

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



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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« 24 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность программы бакалавриала
Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

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

протокол от 19.04.21 № 9

Заведующий кафедрой

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 20.05. 2021 № 8

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	11
4.4.1. Семинары, практические занятия	11
4.4.2. Лабораторные занятия	11
4.5. Самостоятельная работа.....	12
4.5.1 Тематика курсовых работ	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	16
10.1. Информационные технологии	16
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	17
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	17
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	18

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

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-1 Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	ПК-1.1 Способность использовать научные знания о строении вещества для решения научно-исследовательских и технологических задач в области производства микроэлектроники	Знать: - основные понятия физической химии твердых веществ и основные теории описания твердофазного состояния вещества (ЗН-1) Уметь: - осуществлять выбор современных неорганических и органических материалов и оптимальных методов их физико-химического анализа (У-1) Владеть: - теоретическими основами, физико-химическими свойствами материалов и закономерностями синтеза твердофазных веществ, современными методами исследования, аттестации и диагностики веществ и материалов (Н-1)

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем" относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.В.02) и изучается на третьем году обучения в 5 и 6 семестрах.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученные студентами в ходе изучения дисциплин "Математика", "Неорганическая химия", "Физическая химия", "Коллоидная химия", "Физика", "Кристаллография и кристаллохимия".

Полученные в результате освоения дисциплины "Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем" знания, умения и навыки могут быть использованы студентами при выполнении выпускных квалификационных работ по тематике, связанной с разработкой материалов и технологий, созданием функциональных или конструкционных наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

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:	162
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	68
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	68 (40)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	8
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	117
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	экзамены – 5 и 6 семестры (81), КР

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Предмет и задачи курса.	2	-	-	-	ПК-1
2	Химическая модель твердого вещества.	8	6	-	12	ПК-1
3	Стехиометрия и классификация твердых веществ по типу связей, свойствам и области применения	6	-	-	12	ПК-1
4	Структура кристаллических твердых тел	6	10	-	8	ПК-1
5	Электронная теория кристаллов	8	14	-	6	ПК-1
6	Ионные кристаллы	6	6	-	16	ПК-1
7	Ковалентные твердые вещества	6	4	-	18	ПК-1
8	Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса	10	12	-	9	ПК-1
9	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов	8	12	-	16	ПК-1
10	Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях	8	4	-	20	ПК-1
ИТОГО		68	68	-	117	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.1	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 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 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. Теория кристаллического поля. Теория поля лигандов. Потенциал ионизации. Молекулярные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь. Межмолекулярные взаимодействия.</p>	8	
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>	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. Динамика решетки. Зоны Бриллюэна. Фононы. Законы сохранения энергии и импульса. Дисперсионный закон для упругих волн в кристаллах. Оптические и акустические колебания. Теорема Блоха. Спектральная плотность состояний. Модели атомной динамики твердого тела по Эйнштейну и Дебаю.</p>	6	
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. Кооперативные явления в конденсированной среде. Фазовые переходы I и II рода. Параметр порядка. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Обменное происхождение молекулярного поля. Доменная структура. Сверхпроводники I и II рода. Туннельный контакт сверхпроводника и металла. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная проводимость купратов. 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>	8	
6	<p>Ионные кристаллы. Химическое строение. Классификация. Шпинели. Феррит-шпинели. Ферриты. Фазовые диаграммы феррит-образующих систем. Соотношения: состав – структура – свойства феррит-шпинелей Термодинамический расчет равновесий в ферритобразующих системах. Твердые электролиты. Фазовые диаграммы. Баро-ЭДС. Высокотемпературные сверхпроводники.</p>	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<p>Ковалентные твердые вещества. 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	
8	<p>Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса. 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. 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>	10	
9	<p>Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Физико-химические факторы, определяющие механизм и кинетику твердофазных реакций. Хаотическая самодиффузия. Коэффициент самодиффузии. Гетеродиффузия. Уравнение Даркена. Эффекты Френкеля и Киркендалля. Направленная диффузия. Концентрационный градиент. Тепловой градиент. Электропроводность. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Электрохимический градиент. Уравнение Вагнера. Экспериментальные методы исследования механизма твердофазных реакций. Метод свободных поверхностей. Твердофазные электрохимические ячейки. Ионная проводимость. Электронная (n и p) проводимость. Поляроны. Числа переноса ионов. Влияние дефектной структуры и типа проводимости на механизм и кинетику гетерогенных реакций.</p>	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<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. Реконструкция поверхности. Строение и устойчивость поверхностных состояний. Состояния Тамма и Шоуки. Пространственный приповерхностный заряд. Слои, обогащения, обеднения, инверсии. Электронные процессы при хемосорбции на поверхности полупроводников и ионных кристаллов. Поверхностная проводимость. Стандартизация поверхности. Атомарно-чистая (ювенильная) поверхность. Низкоразмерные системы. Изменение свойств вещества в межфазных слоях. Термодинамика искривленных поверхностей. Зависимость свободной энергии поверхности и температуры фазовых и релаксационных переходов от размера частиц. Методы исследования структуры и химического 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.	6	2	Разбор ситуаций
4	Определение точечной и пространственной симметрии кристаллов.	4	4	
	Построение зон Бриллюэна для кристаллов различной сингонии.	6		
5	Расчет плотности состояний электронов вблизи запрещенной зоны	4	4	
	Расчет спектральной плотности состояний фотонов и магнонов простых веществ	4	4	
	Расчет макроскопических свойств электронной подсистемы кристаллов	2	2	
	Определение природы основных носителей заряда в полупроводниках	4	4	
6	Термодинамический расчет равновесий в ферритобразующих системах	6		Разбор ситуаций
7	Оценка доли ионности связи. Энергия ионно-ковалентного резонанса. Электроотрицательность	4	4	
8	Описание точечных дефектов. Квазихимические реакции	6	6	Разбор ситуаций
	Расчет энергии дефектообразования по химическим, термохимическим данным и по результатам измерения электропроводности	6		
9	Расчет коэффициентов само- и гетеродиффузии	6		Компьютерные симуляции
	Расчет кинетических параметров твердотельных реакций	6	6	
10	Электронная структура поверхности в различных условиях: вакуум, контакт с реальной атмосферой, адсорбция, хемосорбция	4	4	

4.4.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Некристаллические и частично кристаллические вещества.	4	устный опрос
	Аморфные полупроводники.	4	
	Жидкие кристаллы.	4	
3	Органические металлы, полупроводники, сверхпроводники.	6	устный опрос
	Сегнето-, пьезо-, пироэлектрики.	6	
4	Геометрия кристаллической решетки. Определение плоскостей и направлений в кристаллических структурах. Симметрия.	4	устный опрос
	Строение сложных кристаллов. Цеолиты. Белки. Спиральные кристаллы.	4	
5	Эффект Холла	2	устный опрос
	Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Фотомагнетизм.	4	
6	Высокотемпературная и низкотемпературная сверхпроводимость.	6	устный опрос
	Твердые электролиты, ионисторы.	6	
	Металлооптика.	4	
7	Акустоэлектроника.	8	устный опрос
	Оптические, магнитные и твердотельные носители информации. Запоминающие устройства на их основе.	10	
8	Интеркаляция	9	устный опрос
9	Электропроводность. Типы носителей. Проводимости и реакционная способность оксидов.	8	устный опрос
	Фото-, радио-, термо- и электролюминофоры и источники света на их основе.	8	
10	Ультрадисперсные системы и тонкие пленки.	10	устный опрос
	Термоэлектрические эффекты в полупроводниках – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	6	
	Фазовые переходы. Алмаз, графит, графен, карбин, фуллерены.	4	

4.5.1 Тематика курсовых работ

1. Состав – химическое строение – пространственная структура – свойства: изменение представлений при увеличении молекулярной массы.
2. Причины низкой воспроизводимости свойств при синтезе твердых веществ.
3. Проявление и техническое использование континуальной и дискретной разупорядоченности твердых веществ.
4. Химия надмолекул и супрамолекул – сходства и различия.
5. Связать различные ряды твердых соединений с условия их образования.
6. Сособы направленного регулирования диэлектрических параметров твердых веществ.
7. Роль немагнитных ионов в формировании магнитных характеристик шпинелей.
8. Особенности строения сверхкristаллов и возможные применения их в электронике.
9. Методы оценки типа твердого раствора в феррит-шпинелях.
10. Механизмы возникновения ионной проводимости в твердых электролитах разных типов.
11. Использование эффекта Холла для контроля состава полупроводников.
12. Отличия баро-ЭДС от пьезо-ЭДС и возможности практического использования эффектов.
13. Особенности структуры высокотемпературных сверхпроводников.
14. Жидкие кристаллы: особенности строения, свойства, применение.
15. Методы получения поверхностных нанослоев.
16. Дальтонида или бертоллида – современный взгляд на состав твердого тела.
17. Взаимосвязь типа связи в кристалле и физико-химических свойств вещества.
18. Физические причины наличия частотной зависимости поляризуемости диэлектриков.
19. Эффекты Джозефсона и возможность их применения в электронике.
20. Люминофоры как пример оптически активных материалов. Роль активатора.

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

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 41 с. (ЭБ)
2. 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
3. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с. (ЭБ)
4. 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)
5. 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 виде курсовой работы (6 семестр) и двух экзаменов в устной форме (5 и 6 семестры). К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамены предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает по 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты курсовой работы и экзаменов включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, входящих в экзаменационный билет:

1. Стехиометрия индивидуальных твердых соединений по основной теории В.Б. Алесковского.
2. Особенности зонной структуры металлов, ионных и ковалентных кристаллов.
3. Классификация твердых веществ по электрофизическим свойствам.
4. Диэлектрики. Поляризуемость. Зависимость от частоты. Тангенс диэлектрических потерь.
5. Классификация и области применения ферритов с различной кристаллической структурой.
6. Кристаллический полиморфизм ковалентных твердых веществ сложного состава на примере цеолитов.
7. Термодинамика кристаллов с точечными дефектами.
8. Правила составления квазихимических реакций.
9. Коэффициент хаотической самодиффузии в кристаллах с нарушенной стехиометрией.
10. Уравнения кинетики гетерогенных реакций, учитывающие зародышеобразование.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 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. 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
6. 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
7. 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
8. 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
9. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с.

10. Синельников, Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами: учебное пособие / Б.М. Синельников. - Москва: Высшая школа, 2005. - 136 с. - ISBN 5-06-004784-9
11. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
12. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов: Учебное пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
13. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
14. 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. Альяшова, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альяшова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. 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.
3. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования 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.
6. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский.- 2-е изд.- Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015.- 160 с. - ISBN 978-5-8114-1857-2 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
8. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
9. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
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

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 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; помечать 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 виде курсовой работы (6 семестр) и двух экзаменов в устной форме (5 и 6 семестры). Экзамены предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает по 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин. Результаты курсовой работы и экзаменов включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- 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»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

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

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

1. Учебная аудитория на 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.

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 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, 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 и наноразмерных систем"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	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-1.1 Способность использовать научные знания о строении вещества для решения научно-исследовательских и технологических задач в области производства микроэлектроники	Знает основные понятия физической химии твердых веществ и основные теории описания твердофазного состояния вещества (ЗН-1)	Ответы на вопросы №№ 1-58 к экзамену	Имеет представления о физической химии твердых веществ и об основных теориях описания твердофазного состояния вещества	Знает основные понятия физической химии твердых веществ и основные теории описания твердофазного состояния вещества	Знает основные направления и результаты научных исследований по физической химии твердых веществ и основные теории описания твердофазного состояния вещества
	Умеет осуществлять выбор современных неорганических и органических материалов и оптимальных методов их физико-химического анализа (У-1)	Ответы на вопросы №№ 59-66 к экзамену	Имеет представление о современных неорганических и органических материалах и оптимальных методов их физико-химического анализа	Знает современные неорганические и органические материалы и оптимальные методы их физико-химического анализа	Умеет осуществлять выбор современных неорганических и органических материалов и оптимальных методов их физико-химического анализа.
	Владеет теоретическими основами, физико-химическими свойствами материалов и закономерностями синтеза твердофазных веществ, современными методами исследования, аттестации и диагностики веществ и материалов (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 67-78 к экзамену, защита КР	Имеет слабые представления о физико-химических свойствах материалов и закономерностях синтеза твердофазных веществ	Владеет физико-химическими свойствами материалов и закономерностями синтеза твердофазных веществ, современными методами исследования, аттестации и диагностики веществ и материалов	Знает и может управлять физико-химическими свойствами материалов и закономерностями синтеза твердофазных веществ, современными методами исследования, аттестации и диагностики веществ и материалов

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

Оценка «не удовлетворительно» 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

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1

1. Объект физической химии твердого тела – конденсированные системы.
2. Надмолекулы и супрамолекулы – высокоорганизованные соединения.
3. Зависимость свойств твердых веществ от состава, структуры и технологии получения. Основные типы технологий.
4. Изменение закономерностей в соотношениях химический состав – химическое строение – пространственная структура в зависимости от молекулярной массы вещества (молекулы – макромолекулы – твердые вещества).
5. Квантово-механическое описание электронного строения, уравнение Шредингера, волновая функция, квантовые числа.
6. Теория МО ЛКАО.
7. Метод валентных связей. Теория кристаллического поля.
8. Теория поля лигандов. Эффект Яна-Телера.
9. Стехиометрия и классификация твердых веществ. Соотношения стехиометрических коэффициентов и координационных чисел.
10. Стехиометрия твердых веществ по основной теории. Классификация рядов твердых соединений.
11. Классификация твердых веществ по атомно-молекулярной структуре, типу кристаллической структуры, мерности остова.
12. Основные элементы кристаллографии: элементарная ячейка, постоянные решетки, трансляционная симметрия и сингонии кристаллических решеток, решетки Браве
13. 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.
14. 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.
15. Колебательное движение атомов в кристаллах. Модель одномерного кристалла. Акустические и оптические фононы. Поперечные и продольные колебания. Дисперсия и плотность состояний фононного газа
16. Фононная теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая. Теплопроводность фононного газа. Ангармонизм колебаний.
17. Волновые функции для дискретных и периодических систем. Теорема Блоха
18. Стационарное уравнение Шредингера для модели бесконечного одномерного кристалла, приближения сильной и слабой связи. Понятие запрещенной зоны
19. 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
20. Аналогии между зонной теорией электронного строения кристаллов и представлениями теории молекулярных орбиталей для неперiodических систем.

21. Эффективная масса электронов в кристалле. Зависимость эффективной массы от волнового вектора. Представления о дырках и дырочной проводимости
22. Зависимость электропроводности от температуры для различных типов твердофазных материалов. Электропроводность ионных кристаллов.
23. Фазовые переходы I и II рода. Термодинамическое описание и параметр порядка.
24. Сверхпроводимость, теории сверхпроводимости, ВТСП.
25. Межзонные электронные переходы. Прямые и не прямые, разрешенные и запрещенные переходы.
26. Поглощение света полупроводниками и диэлектриками: край фундаментального поглощения, оптическая ширина запрещенной зоны.
27. Теории металлов Друде и Зоммерфельда. Вырожденный электронный газ. Связь энергии Ферми и концентрации электронов. Статическая электропроводность металла.
28. Особенности ионной связи. Термодинамический цикл Борна—Габер для кристалла хлорида натрия.
29. Кристаллы с ионной связью. Общие закономерности. Ионы и ионные радиусы. Энергия решетки ионного кристалла.
30. Правила о соотношениях радиусов. Правила Полинга.
31. Классы структур типа MX и MX₂.
32. Классы структур типа M₂X₃ и MM'X₃. Толерантный фактор Гольдшмидта.
33. Класс структур типа шпинели. Сверхобменное взаимодействие и антиферромагнетизм.
34. Ферриты. Классификация ферритов. Термодинамическое описание синтеза феррит-шпинелей.
35. Твердые электролиты (суперионики). Классификация ионных кристаллов по типу разупорядоченности структуры.
36. Баро-ЭДС. Температурная зависимость баро-ЭДС RbAg₄I₅.
37. Ковалентные твердые вещества, электроотрицательность, степень ионности связи. Изоморфизм, полиморфизм, политипизм.
38. Механизмы дефектообразования по Шоттки и по Френкелю. Расчет концентрации собственных дефектов в металлах и полупроводниках IV группы.
39. Обозначение точечных дефектов по Креггеру-Винку, квазихимические реакции (дефектообразование, замещение). Нестехиометрия кристаллов, влияние газовой среды на концентрацию собственных дефектов.
40. Квазихимические реакции замещения ионов изовалентными и неизовалентными примесями. Геометрический и электрохимический факторы образования твердого раствора.
41. Формирование сверхструктур, плоскостей кристаллографического сдвига, блочной структуры, бесконечно адаптированных структур.
42. Диффузионные процессы в твердых телах, механизмы диффузии, диффузия примеси внедрения.
43. Коэффициент хаотической самодиффузии как функция T, p и концентрации.
44. Коэффициент хаотической самодиффузии в кристаллах с нарушенной стехиометрией.
45. Диффузия в многокомпонентных системах. Эффекты Киркендала и Френкеля.
46. Движущие силы диффузии. Концентрационный градиент. Электрохимический градиент, ур-ние Вагнера, основное ур-ние переноса заряженных частиц. Числа переноса и их определение.
47. Подвижность носителей заряда и ее связь с коэффициентом хаотической самодиффузии.
48. Поляроны и прыжковый механизм проводимости.
49. Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Фронт реакции. Реакционная поверхность раздела.
50. Термодинамическая теория твердофазных реакций (Вагнера-Шмальцрида)
51. Методы определения энергии дефектообразования. Антиструктурные дефекты и электронное разупорядочение в шпинелях, определение энергии разупорядочения.
52. Ассоциация и комплексообразование дефектов, расчет концентрации ассоциированных дефектов.

53. Кинетика твердофазных реакций, методы определения параметров формального ур-ния кинетики.
54. Образование сферического и дискообразного зародыша. Ур-ние Авраами-Ерофеева
55. Диффузионная модель Яндера.
56. Релаксация и реконструкция поверхности, состояния Шокли и Тамма, распределение области пространственного заряда.
57. Физическая адсорбция и хемосорбция на поверхности твердых тел, поверхностная диффузия.
58. Формирование нанокластеров, напряжения в наноструктурах, влияние размеров кластера на свойства наноструктурированного материала.
59. Дальний и ближний порядок в твердых телах. Оценка ближнего порядка.
60. Классификация твердых веществ по типу разупорядоченности.
61. Классификация твердых веществ по электрофизическим свойствам.
62. Диэлектрические свойства материалов, составляющие поляризуемости диэлектриков. Сегнетоэлектрики - особенности структуры. Ориентационные фазовые переходы. Пиро- и пьезоэлектрики. Температура Кюри. Закон Кюри-Вейсса.
63. Магнитные свойства. Магнитная восприимчивость магнетиков различных типов. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитные материалы и области их применения.
64. Оптически активные материалы. Материалы на комбинированных электрофизических эффектах.
65. Идеальный и реальный кристаллы, классификация дефектов, типы точечных и размерных дефектов в твердых телах. Влияние дефектов на свойства материалов.
66. Влияние дефектообразования на кинетику и механизм гетерогенных реакций. Уравнение Вагнера.
67. 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.
68. Феррит-гранаты. Состав и структура. Особенности температурной зависимости магнитной проницаемости феррит-гранатов.
69. Фазы на основе халькогенидов серебра и β-глинозем - особенности структуры и механизм проводимости. Предпосылки проявления веществом высокой ионной проводимости.
70. Пористые матрицы для трехмерных решеток наноструктур. Фотонные кристаллы.
71. Кристаллический полиморфизм ковалентных твердых веществ сложного состава на примере цеолитов.
72. Классификация, особенности химического строения и стехиометрия цеолитов.
73. Гидротермальный синтез цеолитов. Влияние структуры растворов на результаты синтеза.
74. Кристаллизация цеолитов. Изоморфные замещения в решетках цеолитов.
75. Некристаллические и частично кристаллические твердые вещества.
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.