянии. Химическая модель твердого вещества	2	ПК-1.1	Индивидуальное задание
	Самостоятельная работа	4		
	Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полимеризации.	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
Раздел 3. Основные направления химических превращений твердых веществ	Факторы, провоцирующие представления о несоблюдении законов стехиометрии для твердых веществ.	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Содержание учебного материала	8	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	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. Макромолекулярные превращения твердых веществ. Остовные ряды.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
Функциональные и макромолекулярные превращения твердых веществ. Взаимосвязь функциональных превращений твердых веществ	2	ПК-1.2	Индивидуальное задание	

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	4		
	Химическая модель твердого тела	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Классификация структур надмолекулярных веществ	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 4. Особенности гомологии твердых веществ	Содержание учебного материала	10	ПК-1.1	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	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.	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Продемонстрировать взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ с использованием функциональных превращений	2	ПК-1.1	Индивидуальное задание
	Самостоятельная работа	6		
	Причина особенностей гомологии твердых веществ	2	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
	Химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ	4	ПК-1.1	Ответы на вопросы теста
Раздел 5. Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ	Содержание учебного материала	8	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	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.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Оценка толщины оксидного покрытия, наращиваемого на поверхности сферической подложки методом МН, по геометрическим данным матрицы и результатам химического анализа	2	ПК-1.2	Индивидуальное задание

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	4		
	Определение стехиометрических отношений компонентов в поверхностных сверхтонких слоях	4	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 6. Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания	Содержание учебного материала	10	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	4		
	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.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания. Эффект монослоя. Эффект перекрытия 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.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Определить коэффициент реакций и стехиометрические коэффициенты в продуктах МН	2	ПК-1.2	Индивидуальное задание
	Самостоятельная работа	4		
Однородная и неоднородная поверхность. Виды функций теплоты адсорбции от степени заполнения поверхности.	4	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста	
	Промежуточная аттестация: экзамен	2	ПК-1.1, ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	ВСЕГО	54		

3 Учебно-методическое обеспечение модуля

3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля

а) основная литература:

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. 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. 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.
4. Фундаментальные и прикладные основы нанотехнологии молекулярного наслаивания: Учебное пособие. / С.И.Кольцов, А.А.Малыгин, 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), 2021. - 279 с.

б) дополнительная литература:

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.
2. 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: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. 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
4. Суздальев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздальев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2

3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

В учебном процессе по данному модулю предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты;
- онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3
MS PowerPoint 97 и выше



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
"ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ
В НАНОРАЗМЕРНОМ СОСТОЯНИИ"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля.....	20
2 Содержание модуля	21
3 Учебно-методическое обеспечение модуля	24
3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля.....	24
3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	24

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем	Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем	Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах

2 Содержание модуля

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
Физическая химия твердых веществ в наноразмерном состоянии	18	18	6	-	-	10	2	Зачет	ПК-1.2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 1. Зародышеобразование и рост дисперсных наноматериалов	Содержание учебного материала	6	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Зарождение и рост наночастиц в гомогенной среде и на поверхности твердого тела. Модели и механизмы зародышеобразования Критический зародыш, формирование зародыша в условиях пространственных ограничений, предзародышевые кластеры. Дискообразный зародыш. Спинодальный распад. Механические напряжения в наноструктурах.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Эволюция твердых веществ. Зарождение и рост наночастиц. Магические кластеры, стабилизация нанокластеров. Захват вещества кристаллом. Форма кристаллита. Фрактальные структуры. Усложнение и деградация наносистем (оствальдово созревание, агрегирование и агломерация). Внутрикластерная атомная динамика. Поверхностная энергия наночастиц. Плавление наночастиц.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	4		
Модели и механизмы зародышеобразования (Теория Гиббса-Фольмера, ассоциация наночастиц, нуклеация из ограниченного объема, Теория Фольмера-Вебера-Френкеля, Теория Беккера-Деринга-Зельдовича, гетерогенное зарождение, кристаллизация расплавов).	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста	

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Кинетика фазообразования при наличии химической реакции. Кинетика газофазных реакций образования наночастиц. Кинетика образования наночастиц в жидкофазных редокс-реакциях. Кинетика гетерогенных реакций образования наночастиц с участием твердых тел.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 2. Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии. Свойства наночастиц	Содержание учебного материала	5	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Твердотельные химические реакции, механохимические реакции, ударно-волновой синтез, наноструктурирование под действием давления, кристаллизация аморфных структур, компактирование. Газовое испарение и конденсация. Химическое, фотохимическое и радиационно-химическое восстановление.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Макромолекулы как стабилизаторы наноразмерных частиц. Стабилизация мицеллами и полимерами. Стабилизация полиэлектролитами. Матричная изоляция. Диспергирование. Капсулирование. Напыление. Термическое разложение прекурсора. Восстановительные методы.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	3		
	Твердотельные и механохимические реакции, ударно-волновой синтез. Газовое испарение и конденсация. Химическое, фотохимическое и радиационно-химическое восстановление.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Макромолекулы как стабилизаторы наноразмерных частиц. Стабилизация мицеллами и полимерами. Стабилизация полиэлектролитами. Матричная изоляция.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 3. 1D и 2D-наноматериалы	Содержание учебного материала	5	ПК-1.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Поверхность твердых тел. Релаксация и реконструкция поверхности твердых тел. Зонная диаграмма твердых тел вблизи поверхности. Обедненный слой. Транспорт носителей заряда через поверхности раздела. Неавтономное состояние вещества. Массоперенос и плавление в неавтономных фазах. 1D-наноматериалы (нанотрубки, наносвитки, нановолокна). Модель скручивания наносвитка. Тонкие пленки (2D). Схемы роста тонких пленок. Механические напряжения при гетероэпитаксии. Релаксация упругих напряжений. Магические островки и квантовые точки. Анизотропия поверхностной диффузии. Электропроводность тонких пленок.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	3		
	Углеродные нанотрубки (УНТ). Хиральность углеродных нанотрубок. Одностенные и многостенные УНТ. Нановолокна и другие углеродные наноматериалы. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок. Сверхупругие свойства однослойных УНТ. Гибридные и эндоэдральные наносистемы на основе УНТ.	1	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Получение моно- и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетт. Наноструктурированные поверхности. Магические кластеры и другие атомные конструкции. Атомная сборка и самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния.	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	Промежуточная аттестация: зачет	2	ПК-1.2	Ответы на вопросы теста
	ВСЕГО	18		

3 Учебно-методическое обеспечение модуля

3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля

а) основная литература:

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
2. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
4. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
5. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
6. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. - Москва: Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

б) дополнительная литература:

1. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов: Учебное пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8

3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

В учебном процессе по данному модулю предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты;
- онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3
MS PowerPoint 97 и выше



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
"ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля.....	27
2 Содержание модуля	28
3 Учебно-методическое обеспечение модуля	32
3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля.....	32
3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	33

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения	Владеть: - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - способами регулирования их физико-химических свойств	Умение оценивать применимость различных видов оборудования и технологических процессов в технологии тонкопленочных наноматериалов	Знание основных методов формирования наносистем различного типа
ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Владение: - основами контроля технологических процессов, сырья и продукции; - приборами и методиками оценки готовности оборудования к использованию	Умение формулировать перечень основных параметров технологических процессов, сырья и продукции	Знание: - основных технологий, используемых при создании наноразмерных покрытий, и их параметров; - основных характеристик оборудования, применяемого в технологии нанесения наноразмерных пленок

2 Содержание модуля

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
Технологии и оборудование нанесения тонких пленок	54	54	16	6	-	30	2	Экзамен	ПК-1.3, ПК-2.1

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 1. Технологии и оборудование нанесения тонких пленок физическими методами (термовакuumное испарение, ионно-плазменное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия)	Содержание учебного материала	14	ПК-1.3	
	Теоретические (лекционные) занятия	6		
	Классификация методов получения тонких пленок. Процессы и оборудование для получения защитных диэлектрических пленок, процессы металлизации и др.: термическое окисление, термовакuumное испарение, катодное, ионно-плазменное и магнетронное распыление. Легирование полупроводниковых пластин: термическая диффузия, ионная имплантация. Схемы установок и принцип их действия, основные технологические характеристики, методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления. Перспективы развития технологии и оборудования для получения тонких пленок.	6	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Расчет коэффициентов катодного распыления материалов. Получение тонких пленок термовакuumным испарением (прямая и обратная задачи). Расчет процессов ионного и диффузионного легирования.	2	ПК-1.3	Индивидуальное задание
	Самостоятельная работа	6		
Начальные стадии роста пленок. Капиллярная модель образования зародышей на гладких поверхностях. Процессы испарения и конденсации вещества в вакууме. Механизм образования зародышей при эпитаксиальном росте	4	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста	

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	пленок и его влияние на ориентацию. Технология эпитаксиальных слоев. Рост пленок на аморфных поверхностях. Метастабильная и равновесная концентрация критических зародышей. Строение и роль границы раздела в формировании слоя.			
	Метод химических транспортных реакций (ХТР). Получение полупроводниковых эпитаксиальных структур методом ХТР.	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
Раздел 2.	Содержание учебного материала	6	ПК-1.3	
Оборудование и способы переноса изображений в традиционных тонкопленочных технологиях	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Оптическая фотолитография: фоторезисты и требования к ним, этапы фотолитографического процесса и оборудование для его реализации. Тенденции в развитии литографических процессов, нанолитография.	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	4		
	Фотошаблоны, их виды и оборудование для их получения. Рентгено- и электроно- литографические процессы. Неорганические фоторезисты.	4	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
Раздел 3.	Содержание учебного материала	6	ПК-1.3	
Химические технологии нанесения тонких пленок (газофазное осаждение, пленки Ленгмюра-Блоджетт, золь-гель-технология)	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Химическое осаждение из газовой фазы: при атмосферном и пониженном давлении, в сочетании с различными физическими воздействиями (плазма, коронный разряд и др.). Установки для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт. Золь-гель процесс.	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	4		
	Темплатный синтез. Флюидные технологии. Основы туннельно-зондовой нанотехнологии.	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
	Получение гибридных органонеорганических пленок Ленгмюра-Блоджетт	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
Раздел 4.	Содержание учебного материала	10	ПК-1.3	
Вакуумное и проточно-вакуумное оборудование процесса молекулярного наслаивания	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Химические основы нанотехнологии на принципах метода МН. Установки и оборудование для проточно-вакуумного и вакуумного вариантов технологии химической сборки материалов	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Практические занятия	2		
	Расчет толщины наносля, полученного на кремниевой пластине методом молекулярного наслаивания с использованием паров хлоридов элементов и воды. Определить необходимое минимальное количество реагентов для выпуска партии кремниевых пластин при заданных параметрах продукции и исходных реагентов.	2	ПК-1.3	Индивидуальное задание
	Самостоятельная работа	6		
	Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания и области их применения	6	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
Раздел 5. Установки молекулярного наслаивания проточного типа для обработки дисперсных наноматериалов	Содержание учебного материала	8	ПК-1.3	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Виды дисперсных основных и вспомогательных материалов в электронной технике. Взаимодействия при прохождении газа через слой сыпучего материала. Основные узлы установок проточного типа, их назначение и конструктивные особенности	2	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	6		
	Кинетические особенности процессов в системе газ-слой сыпучего материала	6	ПК-1.3	Ответы на вопросы теста
Раздел 6. Вакуумная гигиена и вспомогательные процессы	Содержание учебного материала	8	ПК-2.1	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Вопросы газо- и водоподготовки в электронной технике: виды используемых газов и их назначение, требования к газам, оборудование для осушки и очистки газов. Требования к воде, процессы и оборудование для ее подготовки. Чистые комнаты, их классификация, основные контролируемые и регулируемые параметры производственных помещений.	2	ПК-2.1	Ответы на вопросы теста
	Практические занятия	2		
	Расчет установок для осушки газов и их применение в различных технологических процессах.	2	ПК-2.1	Индивидуальное задание

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	4		
	Компоновка оборудования в гермозонах. Подготовка газовых и водных сред	4	ПК-2.1	Ответы на вопросы теста
	Промежуточная аттестация: экзамен	2	ПК-1.3, ПК-2.1	Ответы на вопросы теста
	ВСЕГО	54		

3 Учебно-методическое обеспечение модуля

3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля

а) основная литература:

1. Беляков, А.Б. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие / А.Б.Беляков, Е.В.Жариков, А.А.Мальгин; 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), 2006. - 102 с.
2. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Мальгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с.
3. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1
4. Мальгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Мальгин; 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. - 74 с.
5. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин. - Москва: Техносфера, 2006. - 159 с. - ISBN 5-94836-098-9
6. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
7. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. – Москва : Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

б) дополнительная литература:

1. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
2. Мальгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Мальгин, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 71 с.
3. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. – ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
4. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
5. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0

3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

В учебном процессе по данному модулю предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты;
- онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
"ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля.....	36
2 Содержание модуля	37
3 Учебно-методическое обеспечение модуля	42
3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля.....	42
3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	43

1 Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения модуля

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровов различного назначения	Владение методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Умение осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Знание основных принципов физико-химических методов анализа материалов, физических процессов, лежащих в основе этих методов

2 Содержание модуля

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Промежуточная / итоговая аттестация	Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Самостоятельная работа			
Физико-химические методы исследования тонких пленок	36	36	12	-	-	22	2	Зачет	ПК-2.2	

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 1. ИК- и КР-спектроскопия	Содержание учебного материала	6	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Основные принципы устройства и действия ИК-спектрометров. Источники и детекторы ИК-излучения. Материалы для оптических элементов спектрометра и кювет. Дисперсионные и Фурье-ИК-спектрометры, их преимущества и недостатки. Инфракрасная спектроскопия пропускания. Интенсивность полос поглощения в спектрах и правила отбора. Пробоподготовка твердофазных материалов. Анализ состава и структуры объектов исследования. Характеристические колебания и функциональные группы. Спектроскопия комбинационного рассеяния: физические принципы, стоксовы и анистоксовы механизмы эмиссии. Правила отбора. Пробоподготовка. Форма и интерпретация спектров. Устройство спектрометра, источники и детекторы излучения. Варианты регистрации. Количественное описание интенсивности полос комбинационного рассеяния. Тензор поляризуемости. Степень деполяризации. Угловые зависимости. Влияние длины волны возбуждающего излучения. Методические проблемы КР. Взаимно дополнительный характер ИК- и КР-спектров.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	4		
	Роль симметрии в колебательной спектроскопии, колебательные термы, их классификация и обозначения по симметрии.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Колебания в кристаллах: акустические и оптические фононы, фононный спектр. Форма и интерпретация ИК- и КР- спектров.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 2. Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра	Содержание учебного материала	4	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Спектроскопия в области видимого и ближнего УФ света твердотельных объектов. Зона Бриллюэна. Статистика Ферми и плотность состояний. Зонная структура. Запрещенная зона и край фундаментального поглощения. Особенности методик исследования твердых тел, оптические эффекты, отражение, формулы Френеля, спектроскопия пропускания, зеркального и диффузного отражения. Качественный и количественный анализ.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	2		
	Механизмы электронных переходов. Интенсивность поглощения. Правила отбора. Кристаллическое поле. Корреляционные диаграммы.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 3. Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей	Содержание учебного материала	3	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	1		
	Теоретические основы дифракционных методов анализа. Уравнение Вульфа-Брегга. Варианты аппаратной реализации методов дифракции рентгеновских лучей. Атомный фактор рассеяния. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ. Исследование монокристаллов, порошков, некристаллических и частично-кристаллических твердых веществ. Порошковые рентгенограммы	1	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	2		
	Сравнительный анализ возможностей и областей применения дифракционных методов анализа структуры кристаллических твердых тел	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
Раздел 4. Измерения размерных характеристик наноматериалов	Содержание учебного материала	3	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	1		
	Методы измерения размеров высокодисперсных наноматериалов. Дисперсный анализ по рассеянию оптического излучения, по дифракции лазерного излучения, по динамическому рассеиванию света, по дифференциальной электрической подвижности наночастиц, на основе диффузионной спектроскопии, сепарацией по массе. Методы определения размеров наночастиц и тонких пленок	1	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	2		
	Метрология линейных измерений в нанометровой области. Особенности метрологии дисперсных наноматериалов. Метрология физико-химических свойств наноматериалов и наносистем	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 5. Исследование наносистем методами электронной микроскопии. Рентгеновская и электронная спектроскопия	Содержание учебного материала	8	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Сканирующая электронная микроскопия: основные принципы, аппаратная реализация, сочетание с рентгеноспектральным анализом, контраст в первичных и вторичных электронах, разрешающая способность. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС): физические принципы, источники рентгеновского излучения, форма спектров, элементная чувствительность, качественный и количественный элементный анализ. Анализ химического состояния и химические сдвиги, глубина анализа и поверхностная чувствительность, профиль распределения элементов по глубине, послойный анализ. Оже-спектроскопия: механизмы релаксации дырок на внутренних оболочках по излучательному механизму и механизму Оже, форма спектров. Глубина анализа и поверхностная чувствительность, качественный элементный анализ, пространственное разрешение.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	6		
	Аналитические возможности и особенности пробоподготовки просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Использование Оже-спектроскопии для исследования морфологии наносистем в рамках сканирующей электронной микроскопии.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 6. Методы сканирующей зондовой микроскопии	Содержание учебного материала	4	ПК-2.2	
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Сравнительная характеристика методов микроскопического исследования материалов. Методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ): области применения, возможности и ограничения. Пробоподготовка наноразмерных и наноструктурированных материалов для СЗМ-исследований. СЗМ в различных средах (вакууме, газах, жидкостях). СЗМ в сверхвысоком вакууме. Влияние магнитных полей. СЗМ в жидкостной, электрохимической, газохимической ячейке. Применение СЗМ (СТМ, АСМ, СБОМ) для исследования твердотельных наноструктур, в материаловедении металлов, полупроводниковых, диэлектрических, пьезоэлектрических, полимерных материалов, в технологических исследованиях, химии, биологии.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Самостоятельная работа	2		
	Методические особенности исследований свойств материалов различной размерности: 0D, 1D, 2D, 3D методами СЗМ.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
Раздел 7. Эллипсометрия наноразмерных пленок	Содержание учебного материала	6		
	Теоретические (лекционные) занятия	2		
	Плоская электромагнитная волна, её распространение в среде. Отражение и преломление света на границе раздела непоглощающих сред. Основное уравнение эллипсометрии. Прямая и обратная задачи. Однородная полубесконечная среда. Однослойная модель, многослойная модель и оптически неоднородный слой. Учет рельефа поверхности и размытия межфазных границ.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	4		
	Поляризованный свет и характер взаимодействия его с твердым веществом. Планарные модели объектов измерений в эллипсометрии.	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Решение основного уравнения эллипсометрии для прямой и обратной задач эллипсометрии	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	Промежуточная аттестация: зачет	2	ПК-2.2	Ответы на вопросы теста
	ВСЕГО	36		

3 Учебно-методическое обеспечение модуля

3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля

а) основная литература:

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на мини-дифрактометре «Дифрей»: учебное пособие / А.М.Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2008. - 95 с.
2. Громов, В.К. Введение в эллипсомерию: Учебное пособие / В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1986.- 191 с.
3. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 22 с.
4. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с.
5. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с.
6. Кольцов, С.И. Спектроскопическая эллипсометрия в исследовании поверхности твердых веществ: Учебное пособие / С.И.Кольцов, В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: ЛТИ им. Ленсовета, 1988.- 78 с.
7. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Анализ продуктов молекулярного наслаивания методами Атомно-Силовой Микроскопии: Учебное пособие / Е.А.Соснов, А.С.Ципанова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2022.- 54 с.

б) дополнительная литература:

1. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с.
2. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л.Миронов. - Москва: Техносфера, 2005. - 144 с. - ISBN 5-94836-034-2
3. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение: сб. научн. тр. / под ред. У.Жу, Ж.Л.Уанга.- Москва: Лаборатория знаний, 2021.- 601 с.- ISBN 978-5-00101-142-2. // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
4. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Троян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.

3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

В учебном процессе по данному модулю предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты;
- онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общая характеристика практики.....	46
2	Характеристика видов деятельности и компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате прохождения практики	47
3	Объем практики.....	49
4	Содержание практики	49
5	Формы отчетности по практике	51
6	Учебно-методическое обеспечение практики	52
6.1	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля.....	52
6.2	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	54
6.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	55
	Приложение А. Пример титульного листа отчёта по практике.....	56
	Приложение Б. Пример задания на практику.....	57
	Приложение В. Пример отзыва руководителя практики	59

1 Общая характеристика практики

Практика является одним из завершающих этапов освоения вида/-ов деятельности, предусмотренных программой профессиональной переподготовки:

- ВД-1 - Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов;
- ВД-2 - Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов.

Практика проводится в целях закрепления теоретических знаний, полученных при освоении программы профессиональной переподготовки, и приобретения практических навыков и умений для их эффективного использования при исполнении своих должностных обязанностей.

Форма промежуточной аттестации по практике: **зачет**.

Результаты практики должны быть оформлены в виде отчета по практике.

Аттестация по итогам практики проводится на основании оформленного отчета, тестирования/опроса и отзыва руководителя практики. По итогам положительной аттестации слушателю выставляется зачет.

Практика проводится на базе **Первого Всероссийского инженерингового центра технологии молекулярного наслаивания (ИЦ ТМН) СПбГТИ(ТУ)**.

Общее учебно-методическое руководство практикой осуществляется сотрудниками ИЦ ТМН. Слушатели выполняют задания, предусмотренные программой практики, под руководством руководителя от ИЦ ТМН. Слушатель при прохождении практики получает от руководителя указания и отчитывается о выполненной работе в соответствии с графиком проведения практики.

В процессе практики текущий контроль за работой слушателя, в том числе самостоятельной, осуществляется руководителем практики

2 Характеристика видов деятельности и компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате прохождения практики

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
<p>ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов</p>	<p>Владение основами химических методов получения поверхностных наноструктур и нанопокровов</p>	<p>Умение устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем</p>	<p>Знание: - основных химических методов получения поверхностных наноструктур; - способов регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.</p>
	<p>ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p>Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем</p>	<p>Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем</p>	<p>Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах</p>
	<p>ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения</p>	<p>Владеть: - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - способами регулирования их физико-химических свойств</p>	<p>Умение оценивать применимость различных видов оборудования и технологических процессов в технологии тонкопленочных наноматериалов</p>	<p>Знание основных методов формирования наносистем различного типа</p>

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Владение: - основами контроля технологических процессов, сырья и продукции; - приборами и методиками оценки готовности оборудования к использованию	Умение формулировать перечень основных параметров технологических процессов, сырья и продукции	Знание: - основных технологий, используемых при создании наноразмерных покрытий, и их параметров; - основных характеристик оборудования, применяемого в технологии нанесения наноразмерных пленок
	ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Владение методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Умение осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Знание основных принципов физико-химических методов анализа материалов, физических процессов, лежащих в основе этих методов

3 Объем практики

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
Практика получения и анализа тонких пленок	36	-	-	-	20	14	2	Зачет	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2

4 Содержание практики

Виды деятельности	Виды работ и формы организации деятельности обучающихся на практике	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Виды работ	34		
	Лабораторные занятия	20		
ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Выбор и обоснование технологии нанесения тонкопленочного покрытия с требуемыми функциональными свойствами	1	ПК-1.1	Отчет по практике
	Выбор технологических условий проведения синтеза покрытия с требуемыми физико-химическими характеристиками	1	ПК-1.2	Отчет по практике
	Подбор и оценка применимости имеющегося оборудования для организации технологического процесса нанесения требуемого тонкопленочного наноматериала	1	ПК-1.3	Отчет по практике
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Оценка готовности оборудования к использованию, проведение синтеза нанопокровтий и контроль технологических параметров осуществляемых процессов	10	ПК-2.1	Отчет по практике
	Пробоподготовка синтезированных образцов, проведение физико-химических исследований, обработка и интерпретации результатов анализа	7	ПК-2.2	Отчет по практике

Виды деятельности	Виды работ и формы организации деятельности обучающихся на практике	Объем часов	Компетенции	Форма текущего контроля
	Самостоятельная работа	14		
ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Анализ тонкопленочных технологий, позволяющих создать требуемое покрытие	3	ПК-1.1	Отчет по практике
	Подбор реагентов и условий проведения процесса синтеза	3	ПК-1.2	Отчет по практике
	Подбор технологического оборудования для проведения синтеза	2	ПК-1.3	Отчет по практике
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Оценка количества и определения условий синтеза образцов, для определения оптимальных условий нанесения покрытия требуемого состава	3	ПК-2.1	Отчет по практике
	Анализ возможностей физико-химических методов исследования тонких пленок и выбор методов, позволяющих охарактеризовать строение и свойства тонкопленочного покрытия	3	ПК-2.2	Отчет по практике
	Промежуточная аттестация: зачет	2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2	Тестирование/опрос, отчет по практике
	ВСЕГО	36		

5 Формы отчетности по практике

По итогам проведения практики каждый слушатель представляет оформленный письменный отчет и отзыв руководителя практики. Объем отчета должен составлять 25 – 40 страниц.

Отчет о практике должен содержать:

- титульный лист, оформленный согласно приложению А;
- задание и календарный план практики, подписанные руководителями практики (приложение Б);
- введение;
- анализ выполненной работы;
- заключение;
- источники информации.

Раздел "Введение" должен содержать общие сведения о практике и ее краткую характеристику.

Раздел "Анализ выполненной работы" является основной частью отчета. В разделе дается описание и анализ выполненных видов работ, с приложением результатов проделанной работы, отраженных в соответствующих пунктах отчета, в том числе в виде текста, таблиц, расчетов, иллюстраций и т.п.

В разделе "Заключение" слушатель должен подвести итог проделанной работе.

Аттестация по итогам практики проводится на основании оформленного отчета, тестирования/опроса и отзыва руководителя практики (приложение В). По итогам положительной аттестации слушателю выставляется зачет.

6 Учебно-методическое обеспечение практики

6.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения модуля

а) основная литература:

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на мини-дифрактометре «Дифрей»: учебное пособие / А.М.Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2008. - 95 с.
2. Альяшьева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альяшьева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
3. 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.
4. Громов, В.К. Введение в эллипсометрию: Учебное пособие / В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1986.- 191 с.
5. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с.
6. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1
7. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 22 с.
8. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с.
9. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с.
10. Кольцов, С.И. Спектроскопическая эллипсометрия в исследовании поверхности твердых веществ: Учебное пособие / С.И.Кольцов, В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: ЛТИ им. Ленсовета, 1988.- 78 с.
11. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; 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. - 74 с.
12. 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.
 13. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин. - Москва: Техносфера, 2006. - 159 с. - ISBN 5-94836-098-9
 14. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
 15. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
 16. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
 17. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Анализ продуктов молекулярного наслаивания методами Атомно-Силовой Микроскопии: Учебное пособие / Е.А.Соснов, А.С.Ципанова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2022.- 54 с.
 18. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
 19. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
 20. Фундаментальные и прикладные основы нанотехнологии молекулярного наслаивания: Учебное пособие. / С.И.Кольцов, А.А.Малыгин, 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), 2021. - 279 с.
 21. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. - Москва: Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

б) дополнительная литература:

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.
2. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
3. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с.
5. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. – ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
6. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л.Миронов. - Москва: Техносфера, 2005. - 144 с. - ISBN 5-94836-034-2
7. Нано- и биокомпозиты / 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: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
8. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
9. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение: сб. научн. тр. / под ред. У.Жу, Ж.Л.Уанга.- Москва: Лаборатория знаний, 2021.- 601 с.- ISBN 978-5-00101-142-2. // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
10. 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
11. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов: Учебное пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
12. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Троян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.

6.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

Учебный процесс во время практики осуществляется в очной форме. В учебном процессе в ходе практики предусмотрено использование информационных технологий:

- представление материала отчета о практике с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты;
- онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

Лицензионное программное обеспечение:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

MS Excel 97 и выше

MathCAD v.14 и выше

Программный пакет (химический офис) ChemOfficeNet 6.0;

Прикладное программное обеспечение автоматического управления научной аппаратурой в т.ч.:

- для регистрации и обработки спектров (ИК Фурье-спектрометр ФСМ 1201, спектрофотометры Specord M 40, Specord 200);
- для управления сканирующим зондовым микроскопом, регистрации и обработки полученных данных (Solver P47 Pro, NanoEducator);
- для управления рентгеновским дифрактометром ДНР «ДИФРЕЙ» микроскопом, регистрации и обработки полученных рентгенограмм;

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

С компьютеров института открыт доступ к:

- www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;
- <http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ», «Профессия»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);
- www.consultant.ru - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;
- www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;
- <http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;
- <http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство ИОР (Великобритания);
- www.oxfordjournals.org - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;
- <http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));
- <http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);
- <http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;
- <http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.
- <http://science.sciencemag.org>, обеспечивающий доступ к полнотекстовым материалам академического мультидисциплинарного журнал Science;
- <https://scholar.google.ru>, Сервис компании Google ("Link resolver"), позволяющий осуществлять поиск библиографических ссылок, рефератов и полнотекстовых вариантов научных публикаций по широкому спектру источников информации.

ПРИМЕР ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЁТА ПО ПРАКТИКЕ



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

ОТЧЁТ ПО ПРАКТИКЕ

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки	Химические технологии получения тонких пленок
Факультет	Химии веществ и материалов
Подразделение	Первый Всероссийский инжиниринговый центр технологии молекулярного наслаивания
Группа	
Слушатель	_____ <i>И.О. Фамилия</i> (подпись)
Оценка за практику	_____
Руководитель практики должность	_____ <i>И.О. Фамилия</i> (подпись)

Санкт-Петербург
202Х

ПРИМЕР ЗАДАНИЯ НА ПРАКТИКУ



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

ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИКУ

Слушатель

Фамилия Имя Отчество

Дополнительная профессиональная
программа профессиональной
переподготовки

**Химические технологии получения тонких
пленок**

Факультет

Химии веществ и материалов

Подразделение

**Первый Всероссийский инжиниринговый
центр технологии молекулярного наслаивания**

Группа

Срок проведения

с __.__.20__ г.

по __.__.20__ г.

Срок сдачи отчета по практике __.__.20__ г.

Тема задания *Тема выпускной аттестационной работы ...*

Календарный план практики
(примерный)

Наименование задач (мероприятий)	Срок выполнения
1. Составления плана выполнения практики	-
2. Выбор и обоснование технологии и условий проведения синтеза тонкопленочного покрытия, оценка применимости оборудования и реагентов	-
3. Осуществление синтеза образцов с тонкопленочным покрытием с заданным составом и функциональными свойствами	-
4. Исследование полученных материалов физико-химическими методами, обработка и интерпретация полученных результатов	-
5. Оформление и защита отчета по практике	-
ИТОГО	36 час

Руководитель практики,
должность

(подпись)

И.О. Фамилия

Задание принял к выполнению
слушатель

(подпись)

И.О. Фамилия

ПРИМЕР ОТЗЫВА РУКОВОДИТЕЛЯ ПРАКТИКИ

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРАКТИКИ

Слушатель СПбГТИ(ТУ) *Иванов Иван Иванович*, группа *1XX*, кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники, проходил практику в Первом Всероссийском инжиниринговом центре технологии молекулярного наслаивания СПбГТИ(ТУ).

За время практики слушатель выполнил следующие виды работ:

-
-

Продемонстрировал следующие практические навыки, умения, знания*:

Навыки.....

.....

Умения.....

.....

Знания.....

.....

Освоил следующие виды деятельности:

-
-

Полностью (*частично*) выполнил задание по практике и представил отчет в установленные сроки.

Практика заслуживает оценки _____.
«не зачтено», «зачтено».

Руководитель практики,
должность

(подпись, дата)

И.О. Фамилия

6. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Формы контроля и аттестации, оценочные материалы по учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), практикам, разделам, темам

Формы аттестации, порядок ее проведения определяются соответствующими рабочими программами модулей/практик и оценочными материалами.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО МОДУЛЮ
"ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю	63
2 Оценочные средства для проведения текущего контроля	65
2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования.....	65
2.2 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме индивидуального задания	72
3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.....	88
3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования.....	88

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю

В результате освоения модуля, слушатель должен приобрести практический опыт, умения и знания следующих компетенций:

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Владение основами химических методов получения поверхностных наноструктур и нанопокровов	Умение устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем	Знание: - основных химических методов получения поверхностных наноструктур; - способов регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем	Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем	Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах

Формы текущего контроля по модулю: тестирование, индивидуальные задания.

Форма промежуточной аттестации по модулю: **экзамен** в форме итогового тестирования.

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Индивидуальное задание	Сроки сдачи задания Самостоятельность выполнения задания Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Экзамен (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Индивидуальное задание	Сроки сдачи задания Самостоятельность выполнения задания Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Экзамен (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования

2 Оценочные средства для проведения текущего контроля

2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 1. Основные определения и понятия. Структурно-химические последствия перехода вещества в твердое состояние</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.1</p> <p>1. Наноматериалы это:</p> <p>А) вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную и ли неупорядоченную систему базовых элементов с менее 100 нм;</p> <p>Б) материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками;</p> <p>В) такие материалы, которые характеризуются нанометровым масштабом размеров хотя бы в одном из трех измерениях.</p> <p>2. Нанотехнология молекулярного наслаивания это:</p> <p>А) междисциплинарная технология, позволяющая воспроизводимо, по описанным процедурам производить исследования, манипуляцию и обработку вещества в диапазоне размеров от 0,1 до 100 нанометров;</p> <p>Б) совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;</p> <p>В) создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть элементами структуры с характеристическим размером от 1 до 100 нм;</p> <p>Г) технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;</p> <p>Д) совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм;</p> <p>Е) технология работы с веществом на уровне отдельных атомов.</p> <p>Ж) конструирование и производство структур, приборов и систем, свойства которых определяются их формой и размером на нанометровом уровне.</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>3. Чем принципиально отличаются наноматериалы от обычных твердофазных объектов? А) размерно-энергетическими характеристиками; Б) массой; В) объемом; Г) фазовым составом.</p> <p>4. Наиболее благоприятные условия для синтеза нанообъектов? А) равновесные; Б) неравновесные; В) высокотемпературные; Г) низкотемпературные; Д) гетерогенные.</p> <p>5. Носители движения в твердых веществах? А) атомы; Б) молекулы; В) квазичастицы; Г) нейтроны; Д) позитроны.</p> <p>6. Что происходит с составом твердого вещества в открытой системе? А) уменьшается; Б) увеличивается; В) не изменяется; Г) изменяется.</p> <p>7. Что происходит с составом твердого вещества в закрытой системе? А) уменьшается; Б) увеличивается; В) не изменяется; Г) изменяется.</p> <p>8. Как изменяется при переходе в твердое состояние длины связей? А) уменьшаются; Б) увеличиваются; В) не изменяются.</p> <p>9. Как изменяются при переходе в твердое состояние энергии связей? А) уменьшаются; Б) увеличиваются; В) не изменяются; Г) разрываются</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 2. Формирование основно-функционального строения химической модели твердого вещества</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.1</p> <p>1. Дискретная форма твердого вещества? А) атом; Б) молекула; В) структурная единица; Г) нейтроны; Д) позитроны.</p> <p>2. Знание состава твердого вещества дает возможность установить А) массу; Б) химическую формулу; В) агрегатное состояние; Д) термическую устойчивость.</p> <p>3. Атомы на поверхности твердых веществ по сравнению с атомами, находящимися в объеме твердого тела, связаны с каркасом: А) более прочно; Б) менее прочно; В) одинаково; Г) не связаны.</p>
<p>Раздел 3. Основные направления химических превращений твердых веществ</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>1. Взаимосвязь состава и химического строения и свойств твердого вещества. А) изменение состава сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества; Б) изменение состава сопровождается изменением только химического строения при неизменности свойств твердого вещества; В) изменение состава не сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества; Г) изменение состава не сопровождается изменением химического строения, но приводит к изменению свойств твердого вещества</p> <p>2. Классификация структур надмолекулярных веществ. А) по мерности остова; Б) по типу химических связей структурных единиц; В) по типу пористой структуры; Г) по молекулярной массе.</p> <p>3. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности; А) неизменность химического состава и строения; Б) практически невозможность различить химический состав однотипных соединений; В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе;</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.</p> <p>4. Основные направления химических превращений твердых веществ согласно остовно-функциональной модели.</p> <p>А) окислительно-восстановительные; Б) функциональные; В) макромолекулярные; Г) радикальные.</p>
<p>Раздел 4. Особенности гомологии твердых веществ</p>	<p>ПК 1.1</p> <p>1. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности:</p> <p>А) неизменность химического состава и строения; Б) практически невозможность различить химический состав однотипных соединений; В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе; Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.</p> <p>2. Как изменяется величина удельной поверхности по мере увеличения степени полиатомности:</p> <p>А) уменьшается; Б) увеличивается; В) не изменяется.</p> <p>3. Гомологическая разность между соседними членами нормального гомологического ряда трехмерных твердых веществ:</p> <p>А) одна функциональная группа; Б) одна структурная единица; В) монослой структурных единиц; Г) монослой функциональных групп.</p> <p>4. Различие между соседними членами нормальных гомологических рядов для трехмерных структур:</p> <p>А) присоединение одной структурной единицы; Б) удаление одной структурной единицы; В) замещение одной функциональной группы; Г) присоединение монослоя структурных единиц. Д) отличие на величину одного монослоя структурных единиц.</p> <p>5. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных твердых веществ сопровождаются:</p> <p>А) изменением отношения В/А; Б) изменением строения функциональных рядов, В) изменением вида функциональных групп; Г) изменением размера остова.</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 5. Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>1. Реакции молекулярного наслаивания: А) многократное повторение реакций между функциональными группами подложки и низкомолекулярными реагентами, сопровождающиеся помонослойным наращиванием структурных единиц; Б) реакции между поверхностью подложки и низкомолекулярным реагентом; В) газофазные реакции между подложкой и низкомолекулярным реагентом; Г) топохимические реакции; Д) многократное повторение последовательных реакций, на поверхности подложки;</p> <p>2. Зависимость толщины наращиваемого на подложке покрытия от числа проводимых циклов молекулярного наслаивания имеет вид: А) экспоненциальный; Б) линейный; В) гиперболический; Г) квадратичный.</p> <p>3. Какие факторы оказывают влияние на толщину наращиваемого слоя при реализации процесса молекулярного наслаивания: А) время осуществления реакции низкомолекулярного реагента с функциональными группами; Б) скорости протекания реакций молекулярного наслаивания; В) геометрические размеры формируемой структурной единицы синтезируемого слоя и количеством проводимых циклов реакций;</p> <p>4. Теоретической базой реакций молекулярного наслаивания является: А) представления о реакционной способности атомов на поверхности; Б) представления гомологической теории структурно-химических превращений твердых веществ; В) представления о различии реакционной способности функциональных групп и структурных единиц; Г) повышенная реакционная способность функциональных групп.</p>
<p>Раздел 6. Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>1. На чем базируются принципы метода молекулярного наслаивания: А) на различиях в химической активности функциональных групп и структурных единиц; Б) на химической модели твердых веществ; В) на химических превращениях на поверхности твердых веществ; Г) на реализации необратимого проведения химических реакций.</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>2. Основная идея метода молекулярного наслаивания состоит в:</p> <p>А) в последовательном наращивании монослоев структурных единиц заданного химического состава и строения на поверхности твердофазной матрицы за счет реализации химических реакций между функциональными группами твердого тела и подводимыми к ним реагентами в условиях максимального удаления от равновесия;</p> <p>Б) в проведении гетерогенных химических реакциях на поверхности твердого тела;</p> <p>В) в различии в реакционной способности атомов на поверхности и в объеме;</p> <p>Г) в стимуляции протекания реакций на поверхности твердого тела.</p> <p>3. Нанотехнология молекулярного наслаивания - это</p> <p>А) совокупность химических и физико-химических способов создания на поверхности подложки регулярных структур с заданными составом, строением и функциональными свойствами, имеющих хотя бы в одном из трех направлений нанометровые размеры, а также получение и химическая сварка микро- и макро объектов путем поатомной химической сборки, с точностью фиксации и контроля всех стадий процесса на атомно-молекулярном уровне;</p> <p>Б) совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;</p> <p>В) создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть элементами структуры с характеристическим размером от 1 до 100 нм;</p> <p>Г) технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;</p> <p>Д) совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм;</p> <p>Е) технология работы с веществом на уровне отдельных атомов.</p> <p>4. Принципы метода молекулярного наслаивания:</p> <p>А) синтез основывается на протекании необратимых в условиях эксперимента химических реакций между функциональными группами на поверхности твердого тела и молекулами подводимого извне реагента. При этом используемые реагенты и продукты реакции не должны вступать в химические взаимодействия между собой;</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>Б) для постепенного наращивания слоя нового вещества необходимо проводить многократную и попеременную (в заданной последовательности) обработку последнего парами соответствующих соединений. При этом каждый вновь образующийся монослой новых функциональных групп должен содержать активные атомы или группы атомов, способные реагировать с новой порцией того же или иного реагента;</p> <p>В) для осуществления реакций в процессе МН необходимо некоторое структурное соответствие между поверхностью исходной твердофазной матрицы и данным соединением. Но главное – это наличие на поверхности как исходной, так и образующейся в ходе синтеза достаточного количества функциональных групп (ФГ) и с таким взаимным расположением, которое обуславливает возможность возникновения поперечных связей между присоединившимися атомами для образования трехмерной решетки синтезируемого твердого вещества;</p> <p>Г) синтез проводится в условиях повышенных температур и парциальных давлений для реализации максимально возможного вовлечения в химический процесс функциональных групп твердого тела низкомолекулярных реагентов.</p> <p>5. С какой предельной точностью регулирования толщины наращиваемого слоя возможен синтез по методу молекулярного наслаивания:</p> <p>А) с точностью до 0,1 нм; Б) с точностью до 1 нм; В) с точностью до одного моноатомного слоя; Г) с точностью 0,001 нм.</p>

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

2.2 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме индивидуального задания

ПК 1.1

Задание 1. Сформулировать остовно-функциональную модель химического строения твердого вещества.

Сформулировать основные особенности остовно-функционального химического строения твердых веществ, которые необходимо учитывать при рассмотрении особенностей их состава и вопросов стехиометрии. Выделить основные ее составляющие. Продемонстрировать работоспособность химической модели твердых веществ при осуществлении химических превращений твердых веществ.

Задание 2. Продемонстрировать взаимосвязь гомологических рядов твердых веществ с использованием функциональных превращений.

<p>Вариант № 1</p> $A_{n-s}(AB)_s \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(A')_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n-2s}(AB)_{s-x}(AC)_x$	<p>Вариант № 2</p> $A_{n-2s}(A')_s \rightarrow A_{n-s}(AC)_{s-x}(A')_x$ $A_n(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x$
<p>Вариант № 3</p> $A_n(AB)_{s-x}A'_x \rightarrow A_{n-s}(A')_s$ $A_{n-2s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x$	<p>Вариант № 4</p> $A_n(A')_s \rightarrow A_{n-s}(AC)_{s-x}(AD)_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(AC)_x$
<p>Вариант № 5</p> $A_n(A')_s \rightarrow A_{n-s}(AD)_{s-x}(A')_s$ $A_{n-2s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x$	<p>Вариант № 6</p> $A_{n-s}(AC)_{s-x}(A')_{s-x} \rightarrow A_{n-2s}(A')_s$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(A')_x$
<p>Вариант № 7</p> $A_{n-2s}(A')_s \rightarrow A_{n-s}(A')_s$ $A_n(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x$	<p>Вариант № 8</p> $A_{n-s}(A')_s \rightarrow A_{n-2s}(AE)_{s-x}A'_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(AD)_x$
<p>Вариант № 9</p> $A_{n-s}(A')_s \rightarrow A_n(A')_s$ $A_{n-s}(A')_s \rightarrow A_{n-2s}(AD)_{s-x}(A')_x$	<p>Вариант № 10</p> $A_{n-2s}(A')_s \rightarrow A_{n-s}(AL)_{s-x}(A')_x$ $A_n(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x$
<p>Вариант № 11</p> $A_{n-s}(AR)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-2s}(A')_s$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(A')_x$	<p>Вариант № 12</p> $A_n(A')_s \rightarrow A_{n-s}(AN)_{s-x}(A')_x$ $A_{n-2s}(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x$
<p>Вариант № 13</p> $A_{n-s}(A')_s \rightarrow A_{n-2s}(AZ)_{s-x}(A')_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(AC)_{x-y}(AD)_y$	<p>Вариант № 14</p> $A_n(A')_s \rightarrow A_{n-s}(A')_s$ $A_{n-2s}(AB)_{s-x}(AD)_x \rightarrow A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_{x-y}(AD)_y$
<p>Вариант № 15</p> $A_{n-2s}(AP)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-3s}(AF)_{s-x}(A')_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(AC)_{x-y}(AD)_y$	<p>Вариант № 16</p> $A_{n+s}(A')_s \rightarrow A_n(AS)_x(A')_{s-x}$ $A_n(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n+s}(AB)_{s-x}(AD)_{x-y}(A')_y$
<p>Вариант № 17</p> $A_{n-s}(AB)_{s-x}(A')_x \rightarrow A_{n-2s}(AD)_{s-x}(A')_x$ $A_{n-s}(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_n(AB)_{s-x}(AC)_{x-y}(AD)_y$	<p>Вариант № 18</p> $A_{n-2s}(A')_s \rightarrow A_{n-3s}(AG)_{s-x}(A')_x$ $A_n(AB)_{s-x}(AC)_x \rightarrow A_{n+s}(AB)_{s-x}(AC)_x$

ПК 1.2

Задание 3. Продемонстрировать взаимосвязь функциональных рядов твердых веществ в общем виде и на конкретных примерах.

Задание 4. Оценка толщины оксидного покрытия наращиваемого на поверхности сферической подложки методом МН по геометрическим данным подложки и результатам химического анализа

Задание:

1) Исходя из данных химического анализа образцов с нанесенными на их поверхность элементоксидными покрытиями методом молекулярного наслаивания провести оценку толщины синтезированных нанослоев.

2) По полученным в результате расчета величинам построить зависимость толщины покрытия от количества проводимых циклов молекулярного наслаивания.

3) Проанализировать полученную зависимость.

Предложить алгоритм и формулы для расчета, принимая следующие следующие допущения:

- все частицы модифицированного продукта представляют собой сферические ядра, заключенные в сферические оболочки;
- принимаем плотность исходных частиц (ядра модифицированного продукта) известную из справочных данных для непористых твердых тел;
- плотность оксидных оболочек принимаем соответствующей плотности оксида наносимого покрытия;
- принимаем равномерное распределение синтезированного оксидного покрытия по всей поверхности частицы.

Общие исходные данные для расчета:

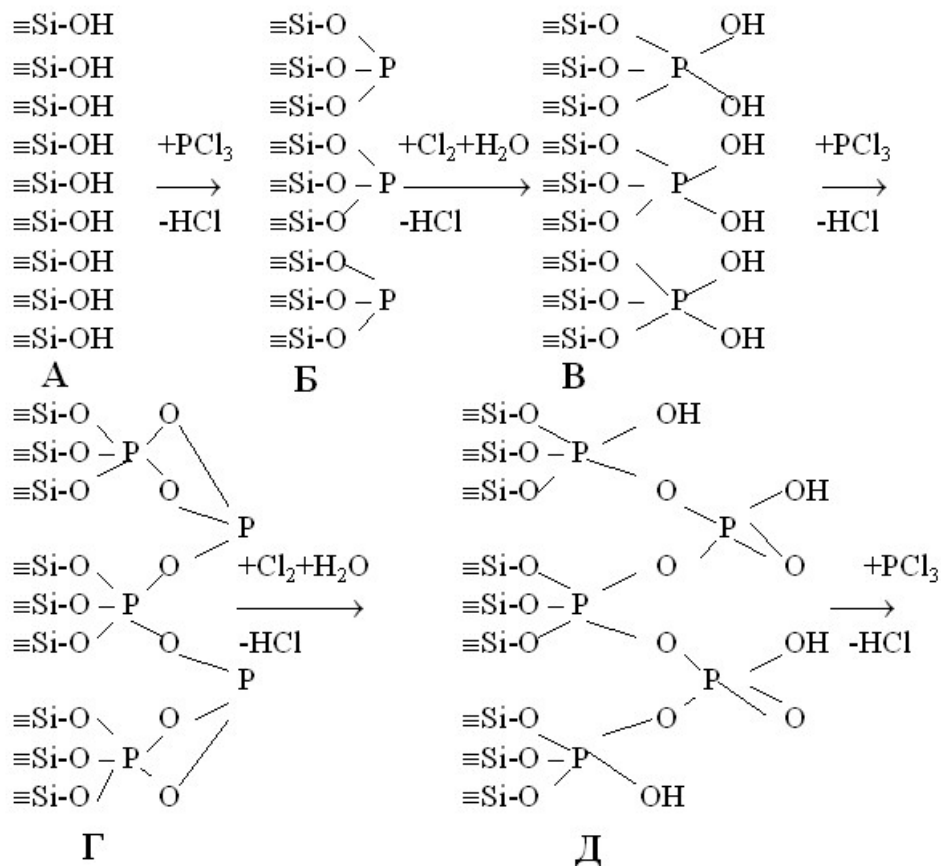
1. Исходная подложка - сферические стеклянные микросферы диаметром - 70 мкм, плотностью 0,19 г/см³;
2. Содержание элемента в составе синтезированных образцов после проведения 1, 4, 8 циклов молекулярного наслаивания составляет 39, 70 и 135 мкмоль/гSiO₂

Таблица 1 - Индивидуальные задания

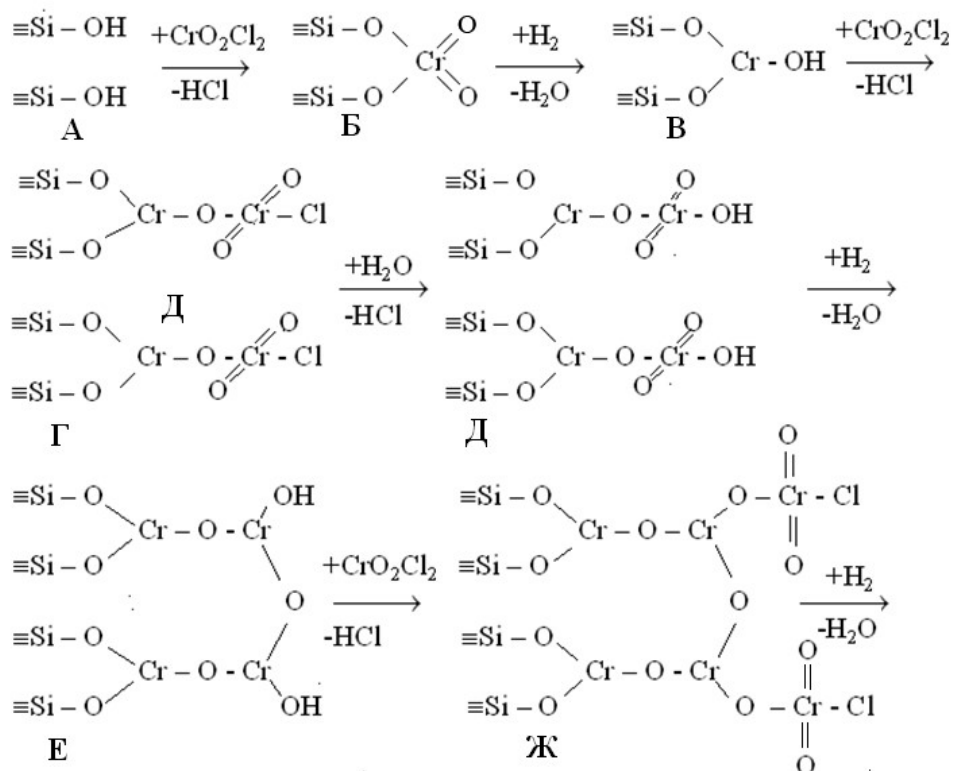
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Покрытие	TiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	MnO ₂	CrO ₃	MgO	GeO ₂	NbO ₂	SnO ₂

Задание 5. Определить коэффициент реакции и стехиометрические коэффициенты в продуктах МН.

Вариант № 1. Молекулярное наслаивание фосфороксидных нанопокровтий



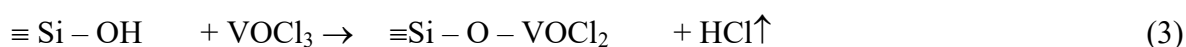
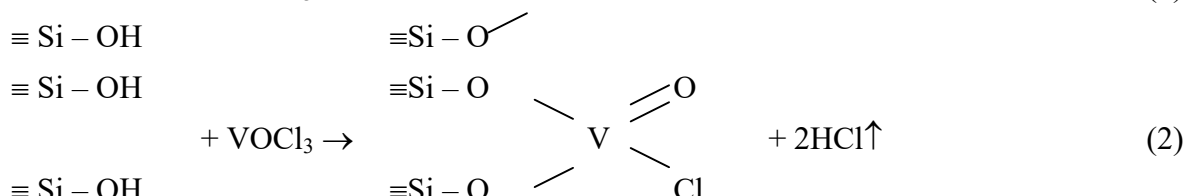
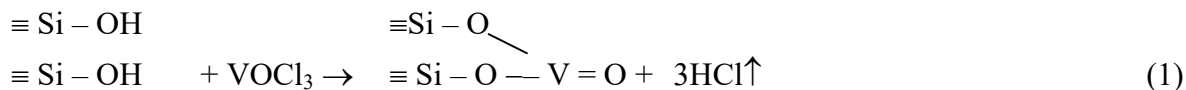
Вариант № 2 Молекулярное наслаивание хромоксидных нанопокровтий



Задание 6. Задача по химическим основам синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания

Вариант № 1

Взаимодействие VOCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,46 ммоль/г;

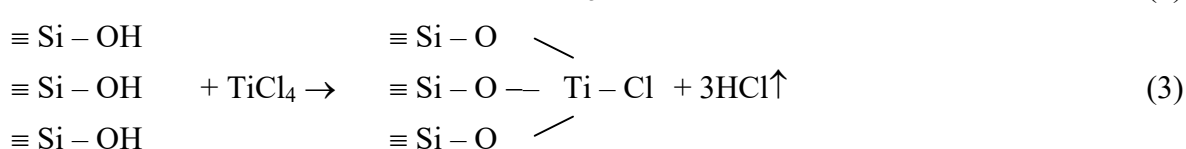
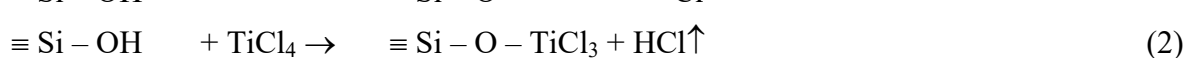
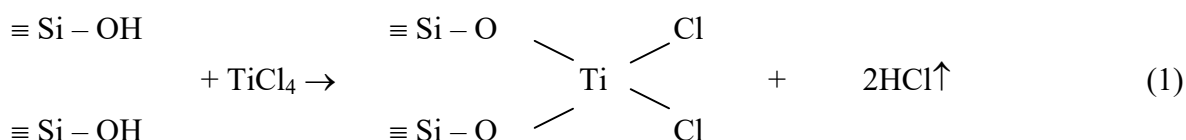
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,42 ммоль/г;

Содержание ванадия на образце – 1,15 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,75 ммоль/г.

Вариант № 2

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,57 ммоль/г;

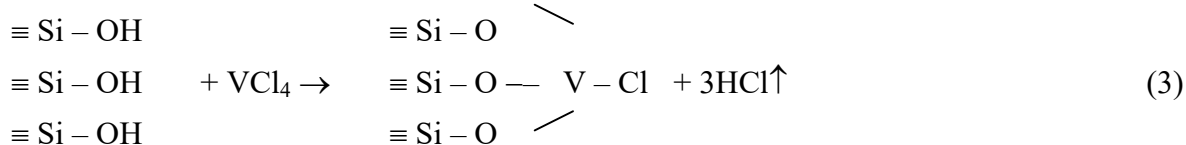
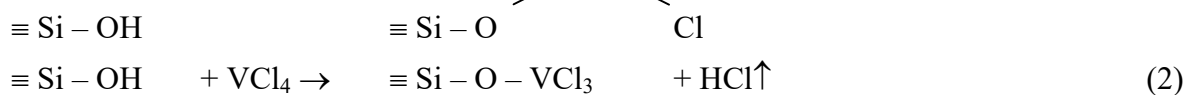
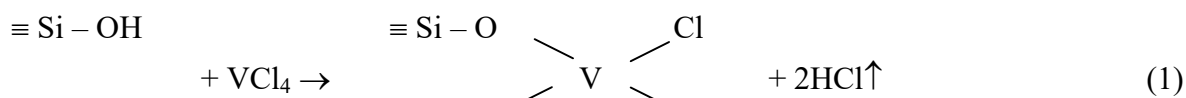
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,58 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 1,08 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 2,34 ммоль/г.

Вариант № 3

Взаимодействие VCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

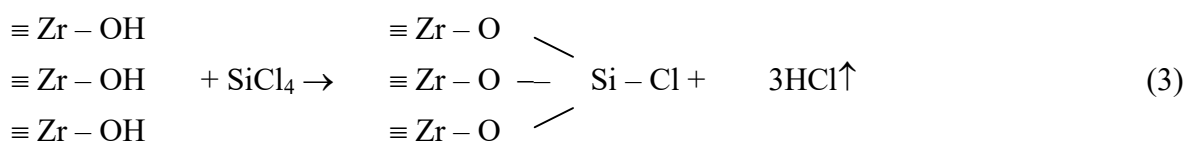
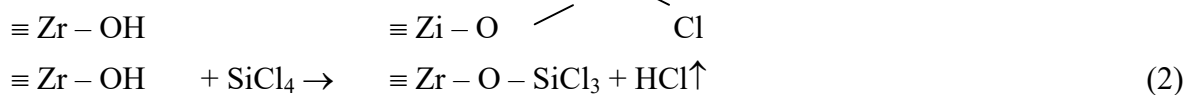
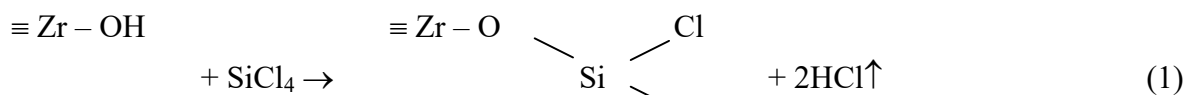


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
 - ОН-групп исходное – 0,86 ммоль/г;
 - ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,11 ммоль/г;
 - Содержание ванадия на образце – 0,35 ммоль/г;
 - Содержание хлора на образце – 0,93 ммоль/г.

Вариант № 4

Взаимодействие $SiCl_4$ с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

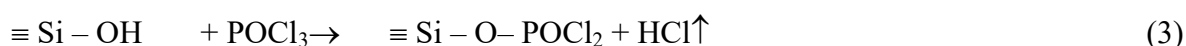
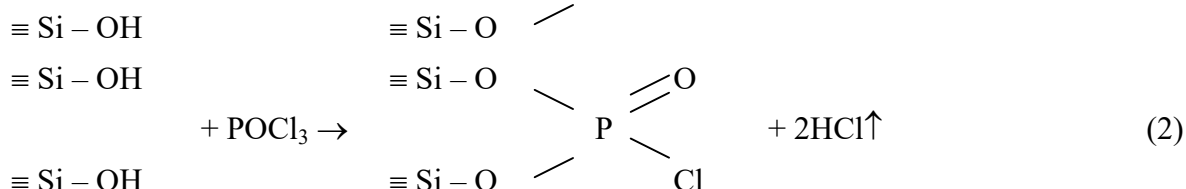
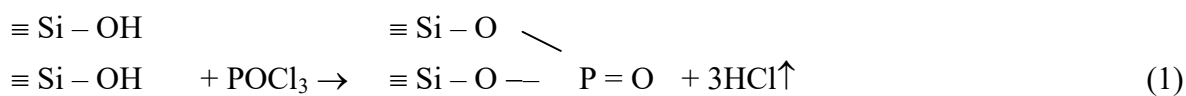


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество кремния хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
 - ОН-групп исходное – 5,23 ммоль/г;
 - ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,72 ммоль/г;
 - Содержание кремния на образце – 1,02 ммоль/г;
 - Содержание хлора на образце – 2,34 ммоль/г.

Вариант № 5

Взаимодействие POCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество фосфора хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 1,97 ммоль/г;

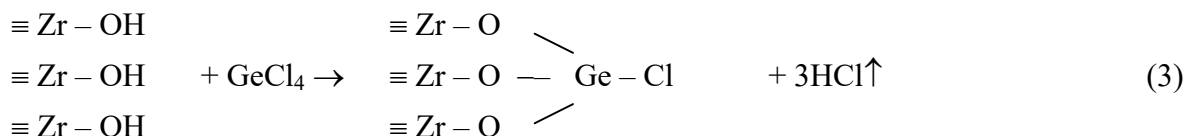
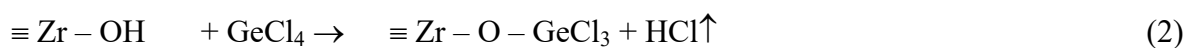
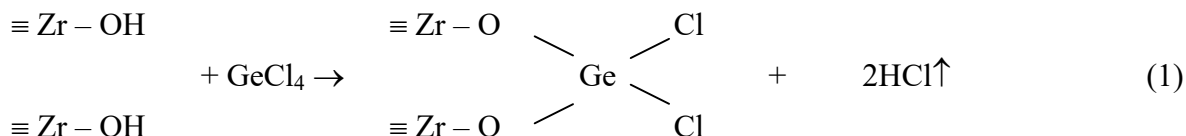
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,21 ммоль/г;

Содержание фосфора на образце – 0,73 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,43 ммоль/г.

Вариант № 6

Взаимодействие GeCl_4 с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество германия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 2,21 ммоль/г;

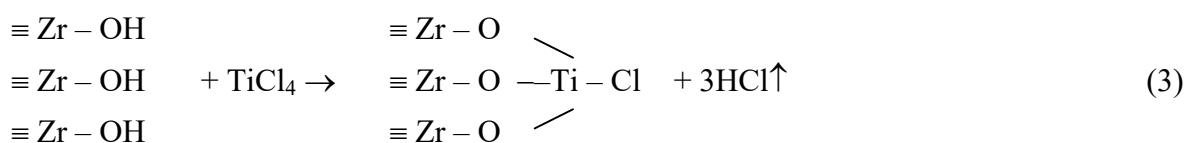
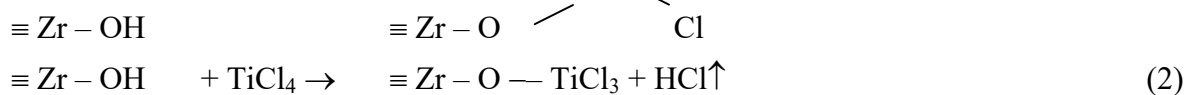
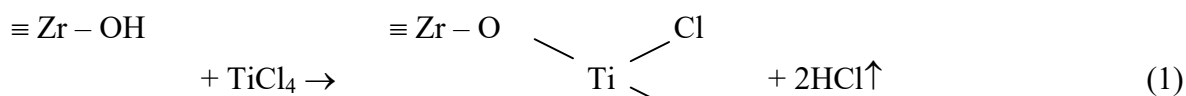
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,44 ммоль/г;

Содержание германия на образце – 0,44 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,99 ммоль/г.

Вариант № 7

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 1,41 ммоль/г;

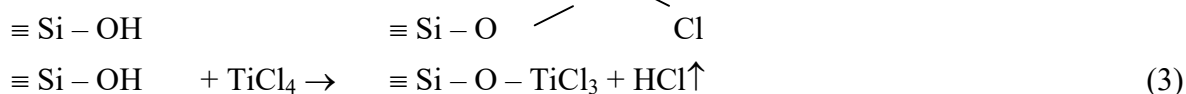
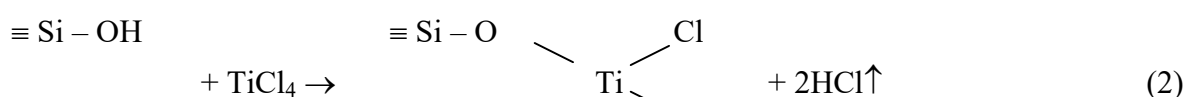
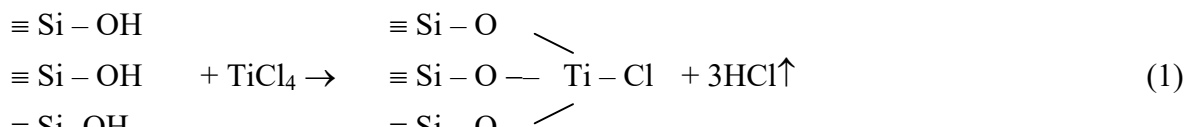
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,06 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 0,29 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,81 ммоль/г.

Вариант № 8

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,57 ммоль/г;

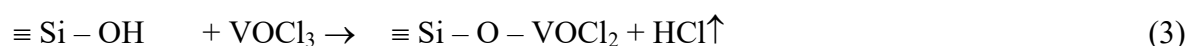
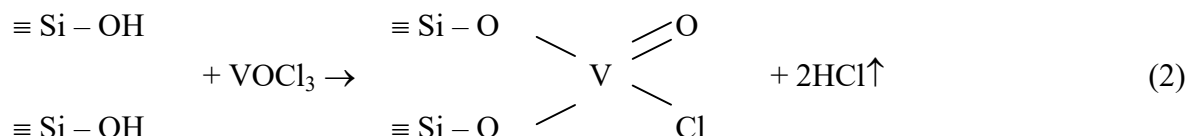
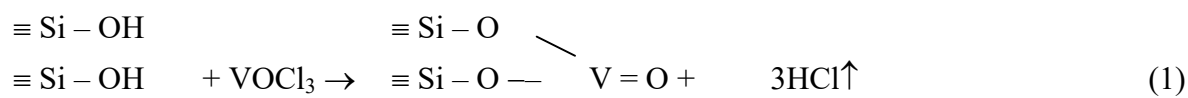
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,59 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 1,08 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 1,62 ммоль/г.

Вариант № 9

Взаимодействие VOCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,46 ммоль/г;

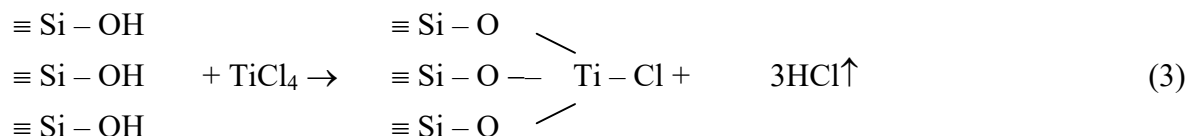
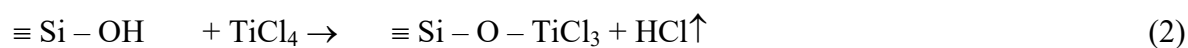
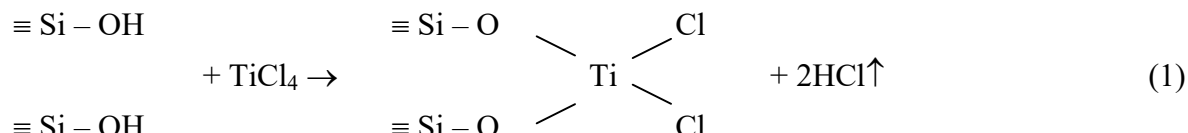
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,42 ммоль/г;

Содержание ванадия на образце – 1,15 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,75 ммоль/г.

Вариант № 10

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,57 ммоль/г;

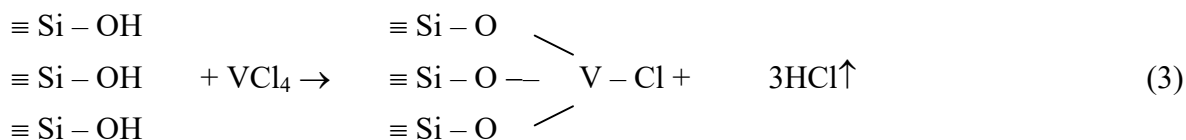
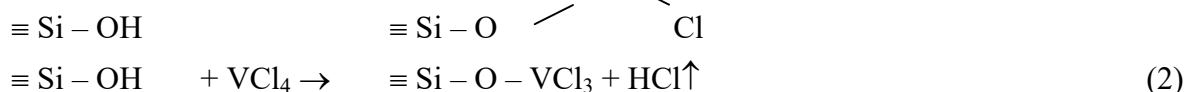
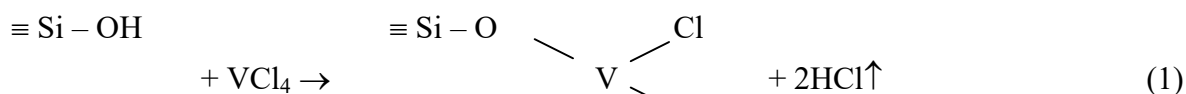
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,58 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 1,08 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 2,34 ммоль/г.

Вариант № 11

Взаимодействие VCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

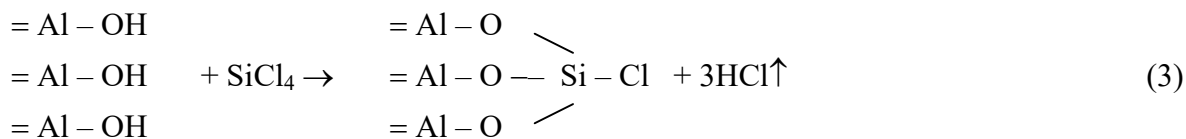
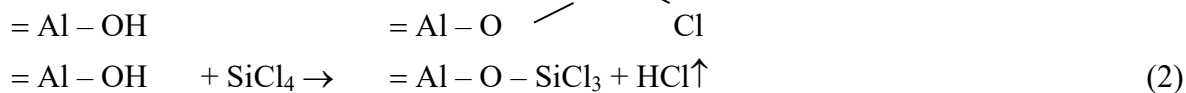
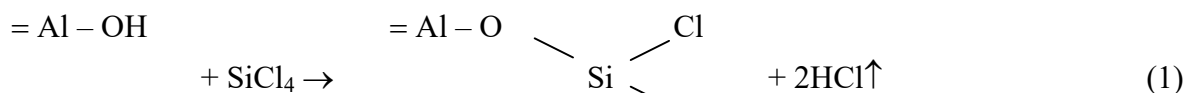


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
ОН-групп исходное – 0,96 ммоль/г;
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,02 ммоль/г;
Содержание ванадия на образце – 0,40 ммоль/г;
Содержание хлора на образце – 0,85 ммоль/г.

Вариант № 12

Взаимодействие $SiCl_4$ с ФГ поверхности оксида алюминия может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

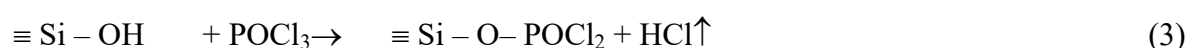
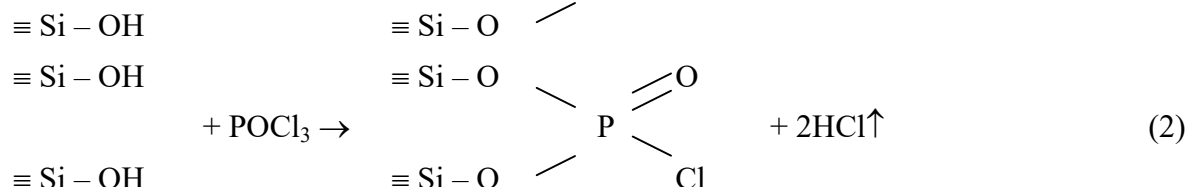
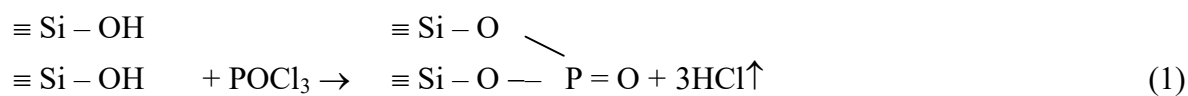


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество кремния хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
ОН-групп исходное – 4,95 ммоль/г;
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,65 ммоль/г;
Содержание кремния на образце – 1,08 ммоль/г;
Содержание хлора на образце – 2,24 ммоль/г.

Вариант № 13

Взаимодействие POCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество фосфора хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 1,85 ммоль/г;

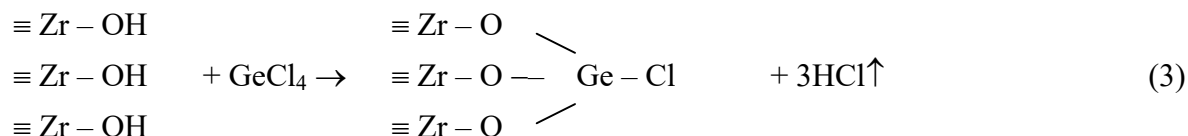
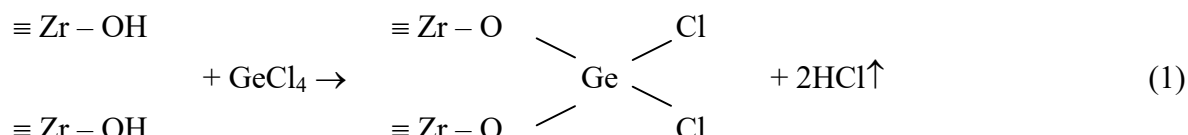
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,25 ммоль/г;

Содержание фосфора на образце – 0,79 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,35 ммоль/г.

Вариант № 14

Взаимодействие GeCl_4 с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество германия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 2,21 ммоль/г;

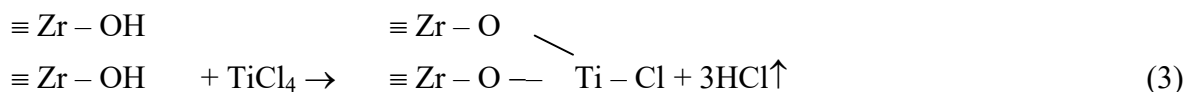
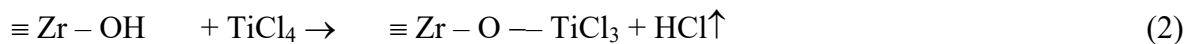
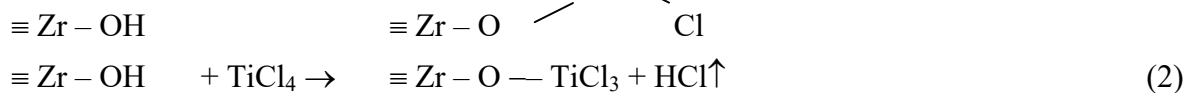
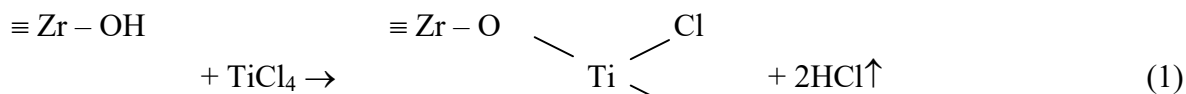
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,44 ммоль/г;

Содержание германия на образце – 0,44 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,99 ммоль/г.

Вариант № 15

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 1,54 ммоль/г;

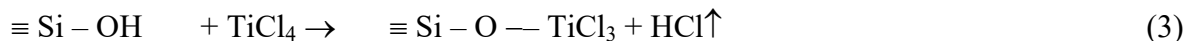
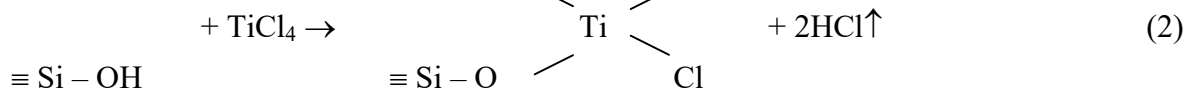
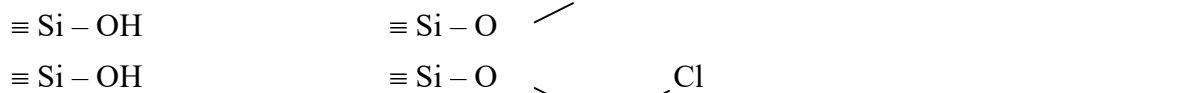
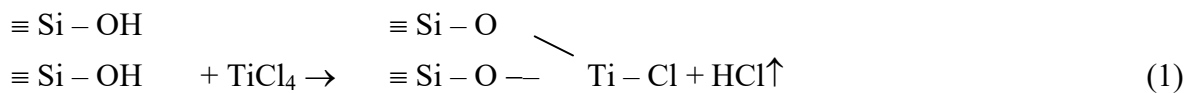
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,98 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 0,35 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,85 ммоль/г.

Вариант № 16

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,02 ммоль/г;

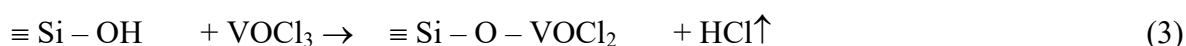
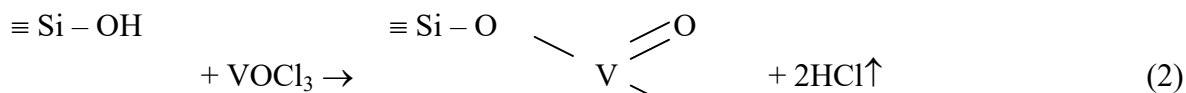
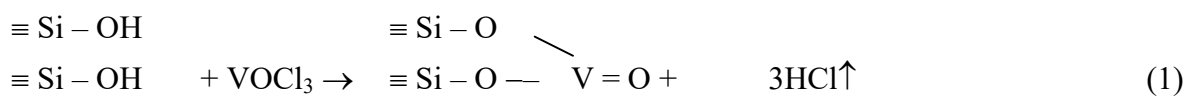
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,59 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 0,95 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 1,78 ммоль/г.

Вариант № 17

Взаимодействие VOCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,46 ммоль/г;

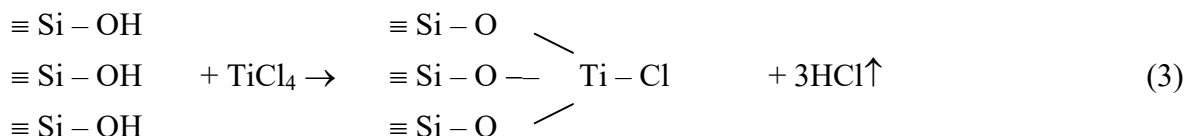
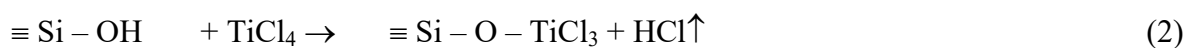
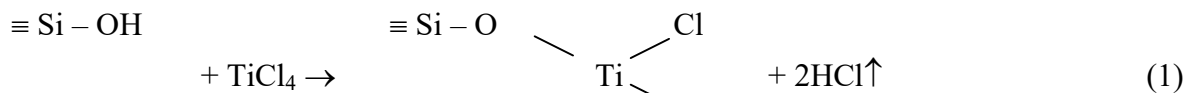
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,42 ммоль/г;

Содержание ванадия на образце – 1,15 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,75 ммоль/г.

Вариант № 18

Взаимодействие TiCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество титана хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 3,57 ммоль/г;

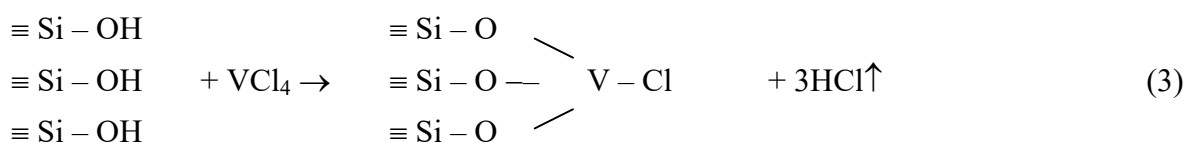
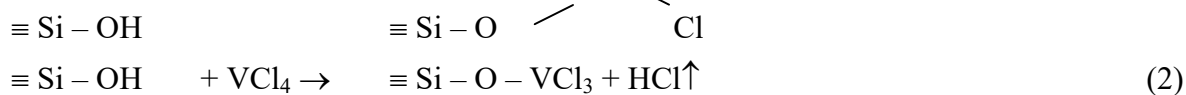
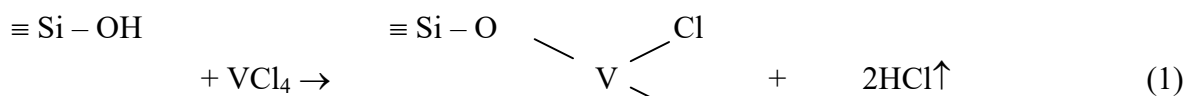
ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,58 ммоль/г;

Содержание титана на образце – 1,08 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 2,34 ммоль/г.

Вариант № 19

Взаимодействие VCl_4 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

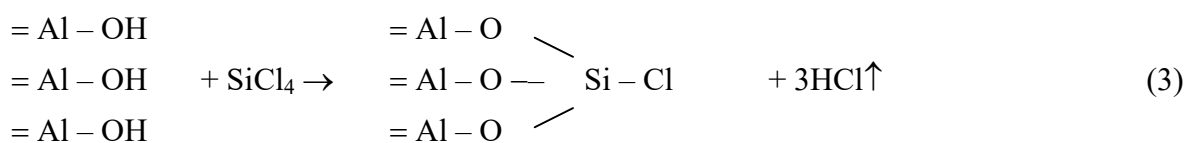
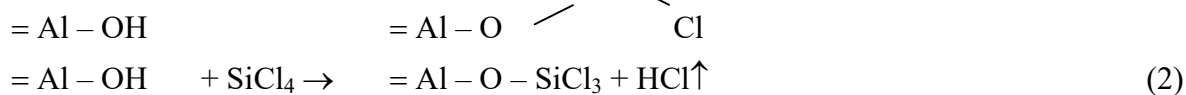
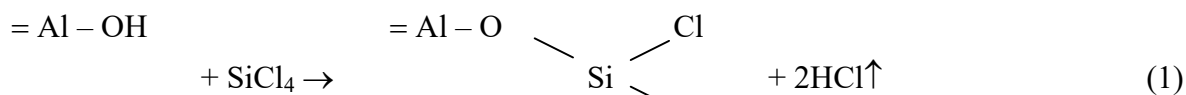


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество ванадия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
 - ОН-групп исходное – 0,96 ммоль/г;
 - ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,02 ммоль/г;
 - Содержание ванадия на образце – 0,40 ммоль/г;
 - Содержание хлора на образце – 0,85 ммоль/г.

Вариант № 20

Взаимодействие $SiCl_4$ с ФГ поверхности оксида алюминия может осуществляться согласно следующим возможным схемам:

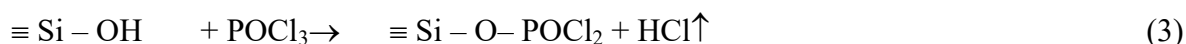
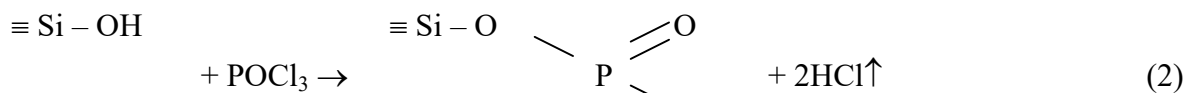
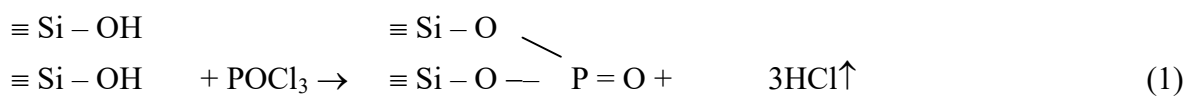


Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество кремния хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:
 - ОН-групп исходное – 4,95 ммоль/г;
 - ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,65 ммоль/г;
 - Содержание кремния на образце – 1,08 ммоль/г;
 - Содержание хлора на образце – 2,24 ммоль/г.

Вариант № 21

Взаимодействие POCl_3 с ФГ поверхности силикагеля может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество фосфора хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 1,97 ммоль/г;

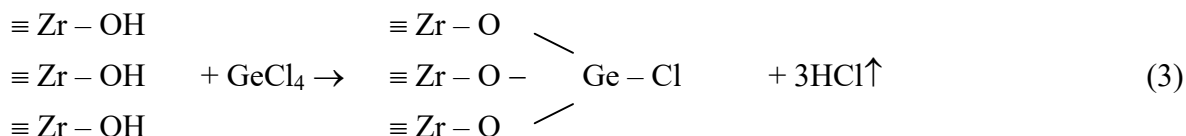
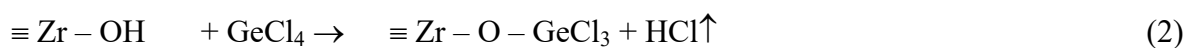
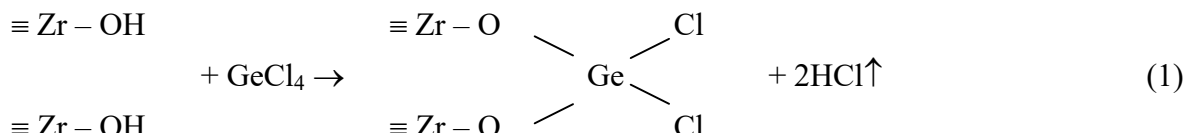
ОН-групп на образце после хемосорбции – 0,21 ммоль/г;

Содержание фосфора на образце – 0,73 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,43 ммоль/г.

Вариант № 22

Взаимодействие GeCl_4 с ФГ поверхности диоксида циркония может осуществляться согласно следующим возможным схемам:



Необходимо:

- 1) Определить, по каким схемам проходит взаимодействие.
- 2) Рассчитать количество германия хемосорбированного по предложенным схемам и количество связей элементсодержащей группы с матрицей, если содержание:

ОН-групп исходное – 2,21 ммоль/г;

ОН-групп на образце после хемосорбции – 1,44 ммоль/г;

Содержание германия на образце – 0,44 ммоль/г;

Содержание хлора на образце – 0,99 ммоль/г.

Критерии оценивания

Максимальный балл за выполненное задание – 25 баллов.

Оценивание задания осуществляется на основе следующих критериев:

№	Качественные характеристики работы	Максимальный балл
I	Оценка задания по формальным критериям	5
1	Соблюдение сроков сдачи задания	2,5
2	Оценка самостоятельности выполнения задания	2,5
II	Оценка задания по содержанию	20
1	Верность выполнения работы	5
2	Правильность и степень развернутости выводов	15

3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования

ПК 1.1

Типовые вопросы

1. Наноматериалы это:

- А) вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную и ли неупорядоченную систему базовых элементов с менее 100 нм;
- Б) материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками;**
- В) такие материалы, которые характеризуются нанометровым масштабом размеров хотя бы в одном из трех измерениях.

2. Нанотехнология молекулярного наслаивания это:

- А) междисциплинарная технология, позволяющая воспроизводимо, по описанным процедурам производить исследования, манипуляцию и обработку вещества в диапазоне размеров от 0,1 до 100 нанометров;
- Б) совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;**
- В) создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть элементами структуры с характеристическим размером от 1 до 100 нм;
- Г) технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;
- Д) совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм;
- Е) технология работы с веществом на уровне отдельных атомов.
- Ж) конструирование и производство структур, приборов и систем, свойства которых определяются их формой и размером на нанометровом уровне.

3. Чем принципиально отличаются наноматериалы от обычных твердофазных объектов?

- А) размерно-энергетическими характеристиками;**
- Б) массой;
- В) объемом;
- Г) фазовым составом.**

4. Наиболее благоприятные условия для синтеза нанообъектов?

- А) равновесные;
- Б) неравновесные;**
- В) высокотемпературные;
- Г) низкотемпературные;
- Д) гетерогенные.

Типовые вопросы

5. Носители движения в твердых веществах?

- А) атомы;
- Б) молекулы;
- В) квазичастицы;**
- Г) нейтроны;
- Д) позитроны.

6. Что происходит с составом твердого вещества в открытой системе?

- А) уменьшается;
- Б) увеличивается;
- В) не изменяется;
- Г) изменяется.**

7. Что происходит с составом твердого вещества в закрытой системе?

- А) уменьшается;
- Б) увеличивается;
- В) не изменяется;**
- Г) изменяется.

8. Как изменяется при переходе в твердое состояние длины связей?

- А) уменьшаются;**
- Б) увеличиваются;
- В) не изменяются.

9. Как изменяются при переходе в твердое состояние энергии связей?

- А) уменьшаются;
- Б) увеличиваются;**
- В) не изменяются;
- Г) разрываются

10. Дискретная форма твердого вещества?

- А) атом;
- Б) молекула;
- В) структурная единица;**
- Г) нейтроны;
- Д) позитроны.

11. Знание состава твердого вещества дает возможность установить

- А) массу;
- Б) химическую формулу;**
- В) агрегатное состояние;
- Д) термическую устойчивость.

12. Атомы на поверхности твердых веществ по сравнению с атомами, находящимися в объеме твердого тела, связаны с каркасом:

- А) более прочно;
- Б) менее прочно;**

Типовые вопросы

- В) одинаково;
- Г) не связаны.

13. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности:

- А) неизменность химического состава и строения;**
- Б) практически невозможность различить химический состав однотипных соединений;
- В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе;
- Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.

14. Как изменяется величина удельной поверхности по мере увеличения степени полиатомности:

- А) уменьшается;**
- Б) увеличивается;
- В) не изменяется.

15. Гомологическая разность между соседними членами нормального гомологического ряда трехмерных твердых веществ:

- А) одна функциональная группа;
- Б) одна структурная единица;
- В) монослой структурных единиц;**
- Г) монослой функциональных групп.

16. Различие между соседними членами нормальных гомологических рядов для трехмерных структур:

- А) присоединение одной структурной единицы;
- Б) удаление одной структурной единицы;
- В) замещение одной функциональной группы;
- Г) присоединение монослоя структурных единиц.
- Д) отличие на величину одного монослоя структурных единиц.**

17. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных твердых веществ сопровождаются:

- А) изменением отношения В/А;**
- Б) изменением строения функциональных рядов,
- В) изменение вида функциональных групп;
- Г) изменением размера остова.

ПК 1.2

Типовые вопросы

18. Взаимосвязь состава и химического строения и свойств твердого вещества.

- А) изменение состава сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества;**
- Б) изменение состава сопровождается изменением только химического строения при неизменности свойств твердого вещества;
- В) изменение состава не сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества;
- Г) изменение состава не сопровождается изменением химического строения, но приводит к изменению свойств твердого вещества.

19. Классификация структур надмолекулярных веществ.

- А) по мерности остова;**
- Б) по типу химических связей структурных единиц;
- В) по типу пористой структуры;
- Г) по молекулярной массе.

20. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности;

- А) неизменность химического состава и строения;**
- Б) практически невозможность различить химический состав одноподобных соединений;
- В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе;
- Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.

21. Основные направления химических превращений твердых веществ согласно остовно-функциональной модели.

- А) окислительно-восстановительные;
- Б) функциональные;**
- В) макромолекулярные;**
- Г) радикальные.

22. Реакции молекулярного наслаивания:

- А) многократное повторение реакций между функциональными группами подложки и низкомолекулярными реагентами, сопровождающиеся по монослойным наращиванием структурных единиц;**
- Б) реакции между поверхностью подложки и низкомолекулярным реагентом;
- В) газофазные реакции между подложкой и низкомолекулярным реагентом;
- Г) топохимические реакции;
- Д) многократное повторение последовательных реакций, на поверхности подложки;

23. Зависимость толщины наращиваемого на подложке покрытия от числа проводимых циклов молекулярного наслаивания имеет вид:

- А) экспоненциальный;
- Б) линейный;**
- В) гиперболический;
- Г) квадратичный.

Типовые вопросы

24. Какие факторы оказывают влияние на толщину наращиваемого слоя при реализации процесса молекулярного наслаивания:

- А) время осуществления реакции низкомолекулярного реагента с функциональными группами;
- Б) скорости протекания реакций молекулярного наслаивания;
- В) геометрические размеры формируемой структурной единицы синтезируемого слоя и количеством проводимых циклов реакций.**

25. Теоретической базой реакций молекулярного наслаивания является:

- А) представления о реакционной способности атомов на поверхности;
- Б) представления гомологической теории структурно-химических превращений твердых веществ;**
- В) представления о различии реакционной способности функциональных групп и структурных единиц;
- Г) повышенная реакционная способность функциональных групп.

26. На чем базируются принципы метода молекулярного наслаивания:

- А) на различиях в химической активности функциональных групп и структурных единиц;
- Б) на химической модели твердых веществ;**
- В) на химических превращениях на поверхности твердых веществ;
- Г) на реализации необратимого проведения химических реакций.

27. Основная идея метода молекулярного наслаивания состоит в:

- А) в последовательном наращивании монослоев структурных единиц заданного химического состава и строения на поверхности твердофазной матрицы за счет реализации химических реакций между функциональными группами твердого тела и подводимыми к ним реагентами в условиях максимального удаления от равновесия;**
- Б) в проведении гетерогенных химических реакций на поверхности твердого тела;
- В) в различии в реакционной способности атомов на поверхности и в объеме;
- Г) в стимуляции протекания реакций на поверхности твердого тела.

28. Нанотехнология молекулярного наслаивания - это

- А) совокупность химических и физико-химических способов создания на поверхности подложки регулярных структур с заданными составом, строением и функциональными свойствами, имеющих хотя бы в одном из трех направлений нанометровые размеры, а также получение и химическая сварка микро- и макро объектов путем поатомной химической сборки, с точностью фиксации и контроля всех стадий процесса на атомно-молекулярном уровне;**
- Б) совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;
- В) создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть элементами структуры с характеристическим размером от 1 до 100 нм;
- Г) технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;

Типовые вопросы

- Д) совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм;
Е) технология работы с веществом на уровне отдельных атомов.

29. Принципы метода молекулярного наслаивания:

- А) синтез основывается на протекании необратимых в условиях эксперимента химических реакций между функциональными группами на поверхности твердого тела и молекулами подводимого извне реагента. При этом используемые реагенты и продукты реакции не должны вступать в химические взаимодействия между собой;**
Б) для постепенного наращивания слоя нового вещества необходимо проводить многократную и попеременную (в заданной последовательности) обработку последнего парами соответствующих соединений. При этом каждый вновь образующийся монослой новых функциональных групп должен содержать активные атомы или группы атомов, способные реагировать с новой порцией того же или иного реагента;
В) для осуществления реакций в процессе МН необходимо некоторое структурное соответствие между поверхностью исходной твердофазной матрицы и данным соединением. Но главное – это наличие на поверхности как исходной, так и образующейся в ходе синтеза достаточного количества функциональных групп (ФГ) и с таким взаимным расположением, которое обуславливает возможность возникновения поперечных связей между присоединившимися атомами для образования трехмерной решетки синтезируемого твердого вещества;
Г) синтез проводится в условиях повышенных температур и парциальных давлений для реализации максимально возможного вовлечения в химический процесс функциональных групп твердого тела низкомолекулярных реагентов.

30. С какой предельной точностью регулирования толщины наращиваемого слоя возможен синтез по методу молекулярного наслаивания:

- А) с точностью до 0,1 нм;
Б) с точностью до 1 нм;
В) с точностью до одного моноатомного слоя;
Г) с точностью 0,001 нм.

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

Количество вопросов для каждого слушателя – **30**.

Время выполнения задания – **1 час** на каждого слушателя.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО МОДУЛЮ
"ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ
В НАНОРАЗМЕРНОМ СОСТОЯНИИ"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю	96
2 Оценочные средства для проведения текущего контроля	97
2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования.....	97
3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.....	100
3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования.....	100

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю

В результате освоения модуля, слушатель должен приобрести практический опыт, умения и знания следующих компетенций:

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем	Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем	Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах

Формы текущего контроля по модулю: тестирование.

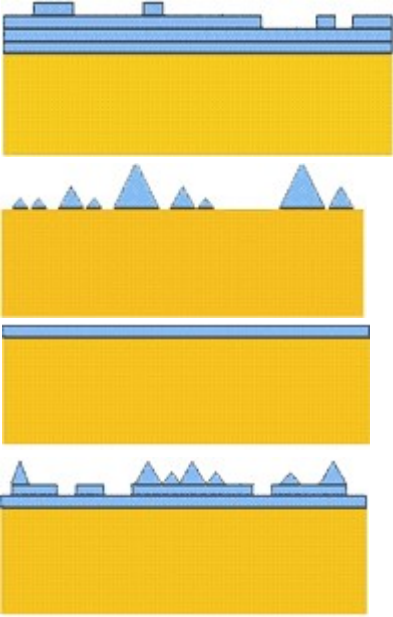
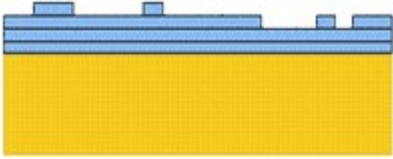



Форма промежуточной аттестации по модулю: **зачет** в форме итогового тестирования.

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Зачет (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования

2 Оценочные средства для проведения текущего контроля

2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 1. Зародышеобразование и рост дисперсных наноматериалов</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>1. Гомогенное зародышеобразование описывается теориями: А) Эйнштейна – Розена Б) Гиббса – Фольмера В) Фольмера – Вебера – Френкеля Г) Крамерса – Кронига Д) Беккера – Деринга – Зельдовича</p> <p>2. Оствальдовское созревание – это: А) выделение растворителя в золь-гель процессе на стадии гелеобразования, Б) перенос вещества из мелких частиц в крупные путем растворения, В) адсорбция красителя на поверхности частиц, Г) набухание полимерных частиц за счет внедрения молекул растворителя.</p> <p>3. Размер критического зародыша определяется: А) видом атомов, образующих зародыш Б) плотностью вещества зародыша В) сингонией кристаллической ячейки вещества зародыша Г) химическим потенциалом нуклеации Д) свободной поверхностной энергией Е) температурой нуклеации</p> <p>4. Параметры кристаллической решетки с увеличением размеров наночастиц: А) растут Б) остывают неизменными В) уменьшаются</p> <p>5. Температура плавления материала в наноразмерном состоянии: А) выше, чем в макроразмерном состоянии Б) ниже, чем в макроразмерном состоянии В) не изменяется Г) претерпевает разрыв</p>
<p>Раздел 2. Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии. Свойства наночастиц</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.2</p> <p>1. Технологические подходы к получению наноразмерных материалов: А) квантовая запутанность Б) "сверху - вниз" В) размерная изомеризация Г) "снизу - вверх"</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>2. Технологии получения нанокластера и наночастиц "сверху - вниз" включают:</p> <p>А) твердотельные химические реакции Б) локальное зондовое окисление В) механохимический синтез Г) детонационный синтез Д) магнетронное распыление Е) наноструктурирование под действием давления со сдвигом Ж) кристаллизацию аморфных сплавов</p> <p>3. Магические числа кластеров отражают:</p> <p>А) количество избыточной поверхностной энергии Б) температуру на поверхности В) тенденцию наслаивания атомных монослоев на поверхности кластера</p> <p>4. Рост наночастиц сопровождается:</p> <p>А) рекристаллизацией в стабильную фазу Б) захватом примесей В) появлением оптических свойств Г) появлением зонной структуры</p>
<p>Раздел 3. 1D и 2D-наноматериалы</p>	<p>ПК 1.2</p> <p>1. Механизмы роста тонких пленок:</p> <p>А) Бриджмена – Стокбаргера Б) Франка – ван дер Мерве В) Пиллинга – Бедворса Г) Фольмера – Вебера Д) Странски – Крастанова</p> <p>2. Механизм Странски – Крастанова:</p>  <p>А) </p> <p>Б) </p> <p>Б) </p> <p>Г) </p> <p>Ответ: Г</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>3. Согласование кристаллических решеток подложки и нанопокрывтия возможно в случае: А) релаксации поверхности подложки Б) сжатия или растяжения решетки нанопокрывтия В) поворота кристаллической решетки нанопокрывтия Г) появления компенсирующих дислокаций</p> <p>4. Неавтономное состояние вещества: А) образование частиц-кентавров Б) состояние интеркалятов в матрице В) реконструированная поверхность материала Г) межзеренные границы Д) зона межфазных контактов твердых веществ</p> <p>5. Расставьте по порядку стадии формирования нанопленки: А) Образование зародышей Б) Коалесценция В) Образование пор Г) Освальдово созревание Д) Сплошная пленка Е) Образование сетчатой структуры Ж) Образование каналов Ответ: А – Г – Б – Е – Ж – В – Д</p>

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования

ПК 1.2

Типовые вопросы

1. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

- А) Изменение свойств нанобъектов в зависимости от размера элементов их структуры**
- Б) Изменение размера нанобъектов в зависимости от внешних условий
- В) Изменение свойств нанобъектов в зависимости от внешних условий
- Г) Изменение размера нанобъектов в зависимости от состава

2. Гомогенное зародышеобразование описывается теориями:

- А) Эйнштейна – Розена
- Б) Гиббса – Фольмера**
- В) Фольмера – Вебера – Френкеля**
- Г) Крамерса – Кронига
- Д) Беккера – Деринга – Зельдовича**

3. Оствальдовское созревание – это:

- А) выделение растворителя в золь-гель процессе на стадии гелеобразования,
- Б) перенос вещества из мелких частиц в крупные путем растворения,**
- В) адсорбция красителя на поверхности частиц,
- Г) набухание полимерных частиц за счет внедрения молекул растворителя.

4. Размер критического зародыша определяется:

- А) видом атомов, образующих зародыш
- Б) плотностью вещества зародыша**
- В) сингонией кристаллической ячейки вещества зародыша
- Г) химическим потенциалом нуклеации**
- Д) свободной поверхностной энергией**
- Е) температурой нуклеации**

5. Температура плавления материала в наноразмерном состоянии:

- А) выше, чем в макроразмерном состоянии
- Б) ниже, чем в макроразмерном состоянии**
- В) не изменяется
- Г) претерпевает разрыв

6. Технологические подходы к получению наноразмерных материалов:

- А) квантовая запутанность
- Б) "сверху - вниз"**
- В) размерная изомеризация
- Г) "снизу - вверх"**

Типовые вопросы

7. Параметры кристаллической решетки с увеличением размеров наночастиц:

- А) растут
- Б) остуются неизменными
- В) уменьшаются**

8. Технологии получения нанокластера и наночастиц "сверху - вниз" включают:

- А) твердотельные химические реакции**
- Б) локальное зондовое окисление
- В) механохимический синтез**
- Г) детонационный синтез
- Д) магнетронное распыление
- Е) наноструктурирование под действием давления со сдвигом**
- Ж) кристаллизацию аморфных сплавов**

9. Магические числа кластеров отражают:

- А) количество избыточной поверхностной энергии
- Б) температуру на поверхности
- В) тенденцию наслаивания атомных монослоев на поверхности кластера**

10. Рост наночастиц сопровождается:

- А) рекристаллизацией в стабильную фазу
- Б) захватом примесей**
- В) появлением оптических свойств
- Г) появлением зонной структуры

11. Механизмы роста тонких пленок:

- А) Бриджмена – Стокбаргера
- Б) Франка – ван дер Мерве**
- В) Пиллинга – Бедворса
- Г) Фольмера – Вебера
- Д) Странски – Кастанова

12. Согласование кристаллических решеток подложки и нанопокрyтия возможно в случае:

- А) релаксации поверхности подложки
- Б) сжатия или растяжения решетки нанопокрyтия**
- В) поворота кристаллической решетки нанопокрyтия**
- Г) появления компенсирующих дислокаций

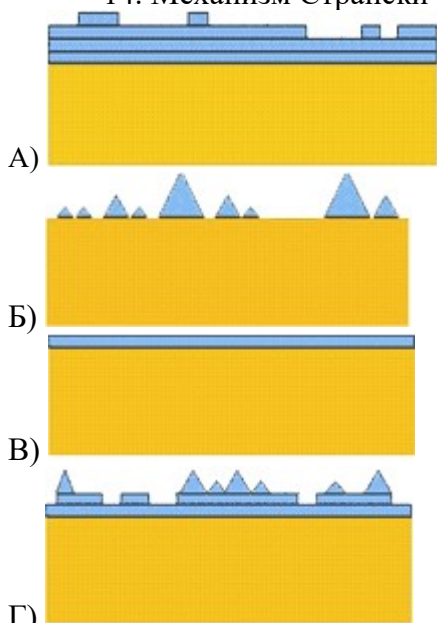
13. Расставьте по порядку стадии формирования нанопленки:

- А) Образование зародышей
- Б) Коалесценция
- В) Образование пор
- Г) Освальдово созревание
- Д) Сплошная пленка
- Е) Образование сетчатой структуры
- Ж) Образование каналов

Ответ: А – Г – Б – Е – Ж – В – Д

Типовые вопросы

14. Механизм Странски – Крастанова:



Ответ: Г

15. Неавтономное состояние вещества:

- А) образование частиц-кентавров
- Б) состояние интеркалятов в матрице**
- В) реконструированная поверхность материала
- Г) межзеренные границы
- Д) зона межфазных контактов твердых веществ

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

Количество вопросов для каждого слушателя – 15.

Время выполнения задания – **0,5 час** на каждого слушателя.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО МОДУЛЮ
"ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю	105
2 Оценочные средства для проведения текущего контроля	107
2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования.....	107
2.2 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме индивидуального задания	112
3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.....	122
3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования.....	122

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю

В результате освоения модуля, слушатель должен приобрести практический опыт, умения и знания следующих компетенций:

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения	Владеть: - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - способами регулирования их физико-химических свойств	Умение оценивать применимость различных видов оборудования и технологических процессов в технологии тонкопленочных наноматериалов	Знание основных методов формирования наносистем различного типа
ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Владение: - основами контроля технологических процессов, сырья и продукции; - приборами и методиками оценки готовности оборудования к использованию	Умение формулировать перечень основных параметров технологических процессов, сырья и продукции	Знание: - основных технологий, используемых при создании наноразмерных покрытий, и их параметров; - основных характеристик оборудования, применяемого в технологии нанесения наноразмерных пленок

Формы текущего контроля по модулю: тестирование, индивидуальные задания.

Форма промежуточной аттестации по модулю: **экзамен** в форме итогового тестирования.

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Индивидуальное задание	Сроки сдачи задания Самостоятельность выполнения задания Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Экзамен (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования
ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Индивидуальное задание	Сроки сдачи задания Самостоятельность выполнения задания Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Экзамен (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования

2 Оценочные средства для проведения текущего контроля

2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 1. Технологии и оборудование нанесения тонких пленок физическими методами (термовакuumное испарение, ионно-плазменное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия)</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.3</p> <p>1. Методы получения тонких пленок: А) ионная имплантация Б) термическая диффузия В) вакуумное испарение Г) катодное распыление</p> <p>2. Суть процесса катодного распыления: А) испарение катода Б) испарение анода В) имплантация ионов в электроды Г) бомбардировка катода положительными ионами</p> <p>3. Суть процесса ионной имплантации: А) в испарении материала катода Б) в бомбардировке положительными ионами полупроводниковой пластины В) в бомбардировке электронами полупроводниковой пластины Г) в распылении полупроводниковой пластины</p> <p>4. Основные характеристики диффузионных структур: А) глубина залегания примеси Б) толщина пленки В) количество испаренного вещества Г) распределение примеси по глубине</p> <p>5. Оценка глубины залегания примеси при ионной имплантации: А) по среднему полному пробегу Б) по среднему нормальному пробегу В) по величине энергии ионов Г) по времени проведения процесса</p> <p>6. Основные характеристики покрытий: А) толщина Б) адгезия к подложке В) конформность Г) термическая стойкость</p>
<p>Раздел 2. Оборудование и способы переноса изображений в традиционных тонкопленочных технологиях</p>	<p style="text-align: center;">ПК 1.3</p> <p>1. Способы переноса изображений на поверхность пластин: А) фотолитография Б) диффузия В) вакуумное испарение Г) катодное распыление</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>2. Фотошаблон это:</p> <p>А) полимерная пленка Б) металлическая пленка В) прозрачная стеклянная пластина с прозрачными и непрозрачными участками, повторяющими топографию прибора Г) прозрачная стеклянная пластина с тонкопленочным сплошным покрытием</p> <p>3. Фоторезисты это</p> <p>А) полимерные краски Б) фуллерены В) вещества, изменяющие свои свойства при воздействии актиничного света Г) вещества, растворяющиеся в воде</p> <p>4. Позитивный фоторезист это вещество:</p> <p>А) растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи Б) не растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи В) изменяющее свою окраску после воздействия светового излучения Г) люминесцирующее после воздействия светового излучения</p> <p>5. Негативный фоторезист это вещество:</p> <p>А) растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи Б) не растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи В) изменяющее свою окраску после воздействия светового излучения Г) люминесцирующее после воздействия светового излучения</p> <p>6. Операция проявления в процессе фотолитографии это:</p> <p>А) удаление растворимой части фоторезиста Б) растворение подложки В) удаление пленки фоторезиста полностью Г) совмещение фотошаблона с пленкой фоторезиста</p>
<p>Раздел 3. Химические технологии нанесения тонких пленок (газофазное осаждение, пленки Ленгмюра-Блоджетт, золь-гель-технология)</p>	<p>ПК 1.3</p> <p>1. Химическое осаждение покрытий из газовой фазы это:</p> <p>А) испарение вещества и осаждение на подложку Б) химическое взаимодействие реагентов в газовой фазе и осаждение образующихся продуктов на поверхности подложки В) внедрение ионов в подложку Г) диффузия вещества в подложку</p> <p>2. Амфифильная органическая молекула это:</p> <p>А) молекула, придающая гидрофильные свойства при</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>осаждения на поверхности Б) молекула, придающая гидрофобные свойства при осаждении на поверхности В) молекула, одна часть которой содержит гидрофильную, а другая гидрофобную часть Г) молекула и ее изомеры</p> <p>3. Какой процесс в основе золь-гель технологии: А) разложение вещества Б) гидролиз с образованием коллоидных частиц В) химическая реакция в газовой фазе Г) растворение катода</p> <p>4. Мультиплексный реактор для химического осаждения покрытий из газовой фазы это: А) горизонтальный цилиндрический реактор Б) вертикальный цилиндрический реактор В) набор реакционных зон со своей газовой атмосферой Г) диффузионная печь</p> <p>5. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт это: А) процесс формирования пленки на поверхности жидкой фазы с последующим переносом на поверхность твердофазной подложки Б) процесс формирования пленки на поверхности твердофазной подложки с последующим переносом на поверхность жидкой фазы В) осаждение органической пленки из газовой фазы</p>
<p>Раздел 4. Вакуумное и проточно-вакуумное оборудование процесса молекулярного наслаивания</p>	<p>ПК 1.3</p> <p>1. Метод молекулярного наслаивания это: А) формирование покрытий за счет химических реакций на поверхности твердофазной подложки Б) формирование покрытий из жидкой фазы В) формирование покрытий путем испарения вещества Г) формирование покрытий за счет реактивного катодного распыления</p> <p>2. От чего зависит толщина покрытий в процессе молекулярного наслаивания: А) от времени Б) от давления В) от числа циклов молекулярного наслаивания Г) от конструкции реактора</p> <p>3. Основная особенность проточно-вакуумной установки молекулярного наслаивания заключается в: А) в поддержании постоянного значения вакуума Б) в постоянной продувке системы инертным газом при заданном значении вакуума</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>В) в поддержании постоянной температуры Г) в постоянном испарении осаждаемого вещества</p> <p>4. Основное требование к качеству продувочного инертного газа в установке молекулярного наслаивания проточно-вакуумного типа: А) низкая температура Б) высокая степень осушки В) наличие паров воды Г) нет требований</p> <p>5. Подача паров жидкого реагента в реактор в вакуумной установке молекулярного наслаивания осуществляется: А) с помощью газа-носителя Б) за счет испарения реагента В) с помощью инжектора Г) путем заливки</p>
<p>Раздел 5. Установки молекулярного наслаивания проточного типа для обработки дисперсных наноматериалов</p>	<p>ПК 1.3</p> <p>1. В установке молекулярного наслаивания проточного типа процесс осуществляется: А) при пониженном давлении Б) при повышенном давлении В) при атмосферном давлении Г) при пониженной температуре</p> <p>2. Можно ли в установке молекулярного наслаивания проточного типа: А) обрабатывать плоские подложки Б) осаждать покрытия за счет распыления катода В) проводить процесс без использования газа-носителя Г) обрабатывать готовые изделия</p> <p>3. Снять внешнедиффузионные торможения на стадии хемосорбции при обработке сыпучего дисперсного материала в реакторе молекулярного наслаивания проточного типа можно за счет организации процесса: А) в фильтрующем режиме Б) в псевдооживленном слое материала В) в неподвижном слое материала Г) при воздействии магнитного поля</p> <p>4. Подача паров жидкого реагента в реактор в установке молекулярного наслаивания проточного типа осуществляется: А) с помощью газа-носителя Б) с помощью вакуумного насоса В) с помощью плазмы Г) путем заливки</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 6. Вакуумная гигиена и вспомогательные процессы</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.1</p> <p>1. Основной источник загрязнений в чистом производственном помещении это: А) технологическое оборудование Б) химические реагенты В) воздушная атмосфера Г) обслуживающий персонал</p> <p>2. Основной параметр, по которому оценивают качество деионизованной воды, это: А) прозрачность Б) концентрация примесей В) сопротивление Г) температура</p> <p>3. Основной параметр, по которому определяют класс чистоты производственного помещения, это: А) атмосферное давление Б) количество работников в помещении В) концентрация твердых частиц заданного размера в воздухе в производственном помещении Г) количество испаряемых реагентов в установках</p> <p>4.осушитель газов это: А) глинозем Б) опилки В) цеолит Г) силикагель</p> <p>5. Наиболее близкое удельное сопротивление для деионизованной воды, МОм×см: А) 1 Б) 100 В) 18 Г) 1000</p>

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

2.2 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме индивидуального задания

ПК 1.3

Задание 1. Расчет коэффициента катодного распыления

Процесс получения тонких пленок методом катодного распыления заключается в бомбардировке катода-мишени, изготовленной из распыляемого вещества, быстрыми положительно заряженными частицами. Выбиваемые из мишени атомы или молекулы осаждаются в виде тонкого слоя на поверхности подложек, которые размещены на подложкодержателе-аноде. Генерацию быстрых частиц чаще всего осуществляют в вакуумной установке путем ионизации молекул какого-либо инертного газа под действием электромагнитного поля.

Важной характеристикой этого процесса является коэффициент катодного распыления - усредненное количество атомов, выбиваемое из мишени каждым падающим на нее ионом.

Рассчитать коэффициент распыления золота ионами криптона с энергией 3 кэВ и скорость распыления при ионном токе 1 мА/см².

Необходимо рассчитать коэффициент распыления золота ионами криптона с энергией 3 кэВ и скорость распыления при ионном токе 1 мА/см².

Основные расчетные формулы:

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{Z_1^3 + Z_2^3}},$$

$$\sigma_a = \pi a^2,$$

$$F = \frac{F_0 a M_2}{Z_1 Z_2 (M_1 + M_2)},$$

$$K_0 = \begin{cases} k_1 \sqrt{Z_{\text{эф},2}} \left(1 + \frac{1}{4} \cos \frac{2\pi Z_{\text{эф},2}}{8} \right) - k_2 (Z_{\text{эф},1} - 18), & \text{если } 3 \leq Z_2 \leq 16, \\ k_1 \sqrt{Z_{\text{эф},2}} \left(1 + \frac{1}{4} \cos \frac{2\pi (Z_{\text{эф},2} + 2)}{18} \right) - k_2 (Z_{\text{эф},1} - 18), & \text{если } Z_2 \geq 19, \end{cases}$$

$$K_{\text{max}} = \frac{K_0 N_2 \sigma_a}{F E_s},$$

$$E_m = 0,3/F,$$

$$K = K_{\text{max}} \cdot \frac{2 \sqrt{\frac{E}{E_m}}}{1 + \frac{E}{E_m}},$$

где a - радиус экранирования ядер электронами, см;

Z_1, Z_2 - зарядовые числа бомбардирующих атомов и атомов мишени;

σ_a - сечение экранирования ядер, см²;

F - нормирующий коэффициент энергии, эВ⁻¹;

M_1, M_2 - молярные массы бомбардирующих атомов и атомов мишени, г/моль;

$Z_{\text{эф},1}, Z_{\text{эф},2}$ - эффективные зарядовые числа, равные числам Z_1, Z_2 , уменьшенным на количество f -электронов в атоме;

K_{max} - максимальный коэффициент катодного распыления;

N_2 - собственная концентрация атомов в мишени;

E_s - энергия сублимации мишени, эВ;

E_m - энергия, соответствующая K_{max} , эВ;

E - энергия бомбардирующих ионов, эВ;
 $a_0 = 4,7 \cdot 10^{-9}$ см, $F_0 = 6,9 \cdot 10^6$ эВ $^{-1}$ ·см $^{-1}$, $k_1 = 1,3 \cdot 10^{-10}$ см, $k_2 = 4,65 \cdot 10^{-12}$ см - константы.

Зная коэффициент распыления и плотность ионного тока j , мА/см 2 (которая регулируется в определенных пределах в ходе синтеза), можно вычислить скорость распыления мишени $v_{\text{расп}}$, моль/(см 2 ·с):

$$v_{\text{расп}} = jK/(eN_A),$$

где $e = 1,602 \cdot 10^{-16}$ мКл - модуль заряда электрона;

N_A - число Авогадро.

Скорость осаждения определяется исходя из взаимного расположения мишени и подложки таким же образом, как при расчете вакуумного испарения.

Пример решения:

Выпишем из справочника табличные данные: зарядовые числа $Z_1 = 36$, $Z_2 = 79$, молярные массы $M_1 = 84$ г/моль, $M_2 = 197$ г/моль, плотность и энергию сублимации золота $\rho = 19,32$ г/см 3 , $E_s = 3,92$ эВ.

Рассчитаем вспомогательные величины:

$$N_2 = \rho N_A / M = 19,32 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} / 196,97 = 5,91 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3},$$

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}} = \frac{4,7 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{36^2 + 79^2}} = 8,68 \cdot 10^{-10} \text{ см},$$

$$\sigma_a = \pi a^2 = \pi \cdot (8,68 \cdot 10^{-10})^2 = 2,37 \cdot 10^{-18} \text{ см}^2,$$

$$F = \frac{F_0 a M_2}{Z_1 Z_2 (M_1 + M_2)} = \frac{6,9 \cdot 10^6 \cdot 8,68 \cdot 10^{-10} \cdot 197}{36 \cdot 79 (84 + 197)} = 1,48 \cdot 10^{-6} \text{ эВ}^{-1},$$

$$Z_{\text{эф},2} = Z_2 - 14 = 79 - 14 = 65.$$

Определим значение коэффициента K_0 :

$$K_0 = k_1 \sqrt{Z_{\text{эф},2}} \left(1 + \frac{1}{4} \cos \frac{2\pi(Z_{\text{эф},2} + 2)}{18} \right) - k_2 (Z_{\text{эф},1} - 18) =$$

$$= 1,3 \cdot 10^{-10} \sqrt{65} \left(1 + \frac{1}{4} \cos \frac{2\pi(65 + 2)}{18} \right) - 4,65 \cdot 10^{-12} (36 - 18) = 9,19 \cdot 10^{-10} \text{ см}.$$

Найдем максимальный коэффициент распыления:

$$K_{\text{max}} = \frac{K_0 N_2 \sigma_a}{F E_s} = \frac{9,19 \cdot 10^{-10} \cdot 5,91 \cdot 10^{22} \cdot 2,37 \cdot 10^{-18}}{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 3,92} = 22,2.$$

Определим энергию, соответствующую K_{max} :

$$E_m = 0,3/F = 0,3/(1,48 \cdot 10^{-6}) = 2,03 \cdot 10^5 \text{ эВ}.$$

Найдем значение K при $E = 3000$ эВ:

$$K = K_{\text{max}} \cdot \frac{2\sqrt{\frac{E}{E_m}}}{1 + \frac{E}{E_m}} = 22,2 \cdot \frac{2\sqrt{\frac{3000}{20300}}}{1 + \frac{3000}{20300}} = 14,9.$$

При плотности ионного тока $j = 1$ мА/см 2 скорость распыления $v_{\text{расп}}$ составит:

$$v_{\text{расп}} = jK/(eN_A) = 1 \cdot 14,9 / (1,602 \cdot 10^{-16} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}) = 1,54 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}).$$

Ответ:

$$K = 14,9; v_{\text{расп}} = 1,54 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}).$$

Задание 2. Получение тонких пленок термовакuumным испарением (прямая задача)

Суть метода термического испарения в вакууме состоит в нагреве материала в специальном испарителе до температуры, при которой происходит его испарение с последующей конденсацией паров в виде тонкой пленки на поверхности подложки, расположенной на некотором расстоянии от испарителя. Толщина полученной пленки зависит от времени контакта подложки с поступающим из испарителя веществом, которое контролируется с помощью заслонки. Для определения скорости осаждения необходимо иметь данные о виде испарителя, диаметре подложки и их взаимном расположении.

Необходимо определить время, необходимое для получения металлической пленки толщиной 0,1, 0,3, 0,5 мкм на пластинах кремния диаметром 100 мм при использовании точечного испарителя диаметром 5 мм. Остаточное давление в камере 10^{-4} Па, температура 500 К. Расстояние от испарителя до подложки равно трем радиусам подложки. Рассчитать также среднюю длину свободного пробега атома в камере и количество вещества в испарителе, обеспечивающее ресурс работы 100 ч.

Элемент: Cd

Температура в испарителе: $T = 537$ К

Молярная масса Cd: $M = 112,4$ а.е.м

Значения коэффициентов A и B в интегральном уравнении Клапейрона-Клаузиуса:
 $A = 9,66$, $B = 5,12 \cdot 10^3$

Радиус испарителя: $r_{\text{исп}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м

Постоянная Больцмана: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К

Остаточное давление в камере: $p_{\alpha} = 10^{-4}$ Па

Плотность Cd: $\rho = 8,65$ г/см³

Толщина пленки: $V_1 = 0,1$ мкм; $V_2 = 0,3$ мкм; $V_3 = 0,5$ мкм

Диаметр атома Cd: $d = 3,12 \cdot 10^{-8}$ см

Основные расчетные формулы:

$$\lg P_{\text{нас}} = A - B/T_{\text{исп}}$$

$$v_{\text{исп}} = \frac{P_{\text{нас}}}{\sqrt{2\pi MRT_{\text{исп}}}}$$

$$v_{\text{ос}} = \frac{v_{\text{исп}} S_{\text{исп}} \cos \theta}{4\pi l^2}$$

$$h_{\text{пл}} = v_{\text{ос}} V_{\text{м}} t$$

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{kT_{\text{кам}}}{\pi\sqrt{2}\sigma^2 P_{\text{кам}}}$$

где $P_{\text{нас}}$ — давление насыщенного пара испаряемого вещества, Н/см²;

A, B — коэффициенты в интегральном уравнении Клапейрона-Клаузиуса;

$v_{\text{исп}}$ — скорость испарения, моль/(см²·с);

M — молярная масса испаряемого вещества, кг/моль;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

$T_{\text{исп}}$ — температура в испарителе, К;

$v_{\text{ос}}$ — скорость осаждения, моль/(см²·с),

$S_{\text{исп}}$ — площадь испарителя (имеющего в данном приближении форму шара), см²;

θ — угол падения пучка атомов;

l — расстояние между источником и рассматриваемой точкой поверхности подложки, см.

$h_{\text{пл}}$ — толщина формируемой пленки, см;

$V_{\text{м}}$ — молярный объем материала пленки, моль/см³;

t — время контакта, с;

$\lambda_{\text{ср}}$ — средняя длина свободного пробега атома, м;
 $T_{\text{кам}}$ — температура в вакуумной камере, К;
 $P_{\text{кам}}$ — остаточное давление в вакуумной камере, Па;
 σ — диаметр атома испаряемого вещества, м.

Пример решения:

Давление насыщенных паров кадмия при температуре $T_{\text{исп}} = 537$ К по интегральному уравнению Клапейрона-Клаузиуса:

$$p = 10^{(A-B/T)} = 1,335 \text{ Па.}$$

Скорость испарения кадмия $v_{\text{исп}}$:

$$v_{\text{исп}} = \frac{P_{\text{нас}}}{\sqrt{2\pi MRT_{\text{исп}}}} = 2,676 \cdot 10^{-3} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{с} \cdot \text{М}^2}$$

Площадь испарителя:

$$S_{\text{исп}} = \pi \cdot r_{\text{исп}}^2 = 1,963 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Косинус угла падения пучка атомов:

$$\cos \varphi = \frac{3 \cdot r_{\text{исп}}}{\sqrt{r_{\text{исп}}^2 + (3r_{\text{исп}})^2}} = \frac{3 \cdot 0,05}{0,158} = 0,949$$

Скорость осаждения:

$$v_{\text{ос}} = \frac{v_{\text{исп}} \cdot S_{\text{исп}} \cdot \varphi}{4\pi r^2} = 1,764 \cdot 10^{-7} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{с} \cdot \text{М}^2}$$

Время для получения металлической пленки толщиной 0,1; 0,3; 0,5 мкм:

$$t_1 = \frac{V_1}{v_{\text{ос}} M} = 96,3 \text{ с}; t_2 = \frac{V_2}{v_{\text{ос}} M} = 289,4 \text{ с}; t_3 = \frac{V_3}{v_{\text{ос}} M} = 481,9 \text{ с.}$$

Длина свободного пробега атома кадмия в камере:

$$\lambda = \frac{kT_{\alpha}}{\pi\sqrt{2}\sigma^2 P_a} = 177,3 \text{ м.}$$

Количество кадмия, которое содержится в испарителе и обеспечивает ресурс работы 100 ч:

$$M_{\text{Cd}} = v_{\text{исп}} \cdot S_{\text{исп}} \cdot 360000 = 0,019 \text{ г.}$$

Ответ:

Для получения металлической пленки толщиной 0,1; 0,3; 0,5 мкм на пластинах кремния диаметром 100 мм требуется 96,3; 289,4; 481,9 с.

Средняя длина свободного пробега атома кадмия в камере 177,3 м.

Для обеспечения ресурса работы испарителя в 100 часов требуется 0,019 г кадмия.

Задание 3. Получение тонких пленок термовакuumным испарением (обратная задача)

Необходимо определить температуру в испарителе, позволяющую нанести пленку из алюминия толщиной 0,5 мкм за 120 секунд на пластины кремния диаметром 100 мм.

При решении обратной задачи по заданному времени напыления пленки определенной толщины вычисляют скорость испарения, после чего выводят $T_{\text{исп}}$ из следующего уравнения:

$$v_{\text{исп}} = \frac{10^A - \frac{B}{T_{\text{исп}}}}{\sqrt{2\pi MRT_{\text{исп}}}},$$

где $P_{\text{нас}}$ — давление насыщенного пара испаряемого вещества, Н/см²;

A, B — коэффициенты в интегральном уравнении Клапейрона-Клаузиуса;

$v_{\text{исп}}$ — скорость испарения, моль/(см²·с);

M — молярная масса испаряемого вещества, кг/моль;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

$T_{\text{исп}}$ — температура в испарителе, К.

Пример решения:

Скорость осаждения пленки исходя из ее геометрических размеров:

$$v_{\text{ос}} = \frac{V_1}{120 \cdot M} = 1,544 \cdot 10^{-6} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{с} \cdot \text{М}^2}$$

Скорость испарения:

$$v_{\text{исп}} = \frac{4\pi r^2 v_{\text{ос}}}{\varphi S_{\text{исп}}} = 8,153 \cdot 10^{-3} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{с} \cdot \text{М}^2}$$

Подобная скорость испарения будет обеспечиваться при температуре в испарителе 1458 К.

Ответ:

Для нанесения алюминиевой пленки с требуемыми характеристиками необходима температура в испарителе 1458 К.

Задание 4. Расчет толщины наносля, полученного на кремниевой пластине методом молекулярного наслаивания с использованием паров хлоридов элементов и воды.

Молекулярное наслаивание (МН; в литературе также встречаются названия «атомно-слоевое осаждение», АСО, и atomic layer deposition, ALD) - это технология выращивания тонких пленок с контролем их толщины на атомарном уровне (с точностью до долей ангстрема). Метод используется в производстве солнечных батарей, люминесцентных дисплеев, микропроцессоров, оперативной памяти и т. д. Помимо прецизионного контроля толщины, к преимуществам метода относят высокую однородность и малую дефектность получаемых пленок. Основной недостаток - относительно низкая скорость роста.

В промышленности метод МН обычно реализуется в вакуумных системах, однако высокого вакуума не требуется. Газы-реагенты, из которых синтезируется пленка, подают в реактор циклически. Каждый цикл включает как минимум четыре стадии: напуск первого реагента, откачку, напуск второго реагента и вторую откачку (может использоваться и большее количество реагентов). На стадии напуска происходит рост пленки (присоединение к ней моноатомного слоя какого-либо из элементов, входящих в ее состав) за счет реакции молекул реагента с функциональными группами поверхности подложки. Эта стадия протекает практически моментально (за доли секунды). На стадии откачки избыток реагента и газообразные продукты реакции удаляют из реакционного пространства для того, чтобы предотвратить непосредственное взаимодействие между молекулами двух разных реагентов в газовой фазе. Толщина получаемой пленки $h_{\text{пл}}$, см, пропорциональна количеству проведенных циклов $N_{\text{ц}}$:

$$h_{\text{пл}} = N_{\text{ц}} \Delta h_{\text{пл}} = N_{\text{ц}} \Delta n V_{\text{м}} / S_{\text{ос}},$$

где $\Delta h_{\text{пл}}$ - прирост толщины пленки за цикл, см;

Δn - прирост вещества в пленке за цикл, моль;

V_m - молярный объем материала пленки, $\text{см}^3/\text{моль}$;

S_{oc} - площадь осаждения, см^2 .

Прирост вещества в пленке Δn определяется величинами хемосорбции реагентов A_i , моль, на стадиях напуска с учетом стехиометрических коэффициентов ξ_i соответствующих атомов в брутто-формуле материала пленки:

$$\Delta n = A_i/\xi_i.$$

Например, при синтезе пленки оксида алюминия Al_2O_3 из триметилалюминия и воды $\Delta n = A(\text{Al}(\text{CH}_3)_3)/2 = A(\text{H}_2\text{O})/3$. Оценить величины хемосорбции можно различными способами: экспериментально (например, по приросту массы или методами физико-химического количественного анализа), исходя из посадочной площадки молекулы реагента σ_i , исходя из площади, занимаемой лигандом молекулы реагента, исходя из количества функциональных групп на исходной поверхности или путем сочетания двух последних подходов. Наиболее простым является метод оценки хемосорбции по посадочной площадке молекулы реагента:

$$A_i = S_{oc}/(\sigma_i N_A) = S_{oc}/(v_i^{2/3} N_A),$$

где v_i - молекулярный объем реагента, см^3 .

Необходимо определить толщину пленки нитрида титана TiN, синтезируемой методом молекулярного наслаивания из тетрахлорида титана и аммиака на кремниевой пластине диаметром $D_{\text{п}} = 5$ см в реакторе цилиндрической формы диаметром $D_{\text{р}} = 10$ см и длиной $L_{\text{р}} = 20$ см при температуре $T = 350$ °C за $N_{\text{ц}} = 150$ циклов. Плотность пленки $\rho_{\text{пл}} = 5,22$ г/см³, молярная масса пленки $M_{\text{пл}} = 61,87$ г/моль.

Пример решения:

Площадь осаждения:

$$S_{oc} = S_{\text{реакт}} + S_{\text{п}} = 785 + 20 = 805 \text{ см}^2$$

Величина посадочной площадки тетрахлорида титана и аммиака:

$$\sigma_1 = v_1^{2/3} = (M_1/(\rho_1 N_A))^{2/3} = (189,68/(1,726 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}))^{2/3} = 3,22 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2,$$

$$\sigma_2 = (M_2/(\rho_2 N_A))^{2/3} = (17,03/(0,682 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}))^{2/3} = 1,198 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2,$$

Величина адсорбции реагента на общей поверхности

$$A_1 = S_{oc}/(\sigma_1 N_A) = 805/(3,22 \cdot 10^{-15} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}) = 4,148 \cdot 10^{-7} \text{ моль},$$

$$A_2 = S_{oc}/(\sigma_2 N_A) = 805/(1,198 \cdot 10^{-15} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}) = 1,116 \cdot 10^{-6} \text{ моль}.$$

Можно видеть, что тетрахлорид титана адсорбируется на поверхности в меньшем количестве, чем аммиак ($A_1 < A_2$). Отсюда следует, что стадия напуска тетрахлорида титана является лимитирующей и определяет прирост вещества в пленке за цикл $\Delta n_{\text{пл}} = A_1$.

Количество нитрида титана в синтезируемой пленке:

$$n_{\text{пл}} = N_{\text{ц}} \Delta n_{\text{пл}} = 150 \cdot 4,148 \cdot 10^{-7} = 6,22 \cdot 10^{-5} \text{ моль}.$$

Толщина синтезируемой пленки:

$$h_{\text{пл}} = \frac{n_{\text{пл}} \cdot M_{\text{пл}}}{S_{oc} \cdot \rho_{\text{пл}}} = \frac{6,22 \cdot 10^{-5} \cdot 61,78}{805 \cdot 5,22} = 9,14 \text{ нм}$$

Ответ:

Толщина пленки нитрида титана составит 9,14 нм.

Задание 5. Определить необходимое минимальное количество реагентов для выпуска партии кремниевых пластин при заданных параметрах продукции и исходных реагентов

Пленки нитрида титана TiN толщиной $h_{\text{пл}} = 10$ нм синтезируют на подложках диаметром $D_{\text{п}} = 5$ см методом молекулярного наслаивания при температуре $T = 350$ °C в цилиндрическом реакторе диаметром $D_{\text{р}} = 10$ см и длиной $L_{\text{р}} = 20$ см, вмещающем $N_{\text{п}} = 10$

подложек, из тетрахлорида титана и аммиака, подаваемых в четырехкратном избытке ($N_{\text{изб}} = 4$). В качестве источника тетрахлорида титана используют испаритель, в качестве источника аммиака - баллон емкостью $V_6 = 5$ л. Определить размер партии подложек, на которую хватит аммиака в баллоне, и объем жидкого тетрахлорида титана, необходимый для выпуска этой партии, если исходное давление в баллоне составляет $P_{\text{исх}} = 5$ МПа (при температуре $T^\circ = 0$ °С), а минимально допустимое остаточное давление $P_{\text{ост}} = 0,05$ МПа. Найти давление в реакторе на стадии напуска каждого из реагентов и температуру в испарителе, обеспечивающие требуемый избыток реагентов, а также количество циклов, необходимое для получения пленки.

Пример решения:

Количество нитрида титана $n_{\text{пл}}$ в пленке целевой толщины составит

$$n_{\text{пл}} = S_{\text{oc}} h_{\text{пл}} \rho_{\text{пл}} / M_{\text{пл}} = 1178 \cdot 10 \cdot 10^{-7} \cdot 5,22 / 61,87 = 9,94 \cdot 10^{-5} \text{ моль,}$$

где $\rho_{\text{пл}} = 5,22$ г/см³ и $M_{\text{пл}} = 61,87$ г/моль - плотность и молярная масса пленки.

Доступный запас аммиака в баллоне n_2 определяется по уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$n_2 = (P_{\text{исх}} - P_{\text{ост}}) V_6 / (RT^\circ) = (5 - 0,05) \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} / (8,314 \cdot 273) = 32,9 \text{ моль.}$$

При определении размера партии Q следует учесть необходимый избыток реагента и количество подложек в реакторе:

$$Q = n_2 / n_{\text{пл}} \cdot N_{\text{п}} / N_{\text{изб}} = 32,9 / (9,94 \cdot 10^{-5}) \cdot 10 / 4 = 8,28 \cdot 10^5.$$

Необходимое количество тетрахлорида титана n_1 равно количеству аммиака n_2 , поскольку содержание титана и азота в пленке одинаково. Зная плотность ρ_1 и молярную массу m_1 , можно найти объем V_1 :

$$V_1 = n_1 M_1 / \rho_1 = 32,9 \cdot 189,68 / 1,726 = 3629 \text{ см}^3 = 3,63 \text{ л.}$$

Величину адсорбции реагента на поверхности подложки A_1, A_2 можно оценить исходя из посадочной площадки его молекулы σ_1, σ_2 , которая, в свою очередь, выводится из объема v_1, v_2 , занимаемого молекулой в жидкости:

$$\sigma_1 = v_1^{2/3} = (M_1 / (\rho_1 N_A))^{2/3} = (189,68 / (1,726 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}))^{2/3} = 3,22 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2,$$

$$\sigma_2 = (M_2 / (\rho_2 N_A))^{2/3} = (17,03 / (0,682 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}))^{2/3} = 1,198 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2,$$

$$A_1 = S_{\text{oc}} / (\sigma_1 N_A) = 1178 / (3,22 \cdot 10^{-15} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}) = 6,08 \cdot 10^{-7} \text{ моль,}$$

$$A_2 = S_{\text{oc}} / (\sigma_2 N_A) = 1178 / (1,198 \cdot 10^{-15} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}) = 1,633 \cdot 10^{-6} \text{ моль.}$$

Можно видеть, что тетрахлорид титана адсорбируется на поверхности в меньшем количестве, чем аммиак ($A_1 < A_2$). Отсюда следует, что стадия напуска тетрахлорида титана является лимитирующей и определяет прирост вещества в пленке за цикл $\Delta n_{\text{пл}} = A_1$. Из прироста, в свою очередь, выводится давление обоих реагентов P на стадии напуска (по уравнению Менделеева - Клапейрона), температура в испарителе $T_{\text{исп}}$ (по уравнению Клапейрона - Клаузиуса) и необходимое для синтеза количество циклов $N_{\text{ц}}$:

$$P = \Delta n_{\text{пл}} N_{\text{изб}} RT / V_{\text{р}} = 6,08 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 8,314 \cdot (350 + 273) / (1571 \cdot 10^{-6}) = 8,02 \text{ Па,}$$

$$T_{\text{исп}} = B / (A - \lg P) = 4,35 \cdot 10^3 / (15,65 - \lg 8,02) = 295 \text{ К} = 22 \text{ °С,}$$

$$N_{\text{ц}} = n_{\text{пл}} / \Delta n_{\text{пл}} = 163,$$

где $V_{\text{р}} = 1571 \text{ см}^3$ - объем реактора;

A и B - коэффициенты уравнения Клапейрона-Клаузиуса.

Ответ:

Для синтеза пленки с указанными параметрами потребуется 3,63 л тетрахлорида титана

ПК 2.1

Задание 6. Расчет установок для осушки газов и их применение в различных технологических процессах

Установки с использованием силикагелей, цеолитов и др. представляют собой набор конструкций из одного или нескольких адсорберов (обычно это цилиндрические колонные аппараты с решетками, на которых размещается осушитель). Различают установки периодического действия (сначала работают в режиме адсорбции, а затем десорбции), с движущимся слоем адсорбента, а также с псевдооживленным слоем осушителя. Наиболее часто используют установки периодического действия

В соответствии с системой регенерации, установки осушки газа подразделяют на установки с открытым и закрытым циклом. В установках с открытым циклом газ в стадии регенерации однократно проходит через охлаждаемый и (или) нагреваемый адсорбер, после чего удаляется из системы или примешивается к исходному газу.

В установках с закрытым циклом десорбцию влаги осуществляют в результате пропускания через адсорбент горячего газа, циркулирующего в замкнутом контуре с помощью газодувки. В технологической нитке циркуляции газ охлаждают, при этом из него выделяется влага, затем его снова нагревают и возвращают в адсорбер, находящийся на стадии регенерации.

Продолжительность рабочего цикла определяет число адсорберов, которые должны быть включены в схему, чтобы обеспечить непрерывность работы осушающей установки. Если продолжительность стадии осушки 6 и более часов — то 2 адсорбера; для более коротких циклов — 3 адсорбера (один на стадии осушки, второй на стадии нагрева, третий на стадии охлаждения).

Высокая степень осушки на установке может быть достигнута только при ее достаточно продолжительной и непрерывной эксплуатации. В период остановки влага вследствие диффузии накапливается в основной аппаратуре и коммуникациях, что значительно уменьшает «сухость» газа после вторичного пуска. При проектировании осушающих установок надо стремиться к сокращению коммуникаций, мертвого объема, тупиковых участков, располагать адсорберы вблизи мест потребления сухого газа.

Лучший материал для изготовления адсорберов — нержавеющая сталь.

Известно, что эффективная осушка газа осуществляется при его удельном расходе $0,09 \div 0,17 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2$ (для силикагелей) и до $0,5 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2$ (для цеолитов).

При расчете адсорберов соотношения между его диаметром D и высотой H берется близким к 2.

Необходимо рассчитать габаритные размеры адсорбера.

Исходные данные: осушитель — цеолит NaX емкостью 20 %; $V_{\max} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$; $C_0 = 12,1 \text{ г}/\text{м}^3 = 12,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$. $C_{\text{пр}} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ кг}/\text{м}^3$ (точка росы $-80 \text{ }^\circ\text{C}$).

Требуемое время работы адсорбера до регенерации $\tau = 10 \text{ ч}$.

Основные расчетные формулы:

Основной характеристикой осушителя является время защитного действия адсорбента θ :

$$\theta = \frac{a_d \omega \delta}{(C_0 - C_{\text{пр}})SV},$$

где θ — время защитного действия при $C_{\text{пр}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{пр}}$ — концентрация паров воды за слоем адсорбента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C_0 — начальная концентрация воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

δ — насыпной вес адсорбента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

a_d — динамическая адсорбционная емкость сорбента, $\text{кг}/\text{кг}$;

V — удельный расход газа, $\text{м}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2$;

S — площадь поперечного сечения осушки, м^2 ;

ω — объем загруженного осушителя, м^3 .

Величину удельной поверхности определяют по формуле

$$S = \pi d^2/4,$$

где d — диаметр осушителя, м.

Тогда

$$V = V_{\max}/S,$$

где V_{\max} — максимальный расход газа, м³/с.

Пример решения:

Предельное значение удельного расхода для цеолита, обеспечивающего эффективную адсорбцию: $V_{\text{уд пр}} = 3 \text{ л/мин} \cdot \text{см}^2 = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

Определим площадь, соответствующую удельному расходу:

$$S = \frac{V_{\max}}{V_{\text{уд пр}}}$$

Переводя расход в л/мин·см², получим

$$S = \frac{3300}{3} = 1100 \text{ см}^2 = 0,11 \text{ м}^2.$$

Определим диаметр адсорбера:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 0,785 D^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{S}{0,785}} = \sqrt{\frac{1100}{0,785}} = 0,374 \text{ м}.$$

Количество поступающей в адсорбер влаги

$$C_0 V_B = 12,1 \cdot 200 = 2420 \text{ г/ч} = 2,42 \text{ кг/ч}.$$

За $\tau = 10$ ч поступит

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 2,42 \cdot 10 = 24,2 \text{ кг}.$$

Величиной $C_{\text{пр}}$ пренебрегаем, так как

$$C_{\text{пр}} \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^3; C_{\text{пр}} V_B = 8 \cdot 10^{-2} \text{ г/ч}.$$

За 10 часов будет поглощено

$$8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 = 0,8 \text{ г} \ll 24,2 \text{ кг}.$$

Масса цеолита

$$G_{\text{ц}} = G_{\text{H}_2\text{O}}/0,2 = 120 \text{ кг}.$$

Объем цеолита

$$V_{\text{ц}} = G_{\text{ц}}/\delta = 120/650 \approx 0,2 \text{ м}^3.$$

Исходя из объема цеолита и условия $H_{\text{адс}}/D \approx 2$, уточним размеры пространства, занимаемого NaX:

$$V = Sh = 0,785 D^2$$

Исходя из ранее определенной площади

$$h = \frac{0,2}{0,785 \cdot 0,374^2} \approx 2 \text{ м},$$

то есть

$$\frac{h}{D} = \frac{2}{0,374} \gg 2$$

Таким образом, необходимо пересчитать размеры области в пространстве, занимаемого адсорбентом, с учетом $h/D \approx 2$, то есть $h = 2D$.

Тогда

$$0,2 = 0,785D^2 \cdot 2D = 0,785D^3.$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,2}{0,785 \cdot 2}} \approx 0,5 \text{ м}; h = 1 \text{ м}.$$

Уточним объем цеолита:

$$V_{\text{ц}} = 0,785 \cdot 0,5^2 \cdot 1 \approx 0,196 \text{ м}^3.$$

Исходя из полученных данных, принимаем ориентировочные габариты адсорбера: $\varnothing = 0,600 \text{ м}$, $H = 1,500 \text{ м}$.

Ответ:

$\varnothing = 0,600 \text{ м}$, $H = 1,500 \text{ м}$

Критерии оценивания

Максимальный балл за выполненное задание – 25 баллов.

Оценивание задания осуществляется на основе следующих критериев:

№	Качественные характеристики работы	Максимальный балл
I	Оценка задания по формальным критериям	5
1	Соблюдение сроков сдачи задания	2,5
2	Оценка самостоятельности выполнения задания	2,5
II	Оценка задания по содержанию	20
1	Верность выполнения работы	5
2	Правильность и степень развернутости выводов	15

3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования

ПК 1.3

Типовые вопросы

<p>1. Двухстадийная диффузия в микроэлектронике это:</p> <p>А) стадии загонки и разгонки Б) стадии нагрева и охлаждения В) стадии испарения и осаждения</p>
<p>2. Максимальная концентрация примеси при диффузии находится на глубине при значении X, мкм:</p> <p>А) $X=3$ мкм Б) $X=0$ мкм В) $X=10$ мкм Г) $X=100$ мкм</p>
<p>3. Цель прямой задачи при расчете диффузионных структур:</p> <p>А) построить профиль распределения примеси по глубине Б) определить режимы диффузии В) получить пленку заданной толщины Г) оценить скорость испарения материала</p>
<p>4. Цель обратной задачи при расчете диффузионных структур:</p> <p>А) построить профиль распределения примеси по глубине Б) определить режимы диффузии В) получить пленку заданной толщины Г) оценить скорость испарения материала</p>
<p>5. Методы получения тонких пленок:</p> <p>А) ионная имплантация Б) термическая диффузия В) вакуумное испарение Г) катодное распыление</p>
<p>6. Суть процесса катодного распыления:</p> <p>А) испарение катода Б) испарение анода В) имплантация ионов в электроды Г) бомбардировка катода положительными ионами</p>
<p>7. Назначение термокатода в триодной схеме катодного распыления:</p> <p>А) регулировать концентрацию ионов Б) регулировать концентрацию электронов В) регулировать толщину осаждаемой пленки Г) регулировать скорость испарения материала</p>

Типовые вопросы

8. Назначение магнитов в установке катодного распыления:

- А) регулировать концентрацию ионов
- Б) регулировать концентрацию электронов
- В) регулировать траекторию движения электронов**
- Г) регулировать скорость испарения материала

9. Коэффициент катодного распыления это:

- А) количество электронов, приходящихся на один ион
- Б) количество распыляемых атомов, приходящихся на один ион**
- В) количество ионов, приходящихся на один электрон
- Г) концентрация ионов в объеме реактора

10. Суть процесса ионной имплантации:

- А) в испарении материала катода
- Б) в бомбардировке положительными ионами полупроводниковой пластины**
- В) в бомбардировке электронами полупроводниковой пластины
- Г) в распылении полупроводниковой пластины

11. Основные характеристики диффузионных структур:

- А) глубина залегания примеси**
- Б) толщина пленки
- В) количество испаренного вещества
- Г) распределение примеси по глубине**

12. Оценка глубины залегания примеси при ионной имплантации:

- А) по среднему полному пробегу
- Б) по среднему нормальному пробегу**
- В) по величине энергии ионов
- Г) по времени проведения процесса

13. Основные характеристики покрытий:

- А) толщина**
- Б) адгезия к подложке**
- В) конформность**
- Г) термическая стойкость

14. Глубина залегания примеси в полупроводниковой пластине характеризует:

- А) толщину покрытия
- Б) плотность материала
- В) залегание p-n перехода**
- Г) точность легирования

15. Назначение литографических процессов в планарной технологии

- А) получение тонких пленок
- Б) перенос рисунка схемы на подложку**
- В) травление подложки
- Г) легирование подложки

Типовые вопросы

16. Способы переноса изображений на поверхность пластин:

- А) фотолитография**
- Б) диффузия
- В) вакуумное испарение
- Г) катодное распыление

17. Фотошаблон это:

- А) полимерная пленка
- Б) металлическая пленка
- В) прозрачная стеклянная пластина с прозрачными и непрозрачными участками, повторяющими топологию прибора**
- Г) прозрачная стеклянная пластина с тонкпленочным сплошным покрытием

18. Фоторезисты это

- А) полимерные краски
- Б) фуллерены
- В) вещества, изменяющие свои свойства при воздействии актиничного света**
- Г) вещества, растворяющиеся в воде

19. Позитивный фоторезист это вещество:

- А) растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи**
- Б) не растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи
- В) изменяющее свою окраску после воздействия светового излучения
- Г) люминесцирующее после воздействия светового излучения

20. Негативный фоторезист это вещество:

- А) растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи
- Б) не растворяющееся после воздействия светового излучения под действием кислоты или щелочи**
- В) изменяющее свою окраску после воздействия светового излучения
- Г) люминесцирующее после воздействия светового излучения

21. Операция проявления в процессе фотолитографии это:

- А) удаление растворимой части фоторезиста**
- Б) растворение подложки
- В) удаление пленки фоторезиста полностью
- Г) совмещение фотошаблона с пленкой фоторезиста

22. К стадия фотолитографии относятся:

- А) нанесение пленки фоторезиста**
- Б) диффузия фоторезиста в подложку
- В) задубливание фоторезиста**
- Г) плавление фоторезиста

Типовые вопросы

23. Фотоповторитель это прибор:

- А) для увеличения изображения
- Б) для уменьшения изображения
- В) для многократного повторения изображения на фотошаблоне**
- Г) для измерения толщины пленки

24. Прибор для получения оригинала фотошаблона:

- А) фотоповторитель
- Б) координатограф**
- В) генератор изображения
- Г) эллипсометр

25. Химическое осаждение покрытий из газовой фазы (ХОГФ) это:

- А) испарение вещества и осаждение на подложку
- Б) химическое взаимодействие реагентов в газовой фазе и осаждение образующихся продуктов на поверхности подложки**
- В) внедрение ионов в подложку
- Г) диффузия вещества в подложку

26. Предпочтительный механизм ХОГФ для получения пленок:

- А) гомогенный
- Б) гетерогенный**
- В) диффузионный
- Г) кинетический

27. Наибольшее влияние температуры на скорость осаждения покрытий при ХОГФ наблюдается:

- А) при протекании процесса в кинетической области**
- Б) при протекании процесса в диффузионной области
- В) при повышении скорости подачи реагентов
- Г) при увеличении диаметра пластин

28. Амфифильная органическая молекула это:

- А) молекула, придающая гидрофильные свойства при осаждении на поверхности
- Б) молекула, придающая гидрофобные свойства при осаждении на поверхности
- В) молекула, одна часть которой содержит гидрофильную, а другая - гидрофобную часть**
- Г) молекула и ее изомеры

29. Какой процесс в основе золь-гель технологии:

- А) разложение вещества
- Б) гидролиз с образованием коллоидных частиц**
- В) химическая реакция в газовой фазе
- Г) растворение катода

Типовые вопросы

30. Поверхностное давление в процессе получения пленок Ленгмюра-Блоджетт это:

- А) разница между атмосферным давлением и давлением в реакторе
- Б) разница между поверхностным натяжением воды и воды с пленкой**
- В) разница между давлением исходным и после переноса пленки на подложку
- Г) разница в скорости вытягивания из раствора и погружения в раствор подложки

31. Мультиплексный реактор для ХОГФ это:

- А) горизонтальный цилиндрический реактор
- Б) вертикальный цилиндрический реактор
- В) набор реакционных зон со своей газовой атмосферой**
- Г) диффузионная печь

32. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт это:

- А) процесс формирования пленки на поверхности жидкой фазы с последующим переносом на поверхность твердофазной подложки**
- Б) процесс формирования пленки на поверхности твердофазной подложки с последующим переносом на поверхность жидкой фазы
- В) осаждение органической пленки из газовой фазы
- Г) испарение вещества для пленки

33. Темплатный синтез это:

- А) осаждение пленок испарением в вакууме
- Б) получение пленок на поверхности шаблона с последующим его удалением**
- В) растворение подложки
- Г) удаление растворителя

34. Метод молекулярного наслаивания это:

- А) формирование покрытий за счет химических реакций на поверхности твердофазной подложки**
- Б) формирование покрытий из жидкой фазы
- В) формирование покрытий путем испарения вещества
- Г) формирование покрытий за счет реактивного катодного распыления

35. От чего зависит толщина покрытий в процессе молекулярного наслаивания:

- А) от времени
- Б) от давления
- В) от числа циклов молекулярного наслаивания**
- Г) от конструкции реактора

36. Один из основных принцип метода МН, обеспечивающий его высокую воспроизводимость:

- А) необходимость подачи реагентов в камеру
- Б) понижение давления в реакторе
- В) максимальное удаление от химического равновесия**
- Г) последовательность подачи реагентов

Типовые вопросы

37. Основная особенность проточно-вакуумной установки молекулярного наслаивания заключается в:

- А) поддержании постоянного значения вакуума
- Б) постоянной продувке системы инертным газом при заданном значении вакуума**
- В) поддержании постоянной температуры
- Г) постоянном испарении осаждаемого вещества

38. Основное требование к качеству продувочного инертного газа в установке молекулярного наслаивания проточно-вакуумного типа:

- А) низкая температура
- Б) высокая степень осушки**
- В) наличие паров воды
- Г) нет требований

39. Как осуществляется подача реагента в реактор в вакуумной установке молекулярного наслаивания:

- А) с помощью газа-носителя
- Б) за счет испарения реагента**
- В) за счет регулирования температуры в реакторе
- Г) путем заливки

40. Основное назначение продувочного газа в установке проточно-вакуумного типа:

- А) осуществлять доставку реагента в реактор
- Б) разбавлять атмосферу в реакторе
- В) ускорять удаление газообразных продуктов из реактора**
- Г) распылять реагент

41. В установке молекулярного наслаивания проточного типа процесс осуществляется:

- А) при пониженном давлении
- Б) при повышенном давлении
- В) при атмосферном давлении**
- Г) при пониженной температуре

42. Можно ли в установке молекулярного наслаивания проточного типа:

- А) обрабатывать плоские подложки**
- Б) осаждать покрытия за счет распыления катода
- В) проводить процесс без использования газа-носителя
- Г) обрабатывать готовые изделия**

43. Снять внешнедиффузионные торможения на стадии хемосорбции при обработке дисперсного материала в реакторе молекулярного наслаивания проточного типа можно за счет организации процесса:

- А) в фильтрующем режиме
- Б) в псевдооживленном слое материала**
- В) в неподвижном слое материала
- Г) при воздействии магнитного поля

Типовые вопросы

44. Подача паров жидкого реагента в реактор в установке молекулярного наслаивания проточного типа осуществляется:

- А) с помощью газа-носителя**
- Б) с помощью вакуумного насоса
- В) с помощью плазмы
- Г) путем заливки

ПК 2.1

Типовые вопросы

45. Основной источник загрязнений в чистом производственном помещении это:

- А) технологическое оборудование**
- Б) химические реагенты
- В) воздушная атмосфера
- Г) обслуживающий персонал**

46. Основной параметр, по которому оценивают качество деионизованной воды, это:

- А) прозрачность
- Б) концентрация примесей
- В) сопротивление**
- Г) температура

47. Основной параметр, по которому определяют класс чистоты производственного помещения, это:

- А) атмосферное давление
- Б) количество работников в помещении
- В) концентрация твердых частиц заданного размера в воздухе в производственном помещении**
- Г) количество испаряемых реагентов в установках

48. Основные структурные характеристики адсорбентов это:

- А) удельная поверхность, размер пор, объем пор**
- Б) размер, химический состав, геометрическая форма
- В) подвижность, плотность, цвет
- Г) прозрачность, наличие примесей

49.осушитель газов это:

- А) глинозем
- Б) опилки
- В) цеолит**
- Г) силикагель**

50. Наиболее близкое удельное сопротивление для деионизованной воды, МОм×см:

- А) 1
- Б) 100
- В) 18**
- Г) 1000

Типовые вопросы

51. Использование двух адсорберов при осушке газов достаточно, если:

- А) время работы в режиме осушки адсорбера 1 больше, чем время работы адсорбера 2 в режиме терморегенерации и охлаждения**
- Б) время работы в режиме осушки адсорбера 1 меньше, чем время работы адсорбера 2 в режиме терморегенерации и охлаждения
- В) специальных требований нет
- Г) при разном количестве адсорбентов в адсорберах

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

Количество вопросов для каждого слушателя – **30**.

Время выполнения задания – **1 час** на каждого слушателя.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО МОДУЛЮ
"ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК"**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю	132
2 Оценочные средства для проведения текущего контроля	133
2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования.....	133
3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.....	141
3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования.....	141

1 Паспорт комплекта оценочных средств по модулю

В результате освоения модуля, слушатель должен приобрести практический опыт, умения и знания следующих компетенций:

Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Владение методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Умение осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Знание основных принципов физико-химических методов анализа материалов, физических процессов, лежащих в основе этих методов

Формы текущего контроля по модулю: тестирование, индивидуальные задания.

Форма промежуточной аттестации по модулю: **зачет** в форме итогового тестирования.

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Тестирование	Правильные ответы на тестовые вопросы
	Зачет (Итоговое тестирование)	Правильные ответы на вопросы итогового тестирования

2 Оценочные средства для проведения текущего контроля

2.1 Типовые задания для проведения текущего контроля в форме тестирования

Наименование раздела модуля	Типовое задание
Раздел 1. ИК- и КР-спектроскопия	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>1. Положение полосы поглощения в ИК спектре характеризует: А) вероятность перехода Б) энергию перехода В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер Г) концентрацию неспаренных электронов</p> <p>2. Интенсивность полосы поглощения в ИК спектре характеризует: А) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер Б) дипольный момент молекулы. В) энергию перехода. Г) вероятность перехода. Д) магнитный момент ядра.</p> <p>3. Чем сопровождается поглощение веществом ИК излучения? А) происходят изменения колебательных состояний, т.е. молекулы переходят на другие уровни энергии; Б) сопровождается изменением энергии электронных оболочек атомов и молекул; В) сопровождается свечением вещества, возникающим при переходе молекул из возбужденного состояния в основное; Г) сопровождается ионизацией вещества.</p> <p>4. Чем обусловлены проявления колебаний в ИК-спектрах? А) ионизацией вещества Б) изменением поляризуемости молекул В) изменением дипольного момента Г) изменением абсорбции</p> <p>5. Деформационные колебания подразделяются на: А) симметричные и несимметричные Б) ножничные, маятниковые, веерные и крутильные В) симметричные и антифазные Г) ножничные, веерные и крутильные</p> <p>6. Спектроскопия КР основывается на: А) эффекте Зеемана Б) фотоэффекте В) Раман-эффекте Г) эффекте полного внутреннего отражения</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>7. Стоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют: А) меньшие частоты Б) большие частоты В) такую же частоту</p> <p>8. Антистоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют: А) меньшие частоты Б) большие частоты В) такую же частоту</p> <p>9. Рэлеевское рассеяние по сравнению с возбуждающим излучением имеет: А) меньшие частоты Б) большие частоты В) такую же частоту</p>
<p>Раздел 2. Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>10. Положение полосы поглощения в УФ- и видимой спектроскопии характеризует: А) концентрацию поглощающих частиц. Б) число электронов, участвующих в электронном переходе. В) энергию перехода. Г) вероятность перехода.</p> <p>11. Интенсивность полосы поглощения в электронном спектре характеризует: А) энергию перехода Б) разность энергий между высокоспиновыми и низкоспиновыми молекулярными орбиталями В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер. Г) вероятность перехода</p> <p>12. Источником УФ-излучения в спектрофотометрах может быть: А) дейтериевая лампа Б) водородная лампа В) галогеновая лампа Г) ксеноновая лампа</p> <p>13. Способы обработки спектров, позволяющие выделять координатные состояния вещества: А) метод касательных Б) диаграммы Тауца В) аппаратное дифференцирование Г) координаты Гуревича – Кубелки – Мунка Д) разделение на кривые Ферми- Дирака</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
<p>Раздел 3. Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>14. Что такое рентгеновская дифракция? А) Изменение межплоскостного расстояния в результате воздействия излучения Б) Синоним интерференции В) Поглощение излучения Г) Рассеяние рентгеновского излучения каким-либо объектом без изменения длины этого излучения Д) Прохождение излучения через заданный объект</p> <p>15. В чем заключается суть условия Вульфа-Брэгга? А) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы одинаковы Б) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых разность хода волн, отраженных от двух соседних плоскостей, равно целому числу длин волн рентгеновского излучения В) устанавливает закон роста кристаллографических граней Г) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы разные</p> <p>16. Почему кристаллическая решетка дифрагирует рентгеновское излучение? А) потому что период решетки во много раз больше длины волны рентгеновского излучения Б) это утверждение верно только для тяжелых металлов В) кристаллическая решетка дифрагирует любое излучение Г) потому что период решетки сопоставим с длиной волны рентгеновского излучения</p> <p>17. На каком принципе основан выбор материала анода в рентгеновской трубке? А) произвольно, обязательное условие – химическая инертность Б) произвольно, обязательное условие – высокая температура плавления В) зависит от мощности требуемого излучения Г) произвольно, обязательное условие – химическая инертность и высокая температура плавления Д) длины волн $K_{\alpha 1}$ и $K_{\alpha 2}$ материала анода должны быть сопоставимы с межплоскостным расстоянием в кристаллической решетке исследуемого вещества</p> <p>18. На основе чего осуществляется диагностика фазы при рентгенофазовом анализе? А) знания об атомном номере вещества Б) набор пиков интенсивности В) набор углов между гранями кристалла Г) набор межплоскостных расстояний Д) набор межплоскостных расстояний и набор пиков интенсивности</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>19. Какими факторами определяется диапазон углов съемки при РФА?</p> <p>А) выбирается произвольно Б) зависит от предполагаемых межплоскостных расстояний исследуемого образца В) зависит от материала анода Г) зависит от мощности излучения Д) зависит от количества исследуемого образца</p>
<p>Раздел 4. Измерения размерных характеристик наноматериалов</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>20. Размеры дисперсных наночастиц можно измерить:</p> <p>А) методом диффузионной спектроскопии Б) по рассеянию оптического излучения В) по дифракции лазерного излучения Г) методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии Д) по динамическому рассеиванию света Е) по дифференциальной электрической подвижности наночастиц</p> <p>21. При определении размеров наночастиц сепарацией по массе, на них действуют силы:</p> <p>А) центостремительная сила Б) силы электрического поля В) центробежная сила Г) сила трения Д) аэродинамическая сила воздуха</p> <p>22. При малоугловом рассеянии рентгеновского излучения нанослоистыми материалами наблюдают:</p> <p>А) рефлексы Миллера-Фишера Б) осцилляции Киссига В) плазмонные осцилляции</p>
<p>Раздел 5. Исследование наносистем методами электронной микроскопии. Рентгеновская и электронная спектроскопия</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>23. Работа просвечивающего электронного микроскопа основана на:</p> <p>А) Дифракции рентгеновских лучей Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ</p> <p>24. Что представляет собой образец при работе на ПЭМ?</p> <p>А) нет особых требований для образца Б) толщина менее 200 нм В) порошок Г) должен быть обязательно прозрачным Д) высокая чистота поверхности, толщина не имеет значения</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>25. Из каких материалов обычно изготавливается катод термоэлектронной пушки? А) любой тугоплавкий металл Б) платина или платино-иридиевый сплав В) вольфрам или гексаборид лантана Г) золото</p> <p>26. Можно ли использовать токонепроводящие образцы для исследования на СЭМ? А) невозможно Б) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ В) возможно, но зависит конкретно от состава образца Г) возможно, но необходимо нанести токопроводящее покрытие Д) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ или нанести токопроводящее покрытие</p> <p>27. Почему для покрытий токонепроводящих образцов при работе СЭМ предпочтительнее использовать тяжелые металлы? А) при работе на СЭМ нельзя исследовать токонепроводящие образцы Б) используют любые токопроводящие материалы В) покрытие с тяжелыми металлами может увеличить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером Г) это неверное утверждение Д) покрытие с тяжелыми металлами может понизить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером</p> <p>28. На чем основан элементный анализ поверхности методом РФЭС? А) на регистрации спектра характеристического рентгеновского излучения от образца Б) на регистрации энергетического распределения электронов, образовавшихся при ионизации остовных электронных оболочек атомов В) на регистрации энергетического распределения электронов, отраженных от поверхности образца Г) на дифракции рентгеновского излучения при взаимодействии с поверхностью образца</p> <p>29. Какую информацию позволяет получить метод РФЭС? А) только элементный состав поверхностного слоя Б) относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое В) элементный состав и характер химических связей отдельных элементов в анализируемом слое Г) кристаллическую структуру и топографию поверхности</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>30. Какая информация содержится в химических сдвигах, определяемых методом РФЭС? А) только об элементном составе поверхностного слоя Б) о характере химических связей отдельных элементов в анализируемом слое В) о кристаллической структуре и топографии поверхности</p> <p>31. Какие факторы определяют глубину анализируемого слоя методом РФЭС? А) глубина проникновения рентгеновского излучения в образец Б) коэффициент поглощения рентгеновского излучения В) длина свободного пробега фотоэлектронов по отношению к неупругим процессам в образце Г) угол, под которым фотоэлектроны собираются энергоанализатором</p> <p>32. Какие из приведенных ниже утверждений являются верными? А) Метод РФЭС является разрушающим Б) Метод РФЭС является неразрушающим В) Метод РФЭС позволяет определять относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое Г) Глубина анализируемого слоя при использовании метода РФЭС определяется глубиной проникновения рентгеновского излучения в образец</p> <p>33. Выберите из приведенных ниже утверждений верные. А) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС возможна электрическая зарядка поверхности Б) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС не происходит накопления электрического заряда на поверхности В) Электрическая зарядка поверхности не сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре Г) Электрическая зарядка поверхности сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре</p>
<p>Раздел 6. Методы сканирующей зондовой микроскопии</p>	<p>ПК 2.2</p> <p>34. Работа сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) основана на: А) Дифракции рентгеновских лучей Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>35. Какова основная концепция принципа работы СТМ? А) такая же, как в ПЭМ и СЭМ, разница в технологическом оснащении Б) принцип эффекта Шоттки В) принцип пьезоэффекта Г) принцип квантового туннелирования</p> <p>36. Каким образом формируется изображение поверхности при работе СТМ? А) измеряя изменения в положении острия (то есть расстояние до поверхности образца) Б) измеряя либо туннельный ток, либо расстояние в положении острия, при этом второй параметр остается постоянным В) измеряя туннельный ток и поддерживая расстояние от острия до поверхности образца Г) измеряя энергию обратно-рассеянных электронов Д) измеряя энергию вторичных электронов</p> <p>37. Как величина туннельного тока при работе СТМ зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым образцом? А) Линейно возрастает с уменьшением расстояния Б) Линейно уменьшается с уменьшением расстояния В) Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния Г) Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния</p> <p>38. В каких средах можно работать с образцами в СТМ? А) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды Б) только в вакууме, но при любой температуре В) в вакууме, воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды, и при температурах в пределах от почти 0 К до более чем 1000°С Г) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах при любой температуре</p> <p>39. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер АСМ? А) Должен проводить электрический ток Б) Должен быть выполнен из магнитного материала В) Должен быть выполнен из закалённой стали Г) Должен быть гибким с известной жесткостью</p> <p>40. Режимы исследования поверхности методом АСМ? А) контактный Б) инфузионный В) лапароскопический Г) бесконтактный Д) прерывисто-контактный Е) инвазивный</p>

Наименование раздела модуля	Типовое задание
	<p>41. На чем основан принцип работы AFM?</p> <p>А) на регистрации изменения энергии вторичных электронов Б) на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом В) на регистрации изменения расстояния между поверхностью и микрозондом Г) на регистрации изменения энергии обратно-рассеянных электронов Д) на регистрации изменения туннельного тока</p>
<p>Раздел 7. Эллипсометрия наноразмерных пленок</p>	<p style="text-align: center;">ПК 2.2</p> <p>42. Решение обратной задачи эллипсометрии позволяет:</p> <p>А) Определить параметры модели по измеренным значениям Δ и Ψ Б) Определить угол падения поляризованного излучения В) Определить значения Δ и Ψ Г) Определить ориентацию эллипса поляризации</p> <p>43. Коэффициенты Френеля связывают:</p> <p>А) Р и S амплитуды падающего излучения Б) Р и S амплитуды отраженного излучения В) Р и S амплитуды преломленного излучения Г) отношение амплитуд отраженного излучения к падающему</p> <p>44. Эллипсометрию применяют для:</p> <p>А) исследования адсорбционных процессов Б) исследования формирования переходных слоев В) оценки наведенной неоднородности поверхности Г) определения толщины покрытия Д) определения текстуры поверхности Е) оценки степени легирования полупроводника</p>

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

3 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации в форме итогового тестирования

ПК 2.2

Типовые вопросы

1. Какие типы воздействий на поверхность твердых тел можно использовать для определения элементного состава поверхностного слоя?

- А) поток квантов излучения видимого диапазона
- Б) поток электронов**
- В) поток квантов рентгеновского излучения**
- Г) поток квантов ИК излучения
- Д) поток ионов с энергией ~ 1 кэВ

2. Какие частицы, выходящие с поверхности в вакуум в результате внешних воздействий, используют для диагностики элементного состава поверхности?

- А) кванты излучения ИК диапазона
- Б) электроны с остовных оболочек атомов**
- В) кванты характеристического рентгеновского излучения**
- Г) вторичные ионы
- Д) упруго отраженные от поверхности первичные ионы

3. Положение полосы поглощения в ИК спектре характеризует:

- А) вероятность перехода
- Б) энергию перехода**
- В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер
- Г) концентрацию неспаренных электронов

4. Интенсивность полосы поглощения в ИК спектре характеризует:

- А) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер
- Б) дипольный момент молекулы.
- В) энергию перехода.
- Г) вероятность перехода.**
- Д) магнитный момент ядра.

5. Чем сопровождается поглощение веществом ИК излучения?

- А) происходят изменения колебательных состояний, т.е. молекулы переходят на другие уровни энергии;**
- Б) сопровождается изменением энергии электронных оболочек атомов и молекул;
- В) сопровождается свечением вещества, возникающим при переходе молекул из возбужденного состояния в основное;
- Г) сопровождается ионизацией вещества.

6. Чем обусловлены проявления колебаний в ИК-спектрах?

- А) ионизацией вещества
- Б) изменением поляризуемости молекул
- В) изменением дипольного момента**
- Г) изменением абсорбции

Типовые вопросы

7. Деформационные колебания подразделяются на:

- А) симметричные и несимметричные
- Б) ножничные, маятниковые, веерные и крутильные**
- В) симметричные и антифазные
- Г) ножничные, веерные и крутильные

8. Какую информацию позволяет получить метод ИК спектроскопии МНПВО?

- А) об элементном составе поверхностного слоя вещества
- Б) о наличии определенных функциональных групп на поверхности**
- В) о характере химических связей отдельных атомов

9. Какие факторы определяют глубину проникновения ИК излучения в оптически менее плотную среду?

- А) только длина волны ИК излучения
- Б) длина волны ИК излучения и угол падения луча на границу раздела сред
- В) длина волны ИК излучения и относительный показатель преломления
- Г) все перечисленные факторы вместе**

10. Спектроскопия КР основывается на:

- А) эффекте Зеемана
- Б) фотоэффекте
- В) Раман-эффекте**
- Г) эффекте полного внутреннего отражения

11. Стоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют:

- А) меньшие частоты**
- Б) большие частоты
- В) такую же частоту

12. Антистоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют:

- А) меньшие частоты
- Б) большие частоты**
- В) такую же частоту

13. Рэлеевское рассеяние по сравнению с возбуждающим излучением имеет:

- А) меньшие частоты
- Б) большие частоты
- В) такую же частоту**

14. Положение полосы поглощения в УФ- и видимой спектроскопии характеризует:

- А) концентрацию поглощающих частиц.
- Б) число электронов, участвующих в электронном переходе.
- В) энергию перехода.**
- Г) вероятность перехода.

Типовые вопросы

15. Интенсивность полосы поглощения в электронном спектре характеризует:

- А) энергию перехода
- Б) разность энергий между высокоспиновыми и низкоспиновыми молекулярными орбиталями
- В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер.
- Г) вероятность перехода**

16. Способы обработки спектров, позволяющие выделять координационные состояния вещества:

- А) метод касательных
- Б) диаграммы Тауца
- В) аппаратное дифференцирование**
- Г) координаты Гуревича – Кубелки – Мунка
- Д) разделение на кривые Ферми- Дирака**

17. Что такое рентгеновская дифракция?

- А) Изменение межплоскостного расстояния в результате воздействия излучения
- Б) Синоним интерференции
- В) Поглощение излучения
- Г) Рассеяние рентгеновского излучения каким-либо объектом без изменения длины этого излучения**
- Д) Прохождение излучения через заданный объект

18. В чем заключается суть условия Вульфа-Брэгга?

- А) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы одинаковы
- Б) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых разность хода волн, отраженных от двух соседних плоскостей, равно целому числу длин волн рентгеновского излучения**
- В) устанавливает закон роста кристаллографических граней
- Г) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы разные

19. Почему кристаллическая решетка дифрагирует рентгеновское излучение?

- А) потому что период решетки во много раз больше длины волны рентгеновского излучения
- Б) это утверждение верно только для тяжелых металлов
- В) кристаллическая решетка дифрагирует любое излучение
- Г) потому что период решетки сопоставим с длиной волны рентгеновского излучения**

20. На каком принципе основан выбор материала анода в рентгеновской трубке?

- А) произвольно, обязательное условие – химическая инертность
- Б) произвольно, обязательное условие – высокая температура плавления
- В) зависит от мощности требуемого излучения
- Г) произвольно, обязательное условие – химическая инертность и высокая температура плавления
- Д) длины волн $K_{\alpha 1}$ и $K_{\alpha 2}$ материала анода должны быть сопоставимы с межплоскостным расстоянием в кристаллической решетке исследуемого вещества**

Типовые вопросы

21. На основе чего осуществляется диагностика фазы при рентгенофазовом анализе?

- А) знания об атомном номере вещества
- Б) набор пиков интенсивности
- В) набор углов между гранями кристалла
- Г) набор межплоскостных расстояний
- Д) набор межплоскостных расстояний и набор пиков интенсивности**

22. Какими факторами определяется диапазон углов съемки при РФА?

- А) выбирается произвольно
- Б) зависит от предполагаемых межплоскостных расстояний исследуемого образца**
- В) зависит от материала анода
- Г) зависит от мощности излучения
- Д) зависит от количества исследуемого образца

23. Размеры дисперсных наночастиц можно измерить:

- А) методом диффузионной спектроскопии
- Б) по рассеянию оптического излучения**
- В) по дифракции лазерного излучения**
- Г) методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии
- Д) по динамическому рассеиванию света
- Е) по дифференциальной электрической подвижности наночастиц**

24. При определении размеров наночастиц сепарацией по массе, на них действуют силы:

- А) центростремительная сила
- Б) силы электрического поля**
- В) центробежная сила**
- Г) сила трения
- Д) аэродинамическая сила воздуха**

25. При малоугловом рассеянии рентгеновского излучения нанослоистыми материалами наблюдают:

- А) рефлексы Миллера-Фишера
- Б) осцилляции Киссига**
- В) плазмонные осцилляции

26. Работа просвечивающего электронного микроскопа основана на:

- А) Дифракции рентгеновских лучей
- Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
- В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ**

27. Из каких материалов обычно изготавливается катод термоэлектронной пушки?

- А) любой тугоплавкий металл
- Б) платина или платино-иридиевый сплав
- В) вольфрам или гексаборид лантана**
- Г) золото

Типовые вопросы

28. Что представляет собой образец при работе на ПЭМ?

- А) нет особых требований для образца
- Б) толщина менее 200 нм**
- В) порошок
- Г) должен быть обязательно прозрачным
- Д) высокая чистота поверхности, толщина не имеет значения

29. Можно ли использовать токонепроводящие образцы для исследования на СЭМ?

- А) невозможно
- Б) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ
- В) возможно, но зависит конкретно от состава образца
- Г) возможно, но необходимо нанести токопроводящее покрытие
- Д) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ или нанести токопроводящее покрытие**

30. Почему для покрытий токонепроводящих образцов при работе СЭМ предпочтительнее использовать тяжелые металлы?

- А) при работе на СЭМ нельзя исследовать токонепроводящие образцы
- Б) используют любые токопроводящие материалы
- В) покрытие с тяжелыми металлами может увеличить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером**
- Г) это неверное утверждение
- Д) покрытие с тяжелыми металлами может понизить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером

31. На чем основан элементный анализ поверхности методом РФЭС?

- А) на регистрации спектра характеристического рентгеновского излучения от образца
- Б) на регистрации энергетического распределения электронов, образовавшихся при ионизации остовных электронных оболочек атомов**
- В) на регистрации энергетического распределения электронов, отраженных от поверхности образца
- Г) на дифракции рентгеновского излучения при взаимодействии с поверхностью образца

32. Какую информацию позволяет получить метод РФЭС?

- А) только элементный состав поверхностного слоя
- Б) относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое**
- В) элементный состав и характер химических связей отдельных элементов в анализируемом слое**
- Г) кристаллическую структуру и топографию поверхности

33. Какие факторы определяют глубину анализируемого слоя методом РФЭС?

- А) глубина проникновения рентгеновского излучения в образец
- Б) коэффициент поглощения рентгеновского излучения
- В) длина свободного пробега фотоэлектронов по отношению к неупругим процессам в образце**
- Г) угол, под которым фотоэлектроны собираются энергоанализатором

Типовые вопросы

34. Какая информация содержится в химических сдвигах, определяемых методом РФЭС?

- А) только об элементном составе поверхностного слоя
- Б) о характере химических связей отдельных элементов в анализируемом слое**
- В) о кристаллической структуре и топографии поверхности

35. Какие из приведенных ниже утверждений являются верными?

- А) Метод РФЭС является разрушающим
- Б) Метод РФЭС является неразрушающим**
- В) Метод РФЭС позволяет определять относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое**
- Г) Глубина анализируемого слоя при использовании метода РФЭС определяется глубиной проникновения рентгеновского излучения в образец

36. Выберите из приведенных ниже утверждений верные.

- А) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС возможна электрическая зарядка поверхности**
- Б) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС не происходит накопления электрического заряда на поверхности
- В) Электрическая зарядка поверхности не сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре
- Г) Электрическая зарядка поверхности сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре**

37. Работа сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) основана на:

- А) Дифракции рентгеновских лучей
- Б) Эффekte туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой**
- В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ

38. Каким образом формируется изображение поверхности при работе СТМ?

- А) измеряя изменения в положении острия (то есть расстояние до поверхности образца)
- Б) измеряя либо туннельный ток, либо расстояние в положении острия, при этом второй параметр остается постоянным**
- В) измеряя туннельный ток и поддерживая расстояние от острия до поверхности образца
- Г) измеряя энергию обратно-рассеянных электронов
- Д) измеряя энергию вторичных электронов

39. В каких средах можно работать с образцами в СТМ?

- А) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды
- Б) только в вакууме, но при любой температуре
- В) в вакууме, воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды, и при температурах в пределах от почти 0 К до более чем 1000°С**
- Г) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах при любой температуре

Типовые вопросы

40. Какова основная концепция принципа работы СТМ?

- А) такая же, как в ПЭМ и СЭМ, разница в технологическом оснащении
- Б) принцип эффекта Шоттки
- В) принцип пьезоэффекта
- Г) **принцип квантового туннелирования**

41. Как величина туннельного тока при работе СТМ зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым образцом?

- А) Линейно возрастает с уменьшением расстояния
- Б) Линейно уменьшается с уменьшением расстояния
- В) **Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния**
- Г) Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния

42. В каком микроскопе используется кантилевер?

- А) **Сканирующий атомно-силовой микроскоп**
- Б) Сканирующий туннельный микроскоп
- В) Растровый микроскоп
- Г) Просвечивающий электронный микроскоп

43. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер АСМ?

- А) Должен проводить электрический ток
- Б) Должен быть выполнен из магнитного материала
- В) Должен быть выполнен из закалённой стали
- Г) **Должен быть гибким с известной жесткостью**

44. Режимы исследования поверхности методом АСМ?

- А) **контактный**
- Б) инфузионный
- В) лапароскопический
- Г) **бесконтактный**
- Д) **прерывисто-контактный**
- Е) инвазивный

45. На чем основан принцип работы AFM?

- А) на регистрации изменения энергии вторичных электронов
- Б) **на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом**
- В) на регистрации изменения расстояния между поверхностью и микрозондом
- Г) на регистрации изменения энергии обратно-рассеянных электронов
- Д) на регистрации изменения туннельного тока

46. Решение обратной задачи эллипсометрии позволяет:

- А) **Определить параметры модели по измеренным значениям Δ и Ψ**
- Б) Определить угол падения поляризованного излучения
- В) Определить значения Δ и Ψ
- Г) Определить ориентацию эллипса поляризации

Типовые вопросы

47. Коэффициенты Френеля связывают:

- А) Р и S амплитуды падающего излучения
- Б) Р и S амплитуды отраженного излучения**
- В) Р и S амплитуды преломленного излучения
- Г) отношение амплитуд отраженного излучения к падающему

48. Эллипсометрию применяют для:

- А) исследования адсорбционных процессов**
- Б) исследования формирования переходных слоев**
- В) оценки наведенной неоднородности поверхности
- Г) определения толщины покрытия**
- Д) определения текстуры поверхности
- Е) оценки степени легирования полупроводника**

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

Количество вопросов для каждого слушателя – **30**.

Время выполнения задания – **1 час** на каждого слушателя.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО ПРАКТИКЕ

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК»**

Форма обучения

Очно-заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 Паспорт комплекта оценочных средств по практике	151
2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации	154
2.1 Типовые задания для проведения тестирования	154
2.2. Типовые вопросы для проведения опроса	171
2.3 Требования к отчету по практике и критерии его оценивания.....	172
2.4 Критерии итоговой оценки практики	173

1 Паспорт комплекта оценочных средств по практике

В результате прохождения практики должны быть освоены виды деятельности, компетенции, а также соответствующие им практический опыт, умения и знания:

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Владение основами химических методов получения поверхностных наноструктур и нанопокровов	Умение устанавливать корреляции между составом-строением-свойствами низкоразмерных слоистых твердофазных систем	Знание: - основных химических методов получения поверхностных наноструктур; - способов регулирования физико-химических свойств твердофазных наноматериалов различного генезиса.
	ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Владение представлениями о путях управления физико-техническими характеристиками наносистем	Умение оценивать физические свойства наноразмерных систем	Знание физических явлений и основных размерных эффектов, возникающих в наноразмерных системах
	ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения	Владеть: - основами химических методов получения поверхностных наноструктур; - способами регулирования их физико-химических свойств	Умение оценивать применимость различных видов оборудования и технологических процессов в технологии тонкопленочных наноматериалов	Знание основных методов формирования наносистем различного типа

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Владение: - основами контроля технологических процессов, сырья и продукции; - приборами и методиками оценки готовности оборудования к использованию	Умение формулировать перечень основных параметров технологических процессов, сырья и продукции	Знание: - основных технологий, используемых при создании наноразмерных покрытий, и их параметров; - основных характеристик оборудования, применяемого в технологии нанесения наноразмерных пленок
	ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Владение методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Умение осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Знание основных принципов физико-химических методов анализа материалов, физических процессов, лежащих в основе этих методов

Форма промежуточной аттестации по практике: **зачет**.

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Отчет по практике	Сроки сдачи отчета Самостоятельность выполнения работ Выполнение всех видов работ Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Тестирование/опрос	Правильные ответы на тестовые вопросы/вопросы устного опроса
	Отзыв руководителя практики	Рекомендуемая руководителем практики оценка

Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Отчет по практике	Сроки сдачи отчета Самостоятельность выполнения работ Выполнение всех видов работ Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Тестирование/опрос	Правильные ответы на тестовые вопросы/вопросы устного опроса
	Отзыв руководителя практики	Рекомендуемая руководителем практики оценка
ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения	Отчет по практике	Сроки сдачи отчета Самостоятельность выполнения работ Выполнение всех видов работ Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Тестирование/опрос	Правильные ответы на тестовые вопросы/вопросы устного опроса
	Отзыв руководителя практики	Рекомендуемая руководителем практики оценка
ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса	Отчет по практике	Сроки сдачи отчета Самостоятельность выполнения работ Выполнение всех видов работ Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Тестирование/опрос	Правильные ответы на тестовые вопросы/вопросы устного опроса
	Отзыв руководителя практики	Рекомендуемая руководителем практики оценка
ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения	Отчет по практике	Сроки сдачи отчета Самостоятельность выполнения работ Выполнение всех видов работ Верность проведенных расчетов Правильность и степень развернутости выводов
	Тестирование/опрос	Правильные ответы на тестовые вопросы/вопросы устного опроса
	Отзыв руководителя практики	Рекомендуемая руководителем практики оценка

2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

2.1 Типовые задания для проведения тестирования

ПК 1.1

Типовые вопросы

1. Наноматериалы это:

- А) вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную и ли неупорядоченную систему базовых элементов с менее 100 нм;
- Б) материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками;**
- В) такие материалы, которые характеризуются нанометровым масштабом размеров хотя бы в одном из трех измерений.

2. Нанотехнология молекулярного наслаивания это:

- А) междисциплинарная технология, позволяющая воспроизводимо, по описанным процедурам производить исследования, манипуляцию и обработку вещества в диапазоне размеров от 0,1 до 100 нанометров;
- Б) совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;**
- В) создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть элементами структуры с характеристическим размером от 1 до 100 нм;
- Г) технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;
- Д) совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм;
- Е) технология работы с веществом на уровне отдельных атомов.
- Ж) конструирование и производство структур, приборов и систем, свойства которых определяются их формой и размером на нанометровом уровне.

3. Чем принципиально отличаются наноматериалы от обычных твердофазных объектов?

- А) размерно-энергетическими характеристиками;**
- Б) массой;
- В) объемом;
- Г) фазовым составом.**

4. Наиболее благоприятные условия для синтеза нанобъектов?

- А) равновесные;
- Б) неравновесные;**
- В) высокотемпературные;
- Г) низкотемпературные;
- Д) гетерогенные.

Типовые вопросы

5. Дискретная форма твердого вещества?

- А) атом;
- Б) молекула;
- В) структурная единица;**
- Г) нейтроны;
- Д) позитроны.

6. Атомы на поверхности твердых веществ по сравнению с атомами, находящимися в объеме твердого тела, связаны с каркасом:

- А) более прочно;
- Б) менее прочно;**
- В) одинаково;
- Г) не связаны.

7. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности:

- А) неизменность химического состава и строения;**
- Б) практически невозможность различить химический состав однотипных соединений;
- В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе;
- Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.

8. Как изменяется величина удельной поверхности по мере увеличения степени полиатомности:

- А) уменьшается;**
- Б) увеличивается;
- В) не изменяется.

9. Гомологическая разность между соседними членами нормального гомологического ряда трехмерных твердых веществ:

- А) одна функциональная группа;
- Б) одна структурная единица;
- В) монослой структурных единиц;**
- Г) монослой функциональных групп.

10. Химические превращения в нормальном гомологическом ряду трехмерных твердых веществ сопровождаются:

- А) изменением отношения В/А;**
- Б) изменением строения функциональных рядов,
- В) изменение вида функциональных групп;
- Г) изменением размера остова.

ПК 1.2

Типовые вопросы

11. Взаимосвязь состава и химического строения и свойств твердого вещества.

- А) изменение состава сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества;**
- Б) изменение состава сопровождается изменением только химического строения при неизменности свойств твердого вещества;
- В) изменение состава не сопровождается изменением химического строения и свойств твердого вещества;
- Г) изменение состава не сопровождается изменением химического строения, но приводит к изменению свойств твердого вещества.

12. Особенности химического состава, строения и химического преобразования твердого вещества по мере увеличения степени полиатомности:

- А) неизменность химического состава и строения;**
- Б) практически невозможность различить химический состав однотипных соединений;
- В) уменьшение различия в химическом составе и молекулярной массе;
- Г) увеличение энергетического барьера для перехода гомологов друг в друга.

13. Реакции молекулярного наслаивания:

- А) многократное повторение реакций между функциональными группами подложки и низкомолекулярными реагентами, сопровождающиеся по монослойным наращиванием структурных единиц;**
- Б) реакции между поверхностью подложки и низкомолекулярным реагентом;
- В) газофазные реакции между подложкой и низкомолекулярным реагентом;
- Г) топохимические реакции;
- Д) многократное повторение последовательных реакций, на поверхности подложки;

14. Зависимость толщины наращиваемого на подложке покрытия от числа проводимых циклов молекулярного наслаивания имеет вид:

- А) экспоненциальный;
- Б) линейный;**
- В) гиперболический;
- Г) квадратичный.

15. Какие факторы оказывают влияние на толщину наращиваемого слоя при реализации процесса молекулярного наслаивания:

- А) время осуществления реакции низкомолекулярного реагента с функциональными группами;
- Б) скорости протекания реакций молекулярного наслаивания;
- В) геометрические размеры формируемой структурной единицы синтезируемого слоя и количеством проводимых циклов реакций.**

16. На чем базируются принципы метода молекулярного наслаивания:

- А) на различиях в химической активности функциональных групп и структурных единиц;
- Б) на химической модели твердых веществ;**
- В) на химических превращениях на поверхности твердых веществ;
- Г) на реализации необратимого проведения химических реакций.

Типовые вопросы

17. Основная идея метода молекулярного наслаивания состоит в:

- А) в последовательном наращивании монослоев структурных единиц заданного химического состава и строения на поверхности твердофазной матрицы за счет реализации химических реакций между функциональными группами твердого тела и подводимыми к ним реагентами в условиях максимального удаления от равновесия;**
- Б) в проведении гетерогенных химических реакций на поверхности твердого тела;
- В) в различии в реакционной способности атомов на поверхности и в объеме;
- Г) в стимуляции протекания реакций на поверхности твердого тела.

18. Принципы метода молекулярного наслаивания:

- А) синтез основывается на протекании необратимых в условиях эксперимента химических реакций между функциональными группами на поверхности твердого тела и молекулами подводимого извне реагента. При этом используемые реагенты и продукты реакции не должны вступать в химические взаимодействия между собой;**
- Б) для постепенного наращивания слоя нового вещества необходимо проводить многократную и попеременную (в заданной последовательности) обработку последнего парами соответствующих соединений. При этом каждый вновь образующийся монослой новых функциональных групп должен содержать активные атомы или группы атомов, способные реагировать с новой порцией того же или иного реагента;**
- В) для осуществления реакций в процессе МН необходимо некоторое структурное соответствие между поверхностью исходной твердофазной матрицы и данным соединением. Но главное – это наличие на поверхности как исходной, так и образующейся в ходе синтеза достаточного количества функциональных групп (ФГ) и с таким взаимным расположением, которое обуславливает возможность возникновения поперечных связей между присоединившимися атомами для образования трехмерной решетки синтезируемого твердого вещества;**
- Г) синтез проводится в условиях повышенных температур и парциальных давлений для реализации максимально возможного вовлечения в химический процесс функциональных групп твердого тела низкомолекулярных реагентов.

19. С какой предельной точностью регулирования толщины наращиваемого слоя возможен синтез по методу молекулярного наслаивания:

- А) с точностью до 0,1 нм;
- Б) с точностью до 1 нм;
- В) с точностью до одного моноатомного слоя;**
- Г) с точностью 0,001 нм.

20. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

- А) Изменение свойств нанообъектов в зависимости от размера элементов их структуры**
- Б) Изменение размера нанообъектов в зависимости от внешних условий
- В) Изменение свойств нанообъектов в зависимости от внешних условий
- Г) Изменение размера нанообъектов в зависимости от состава

21. Температура плавления материала в наноразмерном состоянии:

- А) выше, чем в макроразмерном состоянии
- Б) ниже, чем в макроразмерном состоянии**
- В) не изменяется
- Г) претерпевает разрыв

Типовые вопросы

22. Размер критического зародыша определяется:

- А) видом атомов, образующих зародыш
- Б) плотностью вещества зародыша**
- В) сингонией кристаллической ячейки вещества зародыша
- Г) химическим потенциалом нуклеации
- Д) свободной поверхностной энергией
- Е) температурой нуклеации

23. Параметры кристаллической решетки с увеличением размеров наночастиц:

- А) растут
- Б) остаются неизменными
- В) уменьшаются**

24. Рост наночастиц сопровождается:

- А) рекристаллизацией в стабильную фазу
- Б) захватом примесей**
- В) появлением оптических свойств
- Г) появлением зонной структуры

25. Расставьте по порядку стадии формирования нанопленки:

- А) Образование зародышей
 - Б) Коалесценция
 - В) Образование пор
 - Г) Освальдово созревание
 - Д) Сплошная пленка
 - Е) Образование сетчатой структуры
 - Ж) Образование каналов
- Ответ: А – Г – Б – Е – Ж – В – Д**

26. Неавтономное состояние вещества:

- А) образование частиц-кентавров
- Б) состояние интеркалятов в матрице**
- В) реконструированная поверхность материала**
- Г) межзеренные границы
- Д) зона межфазных контактов твердых веществ

27. Согласование кристаллических решеток подложки и нанопокрyтия возможно в случае:

- А) релаксации поверхности подложки
- Б) сжатия или растяжения решетки нанопокрyтия**
- В) поворота кристаллической решетки нанопокрyтия**
- Г) появления компенсирующих дислокаций

ПК 1.3

Типовые вопросы

28. Методы получения тонких пленок:

- А) ионная имплантация
- Б) термическая диффузия
- В) вакуумное испарение**
- Г) катодное распыление

29. Суть процесса катодного распыления:

- А) испарение катода
- Б) испарение анода
- В) имплантация ионов в электроды
- Г) бомбардировка катода положительными ионами**

30. Назначение термокатода в триодной схеме катодного распыления:

- А) регулировать концентрацию ионов
- Б) регулировать концентрацию электронов**
- В) регулировать толщину осаждаемой пленки
- Г) регулировать скорость испарения материала

31. Назначение магнитов в установке катодного распыления:

- А) регулировать концентрацию ионов
- Б) регулировать концентрацию электронов
- В) регулировать траекторию движения электронов**
- Г) регулировать скорость испарения материала

32. Химическое осаждение покрытий из газовой фазы (ХОГФ) это:

- А) испарение вещества и осаждение на подложку
- Б) химическое взаимодействие реагентов в газовой фазе и осаждение образующихся продуктов на поверхности подложки**
- В) внедрение ионов в подложку
- Г) диффузия вещества в подложку

33. Предпочтительный механизм ХОГФ для получения пленок:

- А) гомогенный
- Б) гетерогенный**
- В) диффузионный
- Г) кинетический

34. Наибольшее влияние температуры на скорость осаждения покрытий при ХОГФ наблюдается:

- А) при протекании процесса в кинетической области**
- Б) при протекании процесса в диффузионной области
- В) при повышении скорости подачи реагентов
- Г) при увеличении диаметра пластин

Типовые вопросы

35. Коэффициент катодного распыления это:

- А) количество электронов, приходящихся на один ион
- Б) количество распыляемых атомов, приходящихся на один ион**
- В) количество ионов, приходящихся на один электрон
- Г) концентрация ионов в объеме реактора

36. Основные характеристики покрытий:

- А) толщина
- Б) адгезия к подложке
- В) конформность**
- Г) термическая стойкость

37. Амфифильная органическая молекула это:

- А) молекула, придающая гидрофильные свойства при осаждении на поверхности
- Б) молекула, придающая гидрофобные свойства при осаждении на поверхности
- В) молекула, одна часть которой содержит гидрофильную, а другая - гидрофобную часть**
- Г) молекула и ее изомеры

38. Какой процесс в основе золь-гель технологии:

- А) разложение вещества
- Б) гидролиз с образованием коллоидных частиц**
- В) химическая реакция в газовой фазе
- Г) растворение катода

39. Поверхностное давление в процессе получения пленок Ленгмюра-Блоджетт это:

- А) разница между атмосферным давлением и давлением в реакторе
- Б) разница между поверхностным натяжением воды и воды с пленкой**
- В) разница между давлением исходным и после переноса пленки на подложку
- Г) разница в скорости вытягивания из раствора и погружения в раствор подложки

40. Мультиплексный реактор для ХОГФ это:

- А) горизонтальный цилиндрический реактор
- Б) вертикальный цилиндрический реактор
- В) набор реакционных зон со своей газовой атмосферой**
- Г) диффузионная печь

41. Темплатный синтез это:

- А) осаждение пленок испарением в вакууме
- Б) получение пленок на поверхности шаблона с последующим его удалением**
- В) растворение подложки
- Г) удаление растворителя

42. От чего зависит толщина покрытий в процессе молекулярного наслаивания:

- А) от времени
- Б) от давления
- В) от числа циклов молекулярного наслаивания**
- Г) от конструкции реактора

Типовые вопросы

43. Метод молекулярного наслаивания это:

- А) формирование покрытий за счет химических реакций на поверхности твердофазной подложки**
- Б) формирование покрытий из жидкой фазы
- В) формирование покрытий путем испарения вещества
- Г) формирование покрытий за счет реактивного катодного распыления

44. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт это:

- А) процесс формирования пленки на поверхности жидкой фазы с последующим переносом на поверхность твердофазной подложки**
- Б) процесс формирования пленки на поверхности твердофазной подложки с последующим переносом на поверхность жидкой фазы
- В) осаждение органической пленки из газовой фазы
- Г) испарение вещества для пленки

45. Один из основных принцип метода МН, обеспечивающий его высокую воспроизводимость:

- А) необходимость подачи реагентов в камеру
- Б) понижение давления в реакторе
- В) максимальное удаление от химического равновесия**
- Г) последовательность подачи реагентов

46. Основная особенность проточно-вакуумной установки молекулярного наслаивания заключается в:

- А) поддержании постоянного значения вакуума
- Б) постоянной продувке системы инертным газом при заданном значении вакуума**
- В) поддержании постоянной температуры
- Г) постоянном испарении осаждаемого вещества

47. Основное требование к качеству продувочного инертного газа в установке молекулярного наслаивания проточно-вакуумного типа:

- А) низкая температура
- Б) высокая степень осушки**
- В) наличие паров воды
- Г) нет требований

48. Основное назначение продувочного газа в установке проточно-вакуумного типа:

- А) осуществлять доставку реагента в реактор
- Б) разбавлять атмосферу в реакторе
- В) ускорять удаление газообразных продуктов из реактора**
- Г) распылять реагент

49. В установке молекулярного наслаивания проточного типа процесс осуществляется:

- А) при пониженном давлении
- Б) при повышенном давлении
- В) при атмосферном давлении**
- Г) при пониженной температуре

Типовые вопросы

50. Как осуществляется подача реагента в реактор в вакуумной установке молекулярного наплаивания:

- А) с помощью газа-носителя
- Б) за счет испарения реагента**
- В) за счет регулирования температуры в реакторе
- Г) путем заливки

51. Можно ли в установке молекулярного наплаивания проточного типа:

- А) обрабатывать плоские подложки**
- Б) осаждать покрытия за счет распыления катода
- В) проводить процесс без использования газа-носителя
- Г) обрабатывать готовые изделия**

52. Снять внешнедиффузионные торможения на стадии хемосорбции при обработке дисперсного материала в реакторе молекулярного наплаивания проточного типа можно за счет организации процесса:

- А) в фильтрующем режиме
- Б) в псевдооживленном слое материала**
- В) в неподвижном слое материала
- Г) при воздействии магнитного поля

53. Подача паров жидкого реагента в реактор в установке молекулярного наплаивания проточного типа осуществляется:

- А) с помощью газа-носителя**
- Б) с помощью вакуумного насоса
- В) с помощью плазмы
- Г) путем заливки

ПК 2.1

Типовые вопросы

54. Основным источником загрязнений в чистом производственном помещении это:

- А) технологическое оборудование
- Б) химические реагенты
- В) воздушная атмосфера
- Г) обслуживающий персонал**

55. Основным параметром, по которому определяют класс чистоты производственного помещения, это:

- А) атмосферное давление
- Б) количество работников в помещении
- В) концентрация твердых частиц заданного размера в воздухе в производственном помещении**
- Г) количество испаряемых реагентов в установках

Типовые вопросы

56. Основной параметр, по которому оценивают качество деионизованной воды, это:

- А) прозрачность
- Б) концентрация примесей
- В) сопротивление**
- Г) температура

57.осушитель газов это:

- А) глинозем
- Б) опилки
- В) цеолит**
- Г) силикагель

58. Наиболее близкое удельное сопротивление для деионизованной воды, МОм×см:

- А) 1
- Б) 100
- В) 18**
- Г) 1000

59. Использование двух адсорберов при осушке газов достаточно, если:

- А) время работы в режиме осушки адсорбера 1 больше, чем время работы адсорбера 2 в режиме терморегенерации и охлаждения**
- Б) время работы в режиме осушки адсорбера 1 меньше, чем время работы адсорбера 2 в режиме терморегенерации и охлаждения
- В) специальных требований нет
- Г) при разном количестве адсорбентов в адсорберах

ПК 2.2

Типовые вопросы

60. Какие типы воздействий на поверхность твердых тел можно использовать для определения элементного состава поверхностного слоя?

- А) поток квантов излучения видимого диапазона
- Б) поток электронов**
- В) поток квантов рентгеновского излучения**
- Г) поток квантов ИК излучения
- Д) поток ионов с энергией ~ 1 кэВ**

61. Какие частицы, выходящие с поверхности в вакуум в результате внешних воздействий, используют для диагностики элементного состава поверхности?

- А) кванты излучения ИК диапазона
- Б) электроны с остовных оболочек атомов**
- В) кванты характеристического рентгеновского излучения**
- Г) вторичные ионы**
- Д) упруго отраженные от поверхности первичные ионы

Типовые вопросы

62. Положение полосы поглощения в ИК спектре характеризует:

- А) вероятность перехода
- Б) энергию перехода**
- В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер
- Г) концентрацию неспаренных электронов

63. Интенсивность полосы поглощения в ИК спектре характеризует:

- А) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер
- Б) дипольный момент молекулы.
- В) энергию перехода.
- Г) вероятность перехода.**
- Д) магнитный момент ядра.

64. Чем сопровождается поглощение веществом ИК излучения?

- А) происходят изменения колебательных состояний, т.е. молекулы переходят на другие уровни энергии;**
- Б) сопровождается изменением энергии электронных оболочек атомов и молекул;
- В) сопровождается свечением вещества, возникающим при переходе молекул из возбужденного состояния в основное;
- Г) сопровождается ионизацией вещества.

65. Чем обусловлены проявления колебаний в ИК-спектрах?

- А) ионизацией вещества
- Б) изменением поляризуемости молекул
- В) изменением дипольного момента**
- Г) изменением абсорбции

66. Деформационные колебания подразделяются на:

- А) симметричные и несимметричные
- Б) ножничные, маятниковые, веерные и крутильные**
- В) симметричные и антифазные
- Г) ножничные, веерные и крутильные

67. Какую информацию позволяет получить метод ИК спектроскопии МНПВО?

- А) об элементном составе поверхностного слоя вещества
- Б) о наличии определенных функциональных групп на поверхности**
- В) о характере химических связей отдельных атомов

68. Какие факторы определяют глубину проникновения ИК излучения в оптически менее плотную среду?

- А) только длина волны ИК излучения
- Б) длина волны ИК излучения и угол падения луча на границу раздела сред
- В) длина волны ИК излучения и относительный показатель преломления
- Г) все перечисленные факторы вместе**

Типовые вопросы

69. Спектроскопия КР основывается на:

- А) эффекте Зеемана
- Б) фотоэффекте
- В) Раман-эффекте**
- Г) эффекте полного внутреннего отражения

70. Стоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют:

- А) меньшие частоты**
- Б) большие частоты
- В) такую же частоту

71. Антистоксовы линии в спектрах КР по сравнению с частотой возбуждающего излучения имеют:

- А) меньшие частоты
- Б) большие частоты**
- В) такую же частоту

72. Рэлеевское рассеяние по сравнению с возбуждающим излучением имеет:

- А) меньшие частоты
- Б) большие частоты
- В) такую же частоту**

73. Положение полосы поглощения в УФ- и видимой спектроскопии характеризует:

- А) концентрацию поглощающих частиц.
- Б) число электронов, участвующих в электронном переходе.
- В) энергию перехода.**
- Г) вероятность перехода.

74. Способы обработки спектров, позволяющие выделять координационные состояния вещества:

- А) метод касательных
- Б) диаграммы Тауца
- В) аппаратное дифференцирование**
- Г) координаты Гуревича – Кубелки – Мунка
- Д) разделение на кривые Ферми- Дирака**

75. Что такое рентгеновская дифракция?

- А) Изменение межплоскостного расстояния в результате воздействия излучения
- Б) Синоним интерференции
- В) Поглощение излучения
- Г) Рассеяние рентгеновского излучения каким-либо объектом без изменения длины этого излучения**
- Д) Прохождение излучения через заданный объект

Типовые вопросы

76. Интенсивность полосы поглощения в электронном спектре характеризует:

- А) энергию перехода
- Б) разность энергий между высокоспиновыми и низкоспиновыми молекулярными орбиталями
- В) концентрацию магнитно-эквивалентных ядер.
- Г) вероятность перехода**

77. В чем заключается суть условия Вульфа-Брэгга?

- А) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы одинаковы
- Б) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых разность хода волн, отраженных от двух соседних плоскостей, равно целому числу длин волн рентгеновского излучения**
- В) устанавливает закон роста кристаллографических граней
- Г) отражение наблюдается лишь в тех направлениях, для которых кристаллографические индексы разные

78. Почему кристаллическая решетка дифрагирует рентгеновское излучение?

- А) потому что период решетки во много раз больше длины волны рентгеновского излучения
- Б) это утверждение верно только для тяжелых металлов
- В) кристаллическая решетка дифрагирует любое излучение
- Г) потому что период решетки сопоставим с длиной волны рентгеновского излучения**

79. На каком принципе основан выбор материала анода в рентгеновской трубке?

- А) произвольно, обязательное условие – химическая инертность
- Б) произвольно, обязательное условие – высокая температура плавления
- В) зависит от мощности требуемого излучения
- Г) произвольно, обязательное условие – химическая инертность и высокая температура плавления
- Д) длины волн $K_{\alpha 1}$ и $K_{\alpha 2}$ материала анода должны быть сопоставимы с межплоскостным расстоянием в кристаллической решетке исследуемого вещества**

80. На основе чего осуществляется диагностика фазы при рентгенофазовом анализе?

- А) знания об атомном номере вещества
- Б) набор пиков интенсивности
- В) набор углов между гранями кристалла
- Г) набор межплоскостных расстояний
- Д) набор межплоскостных расстояний и набор пиков интенсивности**

81. Размеры дисперсных наночастиц можно измерить:

- А) методом диффузионной спектроскопии
- Б) по рассеянию оптического излучения**
- В) по дифракции лазерного излучения**
- Г) методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии
- Д) по динамическому рассеиванию света**
- Е) по дифференциальной электрической подвижности наночастиц**

Типовые вопросы

82. Какими факторами определяется диапазон углов съемки при РФА?

- А) выбирается произвольно
- Б) зависит от предполагаемых межплоскостных расстояний исследуемого образца**
- В) зависит от материала анода
- Г) зависит от мощности излучения
- Д) зависит от количества исследуемого образца

83. При определении размеров наночастиц сепарацией по массе, на них действуют силы:

- А) центростремительная сила
- Б) силы электрического поля**
- В) центробежная сила**
- Г) сила трения
- Д) аэродинамическая сила воздуха**

84. При малоугловом рассеянии рентгеновского излучения нанослоистыми материалами наблюдают:

- А) рефлексы Миллера-Фишера
- Б) осцилляции Киссига**
- В) плазмонные осцилляции

85. Работа просвечивающего электронного микроскопа основана на:

- А) Дифракции рентгеновских лучей
- Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
- В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ**

86. Из каких материалов обычно изготавливается катод термоэлектронной пушки?

- А) любой тугоплавкий металл
- Б) платина или платино-иридиевый сплав
- В) вольфрам или гексаборид лантана**
- Г) золото

87. Что представляет собой образец при работе на ПЭМ?

- А) нет особых требований для образца
- Б) толщина менее 200 нм**
- В) порошок
- Г) должен быть обязательно прозрачным
- Д) высокая чистота поверхности, толщина не имеет значения

88. Можно ли использовать токонепроводящие образцы для исследования на СЭМ?

- А) невозможно
- Б) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ
- В) возможно, но зависит конкретно от состава образца
- Г) возможно, но необходимо нанести токопроводящее покрытие
- Д) возможно без нанесения токопроводящего покрытия, но необходимо использовать режимы низкого напряжения СЭМ или нанести токопроводящее покрытие**

Типовые вопросы

89. Почему для покрытий токонепроводящих образцов при работе СЭМ предпочтительнее использовать тяжелые металлы?

- А) при работе на СЭМ нельзя исследовать токонепроводящие образцы
- Б) используют любые токопроводящие материалы
- В) покрытие с тяжелыми металлами может увеличить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером**
- Г) это неверное утверждение
- Д) покрытие с тяжелыми металлами может понизить соотношение сигнал / шум для образцов с низким атомным номером

90. На чем основан элементный анализ поверхности методом РФЭС?

- А) на регистрации спектра характеристического рентгеновского излучения от образца
- Б) на регистрации энергетического распределения электронов, образовавшихся при ионизации остовных электронных оболочек атомов**
- В) на регистрации энергетического распределения электронов, отраженных от поверхности образца
- Г) на дифракции рентгеновского излучения при взаимодействии с поверхностью образца

91. Какую информацию позволяет получить метод РФЭС?

- А) только элементный состав поверхностного слоя
- Б) относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое**
- В) элементный состав и характер химических связей отдельных элементов в анализируемом слое**
- Г) кристаллическую структуру и топографию поверхности

92. Какие факторы определяют глубину анализируемого слоя методом РФЭС?

- А) глубина проникновения рентгеновского излучения в образец
- Б) коэффициент поглощения рентгеновского излучения
- В) длина свободного пробега фотоэлектронов по отношению к неупругим процессам в образце**
- Г) угол, под которым фотоэлектроны собираются энергоанализатором**

93. Какая информация содержится в химических сдвигах, определяемых методом РФЭС?

- А) только об элементном составе поверхностного слоя
- Б) о характере химических связей отдельных элементов в анализируемом слое**
- В) о кристаллической структуре и топографии поверхности

94. Выберите из приведенных ниже утверждений верные.

- А) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС возможна электрическая зарядка поверхности**
- Б) При исследовании диэлектрических образцов методом РФЭС не происходит накопления электрического заряда на поверхности
- В) Электрическая зарядка поверхности не сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре
- Г) Электрическая зарядка поверхности сказывается на положении линий в фотоэлектронном спектре**

Типовые вопросы

95. Какие из приведенных ниже утверждений являются верными?

- А) Метод РФЭС является разрушающим
- Б) Метод РФЭС является неразрушающим**
- В) Метод РФЭС позволяет определять относительные атомные концентрации элементов в анализируемом поверхностном слое**
- Г) Глубина анализируемого слоя при использовании метода РФЭС определяется глубиной проникновения рентгеновского излучения в образец

96. Работа сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) основана на:

- А) Дифракции рентгеновских лучей
- Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой**
- В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ

97. Каким образом формируется изображение поверхности при работе СТМ?

- А) измеряя изменения в положении острия (то есть расстояние до поверхности образца)
- Б) измеряя либо туннельный ток, либо расстояние в положении острия, при этом второй параметр остается постоянным**
- В) измеряя туннельный ток и поддерживая расстояние от острия до поверхности образца
- Г) измеряя энергию обратно-рассеянных электронов
- Д) измеряя энергию вторичных электронов

98. В каких средах можно работать с образцами в СТМ?

- А) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды
- Б) только в вакууме, но при любой температуре
- В) в вакууме, воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах с температурой окружающей среды, и при температурах в пределах от почти 0 К до более чем 1000°C**
- Г) в воздухе, воде, и различных других жидкостях или газах при любой температуре

99. Какова основная концепция принципа работы СТМ?

- А) такая же, как в ПЭМ и СЭМ, разница в технологическом оснащении
- Б) принцип эффекта Шоттки
- В) принцип пьезоэффекта
- Г) принцип квантового туннелирования**

100. В каком микроскопе используется кантилевер?

- А) Сканирующий атомно-силовой микроскоп**
- Б) Сканирующий туннельный микроскоп
- В) Растровый микроскоп
- Г) Просвечивающий электронный микроскоп

101. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер АСМ?

- А) Должен проводить электрический ток
- Б) Должен быть выполнен из магнитного материала
- В) Должен быть выполнен из закалённой стали
- Г) Должен быть гибким с известной жесткостью**

Типовые вопросы

102. Как величина туннельного тока при работе СТМ зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым образцом?

- А) Линейно возрастает с уменьшением расстояния
- Б) Линейно уменьшается с уменьшением расстояния
- В) Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния**
- Г) Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния

103. Режимы исследования поверхности методом АСМ?

- А) контактный**
- Б) инфузионный
- В) лапароскопический
- Г) бесконтактный**
- Д) прерывисто-контактный**
- Е) инвазивный

104. На чем основан принцип работы АFM?

- А) на регистрации изменения энергии вторичных электронов
- Б) на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом**
- В) на регистрации изменения расстояния между поверхностью и микрозондом
- Г) на регистрации изменения энергии обратно-рассеянных электронов
- Д) на регистрации изменения туннельного тока

105. Решение обратной задачи эллипсометрии позволяет:

- А) Определить параметры модели по измеренным значениям Δ и Ψ**
- Б) Определить угол падения поляризованного излучения
- В) Определить значения Δ и Ψ
- Г) Определить ориентацию эллипса поляризации

106. Коэффициенты Френеля связывают:

- А) Р и S амплитуды падающего излучения
- Б) Р и S амплитуды отраженного излучения**
- В) Р и S амплитуды преломленного излучения
- Г) отношение амплитуд отраженного излучения к падающему

107. Эллипсометрию применяют для:

- А) исследования адсорбционных процессов**
- Б) исследования формирования переходных слоев**
- В) оценки наведенной неоднородности поверхности
- Г) определения толщины покрытия**
- Д) определения текстуры поверхности
- Е) оценки степени легирования полупроводника**

Критерии оценивания

Оценка выставляется преподавателем по результатам проверки правильности ответов на тестовые задания по следующей шкале баллов:

Менее 60,99 % правильно выполненных заданий	Неудовлетворительно
61-70,99 % правильно выполненных заданий	Удовлетворительно
71-80,99% правильно выполненных заданий	Хорошо
81-100% правильно выполненных заданий	Отлично

2.2. Типовые вопросы для проведения опроса

1. Химические реакции, связанные с темой НИР.
2. Физические теории, описывающие целевые свойства производимых материалов.
3. Выбор методов исследования для определения заданной физико-химической характеристики вещества или материала.
4. Обоснование выбора темы НИР исходя из литературных данных.
5. Обоснование цели и задач НИР.
6. Наноматериалы и нанопокрывтия, используемые в работе.
7. Методы синтеза наноматериалов и нанопокровтий, используемых в работе.
8. Методы исследования наноматериалов и нанопокровтий, используемых в работе.
9. Технологическое оборудование, использованное при проведении НИР.
10. Исследовательские приборы, использованные в ходе НИР.
11. Прикладные программы, использованные при моделировании поверхностных процессов в ходе НИР.
12. Краткий анализ экспериментальных результатов НИР.
13. Обоснование выбора экспериментальных методик, использованных в ходе НИР.
14. Обоснование выводов НИР.
15. Сопоставление результатов НИР с результатами работы предшественников.

Критерии оценивания ответов

- Оценка «5» («отлично») ставится в том случае, если отвечающий показывает верное понимание сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, дает точное определение и истолкование основных понятий, а также правильное определение величин, их единиц и способов измерения; строит ответ по собственному плану, сопровождает рассказ собственными примерами, умеет применить знания на практике; может установить связь между разделами изученного материала, а также с материалом, усвоенным при изучении других дисциплин.
- Оценка «4» («хорошо») ставится, если ответ отвечающего удовлетворяет основным требованиям на оценку «5», но дан без использования собственного плана, новых примеров, без применения знаний в новой ситуации, без использования связей; если отвечающий допустил одну ошибку или не более двух недочетов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.
- Оценка «3» («удовлетворительно») ставится, если отвечающий правильно понимает сущность изучаемого материала, явления и закономерностей, но в ответе имеются отдельные пробелы, не препятствующие дальнейшему усвоению материала; умеет применять полученные знания в простых ситуациях с использованием алгоритма, но затрудняется решать задачи, если это требует усложнения работы; допустил не более одной грубой ошибки или двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибок, не более 2-3-х негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, допустил 4-5 недочетов.
- Оценка «2» («неудовлетворительно») ставится, если отвечающий не овладел основными знаниями, умениями, навыками в соответствии с требованиями программы и допустил больше ошибок и недочетов, чем необходимо при оценке «3»

2.3 Требования к отчету по практике и критерии его оценивания

По итогам проведения практики каждый слушатель представляет оформленный письменный отчет и отзыв руководителя практики. Объем отчета должен составлять 25 – 40 страниц.

Отчет о практике должен содержать:

- титульный лист, оформленный согласно приложению А;
- задание и календарный план практики, подписанные руководителями практики (приложение Б);
- отзыв руководителя практики (приложение В);
- введение;
- анализ выполненной работы;
- заключение;
- источники информации.

Критерии оценивания отчета по практике

Оценка отчета	Критерии оценки
Зачет	- в отчете отражены результаты выполнения задания практики; - в отчете отражены трудности, возникшие в ходе выполнения задания практики; - в отчете сделаны выводы о выполнении задания практики; - отчет представлен на проверку в установленные сроки.
Зачет	- в отчете отражены результаты выполнения задания практики; - в отчете не отражены трудности, возникшие в ходе выполнения задания, или отражены частично; - в отчете сделаны выводы о выполнении задания практики; - отчет представлен на проверку в установленные сроки.
Незачет	- в отчете не отражены результаты выполнения задания; - в отчете не отражены трудности, возникшие в ходе выполнения задания; - в отчете не сделаны выводы о выполнении задания практики; - отчет представлен на проверку с нарушением сроков.

2.4 Критерии итоговой оценки практики

Аттестация по итогам практики проводится на основании оформленного отчета, тестирования/опроса и отзыва руководителя практики. По итогам положительной аттестации слушателю выставляется зачет.

Оценка	Критерии оценки
Зачет	Содержание ответов на вопросы свидетельствует об уверенных знаниях слушателя и о его умении качественно решать профессиональные задачи, соответствующие данному этапу подготовки, качественное оформление отчета. Имеется положительная оценка руководителя практики.
Зачет	Содержание ответов свидетельствует о достаточных знаниях слушателя и о его умении решать профессиональные задачи, но при наличии в содержании отчета и его оформлении небольших недочетов или недостатков. Имеется положительная оценка руководителя практики.
Зачет	Слушатель знает учебный материал в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой практики, при наличии в содержании отчета и его оформлении недочетов или недостатков, затруднениях при ответах на вопросы. Имеется положительная оценка руководителя практики.
Незачет	Слушатель не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании программы без дополнительных занятий, при наличии в содержании отчета и его оформлении существенных недочетов или недостатков, несамостоятельности изложения материала, общего характера выводов и предложений, отсутствии наглядного представления работы и ответов на вопросы. Оценка руководителя практики неудовлетворительная.

6.2. Оценочные материалы для итоговой аттестации

Итоговая аттестация проводится в форме зачета в форме выпускной аттестационной работы.

Наименование дисциплин / модулей / практик	Всего часов	В т.ч. с использованием ЭО и ДОТ	В том числе					Формы контроля*/ аттестации	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Промежуточная / итоговая аттестация		
Итоговая аттестация	54	52	-	6	-	46	2		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2
Защита выпускной аттестационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	54	52	-	6	-	46	2	Выпускная аттестационная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2

Итоговая аттестация является заключительным и обязательным этапом формирования компетенций, овладения видами деятельности, контроля и оценки качества освоения профессиональной программы:

Виды деятельности	Результаты обучения: освоенные компетенции (предмет(ы) оценивания)	Объект(ы) оценивания	Показатели оценки результата
ВД-1 Разработка типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-1.1 Способность использовать современные представления об основных типах неорганических и органических материалов и о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов	Выпускная аттестационная работа	Соответствие предъявляемым требованиям Самостоятельность выполнения работы Верность проведенных расчетов Оригинальность текста Правильность и степень развернутости выводов Актуальность темы Научно-практическое значение темы Качество выполнения работы Оригинальность текста Содержательность доклада и ответов на вопросы Наглядность представленных результатов исследования в форме слайдов.
	ПК-1.2 Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в наноразмерных материалах при их получении, обработке и модификации	Защита выпускной аттестационной работы	
	ПК 1.3 Знание традиционных и новых технологий получения тонкопленочных наноматериалов и методов контроля их качества на различных этапах получения		
ВД-2 Сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	ПК-2.1 Готовность использовать традиционные и новые технологические процессы нанесения наноразмерных пленок на поверхность материалов различной формы и генезиса		
	ПК-2.2 Использование современных физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов и нанопокровтий различного назначения		

6.2.1 Защита выпускной аттестационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

Содержание практических занятий в ходе подготовки к процедуре защиты выпускной аттестационной работы

Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы
Тема 1 Методические рекомендации по выполнению выпускной аттестационной работы (ВАР) Общие положения о порядке выполнения ВАР, требования к структуре, содержанию, оформлению ВАР.	1
Тема 2 Требования к ВАР и порядку ее выполнения Порядок выполнения работы, сроки ее представления и организация защиты, а также общие подходы к подготовке публичной защиты выпускной работы. Порядок защиты ВАР. Процедуры и критерии оценивания. Выбор темы ВАР.	1
Тема 3 Консультирование слушателей по выполнению ВАР Обсуждение индивидуальных вопросов выполнения ВАР	4
ИТОГО	6

Для выполнения выпускной аттестационной работы слушателю назначается руководитель из числа педагогических работников СПбГТИ(ТУ).

План подготовки, структура ВАР, а также знакомство с подготовкой и процедурой защиты проводится в форме практических занятий. При этом определяется тема ВАР, формулируются цель и актуальность исследования, основные этапы и сроки выполнения различных разделов ВАР.

ВАР состоит из отчета о выполненной работе (пояснительная записка) и графической части (презентации). Отчет должен содержать следующие разделы, требования к содержанию которых определяются научным руководителем совместно со слушателем:

Титульный лист

Задание на выполнение выпускной аттестационной работы

Реферат

Содержание

Введение

1 Аналитический обзор

2 Цель и задачи работы

3 Экспериментальная часть

3.1 Материалы исследования

3.2 Методы исследования и обработка экспериментальных данных

3.3 Результаты исследования, их анализ и обсуждение

4 Выводы по работе

Список использованных источников

Приложения

Выпускная аттестационная работа:

- проходит проверку на антиплагиат (оригинальность текста не должна быть менее 70%);
- может проходить рецензирование (в случае междисциплинарного характера – несколькими специалистами в соответствующих отраслях знаний);

Руководитель ВАР предоставляет отзыв на нее по результатам работы слушателя.

Для допуска к защите ВАР должны быть представлены:

- пояснительная записка выпускной аттестационной работы;
- текст доклада и презентация.

Защита ВАР проводится в форме сообщения (доклада), которое иллюстрировано демонстрационными материалами с краткими текстовыми формулировками цели, решаемых задач, итогов работы, основными формулами, функциональными и принципиальными схемами, эскизами и чертежами устройств, таблицами и графиками полученных зависимостей, прочими наглядными материалами.

Виды демонстрационных материалов:

- компьютерная презентация (набор слайдов, проецируемых с компьютера на экран).

После доклада слушатель отвечает на вопросы членов государственной аттестационной комиссии.

Перечень типовых тем ВАР

1. Влияние гранулометрического состава оксида алюминия на спекание изоляционной керамики.
2. Закономерности формирования фосфороксидных наноструктур на поверхности $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ методом молекулярного наслаивания
3. Влияние элементоксидных наноструктур на термические превращения многокомпонентной керамической массы
4. Синтез и свойства фосфорсодержащего силикагеля
5. Анализ процессов синтеза ванадий-оксидных структур на поверхности кремнезема
6. Анализ взаимодействия паров воды с низкоразмерными ванадий-содержащими структурами на поверхности кремнезема
7. Сорбционно-индикаторные свойства по отношению к парам воды системы "ванадий-содержащий силикагель – полимерная пленка"
8. Модифицирование поверхности твердофазных матриц с целью создания функциональных нанопокровов
9. Морфология и свойства полимерных материалов в процессах газофазного модифицирования
10. Синтез и оптические характеристики двухкомпонентного титан-кремнийоксидного слоя на поверхности оптических волокон
11. Синтез одно- и многокомпонентных структур ЭO_x ($\text{Э} = \text{Mo}, \text{V}, \text{Ti}, \text{Nb}$) на поверхности неорганических матриц и их каталитические свойства в реакциях окислительного дегидрирования органических веществ
12. Синтез многослойных тонких функциональных покрытий на поверхности

Критерии оценки ВАР руководителем

Руководитель ВАР предоставляет отзыв на нее по результатам работы слушателя, в котором, в том числе, отражает рекомендуемую оценку ВАР:

- «5» - выполненная работа соответствует всем требованиям; в представленном документе правильно и аккуратно выполнены все записи и сделаны выводы;
- «4» - в выполненной работе есть ряд недочетов или не более одной негрубой ошибки и одного недочета; сделаны неполные выводы;
- «3» - работа выполнена правильно не менее чем наполовину, однако объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;
- «2» - выполненная работа сделана на половину и меньше; допущены грубые ошибки, повлиявшие на результат выполнения работы, не сделаны выводы.

Перечень типовых вопросов, задаваемых на защите ВАР, для оценки результатов освоения образовательной программы

1. Каковы цели и задачи ВАР?
2. Каков объект и предмет исследования.
3. В чем актуальность выбранной темы ВАР?
4. Характеристика современного состояния изучаемой проблемы.
5. Характеристика методологического аппарата.
6. Какие основные литературные (научные монографии, статьи в научных журналах и сборниках научных трудов, авторефераты диссертаций, диссертации), патентные, интернет- и иных информационные источники были использованы в качестве теоретической базы исследования?
7. Методология оценки достоверности и достаточности результатов?
8. Какие основные методы исследования использованы в ВАР?
9. Какова практическая применимость полученных результатов?
10. Какие методы обработки статистических данных использованы в ВАР?
11. Какие публикации имеются по теме ВАР? В каких изданиях?
12. Имеются ли патенты или заявки на изобретение по теме ВАР?
13. Есть ли методические разработки по теме ВАР?
14. Каково практическое применение разработанных мероприятий в ВАР?
15. Какие точки зрения существуют в научной литературе по теме Вашего исследования?
16. Сформулируйте основные результаты Вашего исследования с практической точки зрения.

Критерии выставления оценок по результатам защиты ВАР

Оценка результата защиты ВАР проводится на заседании аттестационной комиссии. За основу принимаются следующие критерии:

- актуальность темы;
- научно-практическое значение темы;
- качество выполнения работы;
- содержательность доклада и ответов на вопросы;
- наглядность представленных результатов исследования в форме слайдов.

Обобщённая оценка защиты выпускной аттестационной работы определяется с учётом отзыва руководителя и рецензента (при наличии), уровня оригинальности текста ВАР.

Результаты защиты оцениваются по традиционной шкале оценивания:

- оценка **«отлично»** выставляется за глубокое раскрытие темы, качественное оформление работы, содержательность доклада и презентации, высокий уровень оригинальности текста ВАР (более 75%);
- оценка **«хорошо»** выставляется при соответствии с выше перечисленными критериям, но при наличии в содержании работы и её оформлении небольших недочётов или недостатков в представлении результатов к защите; уровень оригинальности текста ВАР (более 70%)
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы, уровень оригинальности текста ВАР (более 60%);
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное раскрытие темы, несамостоятельность изложения материала, выводы и предложения, носящие общий характер, отсутствие наглядного представления работы и ответов на вопросы, уровень оригинальности текста ВАР (менее 60%).

7 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

7.1. Учебно-методическое обеспечение программы

7.1.1. Основная литература:

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на минидифрактометре «Дифрей»: учебное пособие / А.М.Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2008. - 95 с.
2. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
3. 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.
4. Громов, В.К. Введение в эллипсометрию: Учебное пособие / В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1986.- 191 с.
5. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с.
6. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1
7. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 22 с.
8. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с.
9. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с.
10. Кольцов, С.И. Спектроскопическая эллипсометрия в исследовании поверхности твердых веществ: Учебное пособие / С.И.Кольцов, В.К.Громов; МВ и ССО РСФСР, ЛТИ им. Ленсовета. Кафедра химии твердых веществ.- Ленинград: ЛТИ им. Ленсовета, 1988.- 78 с.
11. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; 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. - 74 с.

12. 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.
13. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин. - Москва: Техносфера, 2006. - 159 с. - ISBN 5-94836-098-9
14. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
15. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
16. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
17. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Анализ продуктов молекулярного наслаивания методами Атомно-Силовой Микроскопии: Учебное пособие / Е.А.Соснов, А.С.Ципанова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2022.- 54 с.
18. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
19. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
20. Фундаментальные и прикладные основы нанотехнологии молекулярного наслаивания: Учебное пособие. / С.И.Кольцов, А.А.Малыгин, 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), 2021. - 279 с.
21. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. - Москва: Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

7.1.2. Вспомогательная литература:

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.
2. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
3. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с.

5. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. – ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
6. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л.Миронов. - Москва: Техносфера, 2005. - 144 с. - ISBN 5-94836-034-2
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: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
8. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
9. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение: сб. научн. тр. / под ред. У.Жу, Ж.Л.Уанга.- Москва: Лаборатория знаний, 2021.- 601 с.- ISBN 978-5-00101-142-2. // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
10. 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
11. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов: Учебное пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
12. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Троян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.

7.1.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;
<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ», «Профессия»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);
www.consultant.ru - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;
www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;
<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;
<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство ИОР (Великобритания);
www.oxfordjournals.org - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;
<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));
<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);
<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;
<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.
<http://science.sciencemag.org>, обеспечивающий доступ к полнотекстовым материалам академического мультидисциплинарного журнал Science;
<https://scholar.google.ru>, Сервис компании Google ("Link resolver"), позволяющий осуществлять поиск библиографических ссылок, рефератов и полнотекстовых вариантов научных публикаций по широкому спектру источников информации.

7.2. Материально-техническое обеспечение программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Среда дистанционного обучения Moodle. Виртуальные аналоги специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий – личный кабинет слушателя	лекции, практические занятия, самостоятельная работа, промежуточная аттестация	Компьютер с выходом в Интернет
Технологическая лаборатория	лабораторные занятия	Технологические установки молекулярного наслаивания, ПО управлением процессом молекулярного наслаивания нанопокровов заданной толщины и состава (Св-во регистрации программы ЭВМ RU 2020618405) Оборудование для проведения физико-химических исследований тонких пленок, ПО управления соответствующим оборудованием, ПО обработки ЭСДО (Св-во регистрации программы ЭВМ RU 2022617223)
Аудитория	итоговая аттестация	Компьютер, мультимедийный проектор, экран

7.3. Кадровые условия реализации программы

Программа реализуется квалифицированными специалистами в области создания наноразмерных покрытий по технологии молекулярного наслаивания из числа сотрудников Первого всероссийского Инжинирингового центра технологии молекулярного наслаивания (ИЦТМН) СПбГТИ(ТУ).

8. ИНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Иные компоненты отсутствуют.

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

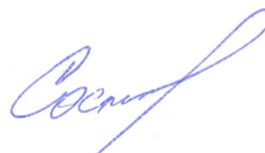
Дополнительные сведения по программе «Химические технологии получения тонких пленок»:

Сведения о разработке: впервые; новая редакция; с изменениями и/или дополнениями	–	разработана впервые
Программа одобрена на заседании	–	кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники 26.04.2022, протокол № 9
Соотнесение программы к укрупненной группе направлений подготовки (код, наименование)	–	22.00.00 Технологии материалов
Соотнесение программы к направлению подготовки (специальности) высшего образования (бакалавриата, специалитета, магистратуры, аспирантуры) или СПО (код, наименование)	–	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Организация, по инициативе которой осуществляется дополнительное профессиональное образование	–	СПбГТИ(ТУ)

10. СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТЧИКАХ

10.1. Разработчики программы:

Доцент каф. ХНиМЭТ СПбГТИ(ТУ),
к.х.н., доцент,
Вед. научн. сотр. ИЦТМН СПбГТИ(ТУ)



Е.А. Соснов

10.2. Руководитель структурного подразделения, разработавшего программу:

Зав. каф. ХНиМЭТ СПбГТИ(ТУ)
д.х.н., профессор,
Директор ИЦТМН СПбГТИ(ТУ)



А.А. Малыгин