

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 11.09.2023 16:40:29
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« 24 » декабря 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия твердого тела» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 15.12.2020 № 4

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 17.12.2020 № 4

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	11
4.4.1. Семинары, практические занятия	11
4.4.2. Лабораторные занятия	12
4.5. Самостоятельная работа.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	15
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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. Базы данных и 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.

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)
ПК-5 Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности	ПК-5.2 Способность использовать научные знания о строении вещества для решения научно-исследовательских и технологических задач в области производства микроэлектроники	Знать: <ul style="list-style-type: none">- физическую химию идеального и реального кристаллов (ЗН-1).- влияние дефектов на кинетику твердофазных процессов (ЗН-2).- о явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях (ЗН-3).- о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры (ЗН-4). Уметь: <ul style="list-style-type: none">- рассчитывать энергию дефектообразования, концентрацию термодинамических дефектов (У-1).- описывать физическими уравнениями процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами (У-2). Владеть методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа (Н-1)

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Физическая химия твердого тела" относится к части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на четвертом году обучения в 7 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов "Физика", "Материаловедение", "Общая и неорганическая химия", "Физическая химия", "Коллоидная химия", "Химические основы нанотехнологий".

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе студента бакалавриата, при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских и производственно-технологических задач.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	8 / 288
Контактная работа с преподавателем:	168
занятия лекционного типа	72
занятия семинарского типа, в т.ч.	90
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18 (8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	72 (72)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	84
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	экзамен (36)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Предмет и задачи курса	2				ПК-5
2	Химическая модель твердого вещества	10	2	4		ПК-5
3	Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения	6		8	44	ПК-5
4	Структура кристаллических твердых тел	6	2	16	8	ПК-5
5	Электронная теория кристаллов	10	4		18	ПК-5
6	Ионные кристаллы	8	2		6	ПК-5
7	Ковалентные твердые вещества	6	2			ПК-5
8	Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса	8	4			ПК-5
9	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов	8	2	24		ПК-5
10	Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях	8		20	8	ПК-5
ИТОГО		72	18	72	84	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-5.2	Введение. Предмет и задачи курса Химическая модель твердого вещества Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения Структура кристаллических твердых тел Электронная теория кристаллов Ионные кристаллы Ковалентные твердые вещества Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса Кинетика и механизмы гетерогенных процессов Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Введение. Предмет и задачи курса</p> <p>Предмет и задачи курса. Специфика твердого тела. Соотношения состав – структура - свойства. Обзор основных вопросов лекционных и практических занятий. Рекомендуемая литература.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p>Химическая модель твердого вещества</p> <p>Изменение закономерностей, связывающих состав – строение – свойства в ряду: молекула – макромолекула – твердое вещество (надмолекула). Объект физической химии твердого тела – конденсированные системы. Проблемы физической химии твердых веществ. Некристаллические твердые вещества. Дискретная и континуальная разупорядоченность. Основные технологии синтеза и зависимость свойств от технологии синтеза.</p> <p>Применение квантово-химических методов описания химических и межмолекулярных связей в твердых телах. Теория гомеоплярной связи. МО ЛКАО. Корреляционные диаграммы, локализованные и нелокализованные МО. Атомные радиусы и длины связей. Электронные диаграммы. Расчет размеров молекул с применением методов статистической механики. Сопряженные и ароматические молекулы. Свободная валентность. Индекс свободной валентности. Молекулярные диаграммы.</p> <p>Координационная связь. Метод валентных связей. Теория кристаллического поля. Теория поля лигандов. Потенциал ионизации. Молекулярные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь. Межмолекулярные взаимодействия.</p>	10	Лекция-беседа
3	<p>Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения</p> <p>Соотношения стехиометрических коэффициентов и координационных чисел. Ряды твердых соединений и способы их синтеза. Изменение свойств в рядах твердых соединений. Мерность остова и функциональные группы. Понятие о физико-химическом анализе.</p> <p>Свойства, определяющие области применения твердых веществ в электронной технике. Электрические и магнитные свойства. Эмпирические соотношения для оценки электрофизических свойств кристаллов. Сверхпроводники, проводники, полупроводники, диэлектрики, магнитные материалы, материалы квантовой электроники.</p>	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Структура кристаллических твердых тел 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. 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>	6	Лекция-беседа
5	<p>Электронная теория кристаллов 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 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 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>	10	Лекция-беседа
6	<p>Ионные кристаллы Химическое строение. Классификация. Шпинели. Феррит-шпинели. Ферриты. Фазовые диаграммы феррит-образующих систем. Соотношения: состав – структура – свойства феррит-</p>	8	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	шпинелей Термодинамический расчет равновесий в феррит-образующих системах. Твердые электролиты. Фазовые диаграммы. Баро-ЭДС. Высокотемпературные сверхпроводники.		
7	<p>Ковалентные твердые вещества</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>	6	Лекция-беседа
8	<p>Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса</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. Определение энергии антиструктурной разупорядоченности калориметрическим методом. Антиструктурные дефекты в шпинелях.</p> <p>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>	8	Лекция-беседа
9	<p>Кинетика и механизмы гетерогенных процессов</p> <p>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</p>	8	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>градиент. Электропроводность. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Электрохимический градиент. Уравнение Вагнера. Экспериментальные методы исследования механизма твердофазных реакций. Метод свободных поверхностей. Твердофазные электрохимические ячейки.</p> <p>Ионная проводимость. Электронная (n и p) проводимость. Поляроны. Числа переноса ионов. Влияние дефектной структуры и типа проводимости на механизм и кинетику гетерогенных реакций.</p> <p>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>		
10	<p>Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях</p> <p>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.</p> <p>Низкоразмерные системы. Изменение свойств вещества в межфазных слоях. Термодинамика искривленных поверхностей. Зависимость свободной энергии поверхности и температуры фазовых и релаксационных переходов от размера частиц.</p> <p>Методы исследования структуры и химического состава поверхности. Измерение геометрических, химических, колебательных и электронных свойств поверхности методами ДМЭ, ОЭС, ФЭС, МСВИ, СХПЭЭ. Примеры: перестройка и реконструкция поверхности; моно- и поликристалличность; электронная структура поверхности в различных условиях - вакуум, контакт с реальной атмосферой, адсорбция, хемосорбция; примеси, дефекты.</p>	8	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Метод МО. Электронная конфигурация. Молекулярный терм Многоатомные молекулы.	2		Разбор конкретных ситуаций
4	Определение точечной и пространственной симметрии кристаллов.	2		
5	Расчет плотности состояний электронов вблизи запрещенной зоны	2	2	
	Определение природы основных носителей заряда в полупроводниках	2	2	
6	Термодинамический расчет равновесий в ферритобразующих системах	2		Разбор конкретных ситуаций
7	Оценка доли ионности связи. Энергия ионно-ковалентного резонанса. Электроотрицательность	2		
8	Описание точечных дефектов. Квазихимические реакции	2	2	Разбор конкретных ситуаций
	Расчет энергии дефектообразования по химическим, термохимическим данным и по результатам измерения электропроводности	2		
9	Расчет кинетических параметров твердотельных реакций	2	2	

4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Изучение оксидных наноструктур на поверхности полимерных материалов методом ИК-Фурье спектроскопии	4	4	
3	Техника и методика дифференциального термического анализа	8	8	
4	Определение ориентировки кристалла по фигурам травления	2	2	
	Определение плотности дислокаций в кристалле	2	2	
	Определение параметров кристаллической решетки пленочного образца	4	4	
	Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ	8	8	
9	Определение глубины поверхностно-нарушенного слоя кристалла	4	4	
	Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ	8	8	
	Определение краевого угла смачивания поверхности твердых веществ	4	4	
	Определение состояния элементов в оксидных нанослоях на дисперсных твердофазных матрицах по спектрам диффузного отражения	8	8	
10	Техника и методика ИК-спектроскопии	4	4	
	Определение удельной поверхности методом низкотемпературной адсорбции азота	8	8	
	Потенциометрическое исследование поверхности твердых веществ	8	8	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Некристаллические и частично кристаллические вещества.	4	Устный опрос
	Аморфные полупроводники.	4	
	Жидкие кристаллы.	4	
	Интеркаляция	4	
	Органические металлы, полупроводники, сверхпроводники.	4	
	Сегнето-, пьезо-, пироэлектрики.	4	
	Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Фотомагнетизм.	4	
	Металлооптика.	4	
	Акустоэлектроника.	4	
	Оптические, магнитные и твердотельные носители информации. Запоминающие устройства на их основе.	4	
	Фото-, радио-, термо- и электролюминофоры и источники света на их основе.	4	
4	Геометрия кристаллической решетки. Определение плоскостей и направлений в кристаллических структурах. Симметрия.	4	Устный опрос
	Строение сложных кристаллов. Цеолиты. Белки. Спиральные кристаллы.	4	
5	Фазовые переходы. Алмаз, графит, графен, карбин, фуллерены.	2	Устный опрос
	Электропроводность. Типы носителей. Проводимости и реакционная способность оксидов.	4	
	Высокотемпературная и низкотемпературная сверхпроводимость.	4	
	Эффект Холла	4	
	Термоэлектрические эффекты в полупроводниках – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	4	
6	Твердые электролиты, ионисторы.	6	Устный опрос
10	Ультрадисперсные системы и тонкие пленки.	8	

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

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на мини-дифрактометре «Дифрей»: учебное пособие / А.М.Абызов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2008. - 95 с.
2. Ежовский, Ю.К. Технология и свойства тонкопленочных структур: Практикум / Ю.К.Ежовский, Н.В.Захарова. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 99 с. (ЭБ)
3. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 22 с.
4. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 16 с.
5. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с. (ЭБ)
6. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин. - Санкт-Петербург: ПГУПС, 2008. - 176 с. - ISBN 978-5-7641-0171-2
7. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБОМЕТР–2.0»: методические указания к лабораторной работе / А.А.Малков, А.Ю.Шевкина. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 28 с.
8. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с. (ЭБ)
9. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие / А.Г.Морачевский. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2021. - 160 с. - ISBN 978-5-8114-1857-2 (ЭБС)
10. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: методические указания к лабораторной работе / С.А.Трифонов, Т.С.Павленко. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 21 с.
11. Химическая диагностика материалов / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б.Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. - 224 с. - ISBN 978-5-7641-0254-2

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

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 7 семестра в виде экзамена в устной форме. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых в экзаменационном билете:

1. Надмолекулы и супрамолекулы – высокоорганизованные соединения.
2. Электронные и ионные проводники и диэлектрики.
3. Термодинамическое описание процесса образования феррит-шпинелей.
4. Классификация, особенности химического строения и стехиометрия цеолитов.
5. Факторы, определяющие механизм твердофазных реакций.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на минидифрактометре «Дифрей»: учебное пособие / А.М.Абызов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2008. - 95 с.
2. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В.И. Барановский. - Москва: Academia, 2008. - 383 с. - ISBN 978-5-7695-3961-9
3. Бердетт, Дж. Химическая связь / Дж.Бердетт. - Москва: Мир, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 245 с. – ISBN 978-5-94774-760-7 (БИНОМ.ЛЗ) – ISBN 978-5-03-003847-6 (Мир)
4. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела / Б.Е.Винтайкин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. - 359 с. - ISBN 978-5-7038-2459-7
5. Ежовский, Ю.К. Технология и свойства тонкопленочных структур: Практикум / Ю.К.Ежовский, Н.В.Захарова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 99 с.
6. Ермаков, А.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие для вузов / А.И. Ермаков. - Москва: Юрайт, 2010.– 555 с. - ISBN 978-5-9916-0587-8
7. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 22 с.
8. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: методические указания к лабораторной работе / Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 16 с.
9. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с.
10. Кнотько, А.В. Химия твердого тела / А.В.Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д.Третьяков. - Москва: Academia, 2006. - 302 с. - ISBN 5-7695-2262-3
11. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин. - Санкт-Петербург: ПГУПС, 2008. - 176 с. - ISBN 978-5-7641-0171-2
12. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБОМЕТР–2.0»: методические указания к лабораторной работе / А.А.Малков, А.Ю. Шевкина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский

- государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 28 с.
13. Матухин, В.Л. Физика твердого тела: Учебное пособие / В.Л.Матухин, В.Л.Ермаков. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2010. - 218 с. - ISBN 978-5-8114-0923-5
 14. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с.
 15. Синельников, Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами: учебное пособие / Б.М. Синельников. - Москва: Высшая школа, 2005. - 136 с. - ISBN 5-06-004784-9
 16. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
 17. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
 18. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: методические указания к лабораторной работе / С.А.Трифонов, Т.С.Павленко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 21 с.
 19. Химическая диагностика материалов / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. - 224 с. - ISBN 978-5-7641-0254-2

б) электронные издания:

1. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В.И. Барановский. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2019. - 428 с. - ISBN 978-5-8114-3961-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Ежовский, Ю.К. Технология и свойства тонкопленочных структур: Практикум / Ю.К.Ежовский, Н.В.Захарова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 99 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум / Н.В.Захарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
5. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
6. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

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

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 7 семестра в виде экзамена в устной форме. Экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»

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

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

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

Лабораторные занятия проводятся на базе лабораторного комплекса кафедры.

Использование лицензионного ПО:

При представлении лекционного материала и проведении практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

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

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

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
"Физическая химия твердого тела"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.2 Способность использовать научные знания о строении вещества для решения научно-исследовательских и технологических задач в области производства микроэлектроники	Знает физическую химию идеального и реального кристаллов (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-5 к экзамену	Имеет представление о понятии идеального и свойствах реального кристаллов	Знает физическую химию идеального и реального кристаллов	Знает особенности строения и свойств идеального и реального кристаллов
	Знает влияние дефектов на кинетику твердофазных процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 6-10 к экзамену	Имеет представление о кинетике твердофазных процессов	Знает основные механизмы и кинетику твердофазных процессов	Знает основные механизмы твердофазных процессов и влияние дефектов на их кинетику
	Знает о явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 11-17 к экзамену	Имеет представление об явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях	Знает основные явления переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях	Знает особенности протекания переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях
	Знает о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры (ЗН-4).	Ответы на вопросы №№ 18-70 к экзамену	Имеет понятия об изменениях физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры	Знает закономерности изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры	Знает и умеет использовать закономерности изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Умеет рассчитывать энергию дефектообразования, концентрацию термодинамических дефектов (У-1).	Ответы на вопросы №№ 71-72 к экзамену	Имеет представление о возможности расчета энергии дефектообразования и концентрации термодинамических дефектов	Знает порядок расчета энергии дефектообразования и концентрации термодинамических дефектов	Владеет навыками расчета энергии дефектообразования и концентрации термодинамических дефектов
	Умеет описывать физическими уравнениями процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами (У-2).	Ответы на вопросы №№ 73-75 к экзамену	Имеет представление о процессах, определяющих кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами	Знает физические процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами	Владеет навыками описания физическими уравнениями процессы, определяющие гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами
	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 76-78 к экзамену	Знает о методиках пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Применяет на практике методики пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа

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

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

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

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

1. Идеальный и реальный кристаллы, классификация дефектов, типы точечных и размерных дефектов в твердых телах. Влияние дефектов на свойства материалов.
2. Механизмы дефектообразования по Шоттки и по Френкелю. Расчет концентрации собственных дефектов в металлах и полупроводниках IV группы.
3. Обозначение точечных дефектов по Креггеру-Винку, квазихимические реакции (дефектообразование, замещение). Нестехиометрия кристаллов, влияние газовой среды на концентрацию собственных дефектов.
4. Квазихимические реакции замещения ионов изовалентными и неизовалентными примесями. Геометрический и электрохимический факторы образования твердого раствора.
5. Формирование сверхструктур, плоскостей кристаллографического сдвига, блочной структуры, бесконечно адаптированных структур.
6. Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Фронт реакции. Реакционная поверхность раздела.
7. Термодинамическая теория твердофазных реакций (Вагнера-Шмальцрида)
8. Влияние дефектообразования на кинетику и механизм гетерогенных реакций. Уравнение Вагнера.
9. Релаксация и реконструкция поверхности, состояния Шокли и Тамма, распределение области пространственного заряда.
10. Физическая адсорбция и хемосорбция на поверхности твердых тел, поверхностная диффузия.
11. Диффузионные процессы в твердых телах, механизмы диффузии, диффузия примеси внедрения.
12. Коэффициент хаотической самодиффузии как функция T , p и концентрации.
13. Коэффициент хаотической самодиффузии в кристаллах с нарушенной стехиометрией.
14. Диффузия в многокомпонентных системах. Эффекты Киркендала и Френкеля.
15. Движущие силы диффузии. Концентрационный градиент. Электрохимический градиент, ур-ние Вагнера, основное ур-ние переноса заряженных частиц. Числа переноса и их определение.
16. Подвижность носителей заряда и ее связь с коэффициентом хаотической самодиффузии.
17. Поляроны и прыжковый механизм проводимости.
18. Объект физической химии твердого тела – конденсированные системы.
19. Надмолекулы и супрамолекулы – высокоорганизованные соединения.
20. Дальний и ближний порядок в твердых телах. Оценка ближнего порядка.
21. Классификация твердых веществ по типу разупорядоченности.
22. Зависимость свойств твердых веществ от состава, структуры и технологии получения. Основные типы технологий.
23. Изменение закономерностей в соотношениях химический состав – химическое строение – пространственная структура в зависимости от молекулярной массы вещества (молекулы – макромолекулы – твердые вещества).
24. Квантово-механическое описание электронного строения, уравнение Шредингера, волновая функция, квантовые числа.
25. Теория МО ЛКАО.
26. Метод валентных связей. Теория кристаллического поля.
27. Теория поля лигандов. Эффект Яна-Телера.
28. Стехиометрия и классификация твердых веществ. Соотношения стехиометрических коэффициентов и координационных чисел.
29. Стехиометрия твердых веществ по остовной теории. Классификация рядов твердых соединений.
30. Классификация твердых веществ по атомно-молекулярной структуре, типу кристаллической структуры, мерности остова.

31. Классификация твердых веществ по электрофизическим свойствам.
32. Диэлектрические свойства материалов, составляющие поляризуемости диэлектриков. Сегнетоэлектрики - особенности структуры. Ориентационные фазовые переходы. Пиро- и пьезоэлектрики. Температура Кюри. Закон Кюри-Вейсса.
33. Магнитные свойства. Магнитная восприимчивость магнетиков различных типов. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитные материалы и области их применения.
34. Оптически активные материалы. Материалы на комбинированных электрофизических эффектах.
35. Основные элементы кристаллографии: элементарная ячейка, постоянные решетки, трансляционная симметрия и сингонии кристаллических решеток, решетки Браве
36. Точечная симметрия кристаллов: кристаллографические координаты атомов, элементы и операции точечной симметрии кристаллов, их обозначения. Понятие точечной группы симметрии. Набор точечных групп симметрии кристаллов и их обозначения. Квазикристаллы.
37. Представления о строении кристаллов в терминах обратной решетки, волновой вектор, ячейка Вигнера-Зейтца. Понятие зоны Бриллюэна, связь формы зоны Бриллюэна с сингонией кристалла, Особые точки и направления в зоне Бриллюэна для кристаллов различной сингонии.
38. Колебательное движение атомов в кристаллах. Модель одномерного кристалла. Акустические и оптические фононы. Поперечные и продольные колебания. Дисперсия и плотность состояний фононного газа
39. Фононная теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая. Теплопроводность фононного газа. Ангармонизм колебаний.
40. Волновые функции для дискретных и периодических систем. Теорема Блоха
41. Стационарное уравнение Шредингера для модели бесконечного одномерного кристалла, приближения сильной и слабой связи. Понятие запрещенной зоны
42. Статистика Ферми-Дирака, плотность состояний и заполнение зон электронами. Межзонные и внутризонные переходы. Теоретические основы классификации твердофазных материалов по механизму электронной проводимости: диэлектрики, проводники и полупроводники
43. Аналогии между зонной теорией электронного строения кристаллов и представлениями теории молекулярных орбиталей для неперриодических систем.
44. Эффективная масса электронов в кристалле. Зависимость эффективной массы от волнового вектора. Представления о дырках и дырочной проводимости
45. Зависимость электропроводности от температуры для различных типов твердофазных материалов. Электропроводность ионных кристаллов.
46. Фазовые переходы I и II рода. Термодинамическое описание и параметр порядка.
47. Сверхпроводимость, теории сверхпроводимости, ВТСП.
48. Межзонные электронные переходы. Прямые и не прямые, разрешенные и запрещенные переходы.
49. Поглощение света полупроводниками и диэлектриками: край фундаментального поглощения, оптическая ширина запрещенной зоны.
50. Теории металлов Друде и Зоммерфельда. Вырожденный электронный газ. Связь энергии Ферми и концентрации электронов. Статическая электропроводность металла.
51. Особенности ионной связи. Термодинамический цикл Борна—Габер для кристалла хлорида натрия.
52. Кристаллы с ионной связью. Общие закономерности. Ионы и ионные радиусы. Энергия решетки ионного кристалла.
53. Правила о соотношениях радиусов. Правила Полинга.
54. Классы структур типа MX и MX_2 .
55. Классы структур типа M_2X_3 и $\text{MM}'\text{X}_3$. Толерантный фактор Гольдшмидта.
56. Класс структур типа шпинели. Сверхобменное взаимодействие и антиферромагнетизм.
57. Ферриты. Классификация ферритов. Термодинамическое описание синтеза феррит-шпинелей.

58. Феррит-образующие системы: NiO - ZnO - Fe₂O₃, MnO - ZnO - Fe₂O₃. Особенности диаграмм состояния. Зависимость состава и свойств ферритов от температуры, давления кислорода, режима охлаждения и способов синтеза.
59. Феррит-гранаты. Состав и структура. Особенности температурной зависимости магнитной проницаемости феррит-гранатов.
60. Твердые электролиты (суперионики). Классификация ионных кристаллов по типу разупорядоченности структуры.
61. Фазы на основе халькогенидов серебра и β-глинозем - особенности структуры и механизм проводимости. Предпосылки проявления веществом высокой ионной проводимости.
62. Баро-ЭДС. Температурная зависимость баро-ЭДС RbAg₄I₅.
63. Ковалентные твердые вещества, электроотрицательность, степень ионности связи. Изоморфизм, полиморфизм, политипизм.
64. Пористые матрицы для трехмерных решеток наноструктур. Фотонные кристаллы.
65. Кристаллический полиморфизм ковалентных твердых веществ сложного состава на примере цеолитов.
66. Классификация, особенности химического строения и стехиометрия цеолитов.
67. Гидротермальный синтез цеолитов. Влияние структуры растворов на результаты синтеза.
68. Кристаллизация цеолитов. Изоморфные замещения в решетках цеолитов.
69. Некристаллические и частично кристаллические твердые вещества.
70. Формирование нанокластеров, напряжения в наноструктурах, влияние размеров кластера на свойства наноструктурированного материала.
71. Методы определения энергии дефектообразования. Антиструктурные дефекты и электронное разупорядочение в шпинелях, определение энергии разупорядочения.
72. Ассоциация и комплексообразование дефектов, расчет концентрации ассоциированных дефектов.
73. Кинетика твердофазных реакций, методы определения параметров формального уравнения кинетики.
74. Образование сферического и дискообразного зародыша. Ур-ние Авраами-Ерофеева
75. Диффузионная модель Яндера.
76. Расчет магнитных моментов феррит-шпинелей и твердых растворов.
77. ИК-спектроскопия зеркального отражения. Отражение с поглощением. Показатели преломления и поглощения, коэффициент отражения. ИК-спектроскопия НПВО и МНПВО.
78. ИК-спектроскопия диффузного отражения. Интегрирующая сфера. Методика регистрации. Количественные измерения. Функция Кубелки-Мунка. Реализация измерений in-situ.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

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

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

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

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