

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



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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«20» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСИСТЕМ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки  
**22.03.01 Материаловедение и технология материалов**  
Направленность программы бакалавриата  
**Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем**

Квалификация  
**Бакалавр**  
Форма обучения  
**Очная**

Факультет **Химии веществ и материалов**  
Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург  
2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент С.Д.Дубровенский
Доцент		Е.О. Дроздов

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования наносистем и наноматериалов»  
обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии  
и материалов электронной техники

протокол от 22.06.2021 № 10

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 16.09. 2021 № 1

Председатель

доцент С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.В. Захарова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины .....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины ....	06
4.3. Занятия лекционного типа .....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия .....	08
4.5. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	14

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-2</b> 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</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Способен использовать физико-химических методов исследования для контроля и диагностики наноматериалов, в том числе при их модифицировании и получении наноструктурированных композиционных материалов</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- комплекс физико-химических методов исследования наносистем и наноматериалов (ЗН-1).</li> <li>- методы диагностики, контроля и испытаний исходного сырья, целевых продуктов, процессов их производства и модификации (ЗН-2).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов (У-1).</li> <li>- осуществлять испытания и контроль, в том числе, применяя стандартные и сертифицированные методики, материалов и изделий электронной техники (У-2).</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конкретными методами физико-химического контроля, диагностики сырья и продуктов, в том числе при получении наноструктурированных покрытий (Н-1).</li> <li>- методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов исследования (Н-2).</li> </ul>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Методы исследования твердотельных материалов" относится к части Блока 1 образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.04) и изучается на 4 году обучения в 7 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов математики, физики, общей и неорганической химии, физической химии, коллоидной химии, кристаллохимии и кристаллографии.

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

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>8 / 288</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>126</b>
занятия лекционного типа	54
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	—
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	72 (72)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>122</b>
<b>Формы текущего контроля</b>	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Общая классификация физико-химических методов исследования	4				ПК-2.1
2	Колебательная спектроскопия: ИК и КР-спектроскопия	10		18		ПК-2.1
3	Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра	10		18		ПК-2.1
4	Рентгеновская и электронная спектроскопия	10			42	ПК-2.1
5	Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей, нейтронов, электронов	10		18	40	ПК-2.1
6	Исследование морфологии и топографии методами электронной микроскопии	10		18	40	ПК-2.1
<b>ИТОГО</b>		<b>54</b>		<b>72</b>	<b>122</b>	

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-2.1	Общая классификация физико-химических методов исследования Колебательная спектроскопия: ИК и КР-спектроскопия Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра Рентгеновская и электронная спектроскопия Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей, нейтронов, электронов Исследование морфологии и топографии методами электронной микроскопии

#### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Общая классификация и принципы физико-химических методов исследования</b></p> <p>Общие принципы физико-химических методов анализа. Классификация по природе возбуждающего воздействия и регистрируемых частиц. Форма спектров и их математическая обработка. Естественное и аппаратное уширение. Количественный анализ спектров поглощения электромагнитного излучения.</p>	4	Лекция-беседа
2	<p><b>Колебательная спектроскопия: ИК и КР-спектроскопия</b></p> <p>Аппаратная реализация ИК-спектроскопии: источники и детекторы ИК-излучения, спектроскопия пропускания, зеркального отражения, НПВО и МНПВО, диффузного отражения, фотоакустическая. Роль пробоподготовки для твердых веществ и наноматериалов.</p> <p>Спектроскопия комбинационного рассеяния: теоретические основы и аппаратная реализация, правила отбора, пробоподготовка. Взаимно дополнительный характер ИК- и КР-спектров.</p>	10	Лекция-беседа
3	<p><b>Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра</b></p> <p>Оптическая спектроскопия. Электронный терм, правила отбора. Адиабатическое приближение. Принцип Франка-Кондона. Стоксовы и антистоксовы смещения в абсорбционных и эмиссионных спектрах. Электронно-колебательное расщепление и вибронные спектры.</p> <p>Особенности методик исследования твердых тел, оптические эффекты, отражение, формулы Френеля, спектроскопия пропускания, зеркального и диффузного отражения.</p>	10	Лекция-беседа
4	<p><b>Рентгеновская и электронная спектроскопия</b></p> <p>Общие принципы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Красная граница и сечение фотоэффекта. Рентгеновская спектроскопия поглощения: широкополосная, спектроскопия тонкой и протяженной тонкой структуры края поглощения (XAS, XANES, EXAFS). Теоретические принципы и устройство спектрометров. Механизмы релаксации фотоэффекта и семейство методов рентгеновской спектроскопии. Области применения..</p>	10	Лекция-беседа
5	<p><b>Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей, нейтронов, электронов.</b></p> <p>Основные принципы дифракционного анализа твердофазных материалов. Области применения и интерпретация дифрактограмм.</p>	10	Лекция-беседа
6	<p><b>Исследование морфологии и топографии методами электронной микроскопии</b></p>	10	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Разновидности электронной микроскопии. Электронная микроскопия пропускания: основные принципы, аппаратная реализация, разрешающая способность, проблемы пробоподготовки. Сканирующая электронная микроскопия: основные принципы, аппаратная реализация		

#### 4.4. Занятия семинарского типа

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

##### 4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Техника и методика ИК-спектроскопии.	8	8	
	Изучение оксидных наноструктур на поверхности полимерных материалов методом ИК-Фурье спектроскопии.	10	10	
3	Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ.	6	6	
	Определение состояния элементов в оксидных нанослоях на дисперсных твердофазных матрицах по спектрам диффузного отражения	12	12	
5	Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ	18	18	
6	Определение параметров кристаллической решетки пленочного образца.	18	18	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Аналитические возможности Оже-спектроскопии для анализа профилей распределения элементов по глубине и контроля состава поверхности материалов электронной техники	12	КСР
	Области применения рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии	10	КСР



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	Анализ строения некристаллических твердых материалов методом спектроскопии EXAFS	20	КСР
5	Электронно- и нейтронографии. Различия аппаратного обеспечения дифракционных измерений.	40	КСР
6	Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел	20	КСР
	Аналитические возможности и особенности пробоподготовки просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения	20	КСР

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

1. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д. Дубровенский.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.– 49 с. (ЭБ)

2. Бёккер, Ю. Спектроскопия / Ю.Бёккер; пер. с нем. Л.Н.Казанцевой, под ред. А.А. Пупышева, М.В.Поляковой - М.: Техносфера, 2009.- 527 с.

3. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 15 с.

4. 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 - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 21 с.

5. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум. / Н.В.Захарова - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 28 с. (ЭБ)

6. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБОМЕТР–2.0»: Методические указания./ А.А. Малков, А.Ю. Шевкина - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 28 с.

7. Трифонов, С.А. Исследование твердофазных материалов методом дифференциального термического анализа. Метод. указания / С.А. Трифонов - СПб.: СПбГТИ (ТУ). 2006. – 15 с.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 7 семестра в виде экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу — до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Классификация и общие характеристики физико-химических методов исследования твердых веществ. Спектроскопия и микроскопия. Возбуждающие воздействия и регистрируемые частицы. Шкала энергии электромагнитных волн.

2. Источники и детекторы рентгеновского излучения. Основные принципы действия и конструкции рентгеновской трубки. Спектр излучения рентгеновской трубки. Синхротронное излучение

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Бёккер, Ю. Спектроскопия / Ю.Бёккер; пер. с нем. Л.Н.Казанцевой, под ред. А.А. Пупышева, М.В.Поляковой - Москва: Техносфера, 2009.- 527 с. - ISBN 978-5-94836-220-5
2. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д.Дубровенский; 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. - 49 с.
3. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич - Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2011.- Ч.1 : Общие вопросы спектроскопии. - 5-е изд.- 2011.- 236 с. - ISBN 978-5-397-01833-3
4. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2007-2009. Ч.2 : Атомная спектроскопия.- 5-е изд.- 2009.- 415 с. - ISBN 978-5-397-00110-6
5. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2007-2009. Ч.3 : Молекулярная спектроскопия.- 5-е изд.- 2009.- 527 с. - ISBN 978-5-397-00055-0
6. 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.
7. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 16 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. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБОМЕТР–2.0»: методические указания к лабораторной работе / А.А.Малков, А.Ю. Шевкина; 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. – 28 с.

10. 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
11. 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
12. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: методические указания к лабораторной работе / С.А.Трифонов, Т.С.Павленко; 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. – 21 с.

#### **б) электронные издания:**

1. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д.Дубровенский; 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. - 49 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Атомно-абсорбционный анализ: Учебное пособие / А.А. Ганеев [и др.]. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011.- 304 с. - ISBN 978-5-8114-1117-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. 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. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. 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.

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - [media.technolog.edu.ru](http://media.technolog.edu.ru)
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет;
4. Электронная библиотека - <http://elibrary.ru>.
3. Программный пакет MathCAD
4. Программный пакет MS EXCEL

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

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

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

В качестве рекомендаций по использованию Интернет-ресурсов можно предложить следующий план работы с Интернет-источниками:

- осуществить поиск библиографической информации на заданную тему на сайтах издательств: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com), [www.pubs.acs.org](http://www.pubs.acs.org), [www.rsc.org](http://www.rsc.org), [www.wiley.com](http://www.wiley.com), [www.springer.com](http://www.springer.com), [www.journals.aip.org](http://www.journals.aip.org), [www.publishaps.org](http://www.publishaps.org), а также с использованием библиографических поисковых систем [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.scirus.com](http://www.scirus.com)

- осуществить поиск патентной информации на заданную тему на сайтах [www.dpma.de](http://www.dpma.de), [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

- для ознакомления с возможностями библиографических и химически баз данных, способам и условиям доступа к ним в режиме on- и off-line обратиться к сайтам [www2.viniti.ru](http://www2.viniti.ru), [www.cas.org](http://www.cas.org), [www.belstein.com](http://www.belstein.com), [www.gmelin.com](http://www.gmelin.com), [www.e-library.ru](http://www.e-library.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

- среди найденного материала, в первую очередь, необходимо просматривать сайты со строгим соответствием запросу и только затем просматривать остальные найденные сайты;

- при необходимости возможно напрямую обратиться к тому или иному сайту. Например, при поиске информации полезным может оказаться сайт [www.rushim.ru](http://www.rushim.ru), а также сайты государственных ВУЗов: МГУ, СПбГУ, АГУ и т.д.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 7 семестра в виде экзамена в устной форме (включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

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

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Представление лекционного материала

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

Программа любого производителя для просмотра файлов \*.swf

Проведение лабораторного практикума:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS EXCEL 97 и выше

Программный пакет MathCAD

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

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

Лабораторные занятия проводятся на базе лабораторного комплекса кафедры.

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

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
"Методы исследования наносистем и наноматериалов"**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-2</b>	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	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2</b> 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	Знает комплекс физико-химических методов исследования наносистем и наноматериалов (ЗН-1).	Правильные ответы на вопросы №№ 1-6 к экзамену	Приводит с ошибками и/или не в полной мере комплекс физико-химических методов исследования наносистем и наноматериалов	Приводит с незначительными неточностями комплекс физико-химических методов исследования наносистем и наноматериалов	Знает в полной мере комплекс физико-химических методов исследования наносистем и наноматериалов
	Знает методы диагностики, контроля и испытаний исходного сырья, целевых продуктов, процессов их производства и модификации (ЗН-2).	Правильные ответы на вопросы №№ 7-13 к экзамену	Слабо ориентируется в методах диагностики, контроля и испытаний исходного сырья, целевых продуктов, процессов их производства и модификации	Приводит с незначительными неточностями методы диагностики, контроля и испытаний исходного сырья, целевых продуктов, процессов их производства и модификации	Знает в полной мере методы диагностики, контроля и испытаний исходного сырья, целевых продуктов, процессов их производства и модификации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Умеет осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов (У-1).	Правильные ответы на вопросы №№ 14-21 к экзамену	Путается при осуществлении выбора оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Умеет с незначительными ошибками осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов	Умеет точно и без ошибок осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов
	Умеет осуществлять испытания и контроль, в том числе, применяя стандартные и сертифицированные методики, материалов и изделий электронной техники (У-2).	Правильные ответы на вопросы №№ 22-29 к экзамену	Путается при практическом осуществлении испытаний и контроля, в том числе, применяя стандартные и сертифицированные методики, материалов и изделий электронной техники	Умеет с небольшими подсказками преподавателя осуществлять на практике испытания и контроль, в том числе, применяя стандартные и сертифицированные методики, материалов и изделий электронной техники	Уверенно практически осуществляет испытания и контроль, в том числе, применяя стандартные и сертифицированные методики, материалов и изделий электронной техники



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет конкретными методами физико-химического контроля, диагностики сырья и продуктов, в том числе при получении наноструктурированных покрытий (Н-1).	Правильные ответы на вопросы №№ 31-37 к экзамену	Имеет слабые навыки владения методами физико-химического контроля, диагностики сырья и продуктов, в том числе при получении наноструктурированных покрытий	Владеет методами физико-химического контроля, диагностики сырья и продуктов, в том числе при получении наноструктурированных покрытий, но допускает незначительные ошибки	Уверенно владеет методами физико-химического контроля, диагностики сырья и продуктов, в том числе при получении наноструктурированных покрытий
	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов исследования (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №№ 38-44 к экзамену	Имеет слабые навыки владения методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа, но допускает незначительные ошибки	Уверенно владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа

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

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

Оценка «хорошо» ставится, если студент демонстрирует полное знание учебно-программного материала, показывает систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, при этом в ответе возможны погрешности, самостоятельно устранимые студентом.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, минимально необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, при этом допускает погрешности в ответе на экзамене, но обладает знаниями для их устранения под руководством преподавателя

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

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2**

1. Классификация и общие характеристики физико-химических методов исследования твердых веществ. Спектроскопия и микроскопия. Возбуждающие воздействия и регистрируемые частицы. Шкала энергии электромагнитных волн.

2. Принципы регистрации спектральных данных. Спектрофотометрия, спектрометрия и фотометрия. Спектральное разрешение. Диспергирующие элементы и монохроматоры, спектральная развертка. Фурье-спектроскопия.

3. Выбор и роль методики исследования. Пробоподготовка. Средства обеспечения надежности и воспроизводимости результатов исследования. Стандартные образцы и эталоны. Поверка и калибровка оборудования. Сертификация.

4. Геометрия спектральных измерений. Спектроскопия пропускания, отражения и рассеяния. Нарушенное полное внутреннее отражение и спектроскопия НПВО и МНПВО. Спектроскопия диффузного отражения.

5. Форма спектров: непрерывные (континуальные), ступенчатые и линейчатые спектры. Уширение спектральных линий: механизмы уширения и форма спектральных контуров (Лоренц, Гаусс, Фохт).

6. Количественная обработка спектров. Аппаратная функция. Интегральная интенсивность. Базовая линия. Деконволюция перекрывающихся полос. Количественный анализ спектров поглощения электромагнитного излучения. Двухлучевая схема измерений

7. Колебательная спектроскопия двухатомных молекул. Гармонический осциллятор, силовая константа, уровни колебательной энергии и фундаментальные колебательные переходы. Нулевые колебания. Правила отбора.

8. Физические причины ангармонизма. Ангармонический осциллятор Морзе: уровни колебательной энергии, коэффициент ангармонизма, обертоны, горячие переходы.

9. Колебательная спектроскопия многоатомных молекул. Общее число нормальных колебаний молекул. Внутренние молекулярные координаты. Классификация нормальных колебаний по форме и симметрии. Роль симметрии при анализе структуры.

10. Теория симметрии. Операции и элементы симметрии. Нотации по Шенфлису и Герману-Могену. Точечные группы симметрии. Иерархия точечных групп. Гармоническое силовое поле, нормальные колебания, форма колебаний. Степень локализации. Характеристические колебания. Изотопный анализ. Влияние вращения на колебания молекул. Вращательно-колебательное расщепление в спектрах. Q,R,P ветви.

11. Колебания в кристаллах. Закон дисперсии. Оптические и акустические фононы. Продольные и поперечные колебательные моды.

12. 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.

13. 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. Метод «отпечатков пальцев»

14. ИК-спектроскопия зеркального отражения. Теоретические основы явления отражения, формулы Френеля. Отражение с поглощением. Показатели преломления и поглощения, коэффициент отражения. Роль поляризации ИК-излучения.

15. Области применения. ИК-спектроскопия НПВО и МНПВО. Теоретические основы. Оптические элементы НПВО. Критический угол. Методика регистрации спектров порошкообразных и пленочных материалов. Области применения.

16. ИК-спектроскопия диффузного отражения. Интегрирующая сфера. Методика регистрации. Количественные измерения. Функция Кубелки-Мунка. Реализация измерений in-situ.

17. Фотоакустическая ИК-спектроскопия. Общие принципы. Устройство спектрометра. Области применения.

18. Спектроскопия комбинационного рассеяния: физические принципы, стоксовы и анистоксовы механизмы эмиссии. Правила отбора. 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

19. Спектроскопия поглощения в области видимого и ближнего УФ света: Механизмы электронных переходов. Интенсивность поглощения. Правила отбора.

20. Квантово-механическое описание электронных переходов. Уравнение Шредингера для водородоподобного атома. Матричный элемент перехода. Количественные характеристики поглощения и связь между ними: матричный элемент, коэффициент экстинкции, коэффициенты Эйнштейна, сила осциллятора, интегральная интенсивность. Количественный анализ.

21. Спектроскопия поглощения в области видимого и ближнего УФ света: Источники излучения и детекторы. Принципиальные схемы измерения. Спектроскопия пропускания, отражения и диффузного отражения. Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения.

22. Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия. Правила отбора. Спектральные термы Аппаратная реализация. Качественный и количественный анализ.

23. Спектроскопия в области видимого и ближнего УФ света молекулярных и ионных объектов. Теоретические основы. Метод МО ЛКАО и самосогласованное поле. Диаграммы молекулярных орбиталей. Молекулярные термы. Адиабатическое приближение. Принцип Франка-Кондона. Стоксовы и анистоксовы смещения. Электронно-колебательное расщепление и вибронные спектры.

24. Спектроскопия в области видимого и ближнего УФ света твердотельных объектов: Теоретические основы. Обратная решетка, зона Бриллюэна. Статистика Ферми и плотность состояний. Зонная структура. Запрещенная зона и край фундаментального

поглощения. Особенности методик исследования твердых тел (пропускание, отражение). Качественный и количественный анализ.

25. Эмиссионная спектроскопия в области видимого света. Механизмы электронных переходов. Интенсивность эмиссии и время затухания. Флуоресценция и фосфоресценция. Стоксовы и антистоксовы сдвиги в эмиссионных спектрах. Аппаратная реализация.

26. Механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Границы фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар. Обозначения электронных уровней в рентгеновской спектроскопии. Вероятность и сечение фотоэффекта.

27. Источники и детекторы рентгеновского излучения. Основные принципы действия и конструкции рентгеновской трубки. Спектр излучения рентгеновской трубки. Синхротронное излучение.

28. Широкополосная рентгеновская спектроскопия поглощения. Форма и интерпретация спектров рентгеновского поглощения. Элементный анализ

29. Спектроскопия тонкой структуры вблизи края рентгеновского поглощения (XANES). Природа пика предвозбуждения. Анализ степени окисления и координационного окружения атомов твердого тела.

30. Спектроскопия растянутой тонкой структуры рентгеновского поглощения (EXAFS). Радиальная функция распределения. Анализ локальной структуры некристаллических твердых тел.

31. Рентгеновская флуоресценция: физические принципы, способы возбуждения и регистрации, вероятность переходов, форма и интерпретация спектров.

32. Рентгено-зондовый микроанализ: физические принципы, способы возбуждения и регистрации, поверхностная чувствительность и пространственное разрешение.

33. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС): физические принципы, источники рентгеновского излучения, форма спектров, элементная чувствительность, качественный и количественный элементный анализ.

34. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС): анализ химического состояния и химические сдвиги, глубина анализа и поверхностная чувствительность, профиль распределения элементов по глубине, послойный анализ.

35. 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.

36. Дифракция рентгеновских лучей. Основные принципы. Закон Вульфа-Брэгга. Атомный фактор рассеяния. Аппаратная реализация и области применения.

37. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ. Исследование монокристаллов, порошков, некристаллических и частично-кристаллических твердых веществ. Порошковые рентгенограммы.

38. Основные элементы микроскопии. Общие характеристики: увеличение, разрешающая способность, контраст. Числовая апертура. Темнопольные и светлопольные изображения. Оптическая микроскопия. Области применения

39. Электронная микроскопия пропускания. Физические принципы и аппаратное оформление. Пробоподготовка и требования к образцу. Области применения.

40. Сканирующая электронная микроскопия. Физические принципы и аппаратное оформление. Области применения

41. Дифференциально-термические методы анализа. Основные принципы. Конструкция дериватографа. Условия регистрации.

42. Дифференциально-термические методы анализа. Интерпретация и обработка регистрируемых данных. Анализ термических превращений и фазовых переходов.

43. Анализ кислотно-основных центров поверхности методом адсорбции индикаторов. Основные принципы. Методика измерений. Интерпретация результатов. Оценка концентрации Бренstedовских и Льюисовских кислотных центров.

44. Характеристики дисперсных и пористых материалов. Анализ удельной поверхности методом низкотемпературной адсорбции газов. Основные принципы и аппаратная реализация.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает 2 вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

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