

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

Проректор по научной деятельности

КФУ

Проф. Д.К. Нургалеев

« _____ 20 _____ г.



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2.2 Избранные главы химии твердого тела

Шифр по учебному плану, название

Направление подготовки: 04.06.01 – химические науки

Профиль подготовки: 02.00.08 – химия элементоорганических соединений

Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань 2014

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Курс посвящен усвоению аспирантами фундаментальных концепций химии твердого тела, как устоявшихся, так и современных, предполагает рассмотрение методологии исследования сложных конденсированных химических систем, подходов к описанию структуры, свойств и реакционной способности твердых тел, а также развитие навыков решения практических задач в области химии твердого тела и создания современных материалов.

В курсе уделяется большое внимание изучению симметрии кристаллов, основ строения твердых тел, типов связи и зонной структуры твердых тел, элементов статистической физики твердых тел, типов и роли дефектов в твердых телах, типов и природы фазовых превращений твердых тел, фазовых диаграмм в химии твердого тела. Особое внимание посвящено механизмам твердофазных процессов, методам синтеза твердых веществ, взаимосвязи между структурой и свойствами кристаллов. Подробно рассматриваются магнитные, электрические, диэлектрические и оптические свойства кристаллов и перспективы их практического использования.

В результате освоения курса аспиранты смогут понимать и критически осмысливать литературу по химии и физике твердого тела и материаловедению, анализировать синтезируемые в Химическом институте им. А.М. Бутлерова КФУ твердофазные материалы и планировать синтезы новых материалов с желаемыми свойствами. Кроме того, курс будет способствовать приобретению аспирантами знаний об устройстве и принципах функционирования ключевых твердотельных компонентов изделий и приборов, применяемых в быту и научных исследованиях, в электронике, связи и машиностроении, что будет способствовать их эффективному профессиональному становлению.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Избранные главы химии твердого тела» относится к дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.2) вариативной части образовательной программы дисциплины «Неорганическая химия» послевузовского профессионального образования.

Осваивается на 2 курсе (4 семестр).

Для успешного освоения данной дисциплины нужно освоение в качестве предшествующих следующих дисциплин: «Неорганическая химия» (ионные равновесия в растворе, химия комплексных соединений), «Аналитическая химия» (инструментальные методы анализа), «Физическая химия» (термодинамика и кинетика).

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Избранные главы химии твердого тела».

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать: основы строения твердых тел, типы связи и зонную структуру твердых тел, основы симметрии кристаллов, элементы статистической физики твердых тел, типы и роль дефектов в твердых телах, типы и природу фазовых превращений твердых тел, фазовые диаграммы в химии твердого тела, механизмы твердофазных процессов; методы синтеза твердых веществ, взаимосвязи между структурой и свойствами кристаллов, магнитные, электрические, диэлектрические и оптические свойства кристаллов.

уметь: ориентироваться в систематике структур неорганических соединений, структурах органических кристаллов, соединений включения и клатратов, аморфных твердых тел.

владеть: навыками использования концепций и методов химии твердого тела при анализе синтезируемых в Химическом институте им. А.М. Бутлерова твердофазных материалов и при обсуждении кристаллохимической информации в книжных и журнальных изданиях.

демонстрировать способность и готовность: применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|-------------------------|--|
| УК-1 | способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях |
| УК-2 | способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки |
| УК-3 | готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач |
| ОПК-1 | способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий |
| ОПК-2 | готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук |
| ПК-1 | умение применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в 4 семестре.

| | Раздел дисциплины | Семестр | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа |
|----|--|----------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1. | Тема: Строение твердых тел. | 4 | 4 | 4 | 0 | 16 |
| 2. | Тема: Элементы статистической физики твердого тела. | 4 | 2 | 2 | 0 | 8 |
| 3. | Тема: Дефекты в твердых телах. | 4 | 2 | 2 | 0 | 8 |
| 4. | Тема: Фазовые диаграммы в химии твердого тела. | 4 | 2 | 2 | | 8 |
| 5. | Тема: Твердофазные процессы. | 4 | 2 | 2 | 0 | 8 |
| 6. | Тема: Методы синтеза твердых веществ. | 4 | 4 | 4 | 0 | 16 |
| 7. | Тема: Взаимосвязь между структурой и свойствами твердых тел. | 4 | 2 | 2 | 0 | 8 |
| | Всего: | | 18 | 18 | 0 | 72 |

4.2 Содержание дисциплины Тема 1.

Симметрия молекул и кристаллов. Химическая связь в твердых телах. Зонная теория. Зонная структура одно-, двух- и трехмерных кристаллов. Типы неустойчивости в квазиодномерных кристаллах. Квазикристаллы.

Тема 2.

Основы статистической термодинамики. Квазичастицы в кристаллах: фононы, магноны, экситоны, поляроны, солитоны. Статистическое описание колебательных состояний кристаллов. Статистическое описание электронов проводимости в твердых телах. Статистические оценки коэффициентов диффузии в твердых телах.

Тема 3.

Типы разупорядочения в кристаллах. Точечные дефекты. Равновесие точечных дефектов в бинарных и тройных кристаллах. Центры окраски. Дислокации. Планарные дефекты. Взаимодействие дефектов и сверхструктуры. Кристаллографический сдвиг. Блочные и бесконечно адаптивные структуры. Прорастание кристаллов.

Тема 4.

Условия равновесия фаз и уравнения границ фазовых полей. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Диаграммы состояния квази-*n*-компонентных систем. Практические применения фазовых диаграмм.

Тема 5.

Термодинамика фазовых превращений. Классификация твердофазных реакций. Топохимические и топотактические процессы. Реакции, включающие только одну твердую фазу. Реакции твердое-газ, твердое-твердое и твердое-жидкость. Реакции органических твердых веществ. Механизмы важнейших твердофазных реакций. Диффузия в твердых телах и роль дефектов в твердофазных реакциях. Кинетические модели твердофазных реакций. Методы активации твердофазных процессов. Гетерогенный катализ. Рост кристаллов. Стеклообразование и процессы в стеклах.

Тема 6.

Получение неорганических материалов керамическими и химическими методами. Дуговые методы, настольное плавление, применение высокого давления. Химическое осаждение из газовой фазы (CVD). Особенности синтеза органических твердых тел. Синтез наноматериалов. Получение аморфных веществ. Методы выращивания крупных кристаллов и эпитаксиальных покрытий.

Тема 7.

Магнитные свойства кристаллов. Электрические свойства твердых тел. Сверхпроводимость. Диэлектрические и оптические свойства твердых материалов. Переходы металл-неметалл. Смешанно-валентные соединения. Низкоразмерные твердые тела. Ферроики. Ферроэлектрики и антиферроэлектрики. Структура и свойства оксидов металлов. Структура и свойства фторидов металлов. Структура и свойства сульфидов металлов. Особенности аморфных тел. Жидкие кристаллы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях:

- каждая лекция сопровождается демонстрацией иллюстративных материалов с использованием проекционной техники и обязательными записями на доске. После завершения каждой лекции учащиеся получают домашние задания и все иллюстрации прошедшей лекции в электронной форме.

На семинарах:

- ответы на вопросы и устные сообщения на заданную тему. Ввиду ограниченности аудиторных занятий и большого объема самостоятельной работы учащимся предоставляется возможность консультироваться с лектором в назначенное внеаудиторное время.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы к практическим занятиям

Тема 1.

Дать определение элементарной ячейки, трансляционных векторов, определяющих ребер и углов между ними. Описать семь кристаллических систем (кубическая, тетрагональная, орторомбическая, ромбоэдрическая, гексагональная, моноклинная, триклинная). Определить понятия симметрии в современной философии и естествознании. Дать определение точечной симметрии. Описать элементы и операции точечной симметрии (закрытые операции): собственное вращение, отражение в плоскости симметрии, отражение в центре симметрии (инверсия), несобственное вращение, поворот с инверсией. Сопоставить обозначения элементов симметрии в системах Шенфлиса и Германа-Могена. Дать определение точечной группы симметрии. Представить иерархию точечных групп и распределение их по кристаллическим системам. Дать определение голоэдрической группы. Описать операции трансляции и открытые операции симметрии: винтовой оператор и винтовые оси; оператор скользящего отражения и плоскости a -, b -, c -, n -, d -скольжения; центрирующий оператор и типы кристаллических решеток – базоцентрированные, гранецентрированные, объемцентрированные и примитивные. Описать четырнадцать решеток Браве. Дать определение пространственной группы и обозначения пространственных групп. Определить операции антисимметрии Шубникова. Описать цветные или магнитные группы.

Охарактеризовать типы химической связи в твердых телах. Описать основные положения зонной теории. Представить блоховские волновые функции одномерной решетки. Описать энергетический спектр одномерной решетки. Дать характеристики законов дисперсии. Описать в зонной модели цепочку молекул фтороводорода. Описать в зонной модели цепочку комплексов $\{[\text{Pt}(\text{CN})_4]^{2-}\}_n$. Охарактеризовать проекции плотности состояний и плотности заселенности перекрывания. Описать типы неустойчивости в квазиодномерных кристаллах: электронно-решеточное взаимодействие и искажение Пайерлса; межэлектронное взаимодействие и моттовский переход. Дать описание особенностей зонной структуры двумерных кристаллов. Представить обратную решетку и k -пространство для трехмерных кристаллов. Рассмотреть ионную связь в ионных кристаллах. Рассмотреть ван-дер-ваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах. Охарактеризовать типы шаровых упаковок в твердых телах. Что такое квазикристаллы? Рассмотреть способы описания структуры квазикристаллов.

Тема 2.

Рассмотреть основные понятия статистической термодинамики: постулат эргодичности, фазовое пространство, канонический ансамбль Гиббса, статистическая сумма, число микросостояний системы, термодинамическая вероятность системы. Описать типы квазичастиц в кристаллах: фононы, магноны, экситоны, поляроны, солитоны. В чем состоит особенность квазиимпульса? Привести статистическое описание колебательных состояний кристаллов. Дать статистическое описание электронов проводимости в металлах и полупроводниках. Рассмотреть статистические расчеты коэффициентов диффузии в твердых телах.

Тема 3.

Описать типы разупорядочения в кристаллах. Рассмотреть точечные дефекты в кристаллах. Привести описание равновесия точечных дефектов в бинарных кристаллах в терминах квазихимических реакций. Описать равновесие точечных дефектов в тройных кристаллах. Рассмотреть способы определения доминирующих дефектов в кристаллах. Описать центры окраски. Представить основные типы взаимодействия точечных дефектов: ассоциация дефектов, упорядочение дефектов в сверхструктуры, упорядочение дефектов путем

перегруппировки координационных полиэдров. Рассмотреть плоскости кристаллографического сдвига, блочные и бесконечно адаптивные структуры, дефекты Уодсли. Описать линейные дефекты (дислокации). Рассмотреть планарные дефекты. Описать типы прорастания кристаллов.

Тема 4.

Рассмотреть условия равновесия фаз, уравнения границ фазовых полей, правило фаз Гиббса. Описать диаграммы состояния однокомпонентных систем на примере воды и элементарной серы. Определить p - T - x -диаграммы (фазовые диаграммы, диаграммы плавкости) Привести основные типы диаграмм состояния двухкомпонентных систем: с непрерывным рядом твердых растворов без экстремумов, с минимумом или максимумом на кривых ликвидус и солидус, с эвтектикой, с перитектикой. Проанализировать фазовую диаграмму системы Fe – Fe₃C. Рассмотреть диаграммы состояния трехкомпонентных систем с использованием концентрационного треугольника и изотермических сечений. Проанализировать диаграммы состояния квази- n -компонентных систем. Рассмотреть практические применения фазовых диаграмм для предсказания микроструктуры твердых материалов.

Тема 5.

Рассмотреть особенности термодинамики твердофазных превращений. Проанализировать методы теоретического, эмпирического и полуэмпирического предсказания характеристик твердофазных реакций. Привести классификацию твердофазных реакций. Определить понятия топохимических и топотактических процессов. Привести примеры реакций, включающих только одну твердую фазу, реакций твердое-газ, твердое-твердое, твердое-жидкость и реакций органических твердых веществ. Рассмотреть механизмы важнейших твердофазных реакций. Описать закономерности зародышеобразования в твердофазных системах. Рассмотреть представления о механизмах роста кристаллов. Проанализировать механизмы гомогенных фазовых превращений на примерах спинодального распада твердых растворов и переходов порядок-беспорядок. Рассмотреть твердофазные реакции, лимитируемые диффузией в рамках теории Вагнера-Шмальцрида. Описать твердофазные превращения без изменения состава в рамках классификации Бюргера и мартенситные переходы. Проанализировать роль дефектов в твердофазных реакциях. Рассмотреть кинетические модели твердофазных реакций с различными лимитирующими стадиями. Проанализировать методы активации твердофазных процессов. Описать особенности стеклообразования и процессов в стеклах. Рассмотреть основные характеристики и типы процессов гетерогенного катализа.

Тема 6.

Описать основные проблемы, возникающие при синтезе твердофазных материалов. Охарактеризовать керамический метод получения неорганических материалов, его недостатки и способы их преодоления. Описать основные типы химических методов синтеза твердых веществ: методы твердофазных предшественников, метод разложения из газовой фазы, метод электролиза расплавленных солей, методы интеркаляции и деинтеркаляции, метод ионного обмена. Привести три основных типа аппаратуры метода высокого давления для синтеза твердых веществ. Описать основные типы дуговых методов синтеза. Охарактеризовать метод настольного плавления для синтеза твердых веществ. Описать метод химического осаждения из газовой фазы (CVD) и его преимущества. Рассмотреть основные особенности методов синтеза органических твердых тел. Охарактеризовать методы синтеза наноматериалов. Рассмотреть основные методы получения аморфных веществ. Описать методы выращивания крупных кристаллов и эпитаксиальных покрытий: метод Чохральского, метод Кирополуса, метод Бриджмена-Стокбаргера, метод плавающей зоны, метод плавления в пламени (Вернейля), метод гидротермального синтеза, метод геля, метод флюсов, электролитический метод, метод газотранспортных химических реакций, метод молекулярно-лучевой эпитаксии.

Тема 7.

Описать магнитные свойства твердых тел: диамагнетизм, парамагнетизм, ван-флековский парамагнетизм, парамагнетизм Паули. Охарактеризовать обменные магнитные взаимодействия в твердых телах: прямой обмен, косвенный обмен через немагнитный ион (суперобмен) и через делокализованные электроны (RKKY-механизм). Сопоставить типы кооперативного и некооперативного магнетизма в твердых телах: диамагнетизм, идеальный парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм, гелимагнетизм, метамагнетизм, суперпарамагнетизм, спиновое стекло, миктомагнетизм. Что такое связь Кондо? Описать магнитные возбуждения (магноны). Охарактеризовать электрические свойства твердых тел: электропроводность проводников и полупроводников с локализованными и делокализованными носителями. Описать электрические эффекты в твердых телах: термоэлектрический эффект, эффект Холла. Дать описание ионной проводимости в связи с соотношением Нэрнста-Эйнштейна и отношением Хавена. Рассмотреть сверхпроводимость, сверхпроводники первого и второго рода и вихревое состояние (вихри Абрикосова). Описать теорию низкотемпературной сверхпроводимости (Бардина-Купера-Шриффера) и гипотезы высокотемпературной сверхпроводимости. Привести уравнения для описания диэлектрических и оптических свойств твердых материалов. Рассмотреть типы переходов металл-неметалл: переходы между делокализованными состояниями в кристаллах; моттовский переход; андерсоновский переход. Описать электрические свойства смешанно-валентных соединений. Рассмотреть электрические и магнитные свойства низкоразмерных твердых тел – цепочечных и слоистых. Дать определение ферроиков. Описать ферроэлектрики и антиферроэлектрики, первичные и вторичные ферроики, несобственные ферроики и релаксорные ферроэлектрики. Рассмотреть взаимосвязь между структурой и свойствами ключевых классов твердых тел: оксидов металлов, фторидов металлов, сульфидов металлов. Охарактеризовать особенности аморфных тел. Описать особенности строения и свойств жидких кристаллов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Регламент включает лекционные занятия, практические занятия, текущий контроль в виде устного опроса, тестирования по пройденным темам, написание рефератов, выполнение письменного домашнего задания, зачет.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Устный опрос.

Оценка написанных рефератов.

Оценка письменных домашних заданий.

Тестирование.

Примеры тестовых заданий:

1. Каково минимальное число параметров, задающих элементарную ячейку? -1) 1, 2) 2, 3) 3, 4) 4, 5) 5, 6) 6.
2. Сколько существует кристаллических систем? -1) 3, 2) 4, 3) 5, 4) 6, 5) 7.
3. Отличие открытых и закрытых операций симметрии состоит в том, что: 1) в открытых отсутствует поворот с инверсией; 2) в открытых присутствуют трансляции; 3) в открытых присутствует несобственное вращение.
4. Сколько существует типов кристаллических решеток? – 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 6.

5. К какой кристаллической системе относится пространственная группа $Pnma$? – 1) к кубической; 2) к тетрагональной; 3) к орторомбической; 4) к триклинной; 5) к моноклинной.
6. Операции антисимметрии означает: 1) изменение направления вращения; 2) изменение значения непространственной координаты; 3) удаление операции симметрии.
7. Сколько типов химической связи существует в твердых телах? – 1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.
8. Чем обусловлено искажение Пайерлса? – 1) электрон-электронным взаимодействием; 2) электронно-ядерным взаимодействием; 3) электрон-фононным взаимодействием.
9. Сколько типов плотнейших шаровых упаковок существует в твердых телах? – 1) 1; 2) 2; 3) 3, 4) 4.
10. Что такое квазикристалл? – 1) кристалл с нарушенной симметрией; 2) кристалл с элементами симметрии, запрещенными в федоровских группах; 3) кристалл с примесью аморфного состояния.

Темы рефератов

1. Черно-белые и цветные группы симметрии и их применение к описанию свойств кристаллов.
2. Квазикристаллы, их описание, свойства и практическое применение.
3. Квазичастицы и их применение к описанию свойств кристаллов.
4. Упорядочение дефектов: сверхструктуры, плоскости кристаллографического сдвига, блочные и бесконечно адаптивные структуры.
5. Основные типы диаграмм состояния двухкомпонентных систем.
6. Диаграммы состояния трехкомпонентных и квази- n -компонентных систем.
7. Механизмы важнейших твердофазных реакций.
8. Основные характеристики и типы процессов гетерогенного катализа.
9. Химические методы синтеза твердых веществ: методы твердофазных предшественников, метод разложения из газовой фазы, метод электролиза расплавленных солей, методы интеркаляции и деинтеркаляции, метод ионного обмена.
10. Методы высокого давления в синтезе твердых веществ.
11. Дуговые методы синтеза твердых веществ.
12. Метод химического осаждения из газовой фазы (CVD) и его преимущества.
13. Методы синтеза органических твердых тел.
14. Методы синтеза наноматериалов.
15. Методы выращивания крупных кристаллов и эпитаксиальных покрытий.
16. Типы кооперативного и некооперативного магнетизма в твердых телах.
17. Электрические свойства твердых тел и их описание.
18. Сверхпроводимость и ее теоретическое описание. Особенности высокотемпературных сверхпроводников.
19. Диэлектрические и оптические свойства твердых материалов и их описание.
20. Переходы металл-неметалл в твердых телах и их применение.
21. Электрические и магнитные свойства низкоразмерных твердых тел, цепочечных и слоистых.
22. Ферроики и их применение.
23. Взаимосвязь между структурой и свойствами оксидов и фторидов металлов.
24. Аморфные тела и стекла: их описание и применение.
25. Строение и свойства жидких кристаллов.

Письменное домашнее задание – примеры:

1. Описать элементы и операции точечной симметрии. Дать определение точечной группы симметрии. Сопоставить обозначения элементов симметрии в системах Шенфлиса и Германа-Могена.
2. Описать семь кристаллических систем. Представить иерархию точечных групп и распределение их по кристаллическим системам.
3. Описать операции трансляции и открытые операции симметрии, четыре типа кристаллических решеток и 14 решеток Бравэ.
4. Описать операции антисимметрии Шубникова, черно-белые и цветные (магнитные) группы.
5. Описать основные положения зонной теории. Представить блоховские волновые функции одномерной решетки. Описать энергетический спектр одномерной решетки.
6. Описать в зонной модели цепочку молекул фтороводорода и комплексов $\{[\text{Pt}(\text{CN})_4]^{2-}\}_n$.
7. Описать типы неустойчивости в квазиодномерных кристаллах: электронно-решеточное взаимодействие и искажение Пайерлса; межэлектронное взаимодействие и моттовский переход.
8. Описать особенности зонной структуры двумерных кристаллов.
9. Описать обратную решетку и k -пространство для трехмерных кристаллов.
10. Рассмотреть квазикристаллы и способы описания их структуры.

7.3. Вопросы к зачету

ПРИМЕРЫ БИЛЕТОВ

к зачету

Билет 1

1. Элементы и операции точечной («закрытой») симметрии.
2. Квазичастицы в кристаллах: фононы, магноны, экситоны, поляроны, солитоны.
3. Кристаллографический сдвиг. Блочные и бесконечно адаптивные структуры.

Билет 2

1. Элементы и операции «открытой» симметрии.
2. Принципы статистического описания колебательных состояний кристаллов.
3. Прорастание кристаллов.

Билет 3

1. Блоховские волновые функции одномерной решетки.
2. Принципы статистического описания электронов проводимости в твердых телах.
3. Условия равновесия фаз, правила фаз Гиббса.

Билет 4

1. Описание связи в ионных кристаллах.
2. Принципы статистических оценок коэффициентов диффузии в твердых телах.
3. Диаграмма состояния однокомпонентных систем на примере серы.

Билет 5

1. Описание связи в молекулярных кристаллах.
2. Типы разупорядочения в кристаллах.
3. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы с эвтектикой.

Билет 6

1. Шаровые упаковки в твердых телах.
2. Центры окраски в твердых телах.
3. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы с перитектикой.

Билет 7

1. Типы неустойчивости в квазиодномерных кристаллах.
2. Дислокации. Планарные дефекты.
3. Фазовая диаграмма трехкомпонентной системы: концентрационный треугольник.

Билет 8

1. Квазикристаллы.
2. Взаимодействие дефектов и сверхструктуры.
3. Приведите два примера концентрационных зависимостей свойств систем с разными типами фазовых диаграмм.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

| Индекс компетенции | Расшифровка компетенции | Показатель формирования компетенции для данной дисциплины | Оценочное средство |
|--------------------|--|---|--|
| УК-1 | способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | способность анализировать как устоявшиеся, так и новейшие подходы к проблемам современной химии твердого тела как части интегральной науки о твердом веществе, в которую входят также физика твердого тела и материаловедение | Устный опрос. Оценка тестовых заданий. Оценка письменных домашних заданий. Оценка написанных рефератов. Зачет. |
| УК-2 | способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки | способность решать сложные задачи в химии и смежных областях на основе использования общеполитических, методологических и естественно-научных подходов современной теории симметрии как ключевой дисциплины при исследовании математических, физических и химических проблем в сложных системах, являющихся основными объектами современной науки | Устный опрос. Оценка письменных домашних заданий. Оценка написанных рефератов. Зачет. |
| УК-3 | готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач | готовность участвовать в коллективной разработке методов синтеза и исследовании новейших материалов, определяющих научно-технический прогресс современной цивилизации | Устный опрос. Оценка письменных домашних заданий. Оценка написанных рефератов. Зачет. |
| ОПК-1 | способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | умение самостоятельно написать реферат по актуальным проблемам химии и физики твердого тела и применить полученные знания в процессе своей исследовательской деятельности | Оценка написанных рефератов. |
| ОПК-2 | готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук | готовность участвовать в организации и работе коллектива, только и способного решать задачи такой актуальной, сложной и интегральной науки, какой является наука о твердом теле | Устный опрос. Оценка письменных домашних заданий. Оценка написанных рефератов. Зачет. |
| ПК-1 | умение применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с | умение кратко и емко ответить на вопросы письменного задания и написать объемный реферат по | Оценка письменных домашних заданий. Оценка написанных |

| | | | |
|--|--|--|------------|
| | привлечением информационных баз данных | избранной теме с привлечением рекомендованной литературы и математической, физической и химической информации из информационных баз данных и статей из научных журналов, в том числе новейших, способность глубоко осветить избранную реферативную тему, которая затрагивает интересы аспиранта при выполнении им диссертационной работы | рефератов. |
|--|--|--|------------|

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения любой дисциплины необходима творческая, планомерная, повседневная работа, которая доставляет радость открытия нового и эстетическое наслаждение от глубокого проникновения в познание *Истины, Гармонии и Красоты* нашего удивительного мира, в котором царят законы, порождающие *Порядок из Хаоса*.

Во время практических и самостоятельных работ необходимо постоянно углублять свои представления об основных понятиях, концепциях, принципах и законах природы, которые были предметом рассмотрения на соответствующих лекционных занятиях. Перед началом каждого практического занятия полезно еще раз просмотреть рабочую программу и спросить себя, в какой мере Вы уже сумели достичь сформулированных в ней целей и решить поставленные задачи курса. Если ответ на этот вопрос Вас не удовлетворит, повторите, пожалуйста, пройденный материал по конспектам лекций и их презентациям. Если же этого окажется недостаточным, обратитесь к рекомендованной литературе, а при необходимости сформулируйте проблемные вопросы и попросите помощи преподавателя на консультации или ближайшей лекции. Обязательно находите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания и навыки по контрольным вопросам к практическим и самостоятельным занятиям. Не забывайте простую истину: *«повторение – мать учения»*. Очень важно научиться *гармонично переключать внимание* во время продолжительной работы. Это высокое искусство постигается не сразу, и Вы должны ему постоянно обучаться. С этой целью через каждые 40 минут лекционных и практических занятий мы на 3-4 минуты переключаемся на вопросы, представляющие *эстетическую и нравственную ценность*, или приводим *исторические и биографические сведения*, активизируя тем самым *образное мышление* и давая кратковременный отдых тем отделам мозга, который испытывали большую нагрузку при *абстрактном мышлении*. Поступайте так же и при выполнении самостоятельных работ. Если Вы будете следовать этим простым рекомендациям и, кроме того, иметь *полноценный сон*, Вы никогда не устанете, но всегда будете пребывать в состоянии душевного подъема и преуспеете во всех делах, а не только в освоении данного курса.

Поскольку, на наш взгляд, *«ключом высшего образования любого специалиста (бакалавра, магистра, кандидата, доктора) должно стать познание математики, языков и истории в их триединстве»*, настоящие занятия начинаются с центральной математической дисциплины – *теории симметрии*.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

1. Голенищев-Кутузов А. В. Фотонные и фононные кристаллы: формирование и применение в опто- и акустоэлектронике/ А. В. Голенищев-Кутузов, В. А. Голенищев-Кутузов, Р. И. Калимуллин. - М.: Физматлит, 2010. - 157 с.
2. Банков С. Е. Электромагнитные кристаллы / С. Е. Банков. - М.: Физматлит, 2010. - 349 с.
3. Самарцев В. В. Коррелированные фотоны и их применение / В. В. Самарцев. - М.: Физматлит, 2013. - 167 с.
4. Мюллер, Ульрих. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер; пер с англ. А. М. Самойлова, Е. С. Рембезы под ред. А. М. Ховива. - Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2010. - 351 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. [Электронный ресурс] - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. - 416 с./ Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173/

9.2. Дополнительная литература

1. Кнотько А.В. Химия твердого тела / А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 304 с.
2. Фахльман Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Д. Фахльман. - Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2011. - 463 с.
3. Рао Ч.Н.Р. Новые направления в химии твердого тела / Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ие, 1990. – 520 с.
4. Ярославцев А.Б. Химия твердого тела / А.Б. Ярославцев. – М.: Научный мир, 2009. – 328 с.
5. Хоффман Р. Строение твердых тел и поверхностей: Взгляд химика-теоретика. – М.: Мир, 1990. – 216 с.
6. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости [Электронный ресурс]. - М.: Физматлит, 2010. - 384 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2151

9.3. Интернет-ресурсы:

<http://urai.net.ru/crystal/p21aa1.html>

<http://cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/102/214.html>

http://www.eunnet.net/metod_materials/wm5/symmetry.htm

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Мультимедийный проектор и ноутбук.
2. Компьютерный класс.
3. Печатные издания и электронные копии основных учебников
4. Базы данных и Интернет-ресурсы

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом МОиН РФ от 30 июля 2014 г. N 869.

Автор: доцент

Штырлин В.Г.

Рецензент: профессор

Девятов Ф.В.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Химического института протокол № 10 от 29 августа 2014 г.