

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 20:36:55
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

**Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность образовательной программы

Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль

Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		доцент Е.А.Соснов
		доцент С.Д.Дубровенский

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

протокол от 02.12.2016 № 3

Заведующий кафедрой

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 2016 №

Председатель

С.Г.Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология» (неорганических веществ)		профессор А.А.Малыгин
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. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	13
4.3.1. Семинары, практические занятия	13
4.3.2. Лабораторные занятия.....	13
4.4. Самостоятельная работа.....	14
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	15
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	16
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	17
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	17
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	18
10.1. Информационные технологии.....	18
10.2. Программное обеспечение.....	18
10.3. Информационные справочные системы.....	18
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	19
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	19
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	20

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы магистратуры обучающийся в соответствии с ФГОС ВО по направлению "Химическая технология" (18.03.01) (Утв. Приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 № 1005) должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные методы физико-химического анализа материалов, их физические принципы; - набор характеристик, получаемых тем или иным методом; - методические аспекты применения методов исследования; - способы обработки результатов измерений и их интерпретации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов; - практически применять спектральные методы анализа - применять методы поиска химической информации, статистической обработки результатов измерений.
ОПК-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	<p>Иметь представление:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о термодинамике реальных кристаллов; - о явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействия потоков и возникающих при этом явлениях; - о кинетике гетерогенных реакций; - о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры. <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физическую химию идеального и реального кристаллов; - влияние дефектов на кинетику твердофазных процессов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать энергию дефектообразования, концентрацию термодинамических дефектов; - описывать физическими уравнениями процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами;

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		- пользоваться современными методами контроля процессов синтеза твердых веществ с заданными физико-химическими свойствами.
ПК-18	Готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	Владеть: - методами получения твердых веществ с заданными магнитными, электрическими, оптическими свойствами; - методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа; - компьютерными средствами обработки спектральных данных.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б1.В.ДВ.03.03. «Химическая технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники», является обязательной (Б1.В.ДВ.03.03.04.) и изучается на 4 курсе обучения в 7 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов "Математика", "Физика", "Общая и неорганическая химия", "Физическая химия", "Коллоидная химия", "Кристаллохимия и кристаллография". Компетенции, приобретенные в результате освоения дисциплины, будут использованы 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)	10 / 360
Контактная работа с преподавателем:	172
занятия лекционного типа	72
занятия семинарского типа, в т.ч.	90
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	72
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	10
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	152
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет, 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	1				ОПК-3
2	Химическая модель твердого вещества	9	2			ОПК-3
3	Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения	4			63	ОПК-3
4	Структура кристаллических твердых тел	4	2		8	ОПК-3
5	Электронная теория кристаллов	10	2		28	ОПК-3
6	Ионные кристаллы	6	2		6	ОПК-3
7	Ковалентные твердые вещества	4				ОПК-3
8	Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса	6	2	4		ОПК-3
9	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов	6	2	8		ОПК-3
10	Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях	4		32	8	ОПК-3
11	Общая классификация физико-химических методов исследования. Общие принципы анализа и обработки спектральных данных	2				ОПК-2
12	Колебательная спектроскопия: ИК и КР-спектроскопия	4	2	8		ПК-18
13	Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра	2	2	8		ПК-18
14	Рентгеновская спектроскопия и дефектоскопия	4		4	14	ПК-18
15	Анализ материалов методами дифракции рентгеновских лучей, нейтронов, электронов	4	2	8		ПК-18
16	Исследование морфологии и топографии методами электронной микроскопии	2			31	ПК-18

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Введение. Предмет и задачи курса Предмет и задачи курса. Специфика твердого тела. Соотношения состав – структура - свойства. Обзор основных вопросов лекционных и практических занятий. Рекомендуемая литература.</p>	1	Лекция-беседа
2	<p>Химическая модель твердого вещества 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. 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. Координационная связь. Метод валентных связей. Теория кристаллического поля. Теория поля лигандов. Потенциал ионизации. Молекулярные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь. Межмолекулярные взаимодействия.</p>	9	
3	<p>Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения 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. 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>	4	
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>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Теплоемкость твердых тел. Модели атомной динамики твердого тела по Эйнштейну и Дебаю. Ангармонизм колебаний. Тепловое расширение кристаллов.		
5	<p>Электронная теория кристаллов</p> <p>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. Ферромагнетика, антиферромагнетика, ферримагнетика. 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	
6	<p>Ионные кристаллы</p> <p>Химическое строение. Классификация. Шпинели. Феррит-шпинели. Ферриты. Фазовые диаграммы феррит-образующих систем. Соотношения: состав – структура – свойства феррит-шпинелей. Термодинамический расчет равновесий в феррит-образующих системах. Твердые электролиты. Фазовые диаграммы. Баро-ЭДС. Высокотемпературные сверхпроводники.</p>	6	
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>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	<p>Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса</p> <p>Стехиометрический кристалл. Дефектная структура кристалла. Доминирующие точечные дефекты. Описание точечных дефектов по Винку, Крегеру, 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>	6	
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 Киркендаля. Направленная диффузия. Концентрационный градиент. Тепловой градиент. Электропроводность. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Электрохимический градиент. Уравнение Вагнера. Экспериментальные методы исследования механизма твердофазных реакций. Метод свободных поверхностей. Твердофазные электрохимические ячейки.</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>	6	
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</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>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>		
11	<p>Общая классификация физико-химических методов исследования. Общие принципы анализа и обработки спектральных данных</p> <p>Общие принципы физико-химических методов анализа. Классификация по природе возбуждающего воздействия и регистрируемых частиц. Абсорбция, эмиссия и рассеяние. Спектроскопия и спектрометрия. Роль геометрии спектральных исследований.</p> <p>Форма спектров и их математическая обработка. Естественное и аппаратное уширение. Аппаратная функция. Интегральная интенсивность. Базовая линия. Деконволюция перекрывающихся полос. Количественный анализ спектров поглощения электромагнитного излучения. Двухлучевая схема измерений. Количественный анализ оптическими методами.</p> <p>Пробоподготовка, ее специфика для наноструктурированных материалов. Поверка, калибровка и сертификация оборудования для физико-химических исследований. Стандартные образцы и спектральные эталоны.</p>	2	Лекция-беседа
12	<p>Колебательная спектроскопия: ИК и КР-спектроскопия</p> <p>Теоретические основы колебательной спектроскопии: гармонический осциллятор, силовая константа, правила отбора; Ангармонические эффекты, коэффициент ангармонизма, фундаментальные и горячие переходы, обертоны. Колебания многоатомных молекул: силовое поле, нормальные колебания, классификация по форме колебаний, ангармонические эффекты в многоатомных молекулах, составные колебания. Роль симметрии в колебательной спектроскопии, колебательные термы, их классификация и обозначения по симметрии. Колебания в кристаллах: акустические и оптические фононы, фононный спектр.</p> <p>Аппаратная реализация ИК-спектроскопии: источники и детекторы ИК-излучения, спектроскопия пропускания,</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>зеркального отражения, НПВО и МНПВО, диффузного отражения, фотоакустическая. Роль пробоподготовки для твердых веществ и наноматериалов. Форма и интерпретация спектров.</p> <p>Спектроскопия комбинационного рассеяния: теоретические основы и аппаратная реализация, правила отбора, пробоподготовка. Форма и интерпретация спектров. Взаимно дополнительный характер ИК- и КР-спектров.</p>		
13	<p>Спектроскопия в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра</p> <p>Теоретические основы оптической спектроскопии. Элементы квантовой механики: уравнение Шредингера, волновая функция электронов, квантовые числа, метод ЛКАО, самосогласованное поле. Механизмы электронных переходов. Интенсивность поглощения. Правила отбора. Квантово-механическое описание электронных переходов. Матричный элемент перехода. Связь матричного элемента с коэффициентами экстинкции, Эйнштейна и силой осциллятора. Атомная, молекулярная и твердотельная оптическая спектроскопия.</p> <p>Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия. Аппаратная реализация. Индуктивно-связанная плазма.</p> <p>Оптическая спектроскопия молекулярных и координационных соединений. Молекулярный терм, роль точечной симметрии и правила отбора. Адиабатическое приближение. Принцип Франка-Кондона. Стоксовы и антистоксовы смещения в абсорбционных и эмиссионных спектрах. Электронно-колебательное расщепление и вибронные спектры. Уширение полос, интегральная интенсивность полос поглощения и количественный анализ. Специфика координационных соединений. Кристаллическое поле. Корреляционные диаграммы.</p> <p>Теоретические основы оптической спектроскопии твердотельных объектов: Обратная решетка, зона Бриллюэна. Статистика Ферми и плотность состояний. Зонная структура. Запрещенная зона и край фундаментального поглощения. Особенности методик исследования твердых тел, оптические эффекты, отражение, формулы Френеля, спектроскопия пропускания, зеркального и диффузного отражения. Эмиссионная оптическая спектроскопия, люминесценция, флуоресценция и фосфоресценция.</p> <p>Аппаратная реализация, схемы регистрации, пробоподготовка.</p>	2	
14	<p>Рентгеновская спектроскопия и дефектоскопия</p> <p>Общие принципы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Красная граница и сечение фотоэффекта. Источники и детекторы рентгеновского излучения. Рентгеновская спектроскопия поглощения: широкополосная, спектроскопия тонкой и протяженной тонкой структуры</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>края поглощения (XAS, XANES, EXAFS). Теоретические принципы и устройство спектрометров. Интерпретация спектров и получаемая информация.</p> <p>Механизмы релаксации фотоэффекта и семейство методов рентгеновской спектроскопии. Фотоэлектронная спектроскопия, Оже-спектроскопия, рентгенофлуоресцентный и рентгенозондовый анализ. Теоретические основы и принципы. Конструкция спектрометров: источники возбуждающего воздействия и детекторы, условия регистрации. Форма и интерпретация спектров. Области применения. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов и спектроскопия потенциала появления.</p> <p>Рентгеновская и акустическая дефектоскопия.</p>		
15	<p>Дифракционные методы: дифракция рентгеновских лучей, нейтронов, электронов</p> <p>Теоретические основы дифракционных методов анализа. Уравнение Вульфа-Брегга. Варианты аппаратной реализации методов дифракции рентгеновских лучей. Атомный фактор рассеяния. Рентгеноспектральный и рентгенофазовый анализ. Порошковые рентгенограммы. Особенности дифракции нейтронов. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов. Аппаратная реализация.</p> <p>Методы дифракции медленных, быстрых и быстрых отраженных электронов. Поверхностная чувствительность. Представления о симметрии двумерного кристалла. Исследование процессов реконструкции и релаксации поверхности.</p>	4	
16	<p>Исследование морфологии и топографии методами электронной микроскопии</p> <p>Разновидности электронной микроскопии. Электронная микроскопия пропускания: основные принципы, аппаратная реализация, разрешающая способность, проблемы пробоподготовки.</p> <p>Сканирующая электронная микроскопия: основные принципы, аппаратная реализация, сочетание с рентгенозондовым анализом, контраст в первичных и вторичных электронах, разрешающая способность.</p>	2	

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	Метод МО. Электронная конфигурация. Молекулярный терм Многоатомные молекулы.	2	Разбор ситуаций
4	Определение точечной и пространственной симметрии кристаллов.	2	Учебная дискуссия
5	Электропроводность твердых тел	2	
6	Строение и свойства шпинелей	2	
8	Описание точечных дефектов. Квазихимические реакции	2	
9	Расчет коэффициентов само- и гетеродиффузии	2	
12	Анализ колебательных спектров	2	Компьютерные симуляции
13	Оптические свойства твердофазных материалов	2	
15	Дифракционные методы исследования твердых тел	2	Компьютерные симуляции

4.3.2. Лабораторные занятия.

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

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Некристаллические и частично кристаллические вещества.	4	
	Аморфные полупроводники.	4	
	Жидкие кристаллы.	4	КСР (1)
	Интеркаляция	6	
	Органические металлы, полупроводники, сверхпроводники.	6	
	Сегнето-, пьезо-, пироэлектрики.	6	КСР (1)
	Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Фотомагнетизм.	8	
	Металлооптика.	6	КСР (1)
	Акустоэлектроника.	4	
	Оптические, магнитные и твердотельные носители информации. Запоминающие устройства на их основе.	8	КСР (1)
4	Фото-, радио-, термо- и электролюминофоры и источники света на их основе.	7	
	Геометрия кристаллической решетки. Определение плоскостей и направлений в кристаллических структурах. Симметрия.	4	
5	Строение сложных кристаллов. Цеолиты. Белки. Спиральные кристаллы.	4	КСР (1)
	Фазовые переходы. Алмаз, графит, графен, карбин, фуллерены.	4	
	Электропроводность. Типы носителей. Проводимости и реакционная способность оксидов.	8	КСР (1)
	Высокотемпературная и низкотемпературная сверхпроводимость.	6	
	Эффект Холла	4	
6	Термоэлектрические эффекты в полупроводниках – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	6	КСР (1)
	Твердые электролиты, ионисторы.	6	
10	Ультрадисперсные системы и тонкие пленки.	8	КСР (1)
14	Области применения рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии	8	
16	Аналитические возможности Оже-спектроскопии для анализа профилей распределения элементов по глубине и контроля состава поверхности материалов электронной техники	8	КСР (1)
	Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел	8	
	Анализ строения некристаллических твердых материалов методом спектроскопии EXAFS	8	КСР (1)
	Аналитические возможности и особенности пробоподготовки просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения	7	

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

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на мини-дифрактометре «Дифрей»: учебн. пособие./ А.М.Абызов. - СПб: СПбГТИ(ТУ), 2008.- 95 с.
2. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д. Дубровенский.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.– 49 с.
3. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: М.У. к лабораторной работе./ Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков.- СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009.- 22 с.
4. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: М.У. к лабораторной работе./ Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 16 с.
5. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум./ Н.В.Захарова.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с.
6. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин.- СПб.: ПГУПС, 2008. - 176 с.
7. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБОМЕТР–2.0»: М.У. к лабораторной работе./ А.А.Малков, А.Ю.Шевкина.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.– 28 с.
8. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие./ А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 83 с. (ЭБ)
9. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский.- 2-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2015.- 160 с. (ЭБ)
10. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: М.У. к лабораторной работе./ С.А.Трифонов, Т.С.Павленко - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 21 с.
11. Химическая диагностика материалов/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская.- СПб.: ПГУПС, 2010.- 224 с.

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

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («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 зачета по практическим и лабораторным работам и экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала и 1 задачу. 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.
6. Электронная микроскопия пропускания. Физические принципы и аппаратное оформление. Пробоподготовка и требования к образцу. Области применения.
7. Колебания в кристаллах. Закон дисперсии. Оптические и акустические фононы. Продольные и поперечные колебательные моды.

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

Основная литература.

1. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия/ В.И.Барановский.- СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2017. - 428 с. (ЭБС)
2. Бёккер, Ю. Спектроскопия / Ю.Бёккер; пер. с нем. под ред. А.А.Пупышева, М.В. Поляковой. - М. : Техносфера, 2009. - 527 с.
3. Дубровенский, С.Д. Компьютерный анализ спектральных данных./ С.Д. Дубровенский.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.– 49 с. (ЭБ)
4. Ермаков, А.И. Квантовая механика и квантовая химия/ А.И.Ермаков.- М.: Юрайт, 2010.- 555 с.
5. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - М.: Кн. дом "ЛИБРОКОМ". Ч.1: Общие вопросы спектроскопии. - 2011. – 236 с.
6. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - М.: Кн. дом "ЛИБРОКОМ". Ч.2: Атомная спектроскопия. - 2009. - 415 с.
7. Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А.Ельяшевич. - М.: Кн. дом "ЛИБРОКОМ". Ч.3: Молекулярная спектроскопия. - 2009. - 527 с.
8. Корсаков, В.Г. Физическая химия твердого тела/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин.- СПб.: ПГУПС, 2008. - 176 с.
9. Матухин, В.Л. Физика твердого тела/ В.Л.Матухин, В.Л.Ермаков.- СПб., М., Краснодар: Лань, 2010.- 218 с.
10. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие./ А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 83 с. (ЭБ)
11. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский.- СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2015.- 160 с. (ЭБС)
12. Пупышев, А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А.А.Пупышев. - М.: Техносфера, 2009. - 782 с.
13. Суздаев, И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. - 2-е изд., испр. - М.: Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 589 с.
14. Химическая диагностика материалов/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская.- СПб.: ПГУПС, 2010.- 224 с.

Дополнительная литература.

1. Абызов, А.М. Рентгенодифракционный анализ поликристаллических веществ на минидифрактометре «Дифрей»: учебн. пособие./ А.М.Абызов. - СПб: СПбГТИ(ТУ), 2008.- 95 с.
2. Бердетт, Дж. Химическая связь/ Дж.Бердетт.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 245 с.
3. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела/ Б.Е.Винтайкин.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.- 359 с.
4. Захарова, Н.В. Определение координационного состояния титана в оксидных наноструктурах на поверхности дисперсных твердофазных матриц по спектрам диффузного отражения: М.У. к лабораторной работе./ Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, А.А.Малков.- СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009.- 22 с.
5. Захарова, Н.В. Определение кислотно-основных характеристик поверхности твердых веществ: М.У. к лабораторной работе./ Н.В.Захарова, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 16 с.

6. Захарова, Н.В. Техника и методика ИК-спектроскопии: Практикум./ Н.В.Захарова.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 28 с. (ЭБ)
7. Кнотько, А.В. Химия твердого тела/ А.В.Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д.Третьяков.- М.: Academia, 2006.- 302 с.
8. Малков, А.А. Определение удельной поверхности твердых тел на анализаторе «СОРБТОМЕТР–2.0»: М.У. к лабораторной работе./ А.А.Малков, А.Ю.Шевкина.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.– 28 с.
9. Морачевский, А.Г. Физическая химия: поверхностные явления и дисперсные системы/ А.Г.Морачевский.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.- 152 с.
10. Синельников, Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами/ Б.М.Синельников.- М.: Высш. шк., 2005.- 136 с.
11. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов/ Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев.- М.: Наука, 2006.- 400 с.
12. Трифонов, С.А. Определение краевого угла смачивания: М.У. к лабораторной работе./ С.А.Трифонов, Т.С.Павленко - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 21 с.

Вспомогательная литература.

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

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

1. 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;
4. Электронная библиотека - <http://elibrary.ru>.
5. Программные пакеты GAMESS, Gaussian, MathCAD, QuantumExpresso

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

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

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 зачета по практическим и лабораторным работам и экзамена в устной форме (включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала и 1 задачу). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

Проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

Программные пакеты GAMESS, Gaussian, MathCAD, QuantumExpresso

10.3. Информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

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

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

1. 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 аудитории на 25 и более мест, оборудованной:

1. Персональным компьютером.
2. Мультимедиа-проектором (разрешение не хуже 1024×758).
3. Стационарным или переносным проекционным экраном.

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

Программные пакеты GAMESS, Gaussian, MathCAD, QuantumExpresso

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 18.04.01 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.

Компетенция		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	промежуточный
ОПК-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	промежуточный
ПК-18	Готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Имеет представление о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры.	Правильный ответ на вопрос № 3	ОПК-3
Освоение раздела № 2	Знает химические модели твердого вещества; закономерности изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры.	Правильные ответы на вопросы №№ 4-12	ОПК-3
Освоение раздела № 3	Знает стехиометрию и классификации твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения; умеет пользоваться современными методами контроля процессов синтеза твердых веществ с заданными физико-химическими свойствами.	Правильные ответы на вопросы №№ 13-19	ОПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 4	Имеет представление о явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях; знает физическую химию идеального и реального кристаллов	Правильные ответы на вопросы №№ 20-24	ОПК-3
Освоение раздела № 5	Имеет представление о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры; знает физическую химию идеального и реального кристаллов.	Правильные ответы на вопросы №№ 25-35	ОПК-3
Освоение раздела № 6	Имеет представление о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры; знает физическую химию идеального и реального кристаллов.	Правильные ответы на вопросы №№ 36-48	ОПК-3
Освоение раздела № 7	Имеет представление о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры; знает физическую химию идеального и реального кристаллов.	Правильные ответы на вопросы №№ 49-55	ОПК-3
Освоение раздела № 8	Имеет представление о термодинамике реальных кристаллов; знает физическую химию идеального и реального кристаллов; умеет рассчитывать энергию дефектообразования, концентрацию термодинамических дефектов.	Правильные ответы на вопросы №№ 56-62	ОПК-3
Освоение раздела № 9	Имеет представление о явлениях переноса под влиянием различных градиентов, взаимодействии потоков и возникающих при этом явлениях; о кинетике гетерогенных реакций; знает влияние дефектов на кинетику твердофазных процессов; умеет описывать физическими уравнениями процессы, определяющие кинетику гетерогенных реакций и взаимодействия материалов с реагентами	Правильные ответы на вопросы №№ 63-75	ОПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 10	Имеет представление о термодинамике реальных кристаллов; о закономерностях изменения физико-химических свойств материалов при изменении состава, строения и пространственной структуры; знает влияние дефектов на кинетику твердофазных процессов	Правильные ответы на вопросы №№ 76-78	ОПК-3
Освоение раздела № 11	Знает основные методы физико-химического анализа материалов, их физические принципы; набор характеристик, получаемых тем или иным методом; методические аспекты применения методов исследования; способы обработки результатов измерений и их интерпретации. Умеет осуществлять выбор оптимальных методов физико-химического анализа материалов; практически применять спектральные методы анализа; применять методы поиска химической информации, статистической обработки результатов измерений.	Правильные ответы на вопросы №№ 1-2	ОПК-2
Освоение раздела № 12	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа; компьютерными средствами обработки спектральных данных.	Правильные ответы на вопросы №№ 79-90	ПК-18
Освоение раздела № 13	Владеет методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа; компьютерными средствами обработки спектральных данных.	Правильные ответы на вопросы №№ 91-95	ПК-18
Освоение раздела № 14	Владеет методами получения твердых веществ с заданными магнитными, электрическими, оптическими свойствами; методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа; компьютерными средствами обработки спектральных данных.	Правильные ответы на вопросы №№ 96-105	ПК-18
Освоение раздела № 15	Владеет методами получения твердых веществ с заданными магнитными, электрическими, оптическими свойствами; методиками	Правильные ответы на вопросы №№ 106-107	ПК-18

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа.		
Освоение раздела № 16	Владеет методами получения твердых веществ с заданными магнитными, электрическими, оптическими свойствами; методиками пробоподготовки, регистрации, обработки и интерпретации результатов физико-химических методов анализа	Правильные ответы на вопросы №№ 108-110	ПК-18

Успешность усвоения дисциплины характеризуется качественной оценкой на основании таблицы оценки сформированности компетенций, включающего совокупность критериев их освоения и выражается оценкой по пятибалльной шкале.

Качество освоения дисциплины	Уровень освоения дисциплины	Отметка в 5-балльной системе	Критерии
81-100 %	высокий	отлично	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены.
66-80 %	средний	хорошо	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
51-65 %	средний	удовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
0-50 %	ниже среднего	неудовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено, не может объяснить результаты лабораторных работ, при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2:

1. Классификация и общие характеристики физико-химических методов исследования твердых веществ. Спектроскопия и микроскопия. Возбуждающие воздействия и регистрируемые частицы. Шкала энергии электромагнитных волн.
2. Выбор и роль методики исследования. Пробоподготовка. Средства обеспечения надежности и воспроизводимости результатов исследования. Стандартные образцы и эталоны. Проверка и калибровка оборудования. Сертификация.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-3:

3. Изменение закономерностей в соотношениях химический состав – химическое строение – пространственная структура в зависимости от молекулярной массы вещества (молекулы – макромолекулы – твердые вещества).
4. Объект физической химии твердого тела – конденсированные системы.
5. Надмолекулы и супрамолекулы – высокоорганизованные соединения.
6. Дальний и ближний порядок в твердых телах. Оценка ближнего порядка.
7. Классификация твердых веществ по типу разупорядоченности.
8. Зависимость свойств твердых веществ от состава, структуры и технологии получения. Основные типы технологий.
9. Квантово-механическое описание электронного строения, уравнение Шредингера, волновая функция, квантовые числа.
10. Теория МО ЛКАО.
11. Метод валентных связей. Теория кристаллического поля.
12. Теория поля лигандов. Эффект Яна-Телера.
13. Стехиометрия и классификация твердых веществ. Соотношения стехиометрических коэффициентов и координационных чисел.
14. Стехиометрия твердых веществ по основной теории. Классификация рядов твердых соединений.
15. Классификация твердых веществ по атомно-молекулярной структуре, типу кристаллической структуры, мерности остова.
16. Классификация твердых веществ по электрофизическим свойствам.
17. Диэлектрические свойства материалов, составляющие поляризуемости диэлектриков. Сегнетоэлектрики - особенности структуры. Ориентационные фазовые переходы. Пиро- и пьезоэлектрики. Температура Кюри. Закон Кюри-Вейсса.
18. Магнитные свойства. Магнитная восприимчивость магнетиков различных типов. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитные материалы и области их применения.
19. Оптически активные материалы. Материалы на комбинированных электрофизических эффектах
20. Основные элементы кристаллографии: элементарная ячейка, постоянные решетки, трансляционная симметрия и сингонии кристаллических решеток, решетки Браве
21. 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.
22. 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.
23. Колебательное движение атомов в кристаллах. Модель одномерного кристалла. Акустические и оптические фононы. Поперечные и продольные колебания. Дисперсия и плотность состояний фононного газа

24. Фононная теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая. Теплопроводность фононного газа. Ангармонизм колебаний.
25. Волновые функции для дискретных и периодических систем. Теорема Блоха
26. Стационарное уравнение Шредингера для модели бесконечного одномерного кристалла, приближения сильной и слабой связи. Понятие запрещенной зоны
27. Статистика Ферми-Дирака, плотность состояний и заполнение зон электронами. Межзонные и внутрizonные переходы. Теоретические основы классификации твердофазных материалов по механизму электронной проводимости: диэлектрики, проводники и полупроводники
28. Аналогии между зонной теорией электронного строения кристаллов и представлениями теории молекулярных орбиталей для непериодических систем.
29. Эффективная масса электронов в кристалле. Зависимость эффективной массы от волнового вектора. Представления о дырках и дырочной проводимости
30. Зависимость электропроводности от температуры для различных типов твердофазных материалов. Электропроводность ионных кристаллов.
31. Фазовые переходы I и II рода. Термодинамическое описание и параметр порядка.
32. Сверхпроводимость, теории сверхпроводимости, ВТСП.
33. Межзонные электронные переходы. Прямые и не прямые, разрешенные и запрещенные переходы.
34. Поглощение света полупроводниками и диэлектриками: край фундаментального поглощения, оптическая ширина запрещенной зоны.
35. Теории металлов Друде и Зоммерфельда. Вырожденный электронный газ. Связь энергии Ферми и концентрации электронов. Статическая электропроводность металла.
36. Особенности ионной связи. Термодинамический цикл Борна—Габер для кристалла хлорида натрия.
37. Кристаллы с ионной связью. Общие закономерности. Ионы и ионные радиусы. Энергия решетки ионного кристалла.
38. Правила о соотношениях радиусов. Правила Полинга.
39. Классы структур типа MX и MX₂.
40. Классы структур типа M₂X₃ и MM'X₃. Толерантный фактор Гольдшмидта.
41. Класс структур типа шпинели. Сверхобменное взаимодействие и антиферромагнетизм.
42. Ферриты. Классификация ферритов. Термодинамическое описание синтеза феррит-шпинелей.
43. Расчет магнитных моментов феррит-шпинелей и твердых растворов.
44. 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.
45. Феррит-гранаты. Состав и структура. Особенности температурной зависимости магнитной проницаемости феррит-гранатов.
46. Твердые электролиты (суперионики). Классификация ионных кристаллов по типу разупорядоченности структуры.
47. Фазы на основе халькогенидов серебра и β-глинозем - особенности структуры и механизм проводимости. Предпосылки проявления веществом высокой ионной проводимости.
48. Баро-ЭДС. Температурная зависимость баро-ЭДС RbAg₄I₅.
49. Ковалентные твердые вещества, электроотрицательность, степень ионности связи. Изоморфизм, полиморфизм, политипизм.
50. Пористые матрицы для трехмерных решеток наноструктур. Фотонные кристаллы.
51. Кристаллический полиморфизм ковалентных твердых веществ сложного состава на примере цеолитов.
52. Классификация, особенности химического строения и стехиометрия цеолитов.
53. Гидротермальный синтез цеолитов. Влияние структуры растворов на результаты синтеза.

54. Кристаллизация цеолитов. Изоморфные замещения в решетках цеолитов.
55. Некристаллические и частично кристаллические твердые вещества.
56. Идеальный и реальный кристаллы, классификация дефектов, типы точечных и размерных дефектов в твердых телах. Влияние дефектов на свойства материалов.
57. Механизмы дефектообразования по Шоттки и по Френкелю. Расчет концентрации собственных дефектов в металлах и полупроводниках IV группы.
58. Обозначение точечных дефектов по Креггеру-Винку, квазихимические реакции (дефектообразование, замещение). Нестехиометрия кристаллов, влияние газовой среды на концентрацию собственных дефектов.
59. Квазихимические реакции замещения ионов изовалентными и неизовалентными примесями. Геометрический и электрохимический факторы образования твердого раствора.
60. Методы определения энергии дефектообразования. Антиструктурные дефекты и электронное разупорядочение в шпинелях, определение энергии разупорядочения.
61. Ассоциация и комплексообразование дефектов, расчет концентрации ассоциированных дефектов.
62. Формирование сверхструктур, плоскостей кристаллографического сдвига, блочной структуры, бесконечно адаптированных структур.
63. Диффузионные процессы в твердых телах, механизмы диффузии, диффузия примеси внедрения.
64. Коэффициент хаотической самодиффузии как функция T , p и концентрации.
65. Коэффициент хаотической самодиффузии в кристаллах с нарушенной стехиометрией.
66. Диффузия в многокомпонентных системах. Эффекты Киркендала и Френкеля.
67. Движущие силы диффузии. Концентрационный градиент. Электрохимический градиент, ур-ние Вагнера, основное ур-ние переноса заряженных частиц. Числа переноса и их определение.
68. Подвижность носителей заряда и ее связь с коэффициентом хаотической самодиффузии.
69. Поляроны и прыжковый механизм проводимости.
70. Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Фронт реакции. Реакционная поверхность раздела.
71. Термодинамическая теория твердофазных реакций (Вагнера-Шмальцрида)
72. Кинетика твердофазных реакций, методы определения параметров формального ур-ния кинетики.
73. Влияние дефектообразования на кинетику и механизм гетерогенных реакций. Уравнение Вагнера.
74. Образование сферического и дискообразного зародыша. Ур-ние Авраами-Ерофеева
75. Диффузионная модель Яндера.
76. Релаксация и реконструкция поверхности, состояния Шокли и Тамма, распределение области пространственного заряда.
77. Физическая адсорбция и хемосорбция на поверхности твердых тел, поверхностная диффузия.
78. Формирование нанокластеров, напряжения в наноструктурах, влияние размеров кластера на свойства наноструктурированного материала.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-18:

79. Принципы регистрации спектральных данных. Спектрофотометрия, спектрометрия и фотометрия. Спектральное разрешение. Диспергирующие элементы и монохроматоры, спектральная развертка. Фурье-спектроскопия.
80. Геометрия спектральных измерений. Спектроскопия пропускания, отражения и рассеяния. Нарушенное полное внутреннее отражение и спектроскопия НПВО и МНПВО. Спектроскопия диффузного отражения.
81. Форма спектров: непрерывные (континуальные), ступенчатые и линейчатые спектры. Уширение спектральных линий: механизмы уширения и форма спектральных контуров (Лоренц, Гаусс, Фохт).

82. Количественная обработка спектров. Аппаратная функция. Интегральная интенсивность. Базовая линия. Деконволюция перекрывающихся полос. Количественный анализ спектров поглощения электромагнитного излучения. Двухлучевая схема измерений.
83. Колебательная спектроскопия двухатомных молекул. Гармонический осциллятор, силовая константа, уровни колебательной энергии и фундаментальные колебательные переходы. Нулевые колебания. Правила отбора. Физические причины ангармонизма. Ангармонический осциллятор Морзе: уровни колебательной энергии, коэффициент ангармонизма, обертоны, горячие переходы.
84. Колебательная спектроскопия многоатомных молекул. Общее число нормальных колебаний молекул. Внутренние молекулярные координаты. Классификация нормальных колебаний по форме и симметрии. Роль симметрии при анализе структуры молекул. Теория симметрии молекул. Операции и элементы симметрии. Нотации по Шенфлису и Герману-Могену. Точечные группы симметрии. Иерархия точечных групп. Гармоническое силовое поле, нормальные колебания, форма колебаний. Степень локализации. Характеристические колебания. Изотопный анализ. Влияние вращения на колебания молекул. Вращательно-колебательное расщепление в спектрах. Q,R,P ветви.
85. Колебания в кристаллах. Закон дисперсии. Оптические и акустические фононы. Продольные и поперечные колебательные моды.
86. Основные принципы устройства и действия ИК-спектрометров. Источники и детекторы ИК-излучения. Материалы для оптических элементов спектрометра и кювет. Дисперсионные и Фурье-ИК-спектрометры, их преимущества и недостатки. Инфракрасная спектроскопия пропускания. Интенсивность полос поглощения в спектрах и правила отбора. Пробоподготовка твердофазных материалов. Анализ состава и структуры объектов исследования. Характеристические колебания и функциональные группы. Метод «отпечатков пальцев»
87. ИК-спектроскопия зеркального отражения. Теоретические основы явления отражения, формулы Френеля. Отражение с поглощением. Показатели преломления и поглощения, коэффициент отражения. Роль поляризации ИК-излучения. Области применения. ИК-спектроскопия НПВО и МНПВО. Теоретические основы. Оптические элементы НПВО. Критический угол. Методика регистрации спектров порошкообразных и пленочных материалов. Области применения.
88. ИК-спектроскопия диффузного отражения. Интегрирующая сфера. Методика регистрации. Количественные измерения. Функция Кубелки-Мунка. Реализация измерений in-situ.
89. Фотоакустическая ИК-спектроскопия. Общие принципы. Устройство спектрометра. Области применения.
90. Спектроскопия комбинационного рассеяния: физические принципы, стоксовы и антистоксовы механизмы эмиссии. Правила отбора. Форма и интерпретация спектров. Устройство спектрометра, источники и детекторы излучения. Варианты регистрации. Количественное описание интенсивности полос комбинационного рассеяния. Тензор поляризуемости. Степень деполяризации. Угловые зависимости. Влияние длины волны возбуждающего излучения. Методические проблемы КР.
91. Спектроскопия поглощения в области видимого и ближнего УФ света: Механизмы электронных переходов. Интенсивность поглощения. Правила отбора. Квантово-механическое описание электронных переходов. Уравнение Шредингера для водородоподобного атома. Матричный элемент перехода. Количественные характеристики поглощения и связь между ними: матричный элемент, коэффициент экстинкции, коэффициенты Эйнштейна, сила осциллятора, интегральная интенсивность. Количественный анализ. Источники излучения и детекторы. Принципиальные схемы измерения. Спектроскопия пропускания, отражения и диффузного отражения. Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения.
92. Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия. Правила отбора. Спектральные термы Аппаратная реализация. Качественный и количественный анализ.

93. Спектроскопия в области видимого и ближнего УФ света молекулярных и ионных объектов: Теоретические основы. Метод МО ЛКАО и самосогласованное поле. Диаграммы молекулярных орбиталей. Молекулярные термы. Адиабатическое приближение. Принцип Франка-Кондона. Стоксовы и антистоксовы смещения. Электронно-колебательное расщепление и вибронные спектры.
94. Спектроскопия в области видимого и ближнего УФ света твердотельных объектов: Теоретические основы. Обратная решетка, зона Бриллюэна. Статистика Ферми и плотность состояний. Зонная структура. Запрещенная зона и край фундаментального поглощения. Особенности методик исследования твердых тел (пропускание, отражение). Качественный и количественный анализ.
95. Эмиссионная спектроскопия в области видимого света. Механизмы электронных переходов. Интенсивность эмиссии и время затухания. Флуоресценция и фосфоресценция. Стоксовы и антистоксовы сдвиги в эмиссионных спектрах. Аппаратная реализация.
96. Механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Границы фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар. Обозначения электронных уровней в рентгеновской спектроскопии. Вероятность и сечение фотоэффекта.
97. Источники и детекторы рентгеновского излучения. Основные принципы действия и конструкции рентгеновской трубки. Спектр излучения рентгеновской трубки. Синхротронное излучение.
98. Широкополосная рентгеновская спектроскопия поглощения. Форма и интерпретация спектров рентгеновского поглощения. Элементный анализ
99. Спектроскопия тонкой структуры вблизи края рентгеновского поглощения (XANES). Природа пика предвозбуждения. Анализ степени окисления и координационного окружения атомов твердого тела.
100. Спектроскопия растянутой тонкой структуры рентгеновского поглощения (EXAFS). Радиальная функция распределения. Анализ локальной структуры некристаллических твердых тел.
101. Рентгеновская флуоресценция: физические принципы, способы возбуждения и регистрации, вероятность переходов, форма и интерпретация спектров.
102. Рентгено-зондовый микроанализ: физические принципы, способы возбуждения и регистрации, поверхностная чувствительность и пространственное разрешение.
103. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС): физические принципы, источники рентгеновского излучения, форма спектров, элементная чувствительность, качественный и количественный элементный анализ.
104. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС): анализ химического состояния и химические сдвиги, глубина анализа и поверхностная чувствительность, профиль распределения элементов по глубине, послойный анализ.
105. Оже-спектроскопия: механизмы релаксации дырок на внутренних оболочках по излучательному механизму и механизму Оже, форма спектров. глубина анализа и поверхностная чувствительность, качественный элементный анализ, пространственное разрешение.
106. Дифракция рентгеновских лучей. Основные принципы. Закон Вульфа-Брэгга. Атомный фактор рассеяния. Аппаратная реализация и области применения.
107. Дифракция рентгеновских лучей. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ. Исследование монокристаллов, порошков, некристаллических и частично-кристаллических твердых веществ. Порошковые рентгенограммы.
108. Основные элементы микроскопии. Общие характеристики: увеличение, разрешающая способность, контраст. Числовая апертура. Темнопольные и светлопольные изображения. Оптическая микроскопия. Области применения.
109. Электронная микроскопия пропускания. Физические принципы и аппаратное оформление. Пробоподготовка и требования к образцу. Области применения.

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

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала и 1 задачу.

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

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

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

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

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