

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 01.11.2023 16:48:04  
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  
«\_26\_» \_\_марта\_\_ 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность программы бакалавриата  
**Химия твердого тела и химия материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой физико-химического конструирования материалов на базе ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН		профессор, чл.-корр. РАН Гусаров В.В.

Рабочая программа дисциплины «Химия твердого тела» обсуждена на заседании кафедры физической химии  
протокол от «05» февраля 2019 № 6  
Заведующий кафедрой

С.Г.Изотова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г.Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г.Изотова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	7
3. Объем дисциплины.....	7
4. Содержание дисциплины.....	8
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	8
4.2. Занятия лекционного типа.....	9
4.3. Занятия семинарского типа.....	12
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	12
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	14
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	14
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	15
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	16
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	17
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	17
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	17
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	18

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

В результате 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-1</b> Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Проведение первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)</p>	<p><b>Знать:</b> перечень основных современных источников информации, включая Internet-источники, патентные базы данных (ЗН-1); <b>Уметь:</b> осуществлять поиск и анализ информации по заданной тематике, в том числе с использованием баз данных современной научной периодики и патентных баз данных (У-1). <b>Владеть:</b> навыками анализа полученной информации и использования его результатов (Н-1).</p>
	<p><b>ПК-1.2</b> Способность готовить объекты исследования</p>	<p><b>Знать:</b> основные методы получения твердых веществ с заданными свойствами (ЗН-2); приемы пробоподготовки образцов для исследования различными экспериментальными методами анализа строения и свойств твердых веществ (ЗН-3). <b>Уметь:</b> Выбирать и использовать наиболее подходящий метод получения твердых веществ с заданными характеристиками (У-2); осуществлять пробоподготовку для различных экспериментальных методов определения строения и свойств твердых веществ (У-3); <b>Владеть:</b></p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		навыками синтеза твердых веществ с заданными свойствами (Н-2); навыками подготовки твердых веществ для проведения исследований экспериментальными методами анализа (Н-3).
<b>ПК-2</b> Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<b>ПК-2.1</b> Выбор технические средств и методов испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>Знать:</b> возможности современной научной аппаратуры (ЗН-4); основные экспериментальные методы определения строения, физических и химических свойств твердых веществ (ЗН-5). <b>Уметь:</b> определять параметры строения, включая параметры, описывающие дефекты кристаллической структуры, твердых тел (У-4); <b>Владеть:</b> навыками использования экспериментальных методов структурного и физико-химического исследования для определения строения и свойств твердых тел (Н-4).
<b>ПК-3</b> Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий	<b>ПК-3.1</b> Использование системы фундаментальных химических, физических и математических понятий для решения поставленных задач НИР	<b>Знать:</b> физико-химические свойства неорганических материалов (ЗН-6); основы теории строения твердых тел (ЗН-7); <b>Уметь:</b> анализировать влияние особенностей строения твердых веществ на их физические и химические свойства; (У-5); <b>Владеть:</b> навыками интерпретации особенностей поведения твердых веществ при изменении параметров их строения и состава (Н-5).

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-4</b> Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Применение основных естественнонаучных законов и закономерностей развития химической науки при анализе полученных результатов НИР</p>	<p><b>Знать:</b> основные теоретические представления о характере зависимости физических и химических свойств твердых веществ от их строения (ЗН-8). <b>Уметь:</b> анализировать влияние особенностей строения твердых веществ на их физические и химические свойства (У-6); Определять параметры строения твердых тел, включая параметры, описывающие дефекты кристаллической структуры (У-7). <b>Владеть:</b> Навыками использования теоретических представлений о влиянии параметров строения твердых тел на их физические и химические свойства (Н-6).</p>
<p><b>ПК-5</b> Способен получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий</p>	<p><b>ПК-5.1</b> Использует современные компьютерные технологии для обработки результатов научных экспериментов</p>	<p><b>Знать:</b> Возможности стандартных программных средств для обработки результатов эксперимента, в том числе для определения параметров строения твердых тел (ЗН-9). <b>Уметь:</b> Использовать современные программные средства для обработки результатов эксперимента, в том числе для определения параметров строения твердых тел (У-8). <b>Владеть:</b> Навыками обработки результатов научных исследований с помощью современных компьютерных технологий (Н-7).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Химия твердого тела» (Б1.В.ДВ.9.2) относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата.

Изучается на четвертом курсе, в седьмом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Кристаллография и кристаллохимия», «Математические методы в химии и биохимии», «Физика» и «Математика, информатика». Полученные в процессе изучения дисциплины «Химия твердого тела» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>116</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	8
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>37</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	индивидуальное задание
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	7 семестр - КР, экзамен (27)

#### 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	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Химическая связь и структура твердых тел. Кристаллические и аморфные твердые вещества	2	-	8	2	ПК-2-5	ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-5.1
2	Дефекты идеального строения твердых тел. Точечные, одномерные, двумерные, трехмерные элементы строения и дефекты структуры, элементы строения твердых тел, имеющие фрактальную размерность	4	4	-	2	ПК-3,4	ПК-3.1 ПК-4.1
3	Термодинамические свойства твердых фаз. Влияние дефектов строения и варьирования состава твердых веществ на изменение их термодинамических свойств	4	4	-	2	ПК-1,3,5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-5.1
4	Массоперенос в твердых телах	-	4	-	4	ПК-3,4	ПК-3.1 ПК-4.1
5	Упругое и неупругое поведение твердых тел. Механические свойства твердых тел	4	4	8	2	ПК-1-5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-5.1
6	Электронная проводимость твердых тел. Зонная теория. Металлическая проводимость. Сверхпроводники. Полупроводники и диэлектрики	8	4	-	2	ПК-3,4	ПК-3.1 ПК-4.1
7	Ионная проводимость. Суперионное состояние	4	4	-	2	ПК-3,4	ПК-3.1 ПК-4.1

8	Взаимодействие твердых тел с электромагнитным излучением. Электрофизические, оптические и магнитные свойства твердых тел. Сегнетоэлектрики. Ферро- и антиферромагнетики. Мультиферроики. Спинтронные материалы. Метаматериалы	4	4	-	2	ПК-3,4	ПК-3.1 ПК-4.1
9	Строение и свойства поверхности твердых веществ. Адсорбция и катализ	4	4	4	4	ПК-1,2,4,5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-4.1 ПК-5.1
10	Наноструктуры. Композиционные материалы, нанокompозиты. Гибридные структуры	2	4	8	4	ПК-1,2,4,5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-4.1 ПК-5.1
11	Образование и трансформация твердых фаз. Твердофазные химические реакции	-	-	8	4	ПК-1,2,4,5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-4.1 ПК-5.1
12	Курсовая работа				7	ПК-1-5	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-3.1 ПК-4.1 ПК-5.1
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>37</b>		

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Химическая связь и структура твердых тел. Кристаллические и аморфные твердые вещества</b> Предмет и задачи химии твердого тела. История и перспективы развития. Строение ионных кристаллов. Ионные радиусы. Плотная шаровая упаковка анионов. Октаэдрические и тетраэдрические пустоты: их размер и способы заполнения. Энергия одноатомных кристаллов. Силы притяжения и отталкивания. Решеточные суммы для одноатомных кристаллов. Энергия ионных кристаллов. Расчет решеточных сумм и их значения для различных типов решетки. Расчет и экспериментальное определение энергии кристаллической решетки ионных кристаллов. Вклад в нее различных составляющих. Сопоставление энергии и некоторых их физических свойств для кристаллов с	2	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	различным типом связи. Энергия поверхности кристалла.		
2	<p><b>Дефекты идеального строения твердых тел. Точечные, одномерные, двумерные, трехмерные элементы строения и дефекты структуры, элементы строения твердых тел, имеющие фрактальную размерность.</b></p> <p>Основные типы точечных дефектов (Шоттки, Френкеля). Искажение кристаллической решетки вокруг дефекта.</p> <p>Твердые растворы и их типы. Условия образования твердых растворов замещения. Правило Вергарда и отклонения от него. Релаксация структуры. Равновесия в кристаллах с гетеровалентной примесью.</p> <p>Допирование и двойное допирование.</p> <p><i>Раздел вынесен на самостоятельную подготовку:</i></p> <p>Условия образования твердых растворов внедрения и равновесия дефектов в них. Явления упорядочения в твердых телах.</p>	4	Слайд-презентация
3	<p><b>Термодинамические свойства твердых фаз. Влияние дефектов строения и варьирования состава твердых веществ на изменение их термодинамических свойств.</b></p> <p>Термодинамика образования точечных дефектов. Энтальпия дефектов различного рода в ионных кристаллах. Термодинамическое обоснование необходимости существования точечных дефектов в кристалле и их концентрация. Квазихимические реакции и квазихимическое описание равновесия точечных дефектов. Нестехиометрия бинарных кристаллов. Заряд дефектов в бинарных кристаллах. Отражение нестехиометрии на фазовых диаграммах, типы областей гомогенности. Катионная нестехиометрия в многокомпонентных системах. Равновесие дефектов в них. Влияние на стехиометрию атмосферы, концентрации растворов и соотношения реагентов. Взаимодействие дефектов и их ассоциация. Фазовые переходы порядок-беспорядок и их термодинамика. Изменение термодинамических параметров системы в ходе фазовых переходов второго рода.</p> <p>Неравновесность протяженных дефектов. Линейные дислокации</p>	4	Слайд-презентация
5	<p><b>Упругое и неупругое поведение твердых тел. Механические свойства твердых тел.</b></p> <p>Неравновесность протяженных дефектов. Линейные дислокации. Деформация твердых тел и их упругость. Пластические свойства кристаллов с различным</p>	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	характером связи. Вектор Бюргерса и деформация кристаллов с плотной шаровой упаковкой. Модули Юнга для металлов с различной структурой. Винтовые дислокации. Механические свойства полимеров. Поверхности раздела. Прочность кристаллов, модель Гриффитса. Механические свойства полимеров. Сверхструктура. Фазы Магнелли.		
6	<p><b>Электронная проводимость твердых тел. Зонная теория. Металлическая проводимость. Сверхпроводники. Полупроводники и диэлектрики.</b></p> <p>Элементы зонной теории. Образование и ширина зон в структурах с тетраэдрической координацией атомов и ионов (элементы подгруппы углерода, сульфид цинка). Движение электрона в поле с периодическим потенциалом. Металлическая проводимость. Модельная цепочка из атомов водорода. Природа металлической связи. Графит. Электропроводящие полимеры. Стопка анионов в цианоплатинате калия и его частично окисленных аналогах.</p> <p>Электропроводность оксидов переходных металлов состава MO, шпинелей, металлов и их сплавов. Сверхпроводимость. Модель Куперовских пар. Сверхпроводники первого и второго рода. Критические температура, ток и напряженность магнитного поля для сверхпроводников. Полупроводники. Ширина запрещенной зоны простых и бинарных кристаллов. Концентрация носителей. Электронная и дырочная проводимость. Легирование полупроводниковых материалов. Донорные и акцепторные примеси. Общность химических теорий. Сопоставление явлений, протекающих в полупроводниках и в ионных соединениях, содержащих дефекты различного типа с теорией кислот и оснований.</p>	8	Слайд-презентация
7	<p><b>Ионная проводимость. Суперионное состояние.</b></p> <p>Диффузия ионов в электрическом поле. Энергия активации ионной проводимости. Зависимость проводимости от наличия гетеровалентных примесей. Соотношение различных механизмов ионной проводимости. Числа переноса и их определение. Суперионные проводники. Природа суперионной проводимости и суперионные переходы. Требования к решетке и носителю заряда для суперионных соединений. Некоторые соединения с суперионной проводимостью. Твердые электролиты на основе высокомолекулярных соединений. Проводимость стекол. Ионная проводимость соединений со смешанным катионным составом. Особенности протонной проводимости и ее механизмы. Некоторые</p>	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	области применения твердых электролитов		
8	<b>Взаимодействие твердых тел с электромагнитным излучением. Электрофизические, оптические и магнитные свойства твердых тел. Сегнетоэлектрики. Ферро- и антиферромагнетики. Мультиферроики. Спинтронные материалы. Метаматериалы.</b> Сегнетоэлектрики. Расщепление катионных позиций. Температура Кюри. Структуры с сегнетоэлектрическими свойствами. Антисегнетоэлектрики. Магнитные свойства электронов и ядер. Диамагнитная восприимчивость. Электронный и ядерный парамагнетизм. Спектроскопия электронного и ядерного магнитного резонанса. Ферро- и антиферромагнетизм. Природа этих явлений. Взаимодействие электронных орбиталей, суперобмен. Доменная структура ферромагнетиков. Стенки Блоха.	4	Слайд-презентация
9	<b>Строение и свойства поверхности твердых веществ. Адсорбция и катализ.</b> Влияние размера частиц на свойства химических соединений. Строение поверхности твердых тел. Релаксация структуры на поверхности. Явление адсорбции. Строение сорбционных слоев. Уравнение Лэнгмюра. Теплота адсорбции. Ослабление и разрыв связей в молекулах входе сорбции. Интеркаляция. Диффузия на поверхности. Влияние на проводимость дисперсности соединений. Проводимость гетерогенных смесей. Формирование дефектов и фазовые превращения на границе раздела. Реакции гетерогенного катализа, протекающие на поверхности твердых тел. Механизмы каталитических процессов.	4	Слайд-презентация
10	<b>Наноструктуры. Композиционные материалы, нанокompозиты. Гибридные структуры.</b>	2	Слайд-презентация

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<b>Дефекты идеального строения твердых тел. Точечные, одномерные, двумерные, трехмерные элементы строения и дефекты структуры, элементы строения твердых тел, имеющие фрактальную размерность</b>	4	<i>Групповая дискуссия, Решение задач.</i>

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<i>Точечные дефекты в твердом теле. Протяженные дефекты.</i>		
3	<b>Термодинамические свойства твердых фаз. Влияние дефектов строения и варьирования состава твердых веществ на изменение их термодинамических свойств</b>	4	Групповая дискуссия, Решение задач.
4	<b>Массоперенос в твердых телах</b> <i>Диффузия в твердых телах.</i>	4	Групповая дискуссия, Решение задач.
5	<b>Упругое и неупругое поведение твердых тел. Механические свойства твердых тел</b> <i>Механические свойства твердых тел.</i>	4	Групповая дискуссия, Решение задач. Работа в малых группах
6	<b>Электронная проводимость твердых тел. Зонная теория. Металлическая проводимость. Сверхпроводники. Полупроводники и диэлектрики</b> <i>Электрическая проводимость.</i>	4	Слайд-презентация доклада; Групповая дискуссия; Обсуждение доклада
7	<b>Ионная проводимость. Суперионное состояние</b> <i>Ионная проводимость.</i>	4	Слайд-презентация доклада; Групповая дискуссия; Обсуждение доклада; Решение задач
8	<b>Взаимодействие твердых тел с электромагнитным излучением. Электрофизические, оптические и магнитные свойства твердых тел. Сегнетоэлектрики. Ферро- и антиферромагнетики. Мультиферроики. Спинтронные материалы. Метаматериалы</b> <i>Взаимодействие кристаллов с электромагнитным полем.</i>	4	Слайд-презентация доклада; Групповая дискуссия; Обсуждение доклада; Решение задач
9	<b>Строение и свойства поверхности твердых веществ. Адсорбция и катализ</b> <i>Поверхность твердых тел. Диффузия по поверхности.</i>	4	Групповая дискуссия; Решение задач
10	<b>Наноструктуры. Композиционные материалы, нанокompозиты. Гибридные структуры</b> <i>Наноструктуры.</i>	4	Групповая дискуссия; Решение задач

#### 4.3.2. Занятия лабораторного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Исследование кристаллической структуры методом рентгеновской дифракции	8	<i>Метод малых групп</i>
5	Определение механических характеристик керамических материалов	8	<i>Метод малых групп</i>
9	Характеризация удельной поверхности твердых веществ на основании результатов анализа изотерм адсорбции	4	<i>Метод малых групп</i>
10	Получение наноструктур различного химического состава. Анализ методом рентгеновской дифракции	8	<i>Метод малых групп</i>
11	Исследование кинетики протекания твердофазной химической реакции	8	<i>Метод малых групп</i>

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета по результатам лабораторной работы	2	<i>Устный опрос, защита отчета по лабораторной работе</i>
2	Освоение теоретического материала по разделу, вынесенному на самостоятельную подготовку: <i>Условия образования твердых растворов внедрения и равновесия дефектов в них. Явления упорядочения в твердых телах.</i>	2	<i>Устный опрос</i>
3	Углубленное изучение лекционного материала	2	<i>Устный опрос</i>
4	Освоение теоретического материала по теме, вынесенной на самостоятельную подготовку: <b>Массоперенос в твердых телах.</b> <i>Механизмы диффузии (междоузельный, вакансионный, эстафетный, краудсионный). Энергетический профиль миграции атомов и ионов. Энергия активации диффузии. Статистический характер диффузии. Модель случайных блужданий. Коэффициент диффузии. Частота перескоков. Направленная диффузия. Понятие о потоке вакансий. Первый и второй законы Фика. Анизотропия коэффициентов диффузии в реальных кристаллах. Взаимная диффузия. Течение кристалла по Киркендалю. Коэффициент взаимной диффузии. Диффузия в нестехиометрических кристаллах и кристаллах, содержащих примеси. Зависимость коэффициента диффузии от наличия примесей и атмосферы. Диффузия примесных атомов.</i>	4	<i>Устный опрос</i>
5	Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета	2	<i>Устный опрос, защита</i>

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	по результатам лабораторной работы		<i>отчета по лабораторной работе</i>
6-8	Углубленное изучение лекционного материала. Подготовка доклада	6	<i>Устный опрос, сообщение-презентация</i>
9	Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета по результатам лабораторной работы	4	<i>Устный опрос, защита отчета по лабораторной работе</i>
10	Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета по результатам лабораторной работы	4	<i>Устный опрос, защита отчета по лабораторной работе</i>
11	Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета по результатам лабораторной работы	4	<i>Устный опрос, защита отчета по лабораторной работе</i>
	Курсовая работа	7	<i>Защита курсовой работы</i>

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

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**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсовой работы и экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три теоретических вопроса из перечня вопросов и задачу, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Билет № ...

1. Суперионные проводники. Природа суперионной проводимости и суперионные переходы.
2. Механизмы диффузии (междоузельный, вакансионный, эстафетный, краудионный).
3. Термодинамика образования точечных дефектов. Энтальпия дефектов различного рода в ионных кристаллах.

*Задача:* Полагая, что протекание некоторой твердофазной реакции лимитируется диффузионными процессами, оцените энергию активации диффузии, если уменьшение размера частиц в 10 раз при 500°C приводит к ускорению его эквивалентному увеличению температуры до 600°C.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

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

**а) печатные издания:**

1. Готтштайн, Т. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина; под ред. Зломанова. – М.:-Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 400 с.
2. Фахльман, Б.Д. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой, под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный: Издат. дом "Интеллект", 2011. - 463 с.
3. Третьяков, Ю.Д., Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев М.: Издательство МГУ. Издательство Наука. 2006. – 400 с.

**б) электронные учебные издания:**

1. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела / В.Г. Цирельсон. – Бином. Лаборатория знаний, 2017 – 522 с. (ЭБС «Лань»)

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>  
<http://chemdm.ru/index.php> – Научная группа «Химическое конструирование материалов»  
<http://www.nanometer.ru> - Нанометр (нанотехнологическое сообщество)  
<http://www.school.cdu.ru/default.asp> - Российский общеобразовательный портал  
<http://www.allscience.ru> all Science - Российский научный портал  
<http://nano.msu.ru> - Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) - Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink  
Периодические научные издания – Российские и зарубежные рецензируемые журналы по химии, материаловедению, технологии.

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

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

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

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 студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания 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;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной информационной образовательной среды.

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

Windows XP Starter Edition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно),

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия).

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

База термодинамических данных IVTANTHERMO.

База порошковых дифракционных данных

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет и на сервер образовательной организации, на 33 посадочных места.

## **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.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	промежуточный
ПК-2	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	промежуточный
ПК-3	Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий	промежуточный
ПК-4	Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	промежуточный
ПК-5	Способен получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий	промежуточный

## 1. 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-1.1.</b> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)	<b>Перечисляет</b> основные современные источники информации, включая Internet-источники, патентные базы данных (ЗН-1)	Курсовая работа	Перечисляет самые популярные поисковые системы источники информации и о современном состоянии исследований по заданной тематике	Перечисляет специализированные источники информации о современном состоянии исследований по заданной тематике. Может классифицировать источники, в том числе Internet-источники по объему и достоверности предоставляемой информации.	Перечисляет специализированные источники информации о современном состоянии исследований по заданной тематике. Может классифицировать источники, в том числе Internet-источники по объему и достоверности предоставляемой информации. Ориентируется в правилах использования различных поисковых систем.
	<b>Объясняет</b> основные правила проведения поиска и анализа информации по заданной тематике, в том числе с использованием баз данных современной научной периодики и патентных баз данных (У-1).	Курсовая работа	Может объяснить общий подход к поиску специализированной (научной и/или технической информации).	Может объяснить общий подход к поиску специализированной (научной и/или технической информации). Провести поиск информации на заданную тему с использованием общедоступных поисковых систем	Способен составить план обзора научной и технической информации на заданную тему. Может провести поиск информации с использованием специализированных поисковых систем и баз данных. Представить письменный анализ полученной

					информации.
	<b>Демонстрирует</b> навыки анализа полученной информации и использования его результатов (Н-1).	Курсовая работа	Способен найти научную и/или техническую информацию на заданную тему.	Способен провести поиск научной и/или технической информации на заданную тему с использованием специализированных источников информации, систематизировать и представить краткий обзор.	Демонстрирует навыки системного подхода к поиску информации по заданной тематике с использованием всех доступных источников, подробного анализа и формулирования выводов.
<b>ПК-1.2</b> Готовит объекты исследования	<b>Называет</b> основные методы получения твердых веществ с заданными свойствами (ЗН-2);	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ	Перечисляет методы получения твердых веществ.	Перечисляет основные методы получения твердых веществ с кратким описанием процедуры и особенностей.	Обоснованно предлагает методы получения заданного твердого вещества. Может описать особенности основных методов синтеза, сравнить их и сделать вывод о целесообразности применения того или иного.
	<b>Перечисляет</b> экспериментальные методы анализа строения и свойств твердых веществ и особенности пробоподготовки образцов для исследования указанными методами (ЗН-3).	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ	Перечисляет основные методы исследования твердых веществ.	Перечисляет методы исследования для решения конкретной задачи (определения заданного свойства).	Предлагает комплекс методов для всесторонней характеристики вещества заданного состава. Может обозначить особенности пробоподготовки для предложенных методов анализа

	<b>Способен выбрать</b> наиболее подходящий метод получения твердых веществ с заданными характеристиками (У-2);	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ	Может выбрать из предложенного списка подходящий набор методов для получения твердого вещества заданного состава и строения	Может предложить набор методов для получения твердого вещества заданного состава и строения.	Может предложить набор методов получения твердого вещества с заданными свойствами и обосновать сделанный выбор.
	<b>Способен</b> выбирать экспериментальные методы определения строения и свойств твердых веществ и процедуру пробоподготовки для конкретного метода (У-3).	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ	Может выбрать из предложенного списка подходящий набор методов для определения заданной характеристики твердого вещества.	Может предложить подходящий набор методов для характеристики твердого вещества.	Может предложить подходящий набор методов для характеристики твердого вещества. Описать процедуру пробоподготовки, проведения исследования и ожидаемых результатов.
	<b>Демонстрирует</b> навыки синтеза твердых веществ с заданными свойствами (Н-2);	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ Защита курсовой работы.	Способен описать процедуру проведения и особенности предложенного метода синтеза.	Способен предложить методы синтеза вещества с заданными характеристиками.	Способен предложить методы получения вещества с заданными характеристиками. описать процедуру реализации процесса синтеза, оценить достоинства и недостатки предложенных методов.

	<b>Демонстрирует навыки</b> подготовки твердых веществ для проведения исследований экспериментальными методами анализа (Н-3).	Ответы на вопросы при подготовке и защите лабораторных работ	Перечисляет экспериментальные методы исследования вещества в твердом состоянии с указанием определяемых свойств, диапазона применимости и особенностей пробоподготовки.	Способен обоснованно выбрать набор экспериментальных методов для исследования заданных характеристик.	Способен представить обоснованный план проведения экспериментального исследования твердого вещества, с оценкой корректности и информативности выбранных методов.
<b>ПК-2.1</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>Рассказывает</b> о возможностях современной научной аппаратуры (ЗН-4);	Защита курсовой работы.	Перечисляет приборы для оценки того или иного заданного свойства.	Способен описать аппаратное оформление для проведения процесса синтеза заданным методом и последующего анализа заданного вещества в твердом состоянии.	Способен описать современную приборную базу для исследования заданной характеристики с обоснованным сравнением используемой методологии и точности приборов.
	<b>Перечисляет</b> основные экспериментальные методы определения строения, физических и химических свойств твердых веществ (ЗН-5).	Защита курсовой работы.	Перечисляет основные экспериментальные методы определения строения и свойств вещества в твердом состоянии	Выбирает из предложенных методы наиболее подходящие для оценки заданной характеристики.	Предлагает комплекс методов для описания строения и свойств заданного вещества.
	<b>Способен определять</b> параметры строения, включая параметры, описывающие дефекты кристаллической	Защита курсовой работы.	Причисляет методы определения кристаллической структуры твердых	Описывает методы определения строения и дефектности кристаллической	Описывает методы определения строения и дефектности кристаллической

	структуры, твердых тел (У-4);		тел.	структуры, твердых тел.	структуры, твердых тел. Может привести их сравнение и сделать обоснованный вывод о необходимости использования предложенного метода.
	<b>Демонстрирует</b> навыки использования экспериментальных методов структурного и физико-химического исследования для определения строения и свойств твердых тел (Н-4).	вопросы №16-25 к экзамену. Защита курсовой работы.	Может выбрать комплекс методов для определения заданных характеристик твердого тела.	Может выбрать комплекс методов для определения заданных характеристик твердого тела. Описывает особенности проведения исследований выбранными методами.	На основании сравнения аппаратного оформления и особенностей методологии, может аргументированно выбрать набор экспериментальных методов для оценки заданных свойств.
<b>ПК-3.1</b> Использует систему фундаментальных химических, физических и математических понятий для решения поставленных задач НИР	<b>Называет</b> физико-химические свойства неорганических материалов (ЗН-6);	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов, определяющие их потенциальное прикладное использование.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов, объясняет, чем они обусловлены.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов, объясняет, чем они обусловлены. Может предложить решения по оптимизации того или иного свойства.

	Называет основы теории строения твердых тел (ЗН-7);	вопросы №1-35 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет основные теории образования твердого тела.	Перечисляет основные механизмы, термодинамические и кинетические модели процессов формирования твердого тела.	Перечисляет основные механизмы, термодинамические и кинетические модели процессов зарождения образования и роста кристаллов. Может пояснить основные положения перечисленных моделей и механизмов без ошибок. Может предложить модель для описания того или иного процесса.
	<b>Анализирует</b> влияние особенностей строения твердых веществ на их физические и химические свойства; (У-5);	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов, объясняет, чем они обусловлены.	Поясняет связь физико-химических свойств твердых веществ с особенностями строения.
	<b>Демонстрирует</b> навыки интерпретации особенностей поведения твердых веществ при изменении параметров их строения и состава (Н-5).	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Может пояснить какими особенностями строения обусловлено то или иное свойство.	Может предложить состав и строение вещества для получения материала с заданными свойствами.	Может предложить состав и строение вещества для получения материала с заданными свойствами. Может предложить решения по оптимизации того или иного свойства.
<b>ПК-4.1</b> Применяет основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе	<b>Перечисляет</b> основные зависимости физических и химических свойств твердых веществ от их строения (ЗН-8)	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов.	Перечисляет основные особенности строения твердых веществ, определяющие те или иные свойства.	Поясняет характер зависимости физико-химических свойств твердого вещества от особенностей его состава и строения.

полученных результатов НИР	<b>Анализирует</b> влияние особенностей строения твердых веществ на их физические и химические свойства (У-6);	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов.	Перечисляет основные физико-химические свойства неорганических материалов, объясняет, чем они обусловлены.	Поясняет связь физико-химических свойств твердых веществ с особенностями строения.
	<b>Определяет</b> параметры строения твердых тел, включая параметры, описывающие дефекты кристаллической структуры (У-7).	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Перечисляет параметры строения твердых тел и методы их определения.	Перечисляет параметры строения твердых тел описывающие дефекты кристаллической структуры.	Поясняет зависимость тех или иных свойств твердого тела от параметров строения твердых тел, включая параметры, описывающие дефекты кристаллической структуры.
	<b>Демонстрирует</b> навыки использования теоретических представлений о влиянии параметров строения твердых тел на их физические и химические свойства (Н-6).	вопросы №1-112 к экзамену. Защита курсовой работы.	Может пояснить какими особенностями строения обусловлено то или иное свойство.	Может обосновать выбор химического состава вещества для получения материала с заданными свойствами.	Может обосновать выбор химического состава и структуры вещества для получения материала с определенными характеристиками. Может предложить решения направленные на улучшение заданного свойства.
<b>ПК-5.1</b> Использует современные компьютерные технологии для обработки результатов научных экспериментов	Перечисляет возможности стандартных программных средств для обработки результатов эксперимента, в том числе для определения параметров строения твердых тел (ЗН-9)	Вопросы при подготовке и защите лабораторных работ Защита курсовой работы.	Имеет общее представление о стандартных программных средствах обработки результатов эксперимента	Перечисляет программные средства для обработки результатов эксперимента. Перечисляет их особенности и недостатки.	Имеет представление о программных средствах для обработки результатов эксперимента. Перечисляет их особенности и недостатки. Знает их области и пределы

					применимости.
	Использовать современные программные средства для обработки результатов эксперимента, в том числе для определения параметров строения твердых тел (У-8).	Вопросы при подготовке и защите лабораторных работ Защита курсовой работы.	Имеет общее представление о стандартных программных средствах обработки результатов эксперимента	Может предложить программные средства для обработки результатов эксперимента. Перечисляет их особенности и недостатки.	Может предложить программные средства для обработки результатов эксперимента. Перечисляет их особенности и недостатки. Знает их области и пределы применимости.
	Навыками обработки результатов научных исследований с помощью современных компьютерных технологий (Н-7).	Вопросы при подготовке и защите лабораторных работ Защита курсовой работы.	Перечисляет стандартные программные средства обработки результатов эксперимента	Обрабатывает результаты эксперимента набором программных средств. Перечисляет их особенности и недостатки.	Обрабатывает результаты эксперимента набором программных средств. Перечисляет их особенности и недостатки. Знает их области и пределы применимости.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсового проекта и экзамена, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

## 2. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по указанным компетенциям:

1. Строение ионных кристаллов. Ионные радиусы. Плотная шаровая упаковка анионов.
2. Октаэдрические и тетраэдрические пустоты: их размер и способы заполнения.
3. Энергия одноатомных кристаллов.
4. Силы притяжения и отталкивания.
5. Решеточные суммы для одноатомных кристаллов.
6. Энергия ионных кристаллов. Расчет решеточных сумм и их значения для различных типов решетки.
7. Расчет и экспериментальное определение энергии кристаллической решетки ионных кристаллов. Вклад в нее различных составляющих.
8. Сопоставьте энергии и физических свойств для кристаллов с различным типом связи.
9. Энергия поверхности кристалла.
10. Основные типы точечных дефектов (Шоттки, Френкеля). Искажение кристаллической решетки вокруг дефекта.
11. Твердые растворы и их типы.
12. Условия образования твердых растворов замещения. Правило Вергарда и отклонения от него. Релаксация структуры.
13. Равновесия в кристаллах с гетеровалентной примесью. Допирование и двойное допирование.
14. Условия образования твердых растворов внедрения и равновесия дефектов в них.
15. Явления упорядочения в твердых телах
16. Термодинамика образования точечных дефектов. Энтальпия дефектов различного рода в ионных кристаллах.
17. Термодинамическое обоснование необходимости существования точечных дефектов в кристалле и их концентрация.
18. Квазихимические реакции и квазихимическое описание равновесия точечных дефектов.
19. Нестехиометрия бинарных кристаллов. Заряд дефектов в бинарных кристаллах.
20. Отражение нестехиометрии на фазовых диаграммах, типы областей гомогенности.
21. Катионная нестехиометрия в многокомпонентных системах. Равновесие дефектов в них.
22. Влияние на стехиометрию атмосферы, концентрации растворов и соотношения реагентов.
23. Взаимодействие дефектов и их ассоциация.
24. Фазовые переходы порядок-беспорядок и их термодинамика.
25. Изменение термодинамических параметров системы в ходе фазовых переходов второго рода.
26. Неравновесность протяженных дефектов.
27. Линейные дислокации
28. Механизмы диффузии (междоузельный, вакансионный, эстафетный, краудсионный).
29. Энергетический профиль миграции атомов и ионов. Энергия активации диффузии.

30. Коэффициент диффузии. Частота перескоков.
  31. Направленная диффузия. Понятие о потоке вакансий.
  32. Первый и второй законы Фика.
  33. Анизотропия коэффициентов диффузии в реальных кристаллах.
  34. Взаимная диффузия. Течение кристалла по Киркендалю. Коэффициент взаимной диффузии.
  35. Диффузия в нестехиометрических кристаллах и кристаллах, содержащих примеси.
  36. Зависимость коэффициента диффузии от наличия примесей и атмосферы.
  37. Диффузия примесных атомов.
  38. Неравновесность протяженных дефектов. Линейные дислокации. Деформация твердых тел и их упругость.
  39. Пластические свойства кристаллов с различным характером связи.
  40. Вектор Бюргерса и деформация кристаллов с плотной шаровой упаковкой.
  41. Модули Юнга для металлов с различной структурой.
  42. Винтовые дислокации.
  43. Механические свойства полимеров.
  44. Поверхности раздела.
  45. Прочность кристаллов, модель Гриффитса. Механические свойства полимеров.
  46. Сверхструктура. Фазы Магнелли.
  47. Элементы зонной теории. Образование и ширина зон в структурах с тетраэдрической координацией атомов и ионов (элементы подгруппы углерода, сульфид цинка).
  48. Движение электрона в поле с периодическим потенциалом.
  49. Металлическая проводимость. Модельная цепочка из атомов водорода.
- Природа металлической связи.
50. Графит.
  51. Электропроводящие полимеры.
  52. Стопка анионов в цианоплатинате калия и его частично окисленных аналогах.
  53. Электропроводность оксидов переходных металлов состава MO, шпинелей, металлов и их сплавов.
  54. Сверхпроводимость. Модель Куперовских пар.
  55. Сверхпроводники первого и второго рода.
  56. Критическая температура, ток и напряженность магнитного поля для сверхпроводников.
  57. Полупроводники. Ширина запрещенной зоны простых и бинарных кристаллов. Концентрация носителей.
  58. Электронная и дырочная проводимость.
  59. Легирование полупроводниковых материалов. Донорные и акцепторные примеси.
  60. Общность химических теорий.
  61. Диффузия ионов в электрическом поле. Энергия активации ионной проводимости.
  62. Зависимость проводимости от наличия гетеровалентных примесей.
  63. Соотношение различных механизмов ионной проводимости.
  64. Числа переноса и их определение.
  65. Суперионные проводники. Природа суперионной проводимости и суперионные переходы.
  66. Требования к решетке и носителю заряда для суперионных соединений.
  67. Твердые электролиты на основе высокомолекулярных соединений.
- Проводимость стекол.

68. Ионная проводимость соединений со смешанным катионным составом.
69. Особенности протонной проводимости и ее механизмы.
70. Сегнетоэлектрики. Расщепление катионных позиций. Температура Кюри. Структуры с сегнетоэлектрическими свойствами.
71. Антисегнетоэлектрики.
72. Магнитные свойства электронов и ядер.
73. Диамагнитная восприимчивость.
74. Электронный и ядерный парамагнетизм.
75. Спектроскопия электронного и ядерного магнитного резонанса.
76. Ферро- и антиферромагнетизм. Природа этих явлений. Взаимодействие электронных орбиталей, суперобмен.
77. Доменная структура ферромагнетиков. Стенки Блоха.
78. Влияние размера частиц на свойства химических соединений.
79. Строение поверхности твердых тел. Релаксация структуры на поверхности.
80. Явление адсорбции. Строение сорбционных слоев.
81. Уравнение Лэнгмюра. Теплота адсорбции. Ослабление и разрыв связей в молекулах входе сорбции.
82. Интеркаляция.
83. Диффузия на поверхности.
84. Влияние на проводимость дисперсности соединений.
85. Проводимость гетерогенных смесей.
86. Формирование дефектов и фазовые превращения на границе раздела.
87. Реакции гетерогенного катализа, протекающие на поверхности твердых тел.
88. Механизмы каталитических процессов.
89. Твердофазные процессы и их кинетические кривые.
90. Термодинамика образования зародыша новой фазы.
91. Критический размер зародыша. Влияние пересыщения.
92. Энергия активации твердофазных процессов.
93. Механизмы образования зародышей и их роста.
94. Явления самоорганизации в ходе роста частиц новой фазы.
95. Гетерогенное зародышеобразование.
96. Диффузионно-контролируемые реакции. Лимитирующие стадии переноса.
97. Влияние на скорость твердофазных процессов температуры и степени дисперсности соединений.
98. Кинетическое описание диффузионно контролируемых реакций.
99. Рост пленок.
100. Уравнения сжимающейся и растущей сферы и их модификация для кристаллов с пониженной фрактальной размерностью.
101. Другие кинетические модели и ограничения их применимости.
102. Кинетический эксперимент для твердофазных реакций.
103. Механизмы и некоторые особенности твердофазных процессов.
104. Твердофазный синтез.
105. Рост кристаллов и скорость его при различном пересыщении.
106. Срастание кристаллов. Роль винтовых дислокаций в процессе роста кристаллов.
107. Ионный обмен из расплава и раствора.
108. Обмен на поверхности, в слоистых соединениях и в соединениях, содержащих каналы.
109. Сродство решетки и кинетика обмена для ионов различного радиуса.
110. Методы инициирования твердофазных реакций.
111. Термоактивация. Активация излучением по ударному механизму.
112. Механическая активация, механохимические процессы.

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

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

**б) Темы курсовых работ**

1. Кинетика твердофазных химических реакций: образование  $MgAl_2O_4$  из нанопорошков  $MgO$  и  $\gamma-Al_2O_3$

2. Кинетика твердофазных химических реакций: образование муллита  $Al_6Si_2O_{13}$  из нанопорошков  $\gamma-Al_2O_3$  и  $SiO_2$

3. Анализ механизма фазообразования при дегидратации  $Mg(OH)_2$

4. Анализ механизма фазообразования при дегидратации гидроксида алюминия

5. Количественный рентгенофазовый анализ смеси оксидов магния, титана, алюминия

6. Формирование наночастиц феррита кобальта (цинка) в гидротермальных условиях: влияние условий синтеза на морфологию и размерные параметры образующихся частиц

7. Влияние пористости на теплофизические и термомеханические свойства керамического материала на основе оксида магния

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.