

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гарабаджи Александр Васильевич  
Должность: Проректор по научной работе  
Дата подписания: 27.10.2022 15:37:03  
Уникальный программный ключ:  
2ea3ff15780b14e19baa351d5ee88f3b0fccef82



## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_ А.В.Гарабаджи  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины  
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Направление подготовки  
**04.06.01 – Химические науки**

Направленность программы аспирантуры  
**Химия твердого тела**

Научная специальность  
**02.00.21 – Химия твердого тела**

Квалификация  
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**Очная**

Санкт-Петербург  
2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Химия твердого тела» обсуждена на заседании кафедры Химической нанотехнологии и материалов электронной техники  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 № \_\_

Заведующий кафедрой  
Химической нанотехнологии и  
материалов электронной техники

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета Химии веществ и материалов  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 № \_\_

Председатель

доцент С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки 04.06.01 – Химия		профессор А.А. Малыгин
Руководитель направленности подготовки «Химия твердого тела»		профессор А.А. Малыгин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		доцент О.Н. Еронько

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа .....	7
4.3. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) .....	11
4.4. Самостоятельная работа .....	11
4.4.1. Темы рефератов .....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	14
6.1. Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по освоению дисциплины .....	14
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	16
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	17
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	17
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	18
10.1. Информационные технологии .....	18
10.2. Программное обеспечение .....	18
10.3. Информационные справочные системы .....	18
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	18
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	18
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации ...	19

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

В результате освоения образовательной программы аспирантуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
<b>УК-1</b>	Обладает способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<b>Знает:</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. <b>Умеет:</b> критически анализировать и оценивать современные научные достижения; формулировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач; применять системный подход к науке. <b>Владеет:</b> навыками пользования источниками поиска современных достижений науки и передового опыта.
<b>УК-2</b>	Обладает способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	<b>Знает:</b> основные методы и средства теоретических и эмпирических исследований, методы анализа и оценки полученных результатов на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки <b>Умеет:</b> планировать и проводить комплексные исследования, обрабатывать и анализировать их результаты, оценивать результаты исследований с применением целостного системного научного мировоззрения <b>Владеет:</b> навыками планирования и реализации комплексных исследований, обработки и анализа полученных результатов.
<b>ПК-6</b>	способность и готовность использовать в профессиональной деятельности базовые понятия физической химии твердого тела и наноразмерных систем, квантово-химические и термодинамические подходы для моделирования и прогнозирования состава, строения и свойств твердофазных материалов и процессов для их получения с привлечением современных физико-химических методов исследования.	<b>Знает:</b> основные законы физической химии твердого тела и наноразмерных систем и разработанные в них подходы. <b>Умеет:</b> описывать физическими уравнениями процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами. <b>Владеет:</b> методиками пробоподготовки и регистрации результатов физико-химических методов анализа.

1	2	3
<b>ПК-7</b>	способность к самостоятельной практической научно-исследовательской деятельности в области химии твердого тела по теме кандидатской диссертации.	<b>Знает:</b> оптимальные методы исследований для решения инженерных задач в области технологии твердотельных функциональных наноматериалов <b>Умеет:</b> пользоваться современными методами контроля процессов синтеза твердых веществ с заданными физико-химическими свойствами <b>Владеет:</b> методиками пробоподготовки и регистрации результатов физико-химических методов анализа навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач и научно-исследовательской деятельности в области химии твердого тела

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору (вариативная часть (Б1.В.ДВ.3.7)) и соответствует направленности подготовки "Химия твердого тела". Изучение дисциплины проводится на 3 курсе обучения (5 и 6 семестры) и базируется на знаниях, полученные аспирантами в ходе обучения в бакалавриате (специалитете) и магистратуре при изучении дисциплин "Математика", "Общая и неорганическая химия", "Физическая химия", "Физическая химия твердого тела", "Коллоидная химия", "Физика", "Кристаллохимия и кристаллография".

"Химия твердого тела" является фундаментальной дисциплиной, лежащей в основе последующей научно-исследовательской деятельности аспиранта, которая необходима для подготовки к экзамену кандидатского минимума по специальности научных работников 02.00.21 – Химия твердого тела

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>78</b>
занятия лекционного типа	39
занятия семинарского типа, в т.ч. семинары, практические занятия	39
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>66</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	реферат
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	<b>36</b> кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа (семинары и/или практические занятия), академ. часы	Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
1.	Химическая модель твердого вещества	4	4	5	УК-1
2.	Структура кристаллических твердых тел	3	4	5	УК-1
3.	Электронная теория кристаллов	4	3	4	УК-2
4.	Ионные кристаллы	3	4	5	ПК-6
5.	Ковалентные твердые вещества	4	3	5	ПК-7
6.	Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса	4	4	4	ПК-6
<b>Итого за 5 семестр</b>		<b>22</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	
7.	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов	4	4	9	УК-1
8.	Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях	4	4	9	ПК-6
9.	Классификация физико-химических методов исследования. Общие принципы анализа и обработки спектральных данных	5	5	9	ПК-7
10.	Методы исследования твердых веществ	3	3	9	
	Экзамен			36	
<b>Итого за 6 семестр</b>		<b>17</b>	<b>17</b>	<b>38</b>	
<b>Итого</b>		<b>39</b>	<b>39</b>	<b>102</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	2	3	4
1	<p><b>Химическая модель твердого вещества.</b>                      Специфика химии твердого состояния. Изменение закономерностей, связывающих состав – строение – свойства в ряду: молекула – макромолекула – твердое вещество (надмолекула). Объект химии твердого тела - конденсированные системы. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Моно-, поли- и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела. Дискретная и континуальная разупорядоченность. Аморфные твердые вещества. Стекла. Некристаллические твердые вещества. Микро и мезопористые твердые тела. Жидкие кристаллы. Основные технологии синтеза и зависимость свойств от технологии синтеза.</p> <p>Соотношения стехиометрических коэффициентов и координационных чисел. Ряды твердых соединений. Понятие о физико-химическом анализе. Мерность остова и функциональные группы. Классификация твердых веществ по свойствам, определяющим области применения. Электрические и магнитные свойства. Эмпирические соотношения для оценки электрофизических свойств кристаллов. Сверхпроводники, проводники, полупроводники, диэлектрики, магнитные материалы, материалы квантовой электроники.</p>	4	Лекция-беседа
2	<p><b>Структура кристаллических твердых тел.</b>                      Идеальный кристалл и операция трансляции. Основные понятия геометрической кристаллографии. Классификация кристаллов по элементам или операциям симметрии. Индексы Миллера. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Фононы. Динамика решетки. Дисперсионный закон для упругих волн в кристаллах. Оптические и акустические колебания. Теорема Блоха. Спектральная плотность состояний. Локальные фононные моды.</p> <p>Теплоемкость твердых тел. Модели атомной динамики твердого тела по Эйнштейну и Дебаю. Ангармонизм колебаний. Тепловое расширение кристаллов.</p>	3	Лекция-беседа
3	<p><b>Электронная теория кристаллов.</b>                      Модель почти свободных электронов в зонной теории. Волновые функции электронов на границе зоны Бриллюэна. Металлы, полупроводники, изоляторы. Приближение сильной связи. Понятие о дырочных состояниях. Статистика электронов и дырок в полупроводниковых кристаллах. Функция спектральной плотности состояний и функция Ферми. Примесные</p>	4	Лекция-беседа

1	2	3	4
	<p>состояния. Концентрация электронов и дырок в зонах. Уравнение электронейтральности. Статистика электронов в металлах. Модель Зоммерфельда. Парамагнетизм Паули.</p> <p>Кооперативные явления в конденсированной среде. Фазовые переходы I и II рода. Параметр порядка. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Обменное происхождение молекулярного поля. Доменная структура. Сверхпроводники I, II и III рода. Туннельный контакт сверхпроводника и металла. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная проводимость купратов.</p> <p>Кинетические явления в кристаллах. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов проводимости. Электропроводность и теплопроводность газа свободных электронов. Механизмы рассеяния носителей тока в твердых телах и электрическое сопротивление. Полупроводники и металлы. Электронная и решеточная теплопроводность. Размерные эффекты. Гальваномагнитные и термомагнитные эффекты.</p>		
4	<p><b>Ионные кристаллы.</b></p> <p>Химическое строение. Классификация. Шпинели. Феррит-шпинели. Ферриты. Фазовые диаграммы феррит-образующих систем. Соотношения: состав – структура – свойства феррит-шпинелей Термодинамический расчет равновесий в ферритобразующих системах. Твердые электролиты. Фазовые диаграммы. Баро-ЭДС.</p>	3	Лекция-беседа
5	<p><b>Ковалентные твердые вещества.</b></p> <p>Структура и свойства. Полиморфизм и изоморфные превращения. Стехиометрия. Эффективный заряд иона. Электроотрицательность, связь со степенью ионности. Коэффициент связности. Пористые матрицы для трехмерных решеток наноструктур. Опалы, асбест, цеолиты. Фотонные кристаллы. Цеолиты - пористые ковалентные кристаллы. Стехиометрия. Классификация. Гидротермальный синтез. Кристаллический полиморфизм и изоморфные замещения в решетках цеолитов. Некристаллические и частично кристаллические дисперсные кремнеземы и технический углерод.</p>	4	Лекция-беседа
6	<p><b>Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса.</b></p> <p>Стехиометрический кристалл. Дефектная структура кристалла. Доминирующие точечные дефекты. Описание точечных дефектов по Винку, Креггеру, Риду и Хауффе. Квазихимические реакции. Эффективный заряд дефекта. Отображение дефектов на зонной диаграмме кристалла. Определение энергии дефектообразования по термохимическим данным и измерению электропроводности.</p>	4	Лекция-беседа



1	2	3	4
	<p>Определение энергии антиструктурной разупорядоченности калориметрическим методом. Антиструктурные дефекты в шпинелях. Размерные дефекты. Краевая и винтовая дислокации. Типы и движение дислокаций. Взаимодействие дислокаций с примесями. Двухмерные дефекты. Двойниковые границы. Дефекты упаковки. Трехмерные дефекты. Упорядочение дефектов и образование сверхструктур. Ассоциаты. Квазихимическое описание взаимодействия дефектов. Влияние дефектов на свойства кристаллов и приборов. Определение энергии дефектообразования по составу, электропроводности и калориметрическим методом.</p>		
7	<p><b>Кинетика и механизмы гетерогенных процессов.</b>  Физико-химические факторы, определяющие механизм и кинетику твердофазных реакций. Хаотическая самодиффузия. Коэффициент самодиффузии Гетеродиффузия. Уравнение Даркена. Эффекты Френкеля и Киркендала. Направленная диффузия. Концентрационный градиент. Тепловой градиент. Электропроводность. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Электрохимический градиент. Уравнение Вагнера. Экспериментальные методы исследования механизма твердофазных реакций. Метод свободных поверхностей. Твердофазные электрохимические ячейки. Ионная проводимость. Электронная (n и p) проводимость. Поляроны. Числа переноса ионов. Влияние дефектной структуры и типа проводимости на механизм и кинетику гетерогенных реакций.  Формальная кинетика и физические модели. Фронт реакции. Реакционная поверхность раздела. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Основные стадии и эмпирические характеристики скорости гетерогенной реакции. Феноменологические уравнения кинетики гетерогенных процессов (Колмогорова, Авраами, Ерофеева и др.)</p>	4	Лекция-беседа
8	<p><b>Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях.</b>  Реконструкция поверхности. Строение и устойчивость поверхностных состояний. Состояния Тамма и Шокли. Пространственный приповерхностный заряд. Слои, обогащения, обеднения, инверсии. Электронные процессы при хемосорбции на поверхности полупроводников и ионных кристаллов. Поверхностная проводимость. Стандартизация поверхности. Атомарно-чистая (ювенильная) поверхность.  Низкоразмерные системы. Изменение свойств вещества в межфазных слоях. Термодинамика искривленных поверхностей. Зависимость свободной энергии поверхности и температуры фазовых и релаксационных переходов от размера частиц. Методы исследования структуры и химического</p>	4	Лекция-беседа

1	2	3	4
	<p>состава поверхности. Перестройка и реконструкция поверхности; моно- и поликристалличность; электронная структура поверхности в различных условиях - вакуум, контакт с реальной атмосферой, адсорбция, хемосорбция; примеси, дефекты.</p>		
9	<p><b>Классификация физико-химических методов исследования. Общие принципы анализа и обработки спектральных данных.</b></p> <p>Общие принципы физико-химических методов анализа. Классификация по природе возбуждающего воздействия и регистрируемых частиц. Абсорбция, эмиссия и рассеяние. Спектроскопия и спектрометрия. Роль геометрии спектральных исследований.</p> <p>Форма спектров и их математическая обработка. Естественное и аппаратное уширение. Аппаратная функция. Интегральная интенсивность. Базовая линия. Деконволюция перекрывающихся полос. Количественный анализ спектров поглощения электромагнитного излучения. Двухлучевая схема измерений. Количественный анализ оптическими методами.</p> <p>Пробоподготовка, ее специфика для наноструктурированных материалов. Поверка, калибровка и сертификация оборудования для физико-химических исследований. Стандартные образцы и спектральные эталоны.</p>	5	Лекция-беседа
10	<p><b>Методы исследования твердых веществ.</b></p> <p>Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка, научные основы и применение. Метод Гинье. Индицирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Метод Ритвельда. Рентгенографическое исследование монокристаллов, общие представления о ходе структурного анализа. Получение структурных данных с помощью электронной и нейтронной дифракции. Особенности и возможности методов.</p> <p>Кристаллооптический анализ. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная <math>\gamma</math>-резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.</p> <p>Методы определения химического состава.</p>	3	Лекция-беседа

1	2	3	4
	<p>Химический элементный анализ. Рентгенофлюоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомно-эмиссионная спектроскопия. Методы исследования поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).</p> <p>Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.</p>		

#### 4.3 Занятия семинарского типа (семинары и/или практические занятия).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Специфика химии твердого состояния как раздела химической науки	4	
2	Строение твердых веществ	4	
3	Химическая связь и электронное строение твердых веществ	3	
4	Химические реакции твердых веществ	4	Компьютерное моделирование
5	Реальная структура кристаллов	3	
6	Фазовые переходы в твердых веществах	4	
7	Методы синтеза твердых веществ	4	Компьютерное моделирование
8	Ультрадисперсные системы и тонкие пленки	4	
9	Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел	5	Групповая дискуссия
10	Анализ строения некристаллических твердых материалов методом спектроскопии EXAFS	3	Групповая дискуссия

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	2	3	4
1	Некристаллические и частично кристаллические вещества. Аморфные полупроводники. Жидкие кристаллы. Органические металлы, полупроводники, сверхпроводники. Сегнето-, пьезо-, пироэлектрики.	5	Устный опрос №1
2	Геометрия кристаллической решетки. Определение плоскостей и направлений в кристаллических структурах. Симметрия.	5	Устный опрос №1
3	Эффект Холла. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Фотомагнетизм.	4	Устный опрос №1
4	Строение сложных кристаллов. Цеолиты. Белки. Спиральные кристаллы	5	Письменный опрос №1

1	2	3	4
5	Высокотемпературная и низкотемпературная сверхпроводимость. Твердые электролиты, ионисторы. Металлооптика. Акустоэлектроника	5	Письменный опрос №1
6	Упорядочение дефектов и образование сверхструктур. Ассоциаты. Квазихимическое описание взаимодействия дефектов.	4	Устный опрос №2
7	Электропроводность. Типы носителей. Проводимости и реакционная способность оксидов.	9	Устный опрос №2
8	Термоэлектрические эффекты в полупроводниках – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	9	Устный опрос №2
9	Аналитические возможности Оже-спектроскопии для анализа профилей распределения элементов по глубине и контроля состава поверхности материалов. Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел	9	Устный опрос №2
10	Анализ строения некристаллических твердых материалов методом спектроскопии EXAFS. Аналитические возможности и особенности пробоподготовки ПЭМ высокого разрешения	9	Устный опрос №2

#### 4.4.1 Темы рефератов.

1. Структуры с гексагональной и кубической плотнейшими упаковками. Тетрагональная упаковка.
2. Общие сведения о структурах силикатов и алюмосиликатов. Соединения внедрения и клатраты.
3. Структура аморфных твердых тел. Функция радиального распределения.
4. Нерегулярные плотнейшие упаковки. Описание аморфных структур в полиэдрах.
5. Структура квазикристаллов. Несоразмерные структуры. Структура жидких кристаллов.
6. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам. Влияние d-электронов.
7. Зонная структура кристаллов. Образование зон в результате перекрывания орбиталей.
8. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.
9. Совершенные и несовершенные кристаллы. Типы дефектов.
10. Методы создания неравновесных концентраций точечных дефектов: закалка, механическое и радиационное воздействие.
11. Диффузия и самодиффузия в твердых телах. Основные механизмы самодиффузии.
12. Твердые тела со структурной разупорядоченностью. Протяженные дефекты.
13. Дислокации в кристаллах, основные виды. Причины возникновения дислокаций.
14. Поверхность как дефект строения твердого тела. Поверхностная энергия кристалла.
15. Общие особенности химии твердых наноразмерных частиц. Экспериментальные методы изучения поверхности.
16. Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы.
17. Механизмы фазовых переходов. Кинетика фазовых переходов.
18. Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел.
19. Классификация химических гетерогенных процессов с участием твердых фаз.
20. Реакции твердая фаза - твердая фаза, твердая фаза - газ, твердая фаза - жидкость. Примеры.
21. Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов.
22. Синтез путем твердофазных реакций. Основные термодинамические и кинетические закономерности.

23. Золь-гель процесс. Механохимическое стимулирование твердофазных процессов.
24. Выращивание монокристаллов. Общие кинетические особенности.
25. Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок.
26. Метод молекулярного наслаивания. Получение пленок из растворов и расплавов.
27. Методы изучения кристаллического строения твердых тел.
28. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения.
29. Методы определения химического состава.
30. Исследования термических свойств веществ.
31. Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.
32. Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов.
33. Диэлектрики. Химическая и физическая природа диэлектриков.
34. Магнитные материалы. Функциональные параметры.
35. Оптические материалы. Люминесцентные материалы и люминофоры.
36. Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники.
37. Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды.
38. Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование.
39. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.
40. Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы.

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

Аудиторная часть курса должна сопровождаться самостоятельной работой аспирантов с рекомендованной преподавателем учебной, учебно-методической, и справочной литературой и информационными ресурсами сети Internet, а также научной литературой по тематике дисциплины.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает: изучение и усвоение лекционного материала; чтение рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; изучение дополнительной литературы по разделам, указанным лектором; работу с Internet-источниками; подготовку к кандидатскому экзамену.

Закрепление знаний осуществляется в ходе последующих дискуссий по освоенному материалу и при проведении практических занятий.

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 Медиа: <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.

Аттестация по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена по специальности. К сдаче экзамена допускаются аспиранты, выполнившие все формы текущего контроля.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

### 6.1 Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по освоению дисциплины

1. Как изменяются представления о соотношении состав – химическое строение – пространственная структура – свойства при увеличении молекулярной массы?
2. В чем причины плохой воспроизводимости свойств при синтезе твердых веществ?
3. Как проявляется континуальная и дискретная разупорядоченность в свойствах твердых веществ.
4. Какие особенности конденсированных систем необходимо учитывать при планировании или описании их свойств?
5. Что такое химия надмолекул и супрамолекул, химия высокоорганизованных соединений?
6. Какие величины характеризуют фазовые переходы разных порядков?
7. Определите координационное число:  $\text{KCr}(6+)$  в  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KO}$  в  $\text{CaFeO}_3$ .
8. Определите содержание функциональных групп на единицу поверхности  $q$  (моль/ $\text{m}^2$ ) в гомологических рядах печного и канального технического углерода при известных постоянных ряда ( $S, n$ ).
9. Опишите различные ряды твердых соединений и условия их образования.
10. Объясните механизм металлической проводимости.
11. Приведите примеры атомно-молекулярных твердых соединений.
12. Укажите основные параметры диэлектриков и способы направленного регулирования этих параметров.
13. Каким образом по измерению магнитных моментов можно определить характер связи в химических соединениях?
14. Объясните особенности классификации ионных кристаллов.
15. Напишите формулу нормальной и обращенной шпинелей. Объясните роль немагнитных ионов в формировании магнитных характеристик шпинелей.
16. Какие кристаллы называют “сверхкристаллами”? Особенности строения сверхкристаллов и возможные применения в электронике.
17. Как определить тип образующихся твердых растворов в феррит-шпинелях?
18. Объясните механизм возникновения ионной проводимости в твердых электролитах разных типов и приведите доказательства.
19. Как возникает баро-ЭДС? Отличия от пьезо-ЭДС и возможности практического использования.
20. Как измерить ионную проводимость электронных сверхпроводников?
21. В чем особенности классификации, стехиометрии и свойств ковалентных твердых веществ?
22. Какие вы знаете аллотропные формы углерода? В чем особенности структуры и электрофизических свойств этих форм?
23. Определите понятие “эффективный заряд иона”. Как влияет эффективный заряд центрального иона в полиэдре на свойства многокомпонентных систем?
24. Приведите классификацию и примеры трехмерных решеток наноструктур в пористых матрицах.
25. Какие особенности состава и структуры цеолитов делают перспективным их использование в качестве матриц для трехмерных наноструктур?
26. Как получить и использовать H-формы цеолитов?

27. Приведите примеры изоморфных замещений в цеолитах. Какие ограничения накладывает возможность изоморфных замещений на синтез нанометровых пленочных структур на поверхности оксида алюминия, алюмосиликатов и других твердых веществ?
28. Какие различия в составе, структуре и свойствах между аэросилами, аэрогелями и гидратированным дисперсным кремнеземом?
29. Как охарактеризовать структуру переходных форм углеродных материалов?
30. Какими факторами определяется существование точечных дефектов и доминирование дефектов определенных типов, на чем основан расчет их концентрации?
31. В чем различие систем структурных элементов и относительных составляющих единиц при описании строения реальных кристаллов?
32. Приведите примеры образования носителей заряда при нарушении стехиометрии. Как происходит локализация носителей?
33. Назовите правила составления квазихимических реакций. Как определить количество образующихся вакансий в бинарном кристалле?
34. В чем различие между эффективным зарядом иона и эффективным зарядом дефекта?
35. Назовите основные методы определения структурной разупорядоченности.
36. Укажите причины образования фронта реакции.
37. Что такое твердофазное горение? Области применения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
38. Найдите соотношение между удельной скоростью и скоростью продвижения реакционной поверхности раздела.
39. Назовите механизмы диффузии и определите влияние температуры, давления и нарушения стехиометрии на коэффициент самодиффузии.
40. В чем особенности эффекта Френкеля и течения кристаллов по Киркендалю, какую роль эти эффекты играют в определении коэффициента диффузии?
41. При каких условиях образование дефектов приводит к перемещению кристалла?
42. Что такое "полярон"? Как поляроны можно показать на зонной диаграмме? Какие отличия в свойствах поляронов большого и малого радиусов?
43. Как определить тип проводимости и числа переноса? Как влияет тип проводимости на кинетику и механизм реакций окисления (коррозии металлов)?
44. Какой тип проводимости в кристалле  $Nb_2O_3$  если известно, что ее величина растет с уменьшением  $pO_2$ ?
45. При каких условиях может доминировать ионная проводимость?
46. Как изменяется кинетика гетерогенных реакций в зависимости от термической и химической предыстории реагентов.
47. Перечислите механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом.
48. Основной принцип обозначения электронных оболочек в рентгеновской спектроскопии.
49. Какие источники рентгеновского излучения Вы знаете, их достоинства и недостатки.
50. Перечислите детекторы рентгеновского излучения с точки зрения принципа детектирования.
51. Каковы достоинства и недостатки применения рентгеновских монохроматоров
52. Что используется в качестве возбуждающего воздействия и детектируемого сигнала в рентгеновской абсорбционной спектроскопии.
53. Чем определяется форма спектра в рентгеновской абсорбционной спектроскопии.
54. Какую информацию можно получить с помощью широкополосной рентгеновской абсорбционной спектроскопии.
55. Какую информацию можно получить с помощью рентгеновской спектроскопии тонкой структуры края поглощения (XANES).
56. Как отражается химическое состояние атомов объекта в рентгеновской спектроскопии тонкой структуры края поглощения (XANES).
57. Каковы физические принципы рентгеновской спектроскопии протяженной тонкой структуры края поглощения (EXAFS).
58. Какую информацию можно получить с помощью рентгеновской спектроскопии протяженной тонкой структуры края поглощения (EXAFS).

59. В чем заключается физический принцип рентгеновской эмиссионной спектроскопии.
60. Какие способы возбуждения рентгеновской эмиссии Вы знаете, в чем их преимущества и недостатки.
61. Чем определяется форма спектров рентгеновской эмиссионной спектроскопии.
62. Какую информацию можно получить с помощью рентгеновской эмиссионной спектроскопии.
63. Что является более эффективным способом ионизации внутренних оболочек – облучение электромагнитными квантами или бомбардировка электронами.
64. Каковы физические принципы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
65. Какие источники возбуждения применяются в рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
66. Основные принципы конструкции анализаторов в рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
67. Чем определяется форма спектров рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
68. Перечислить виды информации, которые можно получить с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
69. Чем определяется поверхностная чувствительность рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
70. Чем определяется химическая чувствительность рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
71. Каковы физические принципы электронной Оже-спектроскопии.
72. Чем определяется форма спектров электронной Оже-спектроскопии.
73. В чем заключаются преимущества и недостатки электронной Оже-спектроскопии по сравнению с РФЭС.

#### **7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература:**

1. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие для вузов по химическим спец. / В.И. Барановский. - М.: Academia, 2008. - 383 с.
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. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д. Дубровенский.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.– 49 с.
4. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
5. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич.- М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2011. Ч.1: Общие вопросы спектроскопии.- 5-е изд. - 2011. – 236 с.
6. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2007 -2009. Ч.2: Атомная спектроскопия.- 5-е изд. - 2009. - 415 с.
7. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2007 - 2009. Ч.3: Молекулярная спектроскопия.- 5-е изд. - 2009. - 527 с.
8. Ермаков, А.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие для вузов / А.И. Ермаков. - М.: Юрайт, 2010. – 555 с.
9. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин.- СПб.: ПГУПС, 2008. - 176 с.
10. Матухин, В.Л. Физика твердого тела/ В.Л.Матухин, В.Л.Ермаков.- СПб., М., Краснодар: Лань, 2010.- 218 с.
11. Пупышев, А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А.А.Пупышев. - М.: Техносфера, 2009. - 782 с.
12. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов/ И.П.Суздаев. - Изд 2-е испр. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 592 с.
13. Химическая диагностика материалов/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б.Сватовская.- СПб.: ПГУПС, 2010.- 224 с.



#### **б) дополнительная литература**

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на минидифрактометре «Дифрей»: учебное пособие/ А.М.Абызов – СПб: СПбГТИ(ТУ), 2008 – 95 с.
2. Бердетт, Дж. Химическая связь/ Дж.Бердетт.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 245 с.
3. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела/ Б.Е.Винтайкин.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008.- 359 с.
4. Захарова Н.В., Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: Метод. указания/ Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 22 с.
5. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н. Цветкова, В.Г. Корсаков ; СПбГТИ(ТУ).. – СПб, 2011. - 15 с.
6. Кнотько, А.В. Химия твердого тела/ А.В.Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д. Третьяков.- М.: Academia, 2006.- 302 с.
7. Мерер, Х. Диффузия в твердых телах / Х. Мерер. - Долгопрудный: Интеллект, 2011.- 535 с.
8. Морачевский, А.Г. Физическая химия: поверхностные явления и дисперсные системы/ А.Г.Морачевский.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.- 152 с.
9. Синельников, Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами/ Б.М. Синельников.- М.: Высш. шк., 2005.- 136 с.
10. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов/ Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев.- М.: Наука, 2006.- 400 с.

#### **в) вспомогательная литература**

1. Алесковский, В.Б. Химия твердых веществ/ В.Б.Алесковский.- М.: Высш. шк., 1978.- 255 с.
2. Алесковский, В.Б. Химия надмолекулярных соединений/ В.Б.Алесковский.- СПб.: СПбГУ, 1996.- 253 с.
3. Грибов, Л.А. Элементы квантовой теории строения и свойств молекул: Учебное пособие / Л.А.Грибов. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 310 с.
4. Ковтуненко, П.В. Физическая химия твердого тела: кристаллы с дефектами/ П.В. Ковтуненко.- М.: Высш. шк., 1993.- 352 с.
5. Пул, Ч. Нанотехнологии: Учебное пособие по направлению подготовки "Нанотехнологии"/ Ч.Пул, Ф.Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И.Головина. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2010. – 330 с.
6. Тикавый, В.Ф. Полимерное строение неорганических соединений/ В.Ф.Тикавый.- Минск: Вышэйш. шк., 1985.- 95 с.
7. Хенней, Н. Химия твердого тела/ Н.Хенней.- М.: Мир, 1971.- 223 с.
8. Яцимирский, К.Б. Химическая связь/ К.Б.Яцимирский, В.К.Яцимирский.- Киев: Вища шк., 1975.- 303 с.

#### **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) "БИБЛИОТЕХ";
2. информационно-справочные поисковые системы и базы данных в сети Интернет;
3. <http://elibrary.ru>

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

Все виды занятий по дисциплине «Химия твердого тела» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 028-2016. Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 42 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 26.11.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 14 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.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Основными условиями правильной организации учебного процесса для обучающихся является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль. На занятия аспирант должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **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;
- моделирование физико-химических процессов в рамках практических занятий;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

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

Представление лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

MathCAD 14, GAMESS, Gaussian, QuantumExpresso

### **10.3. Информационные справочные системы.**

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

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Химия твердого тела»**

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

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
УК-1	Обладает способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	промежуточный
УК-2	Обладает способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	промежуточный
ПК-6	обладает способностью и готовностью использовать в профессиональной деятельности базовые понятия физической химии твердого тела и наноразмерных систем, квантово-химические и термодинамические подходы для моделирования и прогнозирования состава, строения и свойств твердофазных материалов и процессов для их получения с привлечением современных физико-химических методов исследования.	промежуточный
ПК-7	обладает способностью и готовностью способность к самостоятельной практической научно-исследовательской деятельности в области химии твердого тела по теме кандидатской диссертации	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
1	2	3	4
Освоение раздела № 1	<b>Знает</b> основные законы физической химии твердого тела и наноразмерных систем. <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.1, 2.2.5, 2.9.3-2.9.10 Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела №2	<b>Знает</b> основы кристаллографии. <b>Имеет представления</b> о динамике решетки твердого тела.	Правильные ответы на вопросы из	УК-1, 2 ПК-6, 7

1	2	3	4
	<b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	разделов 2.2.1, 2.2.6, 2.3.2 Программы кандидатского экзамена	
Освоение раздела № 3	<b>Знает</b> электронную теорию кристаллов и кооперативные явления в конденсированной среде. <b>Умеет</b> рассчитывать концентрации основных и неосновных носителей заряда. <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.3.3, 2.3.4, 2.5.1, 2.5.2 Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела № 4	<b>Знает</b> строение и свойства ионных кристаллов. <b>Умеет</b> регулировать физико-химические свойства веществ с ионной связью, в том числе ферритообразующих систем. <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.2.3, 2.3.1, 2.3.5, 2.9.1, 2.9.2 Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела № 5	<b>Знает</b> строение и свойства ковалентных твердых веществ. <b>Умеет</b> оценивать свойства веществ с ковалентной связью. <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.2.2-2.2.4 Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела № 6	<b>Знает</b> термодинамику реальных кристаллов и явления переноса. <b>Умеет</b> управлять дефектообразованием твердых тел <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.4.1-2.4.3. Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела № 7	<b>Знает</b> кинетику и механизмы гетерогенных процессов. <b>Умеет</b> определять кинетические зависимости твердотельных и гетерогенных реакций. <b>Владеет</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.6.1-2.6.3, 2.7.1-2.7.8 Программы кандидатского экзамена	УК-1, 2 ПК-6, 7
Освоение раздела № 8	<b>Знает</b> физико-химические процессы, протекающие на поверхности твердых тел и в межфазных слоях. <b>Умеет</b> пользоваться современными методами синтеза твердых веществ с заданными физико-химическими	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.4.4,	УК-1, 2 ПК-6, 7

1	2	3	4
	свойствами. <b>Владеет:</b> навыками применения теоретических знаний и подходов для решения поставленных экспериментальных задач, методами получения твердых веществ с заданными свойствами, применяемыми в соответствующих областях твердотельного материаловедения.	3.1.1-3.1.5, 3.2.1-3.2.4, 3.4.1-3.4.6, 3.5.1-3.5.5 Программы кандидатского экзамена	
Освоение раздела № 9	<b>Знает</b> основы физико-химических методов исследования, и общие принципы анализа и обработки спектральных данных. <b>Умеет</b> осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа твердых материалов. <b>Владеет</b> методиками пробоподготовки, регистрации и обработки результатов физико-химических методов анализа.	Правильные ответы на вопросы из разделов 3.3.1-3.3.3 Программы кандидатского экзамена	ПК-6
Освоение раздела № 10	<b>Знает</b> методы исследования состава, строения и свойств твердых веществ. <b>Умеет</b> использовать современные физико-химические методы исследования для решения практических задач в области химии твердого тела. <b>Владеет</b> методиками пробоподготовки, регистрации и обработки результатов физико-химических методов анализа.	Правильные ответы на вопросы из разделов 2.4.4, 2.8.1-2.8.6, 3.3.4 Программы кандидатского экзамена	ПК-7

Оценивание проводится в соответствии с требованиями Приказа Министерства образования и науки РФ от 28.03.2014 № 247, шкала оценивания – балльная.

### **3. Проведение промежуточной аттестации.**

К экзамену по дисциплине допускаются аспиранты, выполнившие все формы текущего контроля и сдавшие реферат, выполненный на положительную оценку. При сдаче экзамена, аспирант получает два вопроса из программы-минимума кандидатского экзамена по профилю 02.00.21 – Химия твердого тела, разработанного экспертным советом ВАК, и один вопрос из дополнительной программы-минимума кандидатского экзамена по специальности 02.00.21 – Химия твердого тела, подготовленная в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете).

Время подготовки аспиранта к устному ответу на вопросы - до 60 мин.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 028-2016. Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 42 с.
2. 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.
3. Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень (Утв. Приказом Министерства образования и науки РФ от 28.03.2014 № 247)// Российская газета.- 02.07.2014.- № 145.